

Recibido 05/10/2022

Aceptado 18/12/2022

Ensayo científico

# EL CO2 EN LA CALIDAD DE AIRE DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

## THE CO2 IN THE AIR QUALITY OF THE PROFESSIONAL SCHOOL OF ARCHITECTURE AND URBANISM

**Holguin Illacutipa K.E**

 Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

 0000-0002-8628-5849

 kholguini@est.unap.edu.pe

Cita este artículo

Holguin Illacutipa K.E., (2022). El CO2 en la calidad de aire de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo. *Revista de Arquitectura y Urbanismo Taypi*, 1(2), 51 - 56.  
Doi: 10.5281/zenodo.7618049

## **Planteamiento**

En los países desarrollados, la contaminación del aire interior es a menudo más alta que la contaminación del aire exterior, especialmente cuando se presentan y acumulan fuentes importantes de contaminación tanto del aire interior como del aire exterior. Los edificios de oficinas, viviendas o edificios públicos pueden tener una Calidad del Aire Interior (CAI) que no solo no protege la salud humana, sino que también puede causar enfermedades y afectar la salud pública (DKV, 2015). Uno de los gases comúnmente encontrados en ambientes interiores es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Carazo Fernández et al., 2013). La calidad del ambiente interno es un concepto que se refiere a las condiciones ambientales totales en un espacio confinado, como un edificio o un objeto, que afectan a los usuarios y su actividad. Estas condiciones están determinadas por los niveles de contaminación, incluyendo la contaminación química, microbiológica y varios factores físicos (Ruiz & García, 2010). Se ha demostrado que cuando los niveles de CO<sub>2</sub> aumentan en escuelas y universidades, pueden surgir sensaciones desagradables como dolor de cabeza, mareo y fatiga, tanto entre estudiantes como profesores (Norbäck et al., 2012). La norma europea EN 13779:2007 afirma que "la calidad del aire interior puede ser clasificada por su concentración de CO<sub>2</sub>". La norma especifica una concentración esperada de 400 a 600 partes por millón (ppm) en el aire interior, que es ligeramente superior a la concentración ambiental normal de 400 ppm. La Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) recomienda una concentración máxima de 1000 ppm en el aire interior (Salovaara, 2019). La Norma NTP 742 (Notas Técnicas de Prevención) "Ventilación General de Edificios" incluye una clasificación de la calidad del aire interior basada en los niveles de CO<sub>2</sub>. Se considera que la calidad del aire es mala cuando la concentración de CO<sub>2</sub> supera los 1200 ppm, que se considera el nivel máximo recomendado. La clasificación define los siguientes niveles de calidad del aire interior: hasta 350 ppm es buena, de 350 a 500 ppm es buena, de 500 a 800 ppm es moderada, de 800 a 1200 ppm es mala y por encima de 1200 ppm es mala (S&P, 2018).

## **Desarrollo**

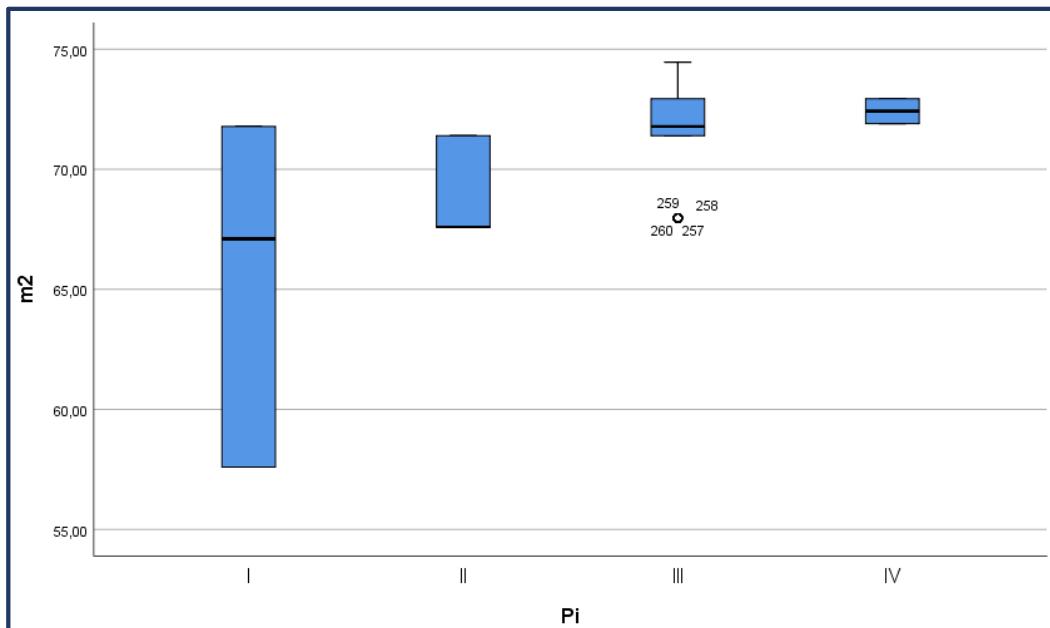
Se realizó un estudio en 15 aulas de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo para medir los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que representan el 62.5% de todos los ambientes en los 4 pisos del edificio. En el primer piso, se analizaron 4 aulas con códigos 101, 102, 104 y 105; en el segundo piso, se analizaron 5 aulas con códigos 201, 202, 203, 205 y 206; en el tercer piso, se analizaron 4 aulas con códigos 301, 302, 305 y 306; y en el cuarto piso, se analizaron 4 aulas con códigos 401 y 402.

**Análisis:** El método de análisis utilizado fue el descriptivo, que tiene como objetivo recopilar una descripción detallada y exhaustiva de la realidad objeto de estudio. Esta descripción puede incluir información narrativa, numérica o gráfica, y se basa en la observación directa realizada por el investigador o en la información indirecta obtenida (Calduch, 2014).

**Área:** El análisis de la media de la variable área por piso se llevó a cabo en la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo. La Figura 1 presenta los resultados de este análisis, que revelaron las siguientes tendencias: En el primer piso, la media de la variable área fue de  $65,8054 \pm 6,40873$  con un intervalo de confianza del 95%, que incluía un límite inferior de 64,0891 y un límite superior de 67,5216. El área mínima registrada fue de 57,60 y el área máxima fue de 71,78. En el segundo piso, la media de la variable área fue de  $69,3813 \pm 1,91128$  con un intervalo de confianza del 95%, que incluía un límite inferior de 68,9038 y un límite superior de 69,8587. El área mínima registrada fue de 67,60 y el área máxima fue de 71,40.

El tercer nivel de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo tiene una media de  $71,7577 \pm 2,31728$  m<sup>2</sup>, con un límite inferior de 71,3556 y un límite superior de 72,1598, y un intervalo de confianza del 95%. El área mínima registrada fue de 67,97 m<sup>2</sup> y la máxima fue de 74,46 m<sup>2</sup>. El cuarto nivel de la escuela tiene una media de  $72,2845 \pm 0,52439$  m<sup>2</sup>, con un límite inferior de 72,2845 y un límite superior de 72,5555 y un intervalo de confianza del 95%. El área mínima registrada fue de 71,90 m<sup>2</sup> y la máxima fue de 72,94 m<sup>2</sup>.

Figura 1.  
*Diagrama de cajas de la variable área*



**Volumen:** El análisis de la media de la variable volumen por piso de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo se presenta en la Figura 2.

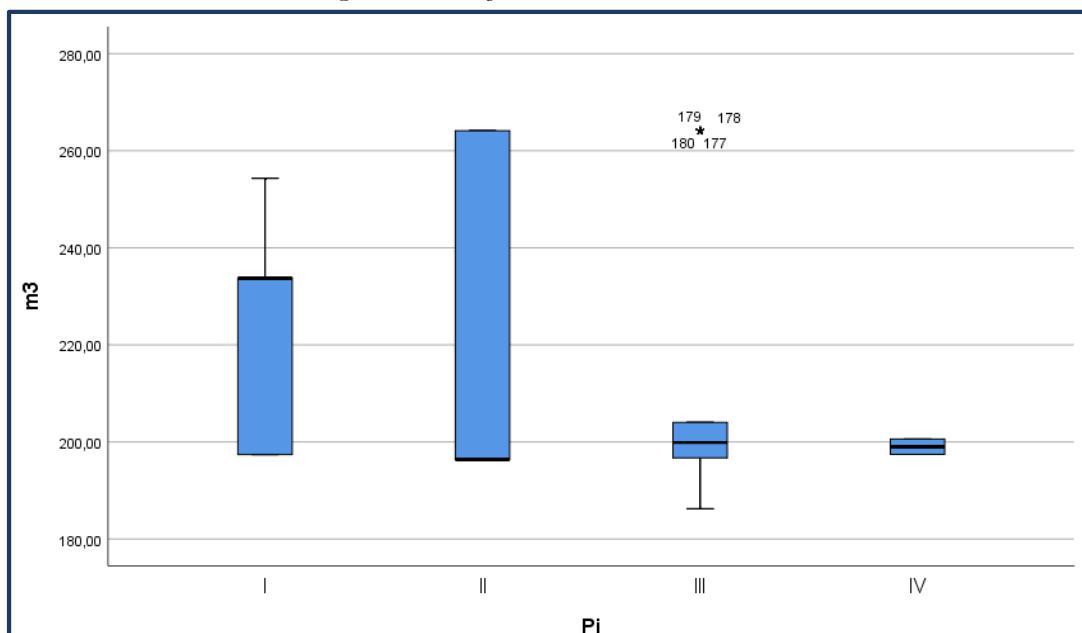
En el primer nivel, se encontró una media de  $220,5104 \pm 22,91365$  m<sup>3</sup>, con un límite inferior de 214,3740 y un límite superior de 226,6467, y un intervalo de confianza del 95%. El volumen mínimo registrado fue de 196,38 m<sup>3</sup> y el volumen máximo de 254,31 m<sup>3</sup>.

En el segundo nivel, se encontró una media de  $228,1238 \pm 34,06095$  m<sup>3</sup>, con un límite inferior de 219,6156 y un límite superior de 236,6319, y un intervalo de confianza del 95%. El volumen mínimo registrado fue de 196,38 m<sup>3</sup> y el volumen máximo de 264,10 m<sup>3</sup>.

En el tercer nivel, se encontró una media de  $201,8892 \pm 19,11133$  m<sup>3</sup>, con un límite inferior de 198,5729 y un límite superior de 205,2056, y un intervalo de confianza del 95%. El volumen mínimo registrado fue de 186,24 m<sup>3</sup> y el volumen máximo de 264,10 m<sup>3</sup>.

En el cuarto nivel, se encontró una media de  $199,0050 \pm 1,59838$  m<sup>3</sup>, con un límite inferior de 198,5921 y un límite superior de 199,4178, y un intervalo de confianza del 95%. El volumen mínimo registrado fue de 197,42 m<sup>3</sup> y el volumen máximo de 200,59 m<sup>3</sup>.

Figura 2.  
*Diagrama de cajas de la variable volumen*



Análisis de la Concentración de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo (EPAU).

Se realizaron mediciones de la concentración de CO<sub>2</sub> en la EPAU los días 16 y 17 de junio sin aforo, y los días 20 y 27 de junio con aforo en el año 2022. Para llevar a cabo las mediciones se utilizaron los siguientes instrumentos y materiales: un medidor de calidad de aire, un flexómetro, un trípode, un cuaderno de anotaciones y los planos de la EPAU.

El procedimiento consistió en identificar primero los puntos medios de cada aula a través de diagonales con apoyo de los planos y el flexómetro. Luego, se armó el trípode para posicionar el equipo de medición y se esperaron 10 minutos para la toma de muestra en el aula. Finalmente, se anotaron los datos obtenidos y se repitió el proceso para cada aula.

Tabla 1.  
*Niveles de CO<sub>2</sub> por piso sin aforo*

Piso	Media	Límite inferior	Límite Superior	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
I	393,43	389,32	397,53	12,832	385,00	430,00
II	392,10	389,11	395,09	9,353	385,00	419,00
III	407,73	401,15	414,32	25,488	385,00	485,00
IV	391,90	399,08	395,72	10,219	385,00	428,00

Nota. Niveles de CO<sub>2</sub> sin aforo

La Tabla 1 presenta los resultados del análisis de la variable dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo (EPAU) sin aforo. Se utilizó un intervalo de confianza del 95% para determinar la media, la desviación estándar, el valor mínimo y el valor máximo de la variable CO<sub>2</sub> en cada piso. Se observa que el valor mínimo de 385,00 se registró en los pisos I, II, III y IV. Por otro lado, se identificó que el valor máximo de datos atípicos se encontró en el III piso con un registro de 485,00.

Tabla 2.  
*Niveles de CO<sub>2</sub> por piso con aforo*

<b>Piso</b>	<b>Media</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite Superior</b>	<b>Desviación Estandar</b>	<b>Valor Minimo</b>	<b>Valor Maximo</b>
I	414,80	390,51	439,09	43,857	385,00	513,00
II	408,52	393,88	423,16	35,464	385,00	499,00
III	405,90	395,04	416,76	45,556	385,00	648,00
IV	398,10	390,00	406,20	31,365	385,00	561,00

Nota. Niveles de CO<sub>2</sub> con aforo

La Tabla 2 presenta los resultados de la medición de la concentración promedio de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en los pisos con aforo, con un intervalo de confianza del 95%. Se proporcionan la media, la desviación estándar, el valor mínimo y el valor máximo de CO<sub>2</sub>. Los resultados indican que el valor mínimo de 385,00 se registró en los pisos I, II, III y IV, mientras que el valor máximo de datos atípicos se registró en el tercer piso con un valor de 648,00.

Después de un análisis estadístico de las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en aulas sin aforo y con aforo, se encontraron algunos resultados interesantes. En aulas sin aforo, se registró un valor mínimo de 385,00 ppm en la mayoría de las aulas (101, 104, 105, 201, 202, 203, 301, 305, 306, 401, y 402), mientras que el valor máximo atípico se registró en el aula 302 con un valor de 485,00 ppm. Por otro lado, en aulas con aforo, se registró un valor mínimo de 385,00 ppm en la mayoría de las aulas, con la excepción del aula 202. Además, el valor máximo atípico se registró en el aula 301 con un valor de 648,00 ppm.

Prueba de normalidad: El test de normalidad se utiliza para evaluar la distribución normal de los datos cuando el tamaño de la muestra es menor de 50 (Amat, 2016). Los valores H<sub>0</sub> y H<sub>1</sub> se utilizan para contrastar la normalidad de los datos, donde H<sub>0</sub> representa la hipótesis nula de que no existe una diferencia significativa ( $p>0.05$ ) y H<sub>1</sub> representa la hipótesis alternativa de que sí existe una diferencia significativa ( $p<0.05$ ). Los resultados muestran que los datos sin aforo en las aulas 202, 203 y 302 presentan una diferencia significativa con respecto a la normalidad y no cumplen con la distribución normal. Asimismo, los datos con aforo en las aulas 101, 105, 201, 202, 203 y 206 también presentan una diferencia significativa y no cumplen con la distribución normal.

En cuanto a la variable CO<sub>2</sub>, con un valor de contraste de 350 ppm, se ha identificado una diferencia significativa (valor  $P<0.05$ ) con respecto al conjunto de datos analizados, con una diferencia de 51,84 ppm entre las medias. Este resultado indica que el nivel de CO<sub>2</sub> en el aire supera el límite máximo permisible para la calidad del aire tipo 1 según las normas de ASHRAE.

## Conclusión

De acuerdo a los resultados encontrados en la recopilación de información, se concluye que las aulas 101, 105, 201, 202 y 203 del Edificio de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo no cumplen con los límites máximos permisibles para la calidad de aire tipo 1 establecidos por la normativa ASHRAE. Se recomienda realizar una evaluación de riesgos ambientales y dar prioridad a la ventilación adecuada de los espacios cerrados dentro de la EPAU para garantizar un ambiente saludable y seguro para los estudiantes y el personal.

## Referencias Bibliográficas

- DVK Seguros (2015). Hogares saludables, edificios sostenibles.  
<https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/hogares-saludables-edificios-sostenibles.pdf>
- Carazo Fernández, L., Fernández Alvarez, R., González-Barcala, F. J., & Rodríguez Portal, J. A. (2013). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. Archivos de Bronco neumología, 49(1), 22-27.  
<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005>
- Norbäck, D., Nordström, K., & Zhao, Z. (2012). Ventilación controlada por demanda de dióxido de carbono en aulas de informática universitarias y posibles efectos sobre el dolor de cabeza, la fatiga y el ambiente interior percibido: un estudio de intervención. Archivos Internacionales de Ocupacional y Ambiental Health. 86, 209.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00420-012-0756-6>
- Salovaara J. (2019) CAI. Salud y bienestar. Medición confiable de humedad y CO<sub>2</sub>.  
<https://www.mundohvacr.com.mx/2019/02/cai-salud-y-bienestar-medicion-confiable-de-humedad-y-CO2/>
- S&P (2018): Efectos del CO<sub>2</sub> en la contaminación del aire interior y en la salud.  
<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/efectos-CO2/>
- Amat, J. (2016). Análisis de normalidad: gráficos y contrastes de hipótesis.  
[https://www.cienciadedatos.net/documentos/8\\_analisis\\_normalidad#:~:text=Los%20an%C3%A1lisis%20de%20normalidad%2C%20tambi%C3%A9n,misma%20media%20y%20desviaci%C3%B3n%20t%C3%ADpica](https://www.cienciadedatos.net/documentos/8_analisis_normalidad#:~:text=Los%20an%C3%A1lisis%20de%20normalidad%2C%20tambi%C3%A9n,misma%20media%20y%20desviaci%C3%B3n%20t%C3%ADpica)
- Calduch, R. (2014). Métodos y técnicas de investigación internacional.  
<https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Tecnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf>