

CALIDAD DE AIRE INTERIOR, CONFORT HIGROTÉRMICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA ¿UN NUEVO PARADIGMA EN GESTIÓN ENERGÉTICA?

Carlos Edgardo Marino¹, Juan José Salerno¹, Pablo Bertinat¹, Claudio Marcelo Giordani² Marcos Olivera², María Aramburu²

(¹) Observatorio de Energía y Sustentabilidad (OES). Departamento Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rosario.

(²) Departamento Ingeniería Civil. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rosario.

www.oes.org.ar. email ce Marino63@gmail.com

RESUMEN: En el siguiente trabajo se presenta la búsqueda de relaciones que sirvan como referencias para un “Gestor de Energía” a la hora de planificar, gestionar o estudiar los consumos de un edificio de usos específicos o particulares como puede ser una “Institución de Salud”, dentro de un nuevo marco como lo es el de pandemia. Estas referencias servirán para la ejecución, desarrollo o propuesta de mejoras considerando el confort higrotérmico, la calidad de aire interior y la eficiencia energética. La intención de este análisis es profundizar y visualizar el grado de tratamiento conceptual de las reglamentaciones y normativas locales, nacionales e internacionales. Las normativas redactadas post pandemia son las que comienzan a definir la relación confort higrotérmico y eficiencia energética con calidad de aire interior recomendada por organismos como la OMS, ASHRAE y exigidas por asociaciones médicas. Este análisis, sus conclusiones y propuestas futuras pueden ser aplicables a otros ámbitos administrativos públicos o privados y propone un potencial cambio de paradigma para que este aspecto conceptual se transforme en una necesidad práctica de diseño o adecuación.

Palabras clave: Confort. Eficiencia. Gestión. Calidad. Aire. Salud

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca dentro del PID “Estudio de Diseño Arquitectónico Sustentable en Edificio de Salud” – Cod: MSUTNRO0005532

La edificación constituye un sector socio-económico clave en nuestros días, en el cual, como se ha visto, confort y energía deben ser atendidos de forma conjunta en las etapas de diseño y operación con vistas a garantizar las bases de un desarrollo sostenible (Chicote, 2015). Además, se observa que la totalidad de las medidas establecidas para el ámbito de la construcción civil se centran en reducir el consumo de energía mediante la definición de estándares de desempeño mínimo, y soluciones para mejorar, evaluar y calificar el desempeño energético de las edificaciones (Reus Netto, 2018).

La norma ISO 50001, Energy Management Systems, publicada en junio de 2011, establece los requisitos que debe tener un sistema de gestión de la energía en una organización para ayudarla a mejorar su desempeño energético, aumentar su eficiencia energética y reducir los impactos ambientales, así como también incrementar sus ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan, todo esto sin sacrificio de la productividad.

Se entiende que este sistema de gestión de la energía debe ser desarrollado por un “Gestor Energético”. El gestor energético es un recurso que utilizan las instituciones que se consideran como

“Instituciones que preservan el Medio Ambiente”. El gestor energético es el engranaje que permite que las actividades diarias de una Institución se desarrollen pensando en objetivos de eficiencia y ahorro de energía, es decir, optimizando de forma sistemática y continua, el consumo energético de las instalaciones, entre las que se destacan: alumbrado exterior, iluminación del edificio, sistemas de climatización, confort térmico y lumínico, fuerza motriz, consumos de agua, entre otros. El gestor energético puede ser una persona o grupo de personas que forman un departamento que tiene como premisa considerar eficiencia energética, calidad de aire interior y confort.

Múltiples investigaciones han validado al confort térmico como una de las variables que mayormente afectan a los espacios interiores y a la eficiencia energética de los edificios como los describe Arballo et al. (2019)

La Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE) sintetiza el concepto de la eficiencia energética de un proceso como el cociente entre la cantidad de energía efectivamente aprovechada y la energía consumida para el efecto buscado y por otro lado también destaca que la optimización de la eficiencia energética se refiere al conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, sin sacrificar la producción, la calidad o los niveles de confort. Dicho de otra forma, la Eficiencia Energética corresponde a “hacer más con menos”.

Haciendo historia, las primeras manifestaciones de la crisis energética se observaron con el aumento de los precios del petróleo en 1973. La etapa de energía abundante y barata tuvo un llamado de atención y provocó la inmediata alerta de la mayor parte de los países. Es desde entonces que las tareas se encaminaron a terminar con la cultura del derroche y proponer métodos, sistemas, desarrollos, construcciones, dispositivos y materiales que generen una mejor relación entre energía consumida y energía aprovechada. En este sentido se destaca que los edificios no fueron ajenos a estas consignas y la preocupación se centró en conseguir construcciones mejor aisladas y con menores pérdidas. Se entiende que se olvidó de cierta manera no intencionada, la consideración de la calidad de aire interior, manifestado en “no generar” renovaciones permanentes de aire en los sistemas de climatización o llevándolas a los límites más bajos, condición que si se aplicaba que era entendida como disminución de la eficiencia energética. Hoy “durante la pandemia” estos límites no son recomendados. Esto puede observarse en la existencia de sistemas centrales de climatización de acondicionamiento de aire por conductos que fueron diseñados sin rejillas de ingreso de aire exterior que imposibilitan renovaciones permanentes de aire.

Por otro lado, y para adentrarse en otro de los conceptos mencionados en el título, se destaca: “El confort higrotérmico se establece cuando el cuerpo pierde calor a la velocidad adecuada; una mayor velocidad implica sensación de frío y una menor velocidad, sensación de calor. A esa velocidad se equilibran todos los intercambios energéticos que se originan en el hombre”. “El confort higrotérmico, se fundamenta en la creación de sistemas que se adaptan al entorno local y las funciones del espacio, de manera cooperativa”. (Lattuca, 2012)

De los párrafos anteriores se infiere que el análisis se basa en buscar conceptos que sirvan para sumar a las herramientas de aplicación para gestionar energía y se relacionen con sistemas de climatización, confort higrotérmico y desviaciones sobre el consumo energético.

Considerando a la “Salud como un Derecho Universal y Esencial”, quienes trabajan en ámbitos sanitarios deben garantizar la misma con acciones de prevención sanitaria, acceso equitativo y de calidad a los servicios, promoción de entornos saludables, educación en la comunidad, articulación intersectorial y participación comunitaria, entre otras. Una institución de salud es una institución donde se brindan servicios para garantizar a la población objetivo algunos conceptos del párrafo anterior. La complejidad de servicios que se desarrollan en las mismas va desde sectores de prácticas quirúrgicas e internación, consultas y servicios técnicos auxiliares, hasta oficinas administrativas, legales y contables. Existiendo entonces la potencialidad de transmisión de enfermedades de personas

enfermas a personas inmunodeprimidas o con enfermedades graves de base o sanas, prevenir y brindar calidad de atención sanitaria debería ser una premisa fundamental de todos los que trabajadores de salud. Con esta premisa y con la obligación moral como eje profesional técnico de resolver los problemas básicos de índole social y mejorar las condiciones de vida, la condición de pandemia propone abordajes de acciones tendientes a minimizar los efectos de los contagios de agentes infecciosos que se transmiten en el aire por aerosoles. Dentro de estas consideraciones se encuadran todos los espacios antes mencionados y entendiendo que los trabajadores de salud dedican gran tiempo de permanencia en sus puestos, es primordial que los equipos técnicos incluido el gestor energético cumplan un papel fundamental en el aseguramiento de las buenas condiciones de bienestar y salud.

Si bien los equipos técnicos forman parte esencial del proceso de atención y no realizan un juramento público como el hipocrático de los médicos, todas las acciones deben tener con impronta la de salvaguardar la salud y brindar buenas condiciones de trabajo. (García de Frutos, et al. 2019)

METODOLOGÍA

La metodología de análisis se refiere a la búsqueda de respuestas primeramente a nivel local (Ciudad de Rosario), seguida de normativa nacional y finalmente a nivel internacional. Se apuntó a buscar líneas o conceptos que se refieran a la relación entre calidad de aire interior, confort higrotérmico y eficiencia energética, a su análisis, a su tratamiento o a su cuantificación. Según se desprende de enunciados de Samperi et al (2014) la búsqueda puede considerarse como un estudio exploratorio, pretendiendo dar una visión general y sólo aproximada del objeto de estudio o de una relación poco estudiada, que sirva para preparar el campo para futuros alcances descriptivos, correlacionales y/o explicativos. Este tipo de búsqueda se realizó especialmente por considerar que, a principios de pandemia, no existían precisiones sobre la justificada necesidad de controlar y mantener la calidad de aire interior y su vinculación con la eficiencia energética.

Si bien este estudio no intenta ser correlacional, entendiendo como tal al tipo de estudios que tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular, la búsqueda apunta a encontrar parámetros que relacionen los tres descriptores (calidad de aire interior, confort higrotérmico y eficiencia energética) y sirvan de herramienta de análisis y aplicación para un gestor energético. La selección de los documentos de análisis se basó en reglamentaciones vigentes, recomendaciones y normas de aplicación de trabajos o estudios que dentro de la temática son diariamente utilizados por diseñadores, mantenedores y gestores de energía a la hora de definir acciones sobre los sistemas de ventilación y climatización.

Según los parámetros definidos en las cartas bioclimáticas, los intervalos de valor que permiten el confort térmico corresponden a: Temperatura del aire ambiente: entre 18° y 26°C. Temperatura radiante media superficie del local: entre 18° y 26°C. Velocidad del aire: entre 0 y 2 m/s. Humedad relativa: entre 40% y 65%. Gradiente térmico vertical (desde la cabeza a los pies de la persona) no superior a 3° Kelvin.

Para el caso de eficiencia energética se buscan parámetros que la relacionen con los otros dos conceptos e indiquen al menos cantidades porcentuales o consideraciones de incremento de pérdidas o ganancia ante alteraciones o cambios en el confort o calidad de aire y sirvan para iniciar estudios futuros y aplicados de correlación.

Para la calidad de aire interior se consideran las recomendaciones indicadas por la OMS de mantener la cantidad de CO₂ por debajo de 800 ppm considerando para aire exterior la categoría ODA 1 (aire puro que se ensucia temporalmente por ejemplo con polen) y para aire interior la categoría IDA 1 (calidad de aire interior alta). Estos parámetros definen además otros tales como, caudal de aire

circulante, caudal de aire inyectado, caudal de aire extraído que junto con las renovaciones por hora dan cumplimiento a los requerimientos que plantean las asociaciones sanitarias y otros organismos para mantener condiciones seguras y saludables en los distintos espacios sanitarios.

La bibliografía conocida brinda herramientas para relacionar eficiencia energética con confort higrotérmico y esto se fundamenta en trabajos y normativa que determinan condiciones de confort y se cuantifican por coeficientes volumétricos de pérdida de calor. Es entonces que el trabajo pretende como criterio final buscar en esta bibliografía, condicionar la información, encontrar respuestas y proponer para un momento posterior la correlación con una nueva variable representada por la pérdida de calor generada por la incorporación de aire externo limpio o puro ante la necesidad de diluir el aire persiguiendo mantener o mejorar su calidad.

La norma UNE 171330 (2008) define como “Calidad Ambiental en Interiores” a las condiciones ambientales de los espacios interiores, adecuadas al usuario y a la actividad, definidas por los niveles de contaminación química, microbiológica y por los valores de los factores físicos. Se excluye del campo de aplicación de esta definición a los recintos destinados a uso industrial y/o agrícola.

Entonces cuando se habla de calidad de aire interior y sobre todo en instituciones de salud se refiere al mantenimiento de determinados parámetros que implican el control sobre agentes biológicos, químicos y físicos. Hablando de sistemas de climatización se hace eco en las manifestaciones de muchos autores que consideran al aire como un enemigo potencial que atenta contra la eficiencia energética y que en su fase de calentamiento puede generar malestar o descontento a las personas.

La OMS en un informe de 2015 titulado “Prevención y control de infecciones durante la atención sanitaria de casos probables o confirmados de infección por el coronavirus causante del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV)” menciona consideraciones asociadas a la atención sanitaria y dentro de los componentes fundamentales de los programas de prevención y control de infecciones destaca los controles ambientales y técnicos aplicados a las infraestructuras básicas de los establecimientos de atención de la salud, controles que tienen como objetivo garantizar una ventilación ambiental adecuada en todas las áreas sanitarias. También se menciona que en ambientes donde se realizan prácticas de generación de aerosoles se debe considerar una adecuada dilución del aire, considerando que sería adecuada entre el rango de 6 y 12 cambios de aire por hora.

Se entiende que un procedimiento generador de aerosoles se define como cualquier procedimiento médico que puede provocar aerosoles de varios tamaños, incluidas partículas pequeñas ($< 5 \mu\text{m}$). Entre los procedimientos que generan aerosoles y ponen en riesgo al equipo de salud se encuentran procedimientos quirúrgicos en la vía aérea, procedimientos laparoscópicos, procedimientos endoscópicos y procedimientos odontológicos entre tantos otros.

En el mismo sentido la Comisión de Infecciones asociadas al Cuidado de la Salud y Seguridad del Paciente de la Sociedad Argentina de Infecciones (SADI), la Asociación Argentina de Cirugía (AAC), la Asociación de Enfermeras en Control de Infecciones (ADECI) y la Asociación de Anestesia, Analgesia y Reanimación de Buenos Aires con fecha 25 de mayo de 2020, emitieron una comunicación “Recomendaciones para la Prevención de COVID-19 en quirófanos – Versión 1”, donde destacan las características físicas de los quirófanos y recomiendan aumentar los recambios de aire lo máximo posible, debiendo contar al menos con 20 recambios de aire por hora y un recomendado de 25, permitiendo así reducir en forma significativa la carga viral en el aire. El documento también deja ver el cambio de condición de los quirófanos que fueron diseñados para trabajar con presiones positivas, es decir con la premisa de proteger al paciente y hoy en condiciones de pandemia genera una nueva modalidad que exige diferenciar al menos algún quirófano con presión negativa, modificando la circulación de aire, adicionando espacios con sistemas exclusas si es posible, con la intención de proteger el entorno circundante del quirófano seleccionado para atención de pacientes Covid-19.

Por otro lado, y más recientemente destacamos el documento de fecha 14 de abril de 2020 “Declaración de la American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE): La transmisión del SARS-CoV-2 por el aire es lo suficientemente probable como para que la exposición por vía aérea al virus deba ser controlada. Cambios en el funcionamiento de edificios, incluidos el de los sistemas e instalaciones de climatización, calefacción y ventilación pueden reducir las exposiciones por vía aérea”.

Como puede verse estas recomendaciones que pueden entenderse como exigencias, no consideradas en proyectos de climatización o minimizadas por la impronta de mejorar a cualquier precio la eficiencia energética, hoy juegan un papel importante en las acciones a implementar por los equipos técnicos integrados por los gestores energéticos. El confort higrotérmico, la eficiencia energética y la calidad de aire interior deben conformar un delicado equilibrio entre un gran número de factores. Si uno de esos factores se descompensa de forma marcada se puede romper ese equilibrio y modificar los otros dos. Entre los principales factores que influyen en ese equilibrio se encuentran: La temperatura del aire interior, la temperatura del aire exterior, la temperatura radiante media, la velocidad relativa del aire, el número de renovaciones de aire por hora, la humedad relativa o la presión parcial del vapor de agua, la diferencia de temperatura vertical, el contacto con superficies frías o calientes (puentes térmicos). También existen cuestiones subjetivas como el grado de conformidad o disconformidad térmica de las personas. Algunos factores han sido estudiados, es conocida su incidencia y es cierto afirmar que algunos de ellos tienen más peso que otros, como pasa con la temperatura del aire, tal vez la más relevante y es en este sentido que la búsqueda se centra en encontrar alguna relación cuantificable entre el confort higrotérmico y la eficiencia energética con las actuaciones sobre los sistemas para mantener la calidad de aire interior.

RESULTADOS

En los siguientes párrafos se tratarán de anotar los vínculos conceptuales que puede pensarse acercan las reglamentaciones o normativas vigentes con las recomendaciones, posicionamientos y aspectos relacionados con confort higrotérmico, calidad de aire interior y eficiencia energética presentados por los organismos de salud.

A nivel local, hablando de la Ciudad de Rosario, Pcia de Santa Fe, resumiremos la siguiente ordenanza:

Ordenanza N° 8757 - “Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética en las construcciones”: Esta ordenanza se refiere al “Reglamento de Edificación de la Ciudad de Rosario”, es considerada una norma que regula las características técnicas que debe cumplir la construcción de viviendas y de edificios en general. Entre sus considerandos podemos ver que prima minimizar los consumos energéticos destacando la adecuada elección de materiales utilizados en la construcción, sus estructuras y diseños ambientalmente amigables con el medio y posteriormente pone a consideración el funcionamiento y mantenimiento de las edificaciones y hasta llega a destacar para los edificios, al final de sus vidas útiles, aspectos de demolición y disposición final de los materiales resultantes. Resumiendo, destaca: “Toda producción de energía representa un costo ambiental, que debe ser minimizado”. Relacionado con la búsqueda y también entre sus considerandos menciona que: “El consumo energético en los edificios representa un porcentaje significativo del total”. “La energía para la climatización configura un ítem de importancia”. “La disponibilidad aparentemente ilimitada de los recursos modernos de acondicionamiento ambiental, ha llevado en la mayoría de los casos al descuido de características constructivas que atendieran fuertemente a las condiciones climáticas del entorno constructivo”. (Ord. N° 8757, 2011)

Adentrándonos en la normativa y siempre en la búsqueda de la relación entre confort, eficiencia energética y calidad de aire demandada en pandemia, puede verse un acercamiento en el punto: 2.3. “Permeabilidad al aire”, donde se menciona: “La tasa de renovación de aire no podrá ser inferior a 1,0 renovaciones por hora a los efectos de conservar la calidad de aire. En edificios con elevada carga

térmica (hospitales centros educativos oficinas, comercios, etc) en donde se requieren altos valores de renovaciones de aire (mayores a 1,0 renov/h) será necesario la colocación de sistemas de detección de CO2 y HR% que controlen los sistemas de ventilación forzada”. (Ord. N° 8757, 2011). Analizando este párrafo y su desarrollo de coeficientes volumétricos de refrigeración y calefacción solo se ve que las renovaciones involucradas en los cálculos y procedimientos se refieren a valores de infiltración o permeabilidad al aire de carpinterías con certificado de eficiencia o etiquetado. Cómo puede verse resultan valores y consideraciones muy alejados a los requerimientos de la OMS, ASHRAE y cualquier asociación o cámara que nuclea profesionales de la salud.

A nivel nacional analizaremos algunas normas IRAM que utilizan muchos autores para el diseño de edificaciones.

NORMA IRAM 11601 - Tercera Edición 2010: Esta norma se refiere al “Aislamiento térmico de edificios, sus métodos de cálculo y a las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario”. En su desarrollo y relacionado con nuestra búsqueda, se observa que en el punto 1 “Objeto y Campo de Aplicación” y más precisamente en el ítem 1.3 se destaca: “Los cálculos no tienen en cuenta las infiltraciones de aire por ventanas ni la irradiación solar sobre las superficies opacas o transparentes”. Conclusión parcial: No encontramos referencias a nuestra búsqueda.

NORMA IRAM 11603 – 2011: Esta norma se refiere al “Acondicionamiento térmico de edificios - Clasificación bioambiental de la República Argentina”. Establece la zonificación de la República Argentina de acuerdo con un criterio bioambiental, indicando las características climáticas de cada zona. Sin entrar en detalle de las distintas zonas puede verse que define por ejemplo para la zona muy cálida: “Un diseño que permita la ventilación cruzada de la vivienda, dada la influencia benéfica del movimiento sensible del aire, para disminuir la falta de confort higrotérmico, es por ello que se recomienda contemplar la necesidad de aprovechar los vientos dominantes y la creación de zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire”. Consideraciones parecidas pueden destacarse de otras zonas. Como conclusión parcial, se observa que se refiere a los beneficios de la ventilación para confort higrotérmico, circulación natural por diferencia de presiones, pero no hace referencia a calidad de aire interior y menos a su relación con parámetros de eficiencia energética.

NORMA IRAM 11604 - Segunda edición 2001: Esta norma se refiere al “Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites”. De la misma se destaca: El coeficiente volumétrico de pérdida de calor (Gcal), permite evaluar el ahorro de energía en calefacción de edificios destinados a vivienda, oficina, comercio, industria, salud, educación, etc. El coeficiente Gcal tiene en cuenta las pérdidas de calor a través de los cerramientos que componen la envolvente (opacos, no opacos y en contacto con el terreno) más “las pérdidas por renovación de aire” de los locales de la vivienda calefaccionada. Esto puede observarse en su expresión:

$$G_{cal} = \frac{(\sum K_m \cdot S_m + \sum K_v \cdot S_v + \sum \gamma \cdot K_r \cdot S_r + Per \cdot P_p)}{V} + 0,35 n$$

Sin entrar en detalles de lo que representan los distintos ítems, solo destacaremos el último término del segundo miembro de la igualdad donde: “0,35”, refiere a la capacidad específica del aire, expresado en [W.h/m³ ·K] y “n” al número de renovaciones de aire promedio por hora, del edificio vivienda calefaccionado, calculado de acuerdo con lo indicado en sus apartados (6.6 y B.1.2 del anexo B). En estos apartados, se nota que las renovaciones se refieren a valores de las infiltraciones de la carpintería que se obtienen por mediciones en laboratorio, según el procedimiento establecido en la norma IRAM 11523, para una presión de viento, correspondiente a la velocidad media del viento considerada en el proyecto de la vivienda calefaccionada y para las zonas establecidas en la norma IRAM 11603.

Nuevamente observamos como conclusión parcial que no se consideran los efectos de las

renovaciones de aire exigidas para la pandemia y su relación con la eficiencia energética.

De todas formas, es aconsejable el intento de parametrizar la situación con esta expresión y comparar la modelización con resultados teóricos y mediciones reales y a partir de esa información sacar nuevas conclusiones. Respecto a la parametrización y a su tratamiento destacamos el trabajo de Patricia Edith Camporeale y Jorge Daniel Czajkowski. A continuación, se transcriben citas que ellos destacan de otros autores: “El diseño paramétrico se ha introducido en la disciplina para revolucionar la proyectación arquitectónica (Terzidis, 2006). Mediante la parametrización, se pueden aplicar herramientas digitales en un proceso transparente y en tiempo real (Leach, 2004). Junto con estas características, se incorpora la materialidad edilicia, lo cual nos permite, a su vez, evaluar la performance energética del mismo. El diseño bioambiental paramétrico es el que aúna la parametrización con la sostenibilidad, poniendo el énfasis en la eficiencia energética (Peronato, 2015)”.

NORMA IRAM 11605 – 1996: Esta norma se refiere al “Acondicionamiento Térmico de Edificios - Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos”. Si bien en su objeto y campo de aplicación establece condiciones de valores máximos de transmitancia aplicables a muros y techos de edificios destinados a viviendas, de manera de asegurar condiciones mínimas de habitabilidad no trabaja sobre condiciones de calidad de aire interior.

NORMA IRAM 11659-1 Primera edición 2004-11-29: Esta norma se refiere al “Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración”. Esta norma en su objeto y campo de aplicación establece vocabulario y definiciones además de tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración, utilizados en los métodos de cálculo para el ahorro de energía. Entre estas definiciones, que deberá conocer el gestor energético para actuar al respecto, se destaca: Carga de acondicionamiento, Aportes por ventilación, Carga térmica de refrigeración (“thermal cooling load”), Caudal del aire de descarga exterior: Caudal de aire de descarga interior. Caudal de aire de aspiración interior. Caudal de aire de ventilación. Eficiencia energética. Sin entrar en detallar de los significados, se concluye que estos términos se relacionan con calidad de aire interior, envejecimiento, caudales, compensaciones del sistema termomecánico y hasta con eficiencia energética, pero no permite entender la relación y cuantificación entre calidad de aire interior y eficiencia que se busca.

IRAM 11659-2 Primera edición 2007-10-05: Esta norma se refiere al acondicionamiento térmico de edificios, verificación de sus condiciones higrotérmicas y ahorro de energía en refrigeración en edificios para viviendas. Menciona que una vez fijados los valores de la carga térmica admisible en refrigeración (Q_{Radm}) y/o del coeficiente volumétrico de refrigeración admisible (G_{Radm}), hay muchas formas de satisfacerlo, por ejemplo aumentando la resistencia térmica de muros, techos o vidrios, actuando sobre la forma del edificio y sus locales, diseñando protecciones solares adecuadas, sectorizando las cargas internas por ocupación, mejorando el sistema de iluminación artificial mediante la eficiencia energética y reduciendo las ganancias de calor, entre otras posibilidades. Precizando también que todas estas modificaciones son posibles siempre que no se transgreda el cumplimiento de las condiciones de confort no contempladas en esta norma. Como puede verse tampoco se acerca a la búsqueda, solo tiene una pequeña aproximación cuando menciona, la cantidad de aire recomendada para la ventilación de locales, según la intensidad de la actividad realizada, por persona, datos que también se indican en la tabla 8 de la IRAM 11659-1. En esa tabla puede verse que propone un valor de caudal hora por persona para verano y renovaciones de aire en invierno. Estas condiciones pueden considerarse en los cálculos del diseño y acercarse al objetivo de búsqueda, pero de todas formas no termina de ser específica.

NORMA IRAM de Emergencia 80400 Primera edición 2020-12-09:* Esta norma se refiere a los sistemas para el tratamiento del aire en los establecimientos para el cuidado de la salud – (*) Con una vigencia de 2 (dos) años a partir de la fecha de publicación. Esta norma es el fruto del consenso técnico entre los diversos sectores involucrados, los que a través de sus representantes han intervenido en el

Organismos de Estudio de Normas correspondiente. En su objeto y campo de aplicación brinda lineamientos sobre calidad de aire tratado y delimita los parámetros mínimos y necesarios para garantizarlo. Define términos que pueden ser de utilidad y conocimiento de un gestor energético que trabaja en un centro de salud. Es aplicable a todas las áreas que conforman este tipo de establecimientos, sean nuevas construcciones o presenta la posibilidad de formar criterios en remodelaciones y modificaciones de edificios existentes. Reúne en si misma mucha información que tenían los servicios técnicos desordenadamente pre y post pandemia. Esta información permite sustentar y dar la posibilidad de fundamentar las medidas adoptadas, a adoptar o las propuestas de diseño o adecuaciones de las distintas áreas que integran una institución de salud y se relacionan con calidad de aire interior. Muestra además cuestiones no abordadas en esta búsqueda, conocidas desde otras ópticas y que son también fundamentales para entender el porqué de las exigencias de la cantidad de renovaciones exigidas en cada sector particular de ámbitos sanitarios. Al respecto se destaca la “Tabla 1 - Efecto de velocidades de cambio de aire en la remoción de partículas”, efecto expresado en términos de eficiencia de filtrado y tiempo necesario para alcanzarla. En esta norma se puede ver un acercamiento a nuestra búsqueda ya que destaca el aumento de consumo energético que se genera ante la necesidad de incorporar en los sistemas grandes volúmenes o cantidades de aire, altas tasas de renovación y dilución, mayor eficiencia en los sistemas de filtrado e incorporación de controles o sistemas adicionales para manejo de presiones negativas o positivas en ambientes determinados. Pone en modo de exigencia la necesidad de alcanzar la calidad de aire interior desde el momento de diseño de sistemas de acondicionamiento de aire justificando el aumento de consumo de energía. Si bien se puede inferir que el método de cálculo parecería ser sencillo, se deberá validar en un futuro cercano con estudios y cálculos teóricos, monitoreos y mediciones sobre sistemas reales, considerando que los sistemas deben ser los adecuados y sobre todo optimizados, sin sobredimensionamientos, con el fin de evitar una demanda energética excesiva. Vale recordar que esta norma tiene una vigencia de 2 años a partir de la fecha de aprobación y seguramente pasado ese tiempo se generará información adicional que la complementa.

A nivel internacional podemos mencionar como consulta realizada:

Guía Técnica del INSHT de Lugares de Trabajo: Esta guía del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) del Gobierno de España, añade que “en los locales de trabajo no industriales, la concentración de dióxido de carbono (CO₂), gas que se produce en la respiración de las personas que los ocupan, puede servir como indicador de la calidad del aire interior y para comprobar la eficacia del sistema de ventilación. Siempre que no exista una reducción de la concentración de CO₂ por otro medio distinto de la ventilación, cuando la concentración de CO₂ sea mayor de 1000 ppm se considera que la ventilación es inadecuada”. Desde la óptica perseguida se considera muy interesante el aporte sobre la calidad de aire interior pero no aporta demasiado a la relación buscada.

NORMA UNE 171330 – Calidad ambiental en interiores: Esta norma se desarrolla con el objeto de establecer un sistema paso a paso de diagnóstico, inspección y gestión de los ambientes interiores. El campo de aplicación de esta norma es el ambiente interior de todo tipo de recintos, instalaciones y edificaciones, exceptuando aquellos que se destinan a actividades desarrolladas en procesos industriales y agrícolas.

Parte 1 – Diagnóstico de calidad ambiental interior (2008): Esta parte de la norma tiene como objeto describir una metodología para la elaboración de un diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores. Dicho diagnóstico tiene implicaciones en la prevención de riesgos ambientales para la salud en general y, en concreto, para la salud pública en edificios e instalaciones urbanas. El diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores es el primer paso para establecer un sistema de gestión de la calidad ambiental en interiores en un edificio.

Parte 2 – Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior (2009): Esta otra parte de la norma describe la valoración e inspección como continuación al proceso de diagnóstico descrito en la

norma UNE 171330-1, aportando la metodología a aplicar en los aspectos ambientales mediante la inspección y toma de muestras de contaminantes del ambiente interior.

Parte 3 – Sistema de gestión de los ambientes interiores (2010): Esta parte de la norma establece requisitos para la implantación de un sistema de gestión de la calidad de los ambientes interiores de cara a las auditorías y a la certificación de una adecuada calidad ambiental en un edificio.

Como puede verse esta norma en sus tres partes, introduce conceptos específicos de calidad de aire interior pero no los relaciona de pleno con la eficiencia energética.

NORMA UNE-EN 16798-1: 2020: Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 1: Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido. Esta norma define como establecer y definir los principales parámetros para utilizarse como datos de partida para el cálculo energético del edificio y para la evaluación a largo plazo del ambiente interior. Es aplicable principalmente a edificios no industriales, donde los criterios para el ambiente interior se establecen por la ocupación humana y donde la producción o proceso no tiene un mayor impacto sobre el ambiente interior. Determina varias categorías diferentes del ambiente interior, las cuales pueden seleccionarse para el espacio que debe ser acondicionado. Las diferentes categorías de criterios pueden usarse dependiendo del tipo de edificio, tipo de ocupantes, tipo de clima y diferencias a nivel nacional. Esta norma propone muchos conceptos y relaciones de las que se puede apropiar un gestor energético y puede ayudar a la obtención de los resultados buscados.

NORMA UNE-EN 13779 – Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos (2008): Esta norma proporciona directrices, especialmente para los proyectistas, propietarios y usuarios de edificios de uso no residencial, pero con ocupación humana (excluyéndose las aplicaciones relacionadas con los procesos industriales), sobre los sistemas de ventilación, acondicionamiento de aire y climatización de recintos, con el fin de lograr un ambiente interior confortable y saludable en todas las estaciones, con costes de instalación y funcionamiento aceptables. Brinda conceptos que pueden relacionarse con la búsqueda.

A continuación, se presenta una tabla donde pueden observarse rápidamente las consideraciones de cada norma sobre los tres descriptores trabajados y la relación entre confort higrotérmico, eficiencia energética con calidad de aire interior.

Documento	Confort Higrotérmico (CH)	Eficiencia Energética (EE)	Calidad de Aire Interior (CAI)	Relación con CAI encontrada
Ord. 8757	Se define y exige	Prima minimizar consumos por buena elección de materiales	Propone 1,0 ren/h y para espacios de mayor exigencia, define incrementar las ren/h y realizar medición de CO2 y HR%	La relación es muy vaga, no cuantificada y alejada de las recomendaciones
IRAM 11601 (2010)				No se encontraron relaciones
IRAM 11603 (2001)	Define criterios de ventilación para mejorar CH	No se menciona	No se menciona	No se encontraron relaciones
IRAM 11604 (2001)		Define Gcal que permite evaluar el ahorro de energía	Considera ren/h pero por infiltración de aire en carpintería	No se encontraron relaciones. Podría utilizarse la expresión de cálculo para el análisis de relación buscada. Posteriormente a verificar
IRAM 11605 (1996)	Define valores máximos de transmitancia, condiciones de habitabilidad, pero no trabaja sobre condiciones de CAI			No se encontraron relaciones

IRAM 11659-1 (2004)	Establece vocabulario asociado a los tres descriptores. Por ejemplo "no define CAI", pero si caudal de descarga, de aspiración o ventilación			No se encontraron relaciones
IRAM 11659-2 (2004)	Define parámetros como QRadm y GRadm	Indica formas de compensar o satisfacer	Menciona cantidad de aire recomendada según actividad	Propone cálculos que podrían ser utilizados para cuantificar la incidencia del aire. Posteriormente a verificar
IRAM 80400 (2020)		Destaca el aumento de consumo para mantener CAI por incorporación de grandes volúmenes de aire	Brinda lineamientos de CAI tratado. Delimita parámetros mínimos y necesarios	Propone método de cálculo a validar con estudios teóricos y prácticos
Guía Técnica INSHT			Destaca que la CO2 sirve para conocer CAI	No aporta a la relación buscada
UNE 171330 Parte 1 (2008)			Define calidad de aire en interiores	No aporta a la relación buscada
UNE 171330 Parte 2 (2009)			Define procedimientos de inspección de CAI	No aporta a la relación buscada
UNE 171330 Parte 3 (2010)			Define procedimientos de gestión de CAI	No aporta a la relación buscada
UNE-EN 16798-1 (2020)	Establece parámetros de aire interior. Incluye en las consideraciones: Energía, CAI, confort térmico, iluminación y ruido			Se encuentra relación no cuantificada pero que sirve para actuaciones de gestión de energía
UNE-EN 13779 (2008)	Proporciona directrices para lograr un ambiente interior confortable y saludable			Proporciona una relación vaga pero que sirve para actuaciones de gestión de energía

Tabla 1 – Relaciones entre C.H. y E.E. con CAI, encontradas en la búsqueda.

CONCLUSIONES

La búsqueda de referencias que relacionen y permitan cuantificar la incidencia de mantenimiento de calidad de aire interior en correspondencia con confort higrotérmico y eficiencia energética fue satisfecha en cierta medida por la Norma IRAM 80400 y por normativas internacionales, todas redactadas entre principio y finales de 2020. En el caso de la Norma IRAM 80400, norma redactada ante la emergencia de pandemia, presenta un amplio espectro de conceptos que aportan soluciones a nuevos diseños y a adecuaciones. Seguramente será revisada vencido el plazo de vigencia. Lo mismo se puede inferir para las normativas internacionales.

Estas normativas brindan definiciones de calidad de aire interior y permiten entender la exigencia de mantenerla con aportes de inyección de aire puro, fijando criterios de renovaciones horarias, describe sus sistemas de filtrados según corresponda al espacio y a la actividad a desarrollar y fijando condiciones de mantenimiento. Todas estas consideraciones enunciadas deberían ser conocidas por proyectistas, gestores energéticos y mantenedores de sistemas de acondicionamiento de aire, con el objetivo de asegurar la calidad del aire interior para evitar contagios por aerosoles infecciosos aún sin condiciones de riesgos identificados o presentes, sin afectar el confort de las personas y sin autoexigencias que puedan imponerse quienes gestionen energía desde la óptica de mejora de eficiencia energética.

Para las instalaciones encargadas de mantener las condiciones de bienestar térmico, debe asumirse una alta condición de responsabilidad técnica, sobre todo en el caso de sistemas de distribución por conductos de aire. Así lo formula la principal asociación internacional en la materia, ASHRAE: La obligación principal de los sistemas es garantizar la salud de sus ocupantes y, por lo tanto, es prioritario por delante de aspectos como el ahorro energético.

Queda claro del análisis realizado, que hasta aquí se había priorizado con un criterio correcto según las necesidades conocidas, el lograr la mayor eficiencia energética posible, pero que la problemática surgida por la pandemia de COVID ha puesto sobre la mesa nuevas prioridades que son imposibles de desatender.

Reglamentaciones de España, como el Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), que pueden tomarse también como referencias, facilitan los criterios y requisitos para que los nuevos edificios tengan condiciones admisibles, y los profesionales desarrollen en sus proyectos medidas concretas destinadas a evitar los problemas que las instalaciones del pasado no resolvían.

Como puede verse, aspectos antes no tan tenidos en cuenta, para instancias post pandemia y si futuras investigaciones así lo determinan, pueden definir nuevos paradigmas para tratamiento del aire en instituciones de salud, replicables a otros ámbitos, donde variables antes no consideradas como por ejemplo la posibilidad de pasar rápidamente de sistemas de presión positiva a presión negativa según patologías a tratar implicarían cambios en las actuaciones y conductas. Un buen ejemplo de ello serían los quirófanos *reversibles*, o *reconfigurables*, los que contarían con la posibilidad de trabajar tanto con presión positiva y filtrado HEPA, tal como se acostumbró hasta ahora, y adaptarse rápidamente a presión negativa, en caso de atender pacientes con enfermedades infectocontagiosas transmisibles por aerosoles. Estos paradigmas pueden ser de cualquier orden desde consideraciones metodológicas hasta diseños de nuevos sistemas modulares, intercambiables, adaptables, portátiles entre otros.

Se entiende que queda mucho por hacer y de la relación de modelizaciones, trabajos teóricos, mediciones y monitoreos prácticos se determinarán las actuaciones en un futuro próximo. Se propone en para un trabajo posterior a este documento realizar un estudio correlacional y explicativo que relacione, cuantifique y aplique los tres conceptos mencionados en el título del trabajo, CAI, confort higrotérmico y eficiencia energética.

REFERENCIAS

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE). Manual del Gestor en Eficiencia Energética. Sector Hospitalario.
- Arballo, Bruno Damián. Kuchen, Ernesto. Chuk, Daniel Chuk. (2019). Optimización de la Eficiencia Energética aplicando Confort Térmico Adaptativo en un Edificio de Oficinas Público en San Juan - Argentina - Revista hábitat sustentable versión On-line ISSN 0719-0700 - Rev. hábitat sustentable vol.9 no.1 <http://dx.doi.org/10.22320/07190700.2019.09.01.05>
- ASHRAE (2020). Documento de Posicionamiento de ASHRAE sobre Aerosoles Infecciosos.
- Asociación Española de Normalización (2008). Norma UNE-EN 13779 Ventilación de los Edificios no Residenciales. Requisitos de Prestaciones de Sistemas de Ventilación y Acondicionamiento de Recintos.
- Asociación Española de Normalización (2008). Norma UNE 171330-1 Calidad Ambiental en Interiores. Parte 1: Diagnóstico de Calidad Ambiental en interior.
- Asociación Española de Normalización (2014) Norma UNE 171330-2 Calidad Ambiental en Interiores. Parte 2: Procedimiento de Inspección de Calidad Ambiental Interior.
- Asociación Española de Normalización (2020). Norma UNE-EN 16798-1 Eficiencia Energética en Edificios. Ventilación de los edificios. Parte 1: Parámetros del Ambiente interior a considerar para el Diseño y la Evaluación de la Eficiencia Energética de Edificios incluyendo la Calidad del Aire Interior, Condiciones Térmicas, Iluminación y Ruido. Modulo 1-6
- Camporeale, Patricia; Czajkowski, Jorge. (2016). Optimización de Consumo Energético de un Modelo de Diseño Paramétrico. Trabajo presentado en actas del "I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable". Organizado por el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Comisión de Planeamiento y Urbanismo del Concejo Municipal de Rosario (2011). Ordenanza N°8757

Reglamento de Edificación de la Ciudad de Rosario. Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética en las construcciones”.

- Consejo General de la Arquitectura Técnica de España con colaboración y apoyo del Consejo General de Colegios de Médicos y Organización Médica Colegial de España (2019). Edificios y Salud. 7 llaves para un Edificio Saludable. ISBN: 978-84-09-16187-4
- Chicote, Manuel Andrés (2015). Análisis Energético y Confort Térmico de Estrategias Sostenible de Acondicionamiento Térmico de Edificios basadas en Sistemas Radiantes. Tesis doctoral Universidad de Valladolid.
- Dirección General de Política Energética y Minas, Secretaría de Estado de Energía, Gobierno de España (2013). RITE. Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios. Versión Consolidada. Madrid.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1990). Norma 11604 Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1996). Norma 11603 Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1996). Norma 11605 Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2002). Norma 11601 Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2004). Norma 11659-1. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2007) Norma 11659-2 Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Viviendas.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2020). Norma de Emergencia 80400 Primera edición 2020-12-09. Sistemas para el tratamiento del aire en los establecimientos para el cuidado de la salud.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Gobierno de España (2015). Guía técnica para la evaluación y la prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Madrid. ISBN: 978-84-7425-820-2.
- Lattuca, Ana Paula. (2012). Eficiencia Ambiental de las Tecnoestructuras del Hábitat. Aportes para el mejoramiento de los procesos de Mantenimiento y Rehabilitación de Edificios Públicos. Tesis de Maestría en Sistemas Ambientales Humanos
- Organización Mundial de la Salud (2015). Prevención y control de infecciones durante la atención sanitaria de casos probables o confirmados de infección por el coronavirus causante del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV). Orientaciones provisionales - WHO/MERS/IPC/15.1.
- Recomendaciones para la Prevención de Covid-19 en Quirófanos. Versión 1. (2020). Comisión de Infecciones asociadas al Cuidado de la Salud y Seguridad del Paciente de la Sociedad Argentina de Infecciones (SADI) - Asociación Argentina de Cirugía (AAC) - Asociación de Enfermeras en Control de Infecciones (ADECI) - Asociación de Anestesia, Analgesia y Reanimación de Buenos Aires.
- Reus Netto, Gabriela (2018). Metodología de Cálculo Simplificado para el Consumo Energético en Acondicionamiento de Edificios Residenciales en Clima Templado. Tesis Doctoral en Arquitectura y Urbanismo.

ABSTRACT: The following work presents the search for relationships that serve as references for an "Energy Manager" when planning, managing or studying the consumption of a building of specific or particular uses such as a "Health Institution", within a new framework such as the pandemic. These references will serve for the execution, development or proposal of improvements considering the hygrothermal comfort, indoor air quality and energy efficiency. The intention of this analysis is to deepen and visualize the degree of conceptual treatment of local, national and international regulations and standards. The regulations drafted post pandemic are those that begin to define the relationship between hygrothermal comfort and energy efficiency with indoor air quality

recommended by organizations such as WHO, ASHRAE and required by medical associations. This analysis, its conclusions and future proposals may be applicable to other public or private administrative areas and proposes a potential paradigm shift for this conceptual aspect to become a practical need for design or adaptation.

KEYWORDS: Comfort. Efficiency. Management. Quality. Air. Health