



# 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION Academic

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

## Evaluación del Confort Térmico en una Institución Educativa en la Ciudad de Barranquilla

ROSALES-VILLA, D. E., BALBIS-MOREJON, M.\* , FONTALVO-LASCANO, A. E.

*a. Universidad de la Costa, Barranquilla*

*\*mbalbis1@cuc.edu.co*

### Resumen

El confort térmico influye en la motivación, desempeño y velocidad de aprendizaje, por esta razón las instituciones educativas han incrementado su inversión en equipos de climatización lo cual ha significado un aumento en el consumo de energía eléctrica. Esta tendencia se ve más pronunciada en ciudades con climas tropicales como Barranquilla. En la actualidad se utilizan estándares como la ISO 7730, EN 15251, y ASHRAE 55 para evaluar el confort térmico en edificios existentes y diseñar los sistemas de climatización y parámetros (temperatura operativa y ecuaciones de confort) en edificios nuevos. Se han realizado muchos estudios de confort en diferentes climas y estaciones del año alrededor del mundo y se ha encontrado diferencias en el rango para la temperatura operativa que provee confort por lo cual se recomienda realizar estudios de confort en diferentes zonas climáticas y entidades educativas para tener diferentes bases de datos que permitan tener temperaturas de confort fiables y revisar las normas. En el siguiente trabajo se pretende evaluar el confort térmico, utilizando el estándar ASHRAE 55, en aulas educativas de la ciudad de Barranquilla, específicamente en el edificio de posgrados de la Universidad de la Costa.

**Palabras llave:** *confort térmico, climas tropicales, ASHRAE 55*

### 1. Introducción

A lo largo de las últimas décadas las instituciones educativas han demostrado un creciente interés en proporcionar condiciones ambientales adecuadas para garantizar las condiciones necesarias para llevar a cabo los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta preocupación tiene su origen en el efecto adverso que tiene la ausencia de confort térmico en la motivación y velocidad de aprendizaje (Cui, Cao, Park, Ouyang, & Zhu, 2013) y en la relación existente entre el desempeño y atención de los estudiantes y las condiciones del ambiente térmico (Mendell & Heath, 2005).

En aras de garantizar las condiciones de confort térmico y mejorar el desempeño y la atención, las instituciones educativas han incrementado su inversión en la adquisición de equipos de climatización como chillers y mini-split, hasta el punto que el 20% de la demanda energética en edificaciones corresponde al consumo de estos equipos (Yang et al., 2003; Pérez-Lombard et al., 2008; Morosan et al., 2010). Esta tendencia se ve más pronunciada en ciudades con climas tropicales como Barranquilla, donde la combinación de la temperatura ambiente, la elevada humedad relativa y los recientes periodos de sequía propios del fenómeno de El Niño han disparado el uso aires acondicionados en el sector educativo universitario.

Los estándares de confort actuales como la ISO 7730, EN 15251, y ASHRAE 55 determinan los valores de diseño de las temperaturas operativas y las ecuaciones de confort basadas en los modelos de

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla - Colombia - June 21<sup>st</sup> and 22<sup>nd</sup> - 2018

confort térmico racional (RTC) y adaptativo (ATC) (Barrett, Davies, Zhang, & Barrett, 2015; Mendell & Heath, 2005). Se han realizado muchos estudios de confort en diferentes climas y estaciones del año alrededor del mundo y en cada uno de ellos se ha encontrado un rango para la temperatura operativa que provee confort. Algunos autores han analizado los resultados de estos estudios y han encontrado que aunque en algunos casos coinciden algunas temperaturas operativas en general no se obtienen los mismos resultados. Zomorodian (2016) afirma: “Los resultados indicaron principalmente que las normas, tanto RTC como ATC, no son aplicables para las evaluaciones de confort térmico en aulas en diferentes climas y etapas educativas” y concluye que es importante realizar estudios de confort en diferentes zonas climáticas y etapas educativas para tener diferentes bases de datos que permitan tener temperaturas de confort fiables y revisar las normas.

En el caso de climas cálidos húmedos, similares a los de Barranquilla, también se han realizado diversos estudios utilizando la norma ASHRAE 55 y de igual manera se ha concluido que esta norma no predice con exactitud la temperatura de confort en estos tipos de clima, aunque hay una mejor predicción en edificios climatizados que en edificios naturalmente ventilados donde se consigue una mayor diferencia entre lo predicho en la norma y lo encontrado en campo (Nicol, 2004; Yamtraipat, Khedari, & Hirunlabh, 2005). Estos resultados se deben principalmente a que la norma tiene en cuenta parámetros como la temperatura, la humedad, la velocidad del aire, etc., pero no tiene en cuenta factores subjetivos como la educación, los hábitos y la aclimatación; (Yamtraipat et al., 2005) esta última de gran importancia ya que se ha mostrado que las personas que habitan climas cálidos toleran temperaturas más altas que las que viven en climas fríos (Nicol, 2004). Debido a que no se consiguen resultados precisos usando el método PMV se hace necesario ampliar la base de datos haciendo más pruebas en climas tropicales húmedos de forma tal que se mejoren la predicción de resultados en estos climas.

Haciendo una revisión bibliográfica sólo se ha encontrado información de un estudio de confort realizado en la ciudad de Barranquilla y fue en exteriores (Villadiego & Velay-Dabat, 2014), por lo cual se tendría una gran contribución a la base de datos internacional sobre confort con estudios realizados en interiores en esta ciudad.

En el presente trabajo se describe un estudio de confort térmico realizado en las aulas educativas del edificio de posgrados de la Universidad de la Costa localizada en Barranquilla. Este edificio de posgrados es de construcción reciente pero no se cuenta con una evaluación del confort ni se cuenta con un protocolo de operación de los equipos de climatización claramente fijados y orientados para obtener el confort térmico con el menor consume de energía eléctrica posible.

## 2. Métodos

Para evaluar el confort térmico en las aulas educativas del edificio de posgrados se utilizó el estándar ASHRAE 55:2013, sección 7: “Evaluación del confort en edificios existentes” en los ítem relacionados con espacios acondicionados mecánicamente.

El edificio de posgrados de la universidad de la costa cuenta con 8 pisos de los cuales 5 están diseñados con aulas educativas para dictar clases (piso 3 al 7), está climatizado con un chiller de 155 toneladas de tipo “Enfriadora de líquido con compresor de tornillo de condensación por aire”

Para evaluar el confort se utilizó los dos métodos descritos en la norma:

- a) La aplicación de encuestas a los ocupantes: Las encuestas realizadas son del tipo puntual (aceptabilidad térmica) y se tomó como base el modelo del estándar haciéndole las adaptaciones pertinentes para el clima tropical.
- b) Medición de parámetros ambientales: de acuerdo a los requerimientos de la norma se realizaron mediciones de: temperatura del aire promedio, velocidad del aire promedio, temperatura de las superficies del entorno (para cálculo de temperatura radiante media) y humedad promedio.

Se verificó el cumplimiento de los requisitos de la norma para su aplicación.

Una vez verificado el estado de confort térmico se procedió a variar la temperatura dos grados por

debajo y por encima de la temperatura operativa establecida por la ASHRAE para determinar si podía presentarse variación.

### 2.1 Escogencia de las aulas a evaluar

El edificio de posgrados cuenta con un total 5 pisos de salones con 58 aulas, en los pisos 3-6 hay 11 aulas y en el piso 7 hay 14 aulas. Las dimensiones de las aulas en su mayoría son iguales en todos los pisos, la diferencia sustancial está en la posición y linderos ya que la mayoría se encuentra entre dos salones pero los de las esquinas que tiene como frontera un pasillo y uno ligeramente menor en área. Teniendo en cuenta esto y el cálculo de las cargas térmicas de cada una de las aulas se determinó que no hay diferencia significativa entre ellas (menos del 20%), ver tabla 1, por lo que se tomó un piso y dos aulas a evaluar.

Tipo salón	Carga térmica kW
1	5
2	5.61
3	5.81

**Tabla 1.** Porcentaje de ocupantes satisfechos con la temperatura operativa

Para el caso de las encuestas se aplicó un salón por piso para contar con una base más amplia para determinar la aceptabilidad térmica.

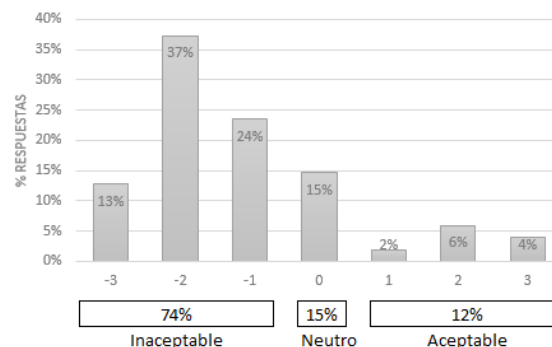
### 2.2 Escogencia del período representativo

La norma solicita escoger un período representativo para realizar las mediciones. Haciendo una revisión de la ocupación del edificio de posgrados se encontró que la mayor ocupación estaba en el horario de 18:30 a 21:30 del día, y por lo tanto se escogió ese período del día.

## 3. Resultados

### 3.1 Aplicación de encuestas

Al analizar los resultados de la encuesta se encontró que la mayoría de los encuestados (74%) no se encontraba conforme con el ambiente térmico y lo encontraba fresco - frío, los resultados pueden verse en la figura 1:



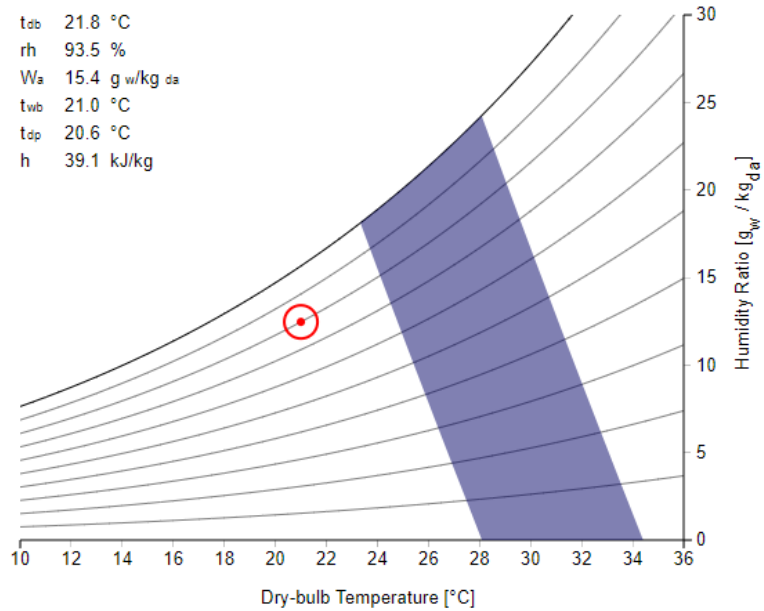
**Fig. 1.** Aceptabilidad del ambiente térmico en las aulas de clase del edificio

### 3.2 Medición de parámetros ambientales

La medición de los parámetros de temperatura del aire promedio, velocidad del aire promedio, temperatura de las superficies del entorno y humedad promedio se realizó según lo descrito en la norma y con equipos que cumplieran con la precisión solicitada. Se calculó la temperatura radiante y la

temperatura operativa y se determinó el aislamiento de la ropa y la tasa metabólica utilizando las tablas suministradas por la norma. Por último se determinó si se estaba en la zona de confort utilizando el método gráfico establecido por la norma utilizando el software que se encuentra en la página web del Centro Berkeley para el Ambiente Construido (CBE).

Al introducir los datos en el software se determinó que se estaba fuera de la zona de confort ASHRAE debido a baja temperatura operativa, como puede observarse en la figura 2.



**Fig. 2.** Evaluación confort aulas educativas

3.3 Evaluación del confort variando la temperatura operativa

Durante la realización del presente trabajo se logró realizar variaciones en la temperatura del recinto para encontrar en que rango de las mismas los estudiantes se encontraban en confort. Con cada nueva temperatura se aplicaron nuevamente las encuestas y realizaron mediciones. Al realizar los cálculos se logró establecer se obtiene el mismo rango de temperaturas de confort que tiene el estándar ASHRAE, sólo un pequeño porcentaje encontró confortables temperaturas un poco más bajas pero no es significativo para ampliar el rango.

Debido al clima tropical de Barranquilla la vestimenta presenta un aislamiento entre 0.5 y 0.6 y por lo tanto se compara con esta zona en la carta psicrométrica del estándar.

Cuando se evaluó las encuestas se encontró que el porcentaje de satisfechos se incrementaba proporcionalmente con la temperatura como se muestra en la tabla 2.

Temperatura operativa $^{\circ}C$	25	26	27	28
% Satisfechos	80	82	83	82

**Tabla 2.** Porcentaje de ocupantes satisfechos con la temperatura operativa

4. Conclusiones

La conclusión más importante del presente trabajo es que la zona de confort encontrada en las aulas educativas concuerda con la zona de confort del ASHRAE 55 confirmando que en los espacios mecánicamente acondicionados hay una buena predicción de la zona de confort.

Debido al clima se observa también una preferencia por temperaturas más altas dentro del rango confort debido quizás a la alta temperatura exterior.

## 5. Referencias

- ANSI/ASHRAE, Standard 55-13, 2013. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating, and air-conditioning Engineers, Atlanta.
- ASHRAE (1997). ASHRAE Handbook: Fundamentals. Atlanta.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. 2015. The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118–133.
- Cândido, C., de Dear, R. J., Lamberts, R., & Bittencourt, L. 2010. Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. *Building and Environment*, 45(1), 222–229.
- Castilla, M. M., Álvarez, J. D., Berenguel, M., Pérez, M., Rodríguez, F., & Guzmán, J. L. 2010. Técnicas de Control del Confort en Edificios. *Revista Iberoamericana de Automática E Informática Industrial*, 7(3), 5–24.
- Center for the built environment. CBE Thermal comfort tool. <http://comfort.cbe.berkeley.edu/> último acceso abril 2018.
- Djamila, H. 2017. Indoor thermal comfort predictions: Selected issues and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(July 2015), 569–580.
- Fabbri, K. 2015. Indoor thermal comfort perception: A questionnaire approach focusing on children. *Indoor Thermal Comfort Perception: A Questionnaire Approach Focusing on Children*, 1–302.
- Godoy Muñoz, A. (2012). El confort térmico adaptativo: aplicación en la edificación en España, 64.
- Mendell, M. J., & Heath, G. A. 2005. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, 15(1), 27–52.
- Nicol, F. 2004. Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. *Energy and Buildings*, 36(7), 628–637.
- Villadiego, K., & Velay-Dabat, M. A. 2014. Outdoor thermal comfort in a hot and humid climate of Colombia: A field study in Barranquilla. *Building and Environment*, 75, 142–152.
- Yamtraipat, N., Khedari, J., & Hirunlabh, J. 2005. Thermal comfort standards for air conditioned buildings in hot and humid Thailand considering additional factors of acclimatization and education level. *Solar Energy*, 78(4 SPEC. ISS.), 504–517.
- Zomorodian, Z. S., Tahsildoost, M., & Hafezi, M. 2016. Thermal comfort in educational buildings: A review article. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 895–906.