

EVALUACIÓN TÉRMICO-ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS SEDE DEL CAMPUS UNNE, RESISTENCIA CON LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA ECOTECT, CONTEMPLANDO EL COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS

**CORONEL GAREÇA, Carlos A.; JACOBO,
Guillermo J.; ALÍAS, Herminia M.**
estruct.dos@gmail.com

Grupo de Investigación Aplicada de la cátedra Estructuras II, FAU-UNNE.

PALABRAS CLAVE

Eficiencia; performance; energía.

KEYWORDS

Efficiency, performance, energy

RESUMEN

En el contexto actual se busca evaluar el desempeño energético y las condiciones de confortabilidad térmica interna de los edificios sede de las Facultades de Arquitectura, Ingeniería, Ciencias Económicas y Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste, en el campus Resistencia.

Por medio de la simulación dinámica mediante el software Ecotect, se obtuvieron los aportes energéticos internos y externos a los que se someten los edificios analizados, además del desempeño y consumo energético teórico, contrastándolos con los valores límite establecidos en las normas argentinas IRAM 11601/96 y 11605/96. Se pretende generar un impacto en cuanto al mejoramiento de las condiciones de habitabilidad higrotérmica de los futuros edificios que se construyan en el campus universitario, y otras medidas se enfocan a estrategias de rediseño de las envolventes de las edificaciones ya existentes, con el fin de mejorar su comportamiento y performance energéticos, para contribuir así a la política de ahorro energético.

ABSTRACT

In the current context, it is sought to evaluate the energy performance and the conditions of internal thermal comfort of the headquarters buildings of the Faculties of Architecture, Engineering, Economic Sciences and Humanities of the Universidad Nacional del Nordeste, on the Resistencia campus.

Through the dynamic simulation using the Ecotect software, the internal and external energy contributions to which the analyzed buildings are submitted were obtained, achieving the theoretical performance and energy consumption and contrasting them with the limit values established in the Argentine standard IRAM 11601/96 and 11605/96.

It is expected to generate an impact in terms of improving the conditions of hygrothermal habitability of future buildings to be built on the university campus; other measures focus on redesign strategies of the envelopes of existing buildings, in order to improve their energy behavior and performance, thus contributing to the energy saving policy.

<http://dx.doi.org/10.30972/adn.074063>

OBJETIVOS

- Evaluar el comportamiento energético de los cerramientos perimetrales de los edificios sede de las distintas facultades de la UNNE (campus Resistencia), estudiando y verificando su funcionamiento higrotérmico y su correspondiente adaptación al clima regional mediante la simulación con la herramienta informática específica ECOTECT incorporando el factor del comportamiento humano del usuario de los espacios interiores.
- Proponer soluciones arquitectónico-tecnológicas prototípicas, que mejoren el rendimiento higrotérmico energético de la envolvente constructiva de los edificios en estudio y, consecuentemente, la reducción del consumo energético.
- Evaluar con la herramienta informática específica las soluciones prototípicas propuestas para sacar conclusiones en función de las características del clima regional.

INTRODUCCIÓN

El criterio energético para evaluar la performance ambiental de la construcción resulta relevante, en tanto gran parte de la energía que se utiliza actualmente en nuestro país, provincia y región es para fines domésticos, es decir, para la actividad residencial, desatacando también un alto porcentaje de energía empleado en los edificios públicos del Estado argentino que influye de manera considerable en los registros anuales de consumo energético de la edificación pública y privada. Tal es el caso de los edificios institucionales construidos en los últimos años y en construcción de las provincias de la región NEA, que son los exponentes más relevantes en los que la forma y materialización

juega un papel destacado. Dentro de este marco se insertan los edificios sede de las facultades de Arquitectura y Urbanismo, Ingeniería, Ciencias Económicas y Humanidades, que se erigen dentro del campus universitario Resistencia, cuya construcción se inicia a fines de la década de 1950, durante el gobierno del general Juan Domingo Perón, como tantos edificios desarrollados en la época, los cuales presentan características formales y constructivas de igual índole, que eran aplicables a distintas regiones, mediante proyectos prototípicos que respondían a funciones específicas (en esa época hogar escuela). Dichas construcciones presentaban partidos de organización abierta, creando los espacios en torno a patios centrales que funcionan como pulmón de los bloques edilicios, y la vez les sirven de expansión. Dichos bloques tienen galerías corridas tanto en el interior como en el exterior, que generan protecciones climáticas y espacios de nexo entre el interior y el exterior de los bloques que conforman los edificios.

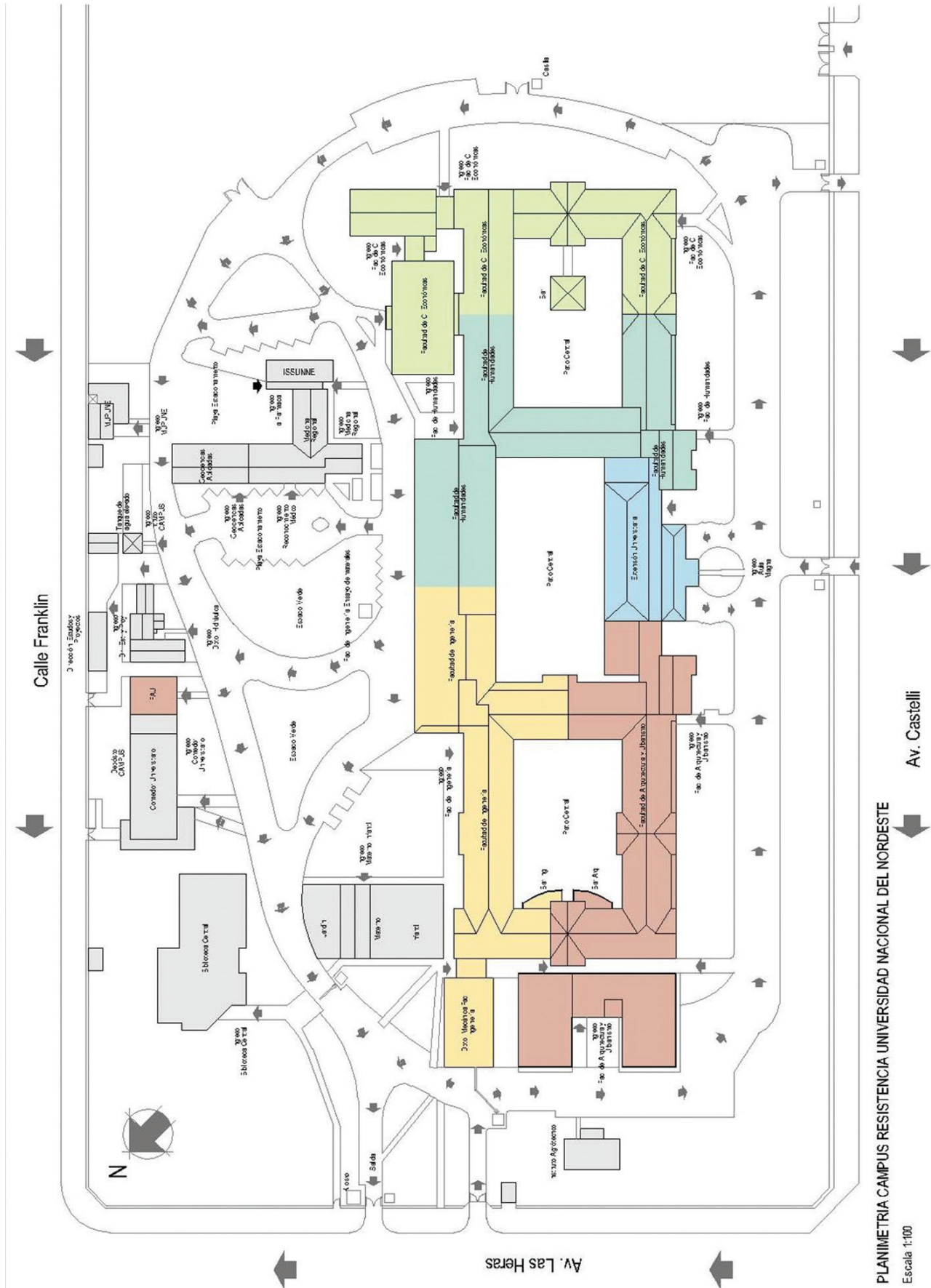
El estilo excluyente para estos emprendimientos era un pintoresquismo de referencia californiana, en el que los techos de tejas a la española, las paredes blancas, las aberturas y celosías de madera pintada proveían una atmósfera acogedora y una estética reconocible para sus beneficiarios, en su mayoría migrantes internos provenientes de las provincias del noroeste y el nordeste. Las envolventes de las edificaciones del periodo quinquenal se caracterizan por presentar materiales nobles, adecuados para la región donde se implantan. Incorporan técnicas constructivas tradicionales de mampuestos, en las cuales la técnica (artesanal) y la mano

de obra eran factores fundamentales a la hora de la correcta ejecución de los edificios.

La construcción de la época presenta técnicas artesanales de mampuesto macizas como cerramientos verticales y una tecnología conocida como colonial para los cerramientos horizontales (cubierta de tejas coloniales sobre estructura de madera); los interiores exhiben muros divisorios macizos de espesores constantes no menores a 0,20 m y con un máximo de 0,40 m; en su interior los espacios se organizan en torno a pasillos centrales; arriba de alguno de estos, se desarrollan entresijos que funcionan como depósitos y a la vez hacen de cámara de aire entre el interior y el exterior minimizando el traspaso de energía térmica por radiación solar directa.

Los edificios originales (estilo neocolonial) se erigen originalmente con el objetivo de funcionar como hogar escuela, y mediante el paso de los años, en 1957 se convierten en la sede universitaria donde se agrupan diversas sedes edilicias: Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Facultad de Ingeniería (FI), Facultad de Ciencias Económicas (FCE) y Facultad de Humanidades (FH).

Con el paso de los años las actividades se fueron desarrollando allí, y en la época de los 90 —y en virtud del aumento de la matrícula de estudiantes— la gestión de la universidad de ese momento decidió ampliar la sede universitaria, teniendo como objetivo la realización del proyecto de los talleres de arquitectura y del sector aulas especiales de la facultad de Ciencias Económicas. Para la ejecución de este proyecto de ampliación (en cuanto a



Plano N.º 1. Planimetría Campus Resistencia, Universidad Nacional del Nordeste. Fuente: relevamiento de elaboración propia, documentación en formato digital

las técnicas tecnológico-constructivas), se emplean estructuras prefabricadas de hormigón armado como estructura portante, las cuales fueron erigidas en un primer momento en 2001, y luego de la crisis económica de ese periodo la obra se ve afectada y se deja de ejecutar. En 2003 la construcción se retoma; luego de erigida la estructura de hormigón, solo faltaban los cerramientos verticales, que fueron desarrollados mediante mampuestos artesanales compuestos (muros dobles con cámara de aire, muros de múltiples capas, para los diferentes niveles). La construcción finaliza a fines de 2004 con la colocación de las carpinterías (puertas y ventanas de aluminio anodizado blanco, con vidrios transparentes tipo *float*).

De lo descrito podemos concluir que los diversos edificios insertos en el campus UNNE presentan dos grandes tipos de construcción bien diferenciados, en lo tecnológico, formal y funcional; por esta razón se presentan dos unidades de análisis definidas en general por los materiales empleados en los cerramientos perimetrales. Optar por materiales no adecuados a la región para la materialización de las envolventes constructivas nos lleva a soluciones no satisfactorias al momento de poner en servicio el edificio, donde, para obtener condiciones de bienestar higrotérmico en los espacios interiores se recurre al uso masivo de equipos electromecánicos de refrigeración tanto en invierno como en verano, los cuales presentan un alto consumo de energía con el consecuente costo que esto implica; por todo esto es necesario realizar un estudio del desempeño energético de los edificios en cuestión.

Al referirnos al desempeño energético de un edificio, podemos decir que estará en función del comportamiento que pueda tener con el medio ambiente que le rodea y con sus usuarios, siendo bueno o malo según la demanda energética que requiera para mantener el equilibrio térmico necesario para la confortabilidad. Para nuestro propósito, el desempeño estará en función de la demanda energética. En este sentido, de los factores que intervienen en el intercambio energético, el que puede ser susceptible de control es la "envolvente del edificio", ya que el clima según sus características es un factor inamovible, y las condiciones operacionales y funcionales del edificio están fijadas por las condiciones de confort que mantener y por la propia funcionalidad del edificio (número de ocupantes, horario de funcionamiento, etc.). Por lo tanto, si se quiere reducir o mejorar el consumo energético del edificio, uno de los parámetros sobre el que se puede actuar es la demanda, y para reducirla, una medida que se puede adoptar es mejorar la calidad energética de la envolvente.

DESARROLLO

En la actualidad, y gracias a la evolución de las TIC, existen programas o *software* especializados que permiten analizar las condiciones higrotérmicas de las edificaciones, estudiando todos los elementos que constituyen las envolventes de una construcción a partir de ciertos datos introducidos, lo que permite una mayor comprensión del problema con la obtención de los resultados de las simulaciones. Es por ello que como objetivo de este trabajo se plantea realizar un estudio de mayor precisión, a través de la aplicación de herramientas informáticas de si-

mulación dinámica. Para este análisis se optó por la herramienta informática "ECOTECT".

Con el fin de obtener todas las variables que influyen en el comportamiento termo-energético de las unidades de análisis, se procedió hacer una selección minuciosa de las zonas que constituirán el análisis y simulación del comportamiento actual de las unidades de análisis, donde se tuvieron en cuenta tipo de actividad desarrollada en cada espacio (compatibilidad de funciones), frecuencia de uso, cantidad de usuarios en esos espacios (ganancias de calor), y además especificar y cuantificar los equipos electromecánicos, de iluminación artificial y otros que demanden ganancias de calor a los espacios interiores. Con estos datos se establecerán zonas prototípicas de análisis, que servirán de base para la simulación dinámica. Junto a estos datos se detallan las siguientes variables:

- ficha técnica;
- destino del edificio;
- documentación técnica;
- variables estructurales/tecnológicas;
- dispositivos tecnológicos / constructivos de protección climática;
- estructura resistente;
- materialización tecnológica de la envolvente.

Para definir las "unidades de análisis" (UA, zonas específicas), se relevaron los cuatro edificios principales sedes de las facultades de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Ingeniería (FI), Ciencias Económicas (FCE) y Humanidades (FH), a través de visitas de obra *in situ*, para conformar en una primera instancia el relevamiento del conjunto edilicio, luego de volcar esa información en formato digital en un plano con la edificación completa.

Posteriormente, por medio de visitas diarias, se fue relevando el uso de las distintas áreas funcionales del edificio, así como también el aspecto cuantitativo (personas que usan el espacio), ganancias de calor por personas, artefactos, etc., de manera de ir agrupando las áreas. Se consideraron tanto a la edificación antigua (edificio estilo neocolonial) como a

la nueva (sector talleres FAU y aulas FCE), para determinar zonas prototípicas de cada edificio de manera tal de tener un panorama amplio en cuanto a las tecnologías empleadas para la materialización de las envolventes de la edificación. Las zonas más significativas serán expuestas a continuación, y representan en su mayoría las cualidades más sobresalientes

en lo que refiere al comportamiento térmico-energético. Por tal motivo se procedió al análisis dinámico aplicando una herramienta informática que permite procesar la información de todas las UA considerando todas las variables climáticas de la Región NEA y según las condiciones reales de emplazamiento geográfico y de materialización constructiva.



FACULTAD DE ARQUITECTURA - PLANTA BAJA - CAMPUS RESISTENCIA- UNNE
ZONIFICACION - SIN ESCALA

Plano N.º 2. Determinación de "zonas térmicas" - "no térmicas" de la Facultad de Arquitectura, planta baja. Fuente: Modelo ACAD v2016, elaboración propia



Plano N.º 3. Determinación de "zonas térmicas" - "no térmicas" de la Facultad de Ingeniería, planta alta. Fuente: Modelo ACAD v2016 - elaboración propia

TABLA 1 Porcentajes de confort anual, 167 zonas analizadas del Campus UNNE

UNIDAD DE ANÁLISIS	MATERIAL DE LA ENVOLVENTE CONSTRUCTIVA VERTICAL	PORCENTAJE DE CONFORT ANUAL (%) - CANTIDAD DE HORAS
ZONA 7 - FAU	Ladrillo común de 0,30 (total), revocado ambas caras.	29,30 % 1361 HS
ZONA 15 - FI	Ladrillo común de 0,30 (total), revocado ambas caras.	47,20 % 2190 HS
ZONA 48 - FCE	Ladrillo hueco 8x18x33, poliestireno, ladrillo común 0,18.	72,10 % 3347 HS
ZONA 2 - FH	Ladrillo común de 0,30 (total), revocado ambas caras.	56,30 % 2615 HS

Fuente: elaboración propia en función de los objetivos de la investigación

Con los criterios antes mencionados se determinaron las distintas zonas que constituirán las unidades de análisis específicas. Se identifican treinta y seis zonas en la FAU, cincuenta en la FI, cincuenta y cinco en la FCE y veintiséis en la FH (sin contar las zonas no térmicas para cada edificación), en función de la actividad específica que se desarrolla en cada espacio interior. A partir de esto, consideramos las ciento sesenta y siete zonas, que se especifican a continuación y que serán analizadas y simuladas con la herramienta informática "ECOTECT":

En la determinación de las zonas que se analizaron, se establecieron 167 zonas específicas, las cuales fueron simuladas con el software ECOTECT v2011, que permitió estudiar el comportamiento termo-energético a través de modelaciones básicas en 3D.

ECOTECT permitió procesar en poco tiempo volúmenes importantes de información y obtener así una visión global de las condiciones de confort o disconfort en los espacios interiores simulados, en sus condiciones reales de uso; es por esto que los resultados que serán presentados responden a un estudio "teórico", que se validan a través de las mediciones realizadas en trabajos anteriores desarrollados por el equipo de Investigación de la cátedra Estructuras II de la FAU-UNNE (cabe aclarar que en la FAU y FI se realizaron mediciones *in situ* de las zonas analizadas).

Por el volumen de información obtenida mediante las simulaciones dinámicas con Ecotect, se procedió a seleccionar dos zonas por cada unidad de análisis. El criterio fue "dar cuenta de las diversas tecnologías empleadas en

la materialización de las envolventes constructivas de las diferentes unidades de análisis (UA)". Se tomaron las de peor desempeño y diversas tecnologías, para analizarlas mediante las correcciones técnicas necesarias.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el punto anterior (definición de zonas prototípicas), se efectuaron propuestas de modificaciones en los cerramientos perimetrales exteriores de las diferentes zonas analizadas, para proponer luego su optimización energética, tendiente a generar los niveles de confort requeridos dentro de los ambientes. Para lograr este objetivo se estudiaron y analizaron de diferentes alternativas que podrían resultar de aplicación, para estos casos. Por ello luego de dicho análisis (teniendo en cuenta disponibilidad de material

GRÁFICO N.º 1

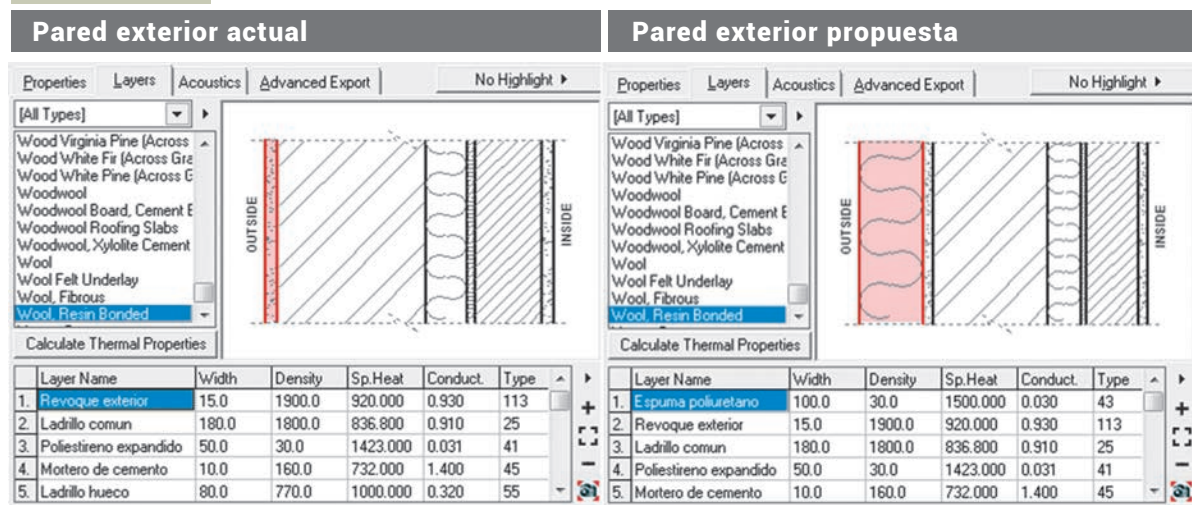


Gráfico N.º 1. Capas constitutivas de muro actual y solución propuesta (zonas 1, 2, 3, 24, 25, 26, 27, 33, 34, 35 y 36 FAU- y -zonas 21, 22, 23, 24, 25, 26, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54 y 55 FCE). Fuente: base de materiales empleados en la simulación dinámica mediante Ecotect v2011. Campus UNNE - FAU - FI - FCE - FH

Se registra una reducción energética, cuantificada por medio de la evaluación de la transmitancia térmica, que en el estado actual de la zona presentaba un valor "K" = 0,44 w/m² °C, que se redujo a un valor "K" = 0,18 w/m² °C.

en la zona y el costo), se seleccionaron los más eficientes para cada caso y luego se realizó la simulación por medio del programa ECOTECT con los nuevos materiales y disposiciones propuestas, lo que dio como resultado los nuevos valores de desempeño higrotérmico "mejorado", que serán comparados con los obtenidos en primera instancia, sin las modificaciones mejoradoras.

Para el rediseño de los cerramientos perimetrales, se tuvieron en cuenta las exigencias de habitabilidad recomendadas por la normativa IRAM, de acondicionamiento térmico de edificios. Para nuestro clima (cálido-húmedo), con altas temperaturas en verano, es necesario aumentar la resistencia térmica de los cerramientos, recomendable tanto desde el punto de vista del aislamiento térmico como de las condensaciones.

Coronel, Jacobo y Alías (2010), en relación con los criterios de diseño, establecen las siguientes consideraciones:

- Conservar las galerías perimetrales de la edificación antigua, que arrojan sombra a los cerramientos perimetrales de algunas zonas, minimizan

do el porcentaje de radiación solar directa.

- Mantener al ciento por ciento la imagen del conjunto edilicio, es decir que pese a las modificaciones que se realizarán, las terminaciones son prácticamente iguales a las existentes, lo que evitaría conflictos en lo referente a la imagen icónica que representa el edificio estilo "neocolonial".

- Respetar en todos los casos las orientaciones, aprovechando las direcciones principales de los vientos dominantes para generar dentro de los ambientes el intercambio y recirculación del aire.

- Aprovechar el factor sombra proporcionado por la vegetación existente y los edificios colindantes, lo que también ayuda a disminuir la ganancia de radiación solar directa.

- Mejorar los porcentajes de infiltración en las zonas optimizando la hermeticidad de las carpinterías (con la colocación de burletes perimetrales) y solucionando las diversas patologías que presentan.

Con las correcciones realizadas en los cerramientos verticales de las zonas características (representativas), se

obtuvieron resultados que permiten observar mejoras sustanciales en lo que respecta a consumos energéticos diarios en las estaciones críticas, así como también en las amplitudes térmicas interiores-exteriores (valores directamente relacionados entre sí). Las correcciones propuestas (soluciones prototípicas transferibles a las demás zonas), en las zonas denominadas "características / prototípicas" (mayor consumo energético y diferentes resolución tecnológica-constructiva), permiten confirmar la gran importancia que tiene la envolvente constructiva en la edificación para conseguir mejores condiciones de habitabilidad interior y consecuentemente reducir el consumo de energía.

En general se han conseguido mejoras que van desde un mínimo de un 41 %, hasta un máximo de un 70 %, en la estación más crítica del verano, mientras que en invierno se consiguieron mejoras que van desde un mínimo de un 36 %, hasta un máximo de un 72 %, en comparación con los niveles iniciales de consumo energético. Para alcanzar estos valores, que permiten una reducción sustancial del consumo energético, el único factor de intervención propuesto se

GRÁFICO N.º 2

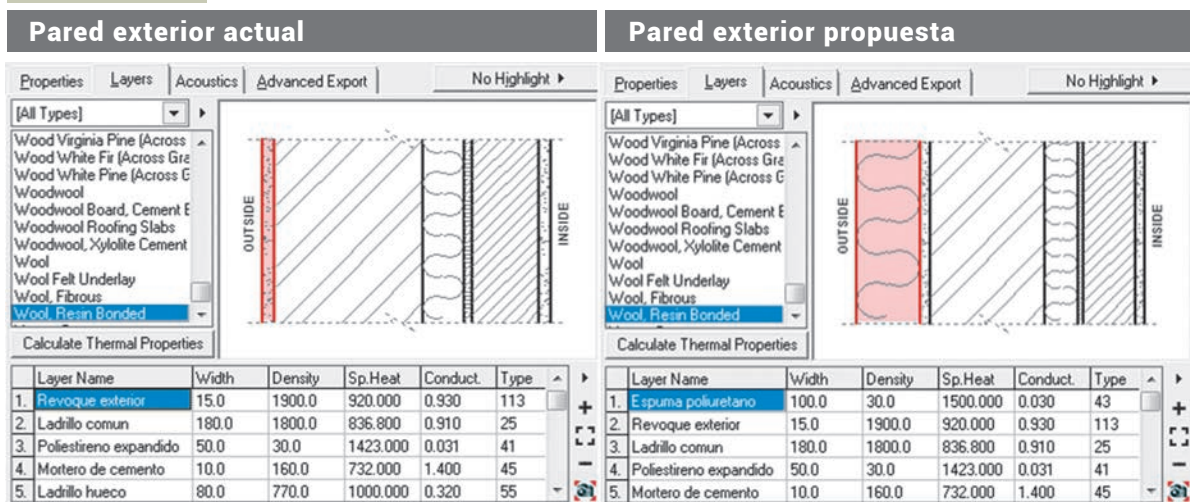


Gráfico N.º 2. Capas constitutivas de muro actual y solución propuesta (para las demás zonas). Fuente: base de materiales empleados en la simulación dinámica mediante Ecotect v2011. Campus UNNE - FAU - FI - FCE - FH

Se registra una reducción energética, cuantificada por medio de la evaluación de la transmitancia térmica, que en el estado actual de la zona presentaba un valor "K" = 1,97 w/m² °C, que se redujo a un valor "K" = 0,42 w/m² °C.

basó en la variación de los materiales de construcción constitutivos de la envolvente exterior, partiendo de la premisa de aumentar la resistencia térmica del perímetro constructivo, en general incrementando la capacidad de aislación térmica; "mayores valores de coeficientes de conductividad de los materiales de las capas constitutivas del cerramiento" (Coronel *et ál.*, 2010).

Porcentajes de reducción

En la tabla 2, se observan los resultados obtenidos mediante los análisis realizados a las diferentes zonas características, acompañados con los resultados alcanzados con las propuestas de mejoramiento de las zonas críticas por medio de la intervención tecnológica propuesta.

También son importantes los incrementos logrados en lo que respecta al período anual de confort, ya que mediante las correcciones efectuadas se consiguieron mayores porcentajes de tiempo de los espacios interiores en condiciones adecuadas, que traducidos en días cuantitativamente arrojan resultados muy positivos, lo que sugiere que mediante la implementación de las correcciones planteadas se conseguirán más días de confort higrotérmico en los espacios interiores, lo que de manera directa repercute en el ahorro de energía (serán menos los días en que se necesiten medios activos electromecánicos en el interior de los espacios).

Al comparar los datos obtenidos con los tipos de cerramientos empleados para la materialización de las diferentes envolventes constructivas perimetrales (tanto en las situaciones reales como en las propuestas), se puede observar que, dentro de las situaciones originales reales de cerramientos, en verano, la que genera mayor consumo energético diario es la constituida por ladrillos macizos. Al mejorar los muros haciéndolos más aislantes de la temperatura y la humedad, se consiguen notables mejoras,

TABLA 2		Porcentajes de reducción. Zonas - 7 FAU / 15 FI / 48 FCE / 2 FH.		
ZONAS	ESTACIÓN	ESTADO ACTUAL	REDISEÑO	REDUCCIÓN
ZONA 7 FAU	Verano	1162	732	37,00 %
	Invierno	-350	-217	38,00 %
ZONA 15 FI	Verano	1656	976	41,00 %
	Invierno	-86	-55	36,00 %
ZONA 2 FH	Verano	2322	1626	70,00 %
	Invierno	-134	-48	36,00 %
ZONA 48 FCE	Verano	1213	758	62,00 %
	Invierno	-226	-133	58,00 %

Fuente: elaboración propia en función de los objetivos de la investigación

que reducirían el consumo energético en hasta un 51 % con respecto a la situación actual real. Si estos porcentajes de ahorro de consumo de electricidad se extrapolan al período de servicio para el que las edificaciones fueron proyectadas, se obtiene un significativo ahorro de energía, lo que traducido a otros edificios públicos redundaría en un ahorro regional de energía (a través de una reducción sustancial de la demanda dentro del área de edificios públicos) altamente favorable para la economía regional. El incremento del costo inicial que demandaría la implementación de la propuesta puede resultar a simple vista un valor significativo, pero si se analiza el importante ahorro energético que se obtiene a través de su implementación, debería ser considerado como una inversión inicial amortizable en el corto plazo, por medio del ahorro energético generado.

Estas propuestas consideran los sistemas constructivos más comunes de ejecución en la región NEA, así como también los materiales aislantes existentes en el mercado de la construcción regional, con mejoras que contemplan la eliminación del riesgo de condensación superficial e intersticial y la adecuación a los valores de transmitancia térmica exigidos para la zona bioambiental "Ia" (muy cálida - húmeda) según la normativa IRAM vigente. Esta variación en el consumo de energía demandada por las instalaciones electromecánicas de acondicionamiento ambiental (refrigeración y/o calefacción) puede observarse también en los gráficos y tablas de temperatura interior-exterior. Las modificaciones permitieron disminuir las temperaturas interiores en verano y aumentar las interiores en invierno con respecto a las temperaturas exteriores. Los valores reales de

TABLA 3		Porcentajes de confort anual. Zonas - 7 FAU / 15 FI / 48 FCE / 2 FH	
ZONAS	ESTADO	HORAS DE CONFORT	PORCENTAJE ANUAL DE CONFORT
ZONA 7 FAU	Actual	1361	29,30 %
	Rediseño	3284	70,70 %
ZONA 15 FI	Actual	2190	47,20 %
	Rediseño	3273	70,50 %
ZONA 2 FH	Actual	2615	56,30 %
	Rediseño	3363	72,40 %
ZONA 48 FCE	Actual	3347	72,00 %
	Rediseño	3687	79,00 %

Fuente: elaboración propia en función de los objetivos de la investigación.

temperatura interior y las diferencias con los registrados al aplicar las variaciones son sumamente importantes. Como resultado se da una diferencia notable de temperatura de casi 6° C por debajo de la temperatura exterior.

Puede afirmarse que con las modificaciones en los cerramientos es posible reducir las temperaturas máximas interiores en verano y aumentar las mínimas interiores en invierno, lo que mejoraría las condiciones reales en todos los casos analizados. Los resultados obtenidos determinan el grado de déficit de las zonas analizadas en cuanto a consumos reales de energía (mucho menor a los necesarios para el confort, por lo que se presupone que se ha aceptado por parte de los usuarios el desconfort térmico dentro de las edificaciones como hecho habitual). Las correcciones efectuadas permiten hacer más eficiente el uso de la energía, a través de modificaciones en los materiales constitutivos de la envolvente.

Los análisis efectuados también demuestran que existen otros factores de gran incidencia en el desempeño higrotérmico y energético final, como el tipo de partido adoptado para el diseño de la planta del edificio en la etapa de diseño (existen variaciones según sea más compacto o más abierto), las salientes que arrojan sombras, las orientaciones del edificio, el tipo de carpintería empleada en las ventanas y la cantidad de superficies vidriadas que estas presentan, etc.

CONCLUSIONES

Sobre el comportamiento de los usuarios

Coronel, Jacobo y Alías (2018) aseguran que, en la actualidad, en el país no existen antecedentes técnicos para medir el grado de eficiencia/ineficiencia que genera el usuario sobre las estrategias de ahorro energético en edificios públicos. Algunas aproximaciones dan cuenta de que el usuario es responsable del 30 % del

consumo energético, no previsto en la etapa de funcionamiento del edificio. Según los resultados del diagnóstico realizado, se detecta que el clima es el factor que gobierna la relación entre el usuario y el espacio donde desarrolla su actividad; por lo tanto, es uno de los factores que mayor incidencia tienen en la sensación de bienestar por parte de los usuarios.

Los espacios interiores de los diferentes edificios analizados cuentan con una ocupación muy dispar entre ellos, en cuanto a cantidad de usuarios. La mayoría permanece la mayor parte del tiempo en los sectores destinados a espacios áulicos. En cuanto al instrumento y tiempo de utilización de los sistemas de refrigeración, se detecta que la mayoría de los espacios posee equipos electromecánicos que permanecen encendidos durante toda la jornada de trabajo. Este aspecto se agudiza en ciertos sectores de la Facultad de Arquitectura y en la Facultad de Humanidades. Es importante destacar que además de los sistemas de acondicionamiento de aire, la mayoría de los espacios tiene sistemas de ventilación mecánica (ventiladores), que se utilizan para una mejor distribución del aire. En función de haberse detectado situaciones derivadas de un mal uso de los locales, como la apertura permanente de ventanas (aún en horas nocturnas de muy bajas temperaturas), se deduce que una campaña de concientización de los usuarios (tanto del personal de maestranza como de los docentes y alumnos) respecto de las ventajas de una ventilación selectiva apropiada redundaría en mejoras en la habitabilidad de las aulas y en un menor uso de la energía necesaria para su climatización artificial.

Según los resultados del análisis, los usuarios intervienen constantemente en los edificios para sentir bienestar: abren y cierran ventanas, enfrían los ambientes según la temperatura exterior, se acostumbran a ciertos

parámetros en relación con ruidos, olores, etc., se convierten en sujetos activos cuando usan los espacios. En las visitas a las unidades de análisis, se observa que los usuarios ventilan los espacios (en algunas ocasiones en horarios no recomendados), por que relacionan esta acción con un mayor bienestar. A pesar de esto, cuesta discernir entre ventilación (calidad del aire) y temperatura (frio/calor). En este punto, es importante remarcar que al tiempo que la apertura de ventanas beneficia el intercambio de aire interior, también se producen oscilaciones térmicas; en consecuencia, un gasto energético mínimo. En gran parte de los edificios, la calidad del aire se logra a través de la apertura de las ventanas, mientras que la temperatura de bienestar se consigue con sistemas electromecánicos de acondicionamiento.

En el escenario actual, la concientización y educación respecto a la eficiencia energética desempeña un papel estratégico en la mejora de la misma. De poco sirven las nuevas tecnologías si no se explica al usuario cómo utilizarlas, y, sobre todo, como hacerlo de manera responsable. Una cada vez mayor concientización de los beneficios derivados del ahorro de la energía, como puede ser la disminución de los costos o la sostenibilidad económica y ambiental, debe ser el factor determinante para el cambio del comportamiento de los usuarios. Se requiere una mejora en los hábitos energéticos. Para avanzar hacia una economía más sostenible energéticamente debe haber una reducción real del consumo, se deben mantener los mismos servicios, la calidad de vida debe ser la misma o mejor y se debe reducir la contaminación. En este sentido, se deben adoptar programas y campañas que mediante determinadas actividades de comunicación apunten a sensibilizar, fomentar e informar a los usuarios y actores del sector sobre pautas, medidas y recursos disponibles para fomentar un correcto uso de la energía.

Sobre los resultados de la simulación

Entre las falencias de diseño y proyectado se encuadran las afecciones a la habitabilidad higrotérmica que afecta de manera directa el bienestar de los usuarios en los ambientes interiores de la edificación. Como factor principal se detectaron problemas de deficiente desempeño higrotérmico (en zonas específicas de los diferentes edificios analizados), de los componentes de la envolvente constructiva perimetral (paredes y techos). Por diversos motivos, entre los cuales podemos citar una elección inadecuada de los materiales; un deterioro de estos a causa de más de cincuenta años de servicio; condiciones climáticas extremas del medio y una mala resolución técnica (entre otras), en sectores críticos de la construcción se traduce en graves patologías constructivas, que requieren grandes inversiones para subsanarlas. Se suma a esta situación un alto consumo de energía eléctrica (equipos de refrigeración), necesario para lograr condiciones de bienestar en los espacios interiores.

Las propuestas de soluciones tecnológico-constructivas demuestran una disminución sustancial del consumo anual de energía eléctrica para la climatización de los espacios interiores de las zonas específicas analizadas y mejoran los niveles interiores de confort higrotérmico, lo que conlleva un ahorro en gastos de energía, emisiones, residuos, etc. Se obtuvieron mejoras en el ahorro energético desde un mínimo de un 37 %, hasta un máximo de un 70 %, en la estación más crítica del verano, mientras que durante el invierno se alcanzaron mejoras que comprenden un mínimo de

un 36 %, hasta un máximo de un 58 %, en comparación con los valores iniciales de consumo energético anual. Cabe aclarar que se llega a este valor si se considera a la zona de confort entre 19° C y 28° C*, ya que el programa ECOTECT proporciona valores numéricos pares, y solo considera una banda de confort entre los 20° C a los 28° C.

Sobre lo tecnológico

- Se verifica una muy escasa utilización de técnicas constructivas no tradicionales (en este caso solo se recurre a la construcción prefabricada para la materialización de la estructura resistente de los bloques que conforman los talleres de la Facultad de Arquitectura y el sector aulas de la Facultad de Ciencias Económicas, y una escasa o nula posibilidad de optar por soluciones industrializadas de mejor calidad. Cabe destacar en este punto que sometidos a simulación dinámica con ECOTECT ambos edificios, se verifica que la implementación de este tipo de estructuras prefabricadas de HºAº (que quedan expuestas al exterior, sin aislamiento) genera puentes térmicos puntuales, que repercuten de forma perjudicial en la performance energética de los edificios, y producen además sectores afectados por diversas patologías constructivas, por una resolución ineficiente y un deterioro de los materiales debido a las exigentes condiciones exteriores.

- Se constata una baja calidad de las envolventes constructivas de los espacios construidos en ciertos sectores, debido a patologías evidentes generadas por la antigüedad de los materiales constitutivos de los cerramientos (algunos han cumplido su vida útil, con más de cincuenta años de servicio activo), y en otros debido al uso de tecnologías inapropiadas, defectos de control de calidad, incorrecta o mala ejecución y calidad de las obras, una inadecuación de las normativas vigentes, entre otras.

- Escasa utilización de materiales aislantes en la construcción. Las placas de poliestireno expandido tienen un precio relativamente bajo si se lo compara con otros materiales aislantes, con lo que su incidencia en el costo de obra es poco significativa.

- Se verifica que, en algunas ocasiones, en la etapa de materialización del objeto arquitectónico, se alteran en obra las especificaciones y detalles de proyecto, a partir de lo cual surgen ciertas soluciones técnicas divergentes, cuya performance será, naturalmente, distinta de la tenida en cuenta en todos los cálculos y estimaciones: no solo se omite la colocación de algunos elementos que figuran en la documentación, sino que también se sustituyen algunos materiales, especificados con ciertas características, por otros de distinta calidad, composición y vida útil. Frecuentemente estas circunstancias son las causales de deterioros en el muro como envolvente y de patologías debidas a la humedad, a las que consecuentemente siguen niveles de confort que no responden a la normativa de habitabilidad vigente (Coronel *et ál.*, 2018).

BIBLIOGRAFÍA

CORONEL, C., JACOBO, G., ALÍAS, H. (2010). "Evaluación energética del edificio sede de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UNNE con la herramienta informática específica ECOTECT". Beca de pregrado, Secretaría General de Ciencia y Técnica, UNNE, Corrientes, Argentina.

CORONEL, C., JACOBO, G., ALÍAS, H. (2018). "Evaluación y rehabilitación térmico-energética de los edificios institucionales en el NEA, con la herramienta informática ECOTECT, contemplando el comportamiento de los usuarios". Beca posgrado, Secretaría General de Ciencia y Técnica UNNE, Corrientes, Argentina.

JACOBO, G. (2004), *Arquitectura del Siglo XX para el Siglo XXI*. Corrientes, Argentina: Moglia Ediciones SRL.

*. JACOBO, G. J. (2004). *Valores límites de temperaturas del aire para el área de confort psicofísico regional*.