

PLANILLAS PARA CALCULAR EL AHORRO DE ENERGÍA EN REFRIGERACIÓN Y LA ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS DEL NORDESTE ARGENTINO

T. K. Yakimchuk¹; H. M. Alías²; G. J. Jacobo³

Cátedra ESTRUCTURAS II. Área de la Tecnología y la Producción. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU).
Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) - Av. Las Heras 727 - 3500 - Resistencia - Chaco Tel.: +54 0362 4425573
e-mail: tatiana.yakimchuk@ymail.com / heralias@arq.unne.edu.ar

Recibido 18/08/14, aceptado 27/09/14

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue desarrollar planillas de cálculo que permitan realizar el balance térmico de edificios en la región nordeste de la República Argentina y analizar el desempeño energético de sus envolventes constructivas, de acuerdo a las normas IRAM 11900 y 11659-2. El caso de estudio fue la sede de la FAU-UNNE (Resistencia, Chaco). Tras un análisis de antecedentes y estudio de la normativa, se realizaron las hojas de cálculo mediante el uso del programa Microsoft Excel, y se prosiguió con la comprobación de su funcionamiento a través de la inserción de los valores correspondientes al edificio-caso. Las planillas diseñadas funcionaron favorablemente, ya que permitieron detectar la alta incidencia de la carga térmica por fuentes internas en la carga térmica total de refrigeración calculada mediante el balance térmico. Además, nos permitieron conocer la etiqueta de eficiencia energética de calefacción de la envolvente del edificio estudiado.

Palabras claves: planilla de cálculo, norma IRAM 11900, norma IRAM 11659-2, ahorro energético, edificio.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la industria de la construcción es una de las mayores consumidoras de recursos no renovables y materias primas del planeta; esto incluye desde las etapas de extracción y elaboración de los materiales, hasta el mantenimiento y uso de los edificios, puesto que grandes cantidades de energía y materia son necesarias para alcanzar el estado de confort dentro de los locales. Esto deriva en severos problemas de carácter ambiental: contaminación por quema de combustibles fósiles, efecto invernadero, acentuación del calentamiento global, etcétera. Por otro lado, si se considera el aumento del costo de la energía en Argentina, se vuelve ineludible la implementación de estrategias tendientes a su ahorro, que no modifiquen las condiciones de confort de los espacios interiores. Por ejemplo, con mayores espesores de capas aislantes en techos y muros, es posible reducir la demanda para calefacción en un 20 a 35% (Tanides *et al.*, 2011).

Actualmente, en Argentina no existen leyes de alcance nacional que regulen esta problemática y obliguen a los profesionales del medio a aplicar medidas correctoras a los edificios que proyectan y construyen. Solo la provincia de Buenos Aires, a través de la Ley Provincial 13059/03, exige a los profesionales una serie de condiciones de aislamiento mínimas para los edificios construidos dentro de su territorio. Asimismo, se han desarrollado varios estudios sobre el ahorro y la eficiencia energética en edificios a lo largo del país, como los de Czajkowski y Corredera (2006) y Evans (2009), que conforman un bagaje de conocimientos y experiencias importante a la hora de proponer reglamentaciones, ya sean de alcance nacional, provincial o municipal.

Con estos antecedentes, el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) ha desarrollado un conjunto de normas que proponen métodos simplificados para verificar el ahorro de energía en refrigeración en verano (IRAM, 2007) y la eficiencia energética de los cerramientos arquitectónicos en invierno (IRAM, 2009). Dichas normas son las siguientes: la norma IRAM 11659-2 ("Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración") y la IRAM 11900 ("Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente").

La primera evalúa los locales mediante un balance térmico, según el coeficiente Q_{Radm} , definido como la carga térmica admisible en refrigeración. Por otro parte, la segunda clasifica las envolventes según el indicador τ_m , entendido como la variación entre la temperatura media ponderada de la superficie interior del cerramiento, y la del centro del local, en grados Celsius. Éste otorga una etiqueta que va desde A (para las envolventes más eficientes) hasta H (para las menos eficientes).

¹ Becaria de investigación del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) – Beca Estímulo a las Vocaciones Científicas (EVC). Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU). Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).

² Mgter. Arq. Esp. Prof. Univ. (FAU – UNNE). Investigadora SGCyT – UNNE. Directora de Beca de Investigación EVC – CIN. Co-directora de proy. investigación SGCyT – UNNE.

³ MSc. Arq. Prof. Univ. (FAU – UNNE). Investigador y Director proyecto de investigación SGCyT – UNNE.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar y desarrollar planillas de cálculo que permitan realizar el balance térmico de locales en edificios de la región noreste (NEA) de la República Argentina, y analizar las envolventes constructivas que los contienen. Las normas existentes mencionadas constituyen el instrumento base a través del cual podrán generarse las hojas de cálculo y a partir del cual podrán compararse los valores resultantes con indicadores preestablecidos. En última instancia, se propone que estas planillas de cálculo constituyan una nueva herramienta de proyecto para los profesionales del medio y un antecedente a la hora de proponer reglamentaciones municipales o provinciales en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Primera etapa: base de datos y caso de estudio

La primera etapa de la investigación consistió en la lectura de antecedentes y la conformación de la base de datos necesaria para iniciar la elaboración de las herramientas informáticas. En una primera parte, se definió una primera región de estudio a considerar en el trabajo: la región noreste (NEA) de la República Argentina, que abarca las provincias de Chaco, Corrientes, Formosa y Misiones (en este trabajo también se consideró como parte de la región el norte de la provincia de Santa Fe). Para evitar la formación de una base de datos compleja y confusa, de ésta región solo se seleccionaron para la base de datos a aquellas ciudades consideradas municipios por sus respectivas provincias. A partir de la información provista por la norma IRAM 11603 (2012), se estableció que la zona bioambiental predominante en el sector es la Zona Bioambiental I (muy cálida). Al superponer en un mapa el NEA y dicha zona bioambiental, se definió la región definitiva a considerar en este trabajo (figura 1).

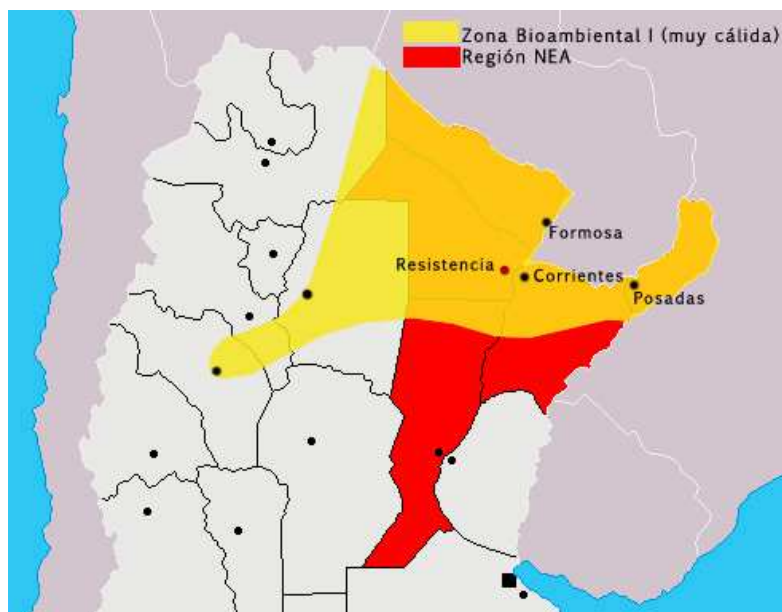


Figura 1. Región definida para la investigación, en color naranja, surgida de la superposición entre la zona bioambiental I (muy cálida) y la región geográfica del NEA.

Seguidamente, se obtuvieron los datos geográficos y meteorológicos de las ciudades comprendidas en esta región, partiendo nuevamente de la norma IRAM 11603. Sin embargo, dado que esta norma solo tiene información completa de algunas ciudades de la región definida, fue necesario complementarla con las cartas topográficas hechas por el Instituto Geográfico Nacional y aplicar así la relación entre temperatura de diseño y altura sobre el nivel del mar de la localidad (ASNM), como sugieren tanto la norma IRAM 11603 como la IRAM 11659-2. Es necesario aclarar que, aun con este complemento, no fue posible encontrar los datos de todas las ciudades que inicialmente formaban parte de la región de análisis, lo que redujo el total de localidades consideradas en la base de datos.

| Provincia | Localidad | ASNM | TDMIN INV | TDMAX VER | TMED VER | HR VER | HR MX VER | We | Zona bioamb. |
|-------------|-------------------------|-------|--------------|--------------|-------------|-----------|--------------|------|-----------------|
| Chaco | Napenay | 95 | -1,90 | 40,50 | 26,3 | 64 | 29 | 14 | 1a |
| | Pampa del Indio | 90 | -1,70 | 42,30 | 26,6 | 71,4 | 30 | 15,5 | 1a |
| | Pampa del Infierno | 121,2 | -2,20 | 40,30 | 26 | 64 | 29 | 13,5 | 1a |
| | Presidencia de la Plaza | 76,2 | -2,00 | 39,50 | 25,9 | 73,3 | 32 | 14,5 | 1a |
| | Pcia. Roque Saénz Peña | 90,6 | -1,90 | 40,60 | 26,3 | 64 | 29 | 14 | 1a |
| | Puerto Bermejo | 53,7 | -1,30 | 42,70 | 27,7 | 71,4 | 30 | 16,5 | 1a |
| | Puerto Tirol | 53,8 | -1,80 | 39,80 | 26,1 | 73,3 | 34 | 15,5 | 1a |
| | Puerto Vilelas | 52 | -1,80 | 39,80 | 26,1 | 73,3 | 34 | 15,5 | 1a |
| | Quitilipi | 84,3 | -1,80 | 40,70 | 26,4 | 64 | 29 | 14 | 1a |
| Resistencia | 52 | -1,80 | 39,80 | 26,1 | 73,3 | 34 | 15,5 | 1b | |

Tabla 1. Parte de la base de datos generada en la investigación, en este caso para ciudades de la provincia del Chaco.

En esta instancia, se presentó una contrariedad entre las fórmulas para el cálculo de las temperaturas de diseño sugeridas por una y otra norma. Mientras la IRAM 11603 propone variar la temperatura $0,65^{\circ}\text{C}$ cada 100 m de diferencia entre la ASNM de la localidad a analizar y la tomada como referencia cercana, la IRAM 11659-2 propone una variación de 1°C para la misma diferencia. Puesto que las planillas a desarrollar están aplicadas a la norma IRAM 11659-2, se decidió adoptar el criterio propuesto por ésta.

Por otro lado, un segundo inconveniente encontrado fue la inexistencia de un método o fórmula en esta normativa que indique cómo hallar las humedades relativas máximas (HR_{MX}) de aquellas ciudades que no aparecen en las planillas provistas por la IRAM 11603. Es decir, la norma sí propone un método para hallar la humedad relativa máxima de verano, el cual consiste en utilizar el diagrama psicrométrico de la norma IRAM 11659-1. Sin embargo, es imposible aplicarlo en las ciudades que no figuran en las planillas de la IRAM 11603, porque para eso se precisa contar con los datos de la temperatura media (T_{MED}) y la humedad relativa media (HR_M) de esas ciudades, variables que, a diferencia de la temperatura de diseño, no se pueden calcular mediante la relación entre temperatura y altura sobre el nivel del mar. En definitiva, el criterio adoptado para estos casos fue el de utilizar las humedades relativas máximas de las localidades más próximas, que sí se calcularon mediante el método del diagrama psicrométrico, e interpolar valores en caso de ser necesario.

La segunda parte de esta primera etapa consistió en la recopilación de la información del caso de estudio. Dado que la presente investigación forma parte del proyecto de investigación acreditado titulado "Evaluación térmico-energética de las sedes edilicias de las Facultades de Arquitectura y Urbanismo, y de la de Ingeniería de la UNNE", el caso de estudio seleccionado fue la sede edilicia de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), ubicada en Resistencia, Chaco (figura 2). Este edificio cuenta con un bloque antiguo, de construcción tradicional o habitual (paredes portantes de ladrillo común, techo inclinado de tejas, etc.) y con un bloque nuevo de construcción basada en estructuras independientes prefabricadas de hormigón armado, muros dobles y entrepisos y azoteas de losa. Es por ello que en sí mismo representa dos tipos edificatorios muy comunes en la región, por lo que constituye un buen ejemplo para evaluar el desempeño energético de los tipos de envolventes más empleados en la zona.

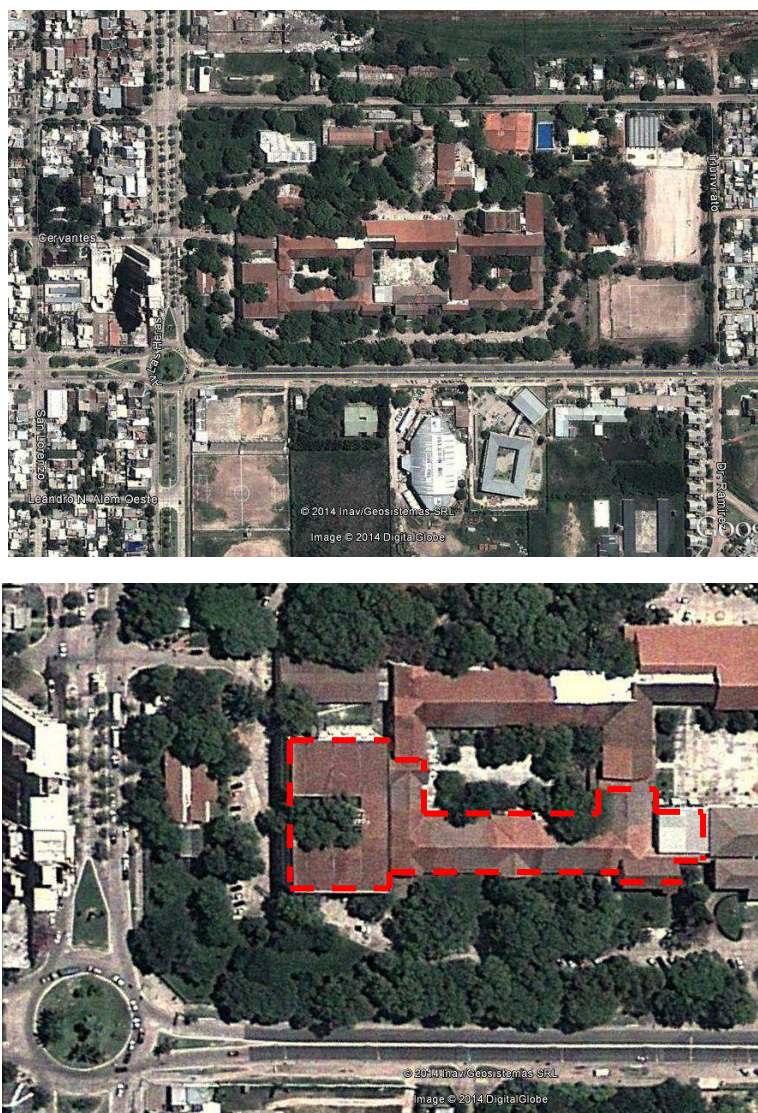


Figura 2. Vista aérea del campus de la UNNE en Resistencia y de la sede edilicia de la FAU.

Sucesivos relevamientos y monitoreos hechos en este edificio dentro del proyecto de investigación (Alfías *et al.*, 2011; Coronel Gareca, Jacobo y Alfías, 2010) permitieron conocer sus características tecnológico-constructivas y su comportamiento higrotérmico. Asimismo, son estos trabajos de investigación los que demostraron que los locales alojados en la sede de la FAU-UNNE se encuentran, en un 75% del tiempo de monitoreo invernal, fuera de la franja regional de confort regional definida (18 - 28 °C). Actualmente, se está estudiando la posibilidad de reducir esta situación de discomfort en los espacios interiores. Es a partir de estos resultados, que el equipo de investigación se propuso evaluar la eficiencia energética de calefacción de la envolvente del edificio, con vistas a una posible intervención edilicia a futuro en materia de sistemas de calefacción.

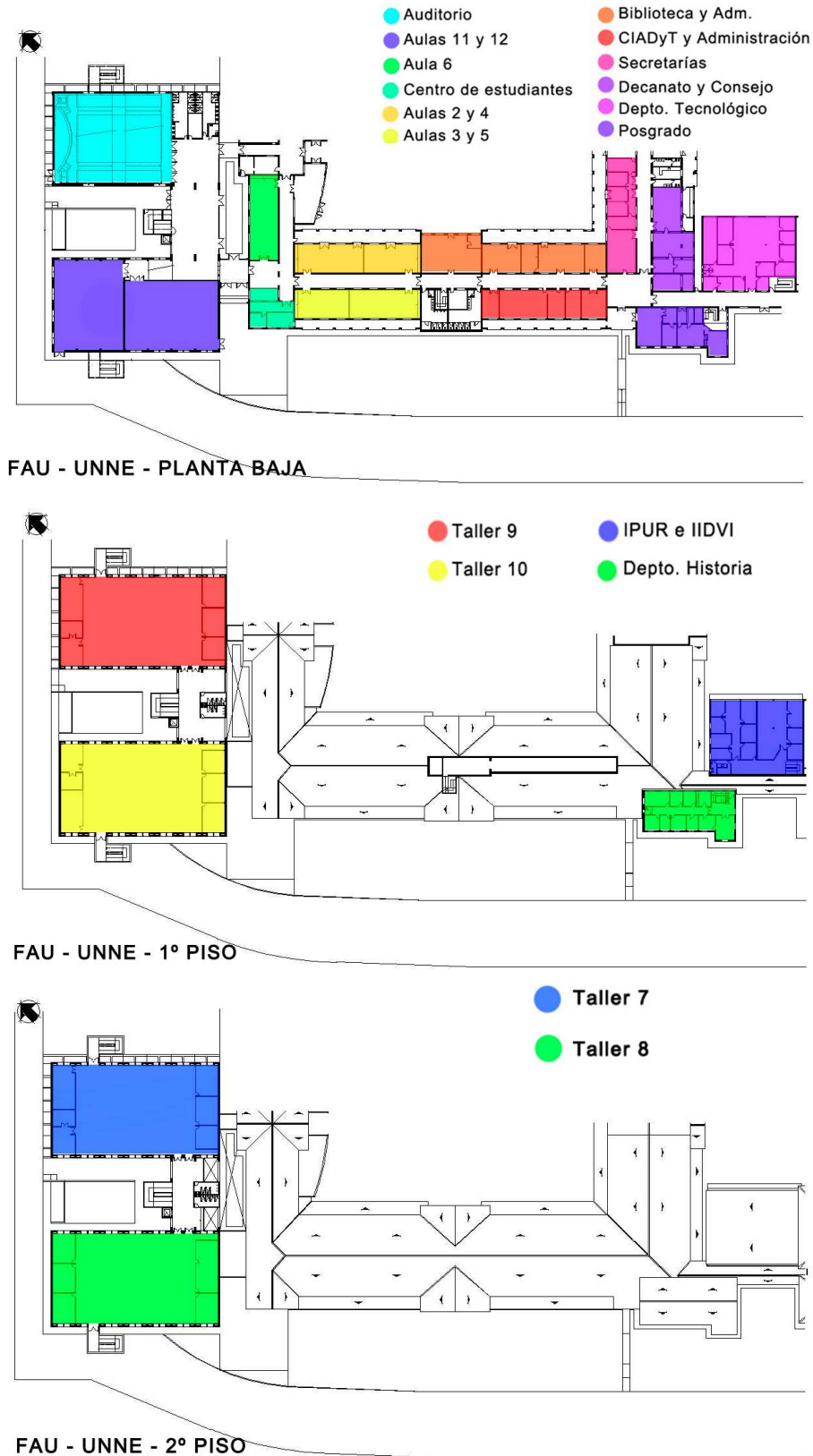


Figura 3. Planta baja, primera y segundo piso de la sede edilicia de la FAU-UNNE.

Segunda parte: creación de las planillas de cálculo

Finalizada la etapa de recopilación de información, se prosiguió con la realización de las planillas de cálculo y la comprobación de su buen funcionamiento a través de la inserción de los valores correspondientes al caso de estudio. Para ello, se adoptó el programa Microsoft Excel 2007, incluido en el paquete Microsoft Office, que es de amplio uso y difusión entre los profesionales del medio y permite crear planillas de cálculo de manera exacta, con una interfaz sencilla y un fácil manejo para los potenciales usuarios.

En el desarrollo de la planilla correspondiente al ahorro de energía en refrigeración (IRAM 11659-2), fue preciso analizar los locales individualmente y no por paquetes, ya que al existir una gran cantidad de variables a tener en cuenta, como el factor de ocupación y el grado de incidencia de la radiación solar sobre los cerramientos, no es posible agrupar espacios por cercanía o por poseer envolventes de similares características. Es por ello que se seleccionaron cinco locales representativos del conjunto y bajo distintas situaciones de exposición solar, tipo de envolvente y forma de uso. Aún así, es necesario mencionar que la norma no incluye en su método ciertos factores fundamentales relacionados con el diseño del edificio, como por ejemplo la incidencia de la vegetación cercana, la sombra arrojada por edificios linderos en ciertas horas del día, el efecto del sol sobre los cerramientos opacos y la temperatura sol-aire. El procedimiento para la elaboración de esta planilla fue el siguiente:

- Definición de los parámetros exteriores, interiores y los constructivos de la envolvente: temperatura, nivel de confort deseado, humedad relativa y absoluta, etcétera.
- Obtención de la carga térmica por conducción, por radiación, por fuentes internas y por ventilación, siguiendo ese orden y contemplando las fórmulas que otorga la norma.
- Cálculo de la carga térmica total a partir de la sumatoria de todas las anteriores.
- Comparación de la carga térmica total con la carga térmica total admisible, de acuerdo al volumen del local y a la temperatura exterior.

Por otro lado, en la elaboración y aplicación de la planilla para la verificación de la etiqueta de eficiencia energética de calefacción (IRAM 11900), se analizó la totalidad del edificio, subdividido por paquetes como lo indica la figura 3. El procedimiento aquí, respetando órdenes y fórmulas preestablecidos en la norma, fue el siguiente:

- Definición de las condiciones de diseño exteriores, siendo la temperatura de diseño exterior para invierno la única variable interviniente.
- Obtención de la temperatura media ponderada de cada parte de la envolvente de forma individual, es decir, muros en contacto con el exterior, carpinterías, cerramientos en contacto con el interior y techos.
- Cálculo la variación media ponderada de la temperatura (τ_m).
- Comparación con los parámetros establecidos en la norma para así obtener la etiqueta de cada paquete de locales del edificio, subdividido de acuerdo a los esquemas de la figura 3.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Planilla para la determinación del ahorro de energía en refrigeración

La aplicación de la planilla de ahorro de energía en refrigeración (IRAM 11659-2) se llevó a cabo en los cinco locales seleccionados. El balance térmico efectuado sobre ellos demostró una fuerte incidencia, en la carga térmica total de refrigeración (Q_R), de la carga térmica por fuentes internas (figura 4). Ésta representó, en todos los casos, más del 50% del total. Este resultado discrepa de la hipótesis inicial de este trabajo, donde se afirmaba que la carga por fuentes externas, transmitida a través de la envolvente, sería la preponderante en el balance térmico final.

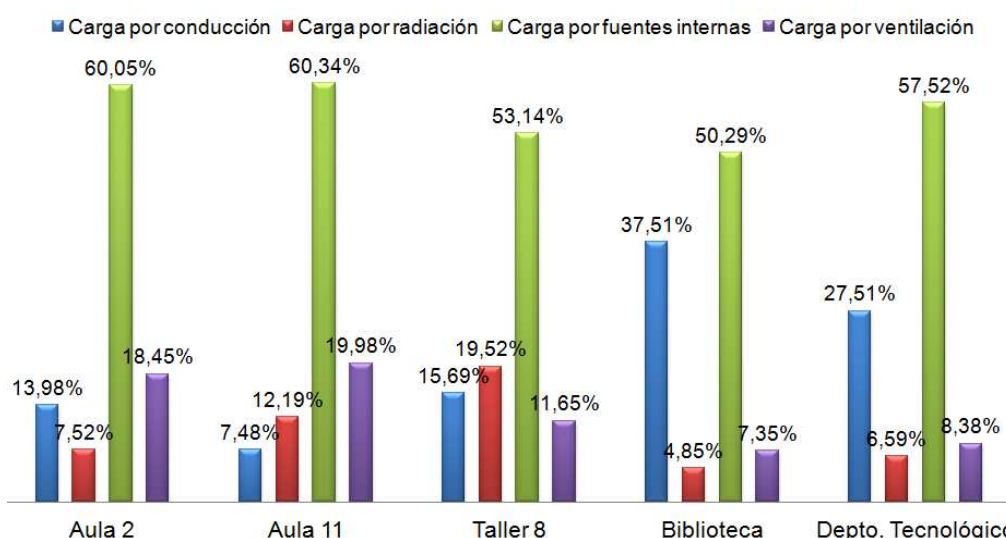


Figura 4. Incidencia porcentual de cada carga en el valor total de Q_R obtenido mediante el balance térmico de cinco locales del edificio de la FAU-UNNE.

Seguidamente, se comparó la carga térmica total Q_R con la admisible según norma (Q_{Radm}). Llegada esta instancia, es importante aclarar que los parámetros de carga térmica admisible indicados en la norma están destinados a evaluar exclusivamente el desempeño de edificios de viviendas. En efecto, al intentar comparar los valores de un edificio educacional con los valores máximos admisibles, la carga térmica total sobrepasó ampliamente la carga térmica admisible (figura 5 y tabla 2). Esto nos condujo a pensar en la necesidad de ampliar el alcance de la normativa 11659 hacia la evaluación de edificios de otras tipologías (oficinas, edificios públicos, etcétera). De hecho, Salvetti, Czajkowski y Gómez (2010) hicieron una revisión de la normativa existente y propusieron indicadores aplicables a edificios de oficinas. Sin embargo, al día de hoy, los estudios sobre esta norma se encuentran discontinuados. En el caso particular de este trabajo de investigación, el proponer modelos para edificios educacionales excede los objetivos planteados inicialmente, pero creemos necesario profundizar al respecto en futuras investigaciones, para las cuales las planillas desarrolladas constituirán una importante herramienta operativa.

Hecho este análisis inicial, se procedió a adoptar medidas correctoras en la envolvente para detectar una posible forma de disminuir el valor de la carga térmica total. Se propuso mejorar la calidad en aislación térmica con que cuentan actualmente los cerramientos del edificio, considerando que se trata de mejoras aplicadas sobre un edificio existente, por lo que las opciones son más limitadas. Mejorar la calidad en aislación térmica significa reducir el valor del coeficiente de transmitancia térmica K de cada elemento de la envolvente. Así, por ejemplo, se probó reemplazar las carpinterías de vidrio simple por carpinterías de doble vidrioado hermético (DVH), se incorporaron revocos térmicos en los paramentos exteriores, entre otras modificaciones. La disminución de los valores de K en carpinterías implicó también una reducción del factor de exposición solar F_{es} .

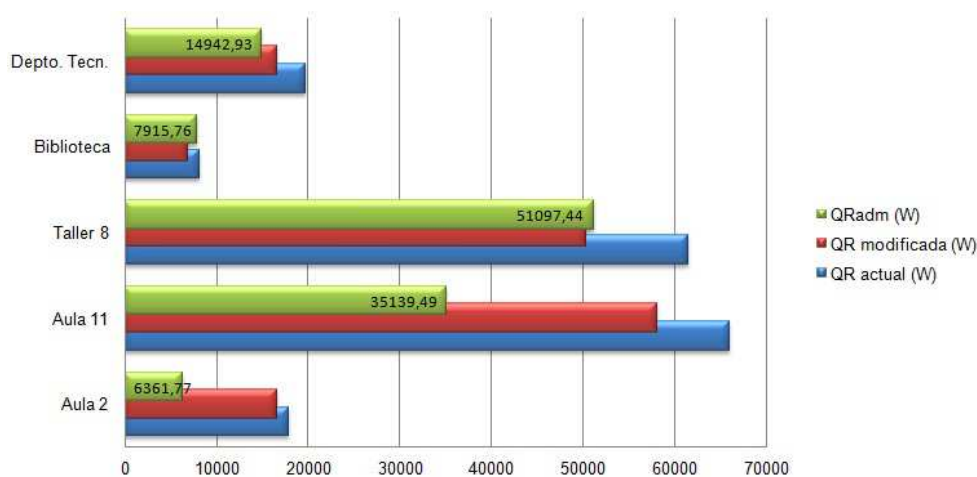


Figura 5. Comparación entre valores calculados, admisibles y mejorados de Q_R para los cinco locales analizados.

| | Aula 2 | Aula 11 | Taller 8 | Biblioteca | Depto. Tecn. |
|----------------------------|----------|----------|----------|------------|--------------|
| Q_R actual (W) | 17911,03 | 65918,25 | 61479,70 | 8114,73 | 19713,15 |
| Q_R modificada (W) | 16561,80 | 58083,46 | 50308,85 | 6950,98 | 16633,59 |
| Q_{Radm} (W) (viviendas) | 6361,77 | 35139,49 | 51097,44 | 7915,76 | 14942,93 |

Tabla 2. Valores de Q_R , Q_R modificada y Q_{Radm} para cada local en el que realizó el balance térmico.

Con estas modificaciones fue posible disminuir los valores de Q_R de todos los locales analizados (figura 5 y tabla 2), siempre que se considere un nivel de confort interior mínimo.

Planilla para la obtención de la etiqueta de eficiencia energética en calefacción

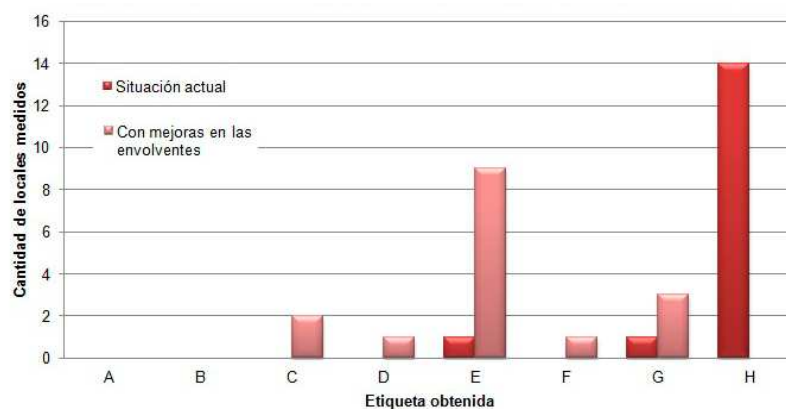


Figura 6. Relación entre tipo de etiqueta obtenida y cantidad de locales medidos en el edificio de la FAU-UNNE.

Los resultados obtenidos mediante la segunda de las planillas desarrolladas (aplicación de IRAM 11900) indican que la envolvente del objeto de estudio tiene una baja eficiencia energética en calefacción, ya que en el 88% de los locales medidos (figura 6) se ha obtenido la etiqueta más baja (H). A su vez, la aplicación permitió demostrar la influencia en los resultados del coeficiente de transmitancia térmica K. Es decir, al modificar esta variable, la etiqueta también se veía afectada. Por lo tanto, se decidió aplicar las mismas medidas correctoras utilizadas para el ahorro de energía en refrigeración, que implicaron una reducción de los valores de transmitancia térmica de la envolvente. De este modo, fue posible mejorar la clasificación del 100% de los paquetes estudiados (figura 7).

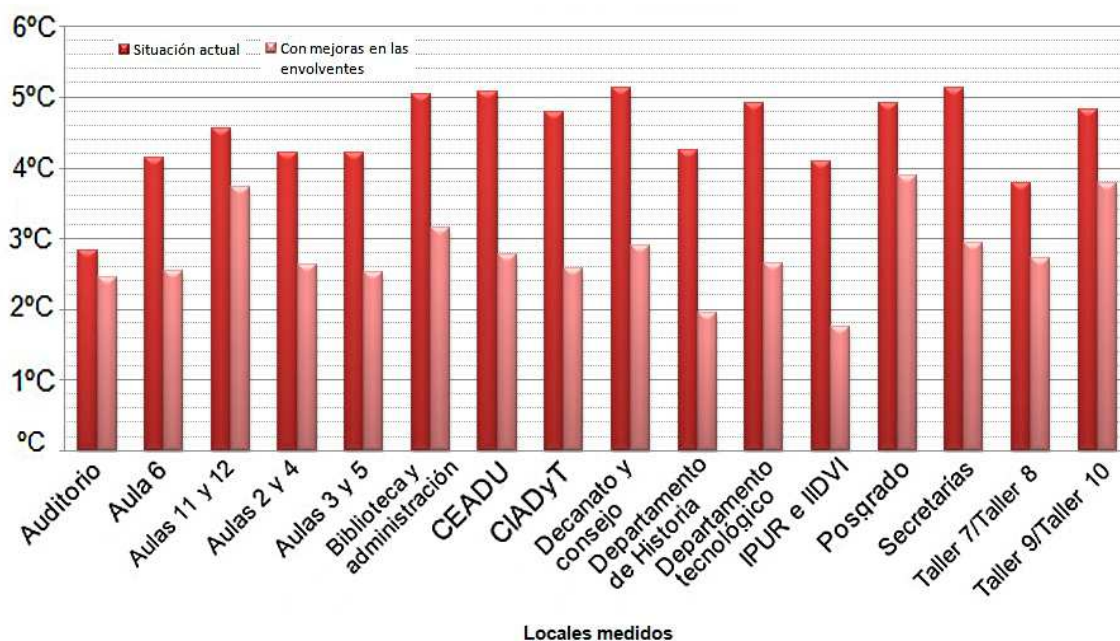


Figura 7. Variación de la temperatura media ponderada, entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño, en grados Celsius, para cada local medido del edificio de la FAU-UNNE.

Ahora bien, estas mejoras no resultaron suficientes: la mayoría de las envolventes que obtuvieron la clasificación más baja en un primer momento, solo pudieron alcanzar una etiqueta E luego de las modificaciones. Así, se comprueba el alto nivel de exigencia que posee la norma y lo difícil que resulta para los proyectistas aspirar a envolventes de clasificación A, B o C, especialmente cuando se trata de obras ya construidas en las que se pretende optimizar la eficiencia energética durante el uso.

Asimismo, con estos resultados se demuestra que, actualmente, es posible aplicar la norma IRAM 11900 en la zona bioambiental I (muy cálida), que es la que abarca las provincias del nordeste de la República Argentina. Un problema potencial para la aplicación de la norma IRAM 11900 en esta zona había sido detectado en estudios previos (Evans, 2009), cuando la norma IRAM 11603, la cual establece los parámetros meteorológicos y bioambientales para cada zona del país, aún no había sido revisada. Al actualizarse las temperaturas de diseño exteriores de invierno para las ciudades comprendidas dentro de la zona bioambiental I, los datos se volvieron más rigurosos (IRAM, 2012). Por ejemplo, la ciudad de Resistencia modificó su temperatura exterior de diseño de 5,9 a -1,8°C. El hecho de que estas temperaturas hayan sido anteriormente más elevadas, permitía elementos de mayor transmitancia térmica en la envolvente. Hoy en día, bajo esta nueva norma IRAM 11603, ese problema ya no se verifica.

Extensión de los resultados obtenidos y herramientas elaboradas

Mediante esta investigación se pudieron elaborar planillas de cálculo que resultarían de fácil uso y distribución entre los profesionales del medio, con posibilidad de constituirse en insumo para los entes municipales, provinciales o nacionales encargados de auditar la eficiencia energética de los edificios existentes o a proyectar en la región. Asimismo, resultan un antecedente relevante al momento de proponer o ajustar normativas que regulen el consumo energético y el confort térmico edilicio, imprescindibles en cualquier programa de uso racional de la energía que se proponga. Para ello hace falta, además, completar el vacío de información detectado durante la etapa metodológica de este trabajo; se vuelve necesario contar con información climática actualizada y certera de las localidades de nuestra zona, de manera tal de obtener resultados más rigurosos. Así, las planillas producidas podrían realmente ser utilizadas para cualquier edificio en cualquier localidad de la región.

Por otra parte, la gran simplificación que tiene el método propuesto en la IRAM 11659-2 conduce a eludir elementos fundamentales en el cálculo de ganancias térmicas, como son las horas de sombra, la temperatura sol-aire, la incidencia de la vegetación en el refrescamiento del aire exterior, etcétera. Se sugiere considerar estos factores en futuras revisiones de la normativa, como también se sugiere unificar el criterio para hallar la temperatura de diseño a partir de la altura sobre el nivel del mar, el cual discrepa entre una norma (IRAM 11603) y otra (IRAM 11659-2).

El estudio de un edificio, ubicado en la región más cálida del país y con características tecnológico-constructivas representativas de dicha región, hizo evidente la necesidad de discutir un método que permita hallar la etiqueta de eficiencia energética de refrigeración. En zonas cálidas, como la implicada en esta investigación, es preciso evaluar las envolventes de los edificios tanto en condiciones de invierno como de verano, ya que estas últimas son las más rigurosas y extensivas a lo largo del año. Además, es a partir de las condiciones de verano que surge el diseño de los sistemas de climatización utilizados en la región. Por lo tanto, contar con un cuerpo normativo que incluya este método y que se pueda traducir en una planilla de cálculo, como se hizo en este trabajo con otros métodos, sería de suma importancia para contribuir a un estudio más riguroso y a una mejora de la eficiencia energética de los edificios del nordeste argentino.

Finalmente, en referencia al caso particular estudiado, los datos obtenidos complementaron la información ya existente y resultaron fundamentales para cualquier propuesta futura de mejoramiento de las condiciones de habitabilidad y confort térmico del edificio. Esto incluye no sólo futuras intervenciones en la envolvente, como se propuso en este trabajo, sino también la concientización de los usuarios en el uso de los locales, la incorporación de sistemas de calefacción, la revisión de la eficiencia de los sistemas de iluminación, etcétera. Solo la combinación de estas variables permitirá mejorar el estado de confort de los espacios interiores y, al mismo tiempo, hacer un uso eficiente de la energía.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Alías, H., Jacobo, G., Corace, J., Aeberhard, R., Coronel Gareca, C., Borges, R. & Yaccuzzi, I. (2011). Monitoreo térmico de aulas de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE en días de invierno y condiciones reales de ocupación. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 81-89.
- Coronel Gareca, C., Jacobo, G. & Alías, H. (2010, octubre). *Estudio del desempeño termo-energético del edificio sede de la FAU – UNNE con aplicación de una herramienta informática*. Documento presentado en el XIII Encuentro Nacional de Tecnología del Ambiente Construido, Canela, Brasil.
- Czajkowski, D. & Corredera, C. (2006). Ahorro de energía en refrigeración de edificios para viviendas y propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 10, 9-16.
- Evans, J. (2009). Etiquetado de eficiencia energética según la transmitancia térmica de la envolvente: análisis de aplicación en el marco del proyecto de norma IRAM. *Avances en Energía Renovables y Medio Ambiente*, 13, 85-91.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2007). *Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas*. (Nº de publicación IRAM 11659-2). Argentina: autor.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2009). *Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente*. (Nº de publicación IRAM 11900). Argentina: autor.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2012). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. (Nº de publicación IRAM 11603). Argentina: autor.
- Salvetti, M., Czajkowski, J. & Gómez, A. (2010). Ahorro de energía en edificios para oficinas. Propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14, 17-24.
- Tanides, C., Evans, J., Nicchi, F., Pedace, R. & Gazzola, G. (2011). Optimización de la demanda energética argentina en la climatización del sector residencial. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 91-98.

ABSTRACT: The objective of this work was to develop spreadsheets that allow accomplishing the thermal balance of buildings located in the north-east of Argentina, and analyze the energy performance of their envelopes, according to the IRAM standards 11900 and 11659-2. The case study was the building of the Architecture and Urbanism Faculty (FAU) of the North-east National University (UNNE), in Resistencia city. After the analysis of the background and study of the standards, the spreadsheets were produced using Microsoft Excel application and their operation was verified by introduction of building data. The spreadsheets worked successfully; through the thermal balance, it was possible to detect the high incidence of the internal heat gains in the thermal cooling load. We were also able to determine the energy efficiency label of the building envelope.

Keywords: spreadsheet, IRAM standard 11900, IRAM standard 11659-2, energy saving, building.