

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación de las concentraciones de CO₂ en interiores y su influencia en la salud de los estudiantes de la Universidad Peruana Unión

Por:

Mayra Marucela Chipana Meza
Nataly Matos Zavaleta

Asesor:

Ing. Nancy Curasi Rafael

Lima, julio del 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Nancy Curasi Rafael, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: *“Evaluación de las concentraciones de CO₂ en interiores y su influencia en la salud de los estudiantes de la Universidad Peruana Unión”* constituye la memoria que presentan **las estudiantes Mayra Marucela Chipana Meza y Nataly Matos Zavaleta** para aspirar al Grado de bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 20 días de agosto del año 2020.



Ing. Nancy Curasi Rafael

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....30..... día(s) del mes de.....julio.....del año..2020...siendo las.... 15:50 .. horas,
 se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

.....PhD. Leonor Segunda Bustinza Cabala.....el(la) secretario(a):

..... Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas y los demás miembros:

.....Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio, Mg. Ronald Hugo Rosales Meza.....

.....y el(la) asesor(a) Ing. Nancy Curasi Rafael

.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Evaluación de las concentraciones de CO2 en interiores y su influencia en la

salud de los estudiantes de la Universidad Peruana Unión.....

.....

.....

.....de los (las) egresados (as): a) Mayra Marucela Chipana Meza.....

.....b) Nataly Matos Zavaleta.....

.....conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

.....Ingeniería Ambiental.....

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando.....a las... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por.....las.... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Mayra Marucela Chipana Meza.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	Bueno	Muy Bueno

Candidato/a (b): Nataly Matos Zavaleta.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	Bueno	Muy Bueno

() Ver parte posterior*

Finalmente, el Presidente del jurado invitó.....a las... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente/a



 Secretario/a

 Asesor/a

 Miembro

 Miembro

 Candidato/a (a)

 Candidato/a (b)

Evaluación de las concentraciones de CO₂ en interiores y su influencia en la salud de los estudiantes de la Universidad Peruana Unión

EVALUATION OF INDOOR CO₂ CONCENTRATIONS AND THEIR INFLUENCE ON THE HEALTH OF THE STUDENTS OF THE UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

Mayra Marucela Chipana Meza^{a,b} Nataly Matos Zavaleta^{a,b}.

a Universidad Peruana Unión (UPeU) Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Carretera Central Km.19.5 Ñaña-Chosica

b Centro de Investigación y Recursos en Geociencia, Carretera Central Km 19.5 Ñaña- Chosica

Resumen

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas más severos a nivel mundial. Las personas pasan el 90% de su tiempo en espacios interiores, por lo que una mala calidad de aire interior puede afectar de manera seria a su salud. La presencia de CO₂ puede ser usado para indicar la calidad del aire interior de un ambiente, ya que puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición. El objetivo de esta revisión es conocer la influencia del CO₂ en la salud de los estudiantes. Al revisar diferentes estudios se pudo verificar que las altas concentraciones de CO₂ en ambientes interiores disminuye la calidad del aire y esto puede afectar a la salud de los estudiantes. Se pudo observar que la concentración de CO₂ varía de acuerdo al número de personas que ocupan el lugar y temperatura; se debería tomar en cuenta los dos parámetros ya mencionados y la humedad relativa para tener mejores resultados. Esta investigación tiene relevancia para la sociedad; con el aporte de esta investigación se puede mejorar la calidad del aire en interiores y por ende la salud de los estudiantes.

Palabras Claves: Calidad de aire interior, concentración de CO₂, salud

Abstract

Air pollution is currently one of the most severe problems worldwide. People spend 90% of their time indoors, so poor indoor air quality can seriously affect their health. The presence of CO₂ can be used to indicate the quality of the indoor air in an environment, as it can cause headaches, dizziness, drowsiness and respiratory problems, depending on the concentration and the duration of the exposure. The objective of this review is to know the influence of CO₂ on the health of students. By reviewing different studies, it was possible to verify that high concentrations of CO₂ in indoor environments decrease air quality and this can affect the health of students. It could be observed that the CO₂ concentration varies according to the number of people who occupy the place and temperature; The two parameters mentioned above and relative humidity should be taken into account for best results. This research is relevant to society; With the contribution of this research, it is possible to improve indoor air quality and therefore the health of students.

Keywords: Indoor air quality, CO₂ concentration, health

Introducción

A medida que las ciudades crecen, comienzan a sufrir una serie de problemas entre los cuales la contaminación del aire es actualmente uno de los problemas más severos a nivel mundial (Mata, 2011). La contaminación del aire está presente en todas las sociedades, sin importar el nivel de desarrollo socioeconómico y constituye un fenómeno que tiene peculiar repercusión sobre la salud de las personas (Mata, 2011). Las personas pasan más o menos el 90% de su tiempo en espacios interiores, por lo que una mala calidad de aire interior puede afectar seriamente a su salud. Por ello, se debe poner mayor atención a la calidad del aire de los espacios interiores (Simanic et al., 2019).

La calidad del aire interior permite describir los problemas que pasan en los edificios que no son industriales tales como oficinas, centros comerciales, escuelas, entre otros (Phillips & Levin, 2015). La concentración de los contaminantes en ambientes interiores muchas veces suele ser más elevada que la concentración encontrada en ambientes exteriores (Marcos & Pulgar, 2005). Los contaminantes químicos en ambientes interiores se pueden encontrar de diversas formas ya sea como gases y vapores (orgánicos e inorgánicos) y de partículas que pueden haber ingresado del exterior o haberse formado dentro del edificio (Phillips & Levin, 2015). Los contaminantes presentes en el aire interior también se producen debido a los materiales que se usan para la construcción del lugar y por las actividades que se dan en el interior del edificio (Marta Morales et al., 2010).

Uno de los gases que se generan en los espacios interiores es el dióxido de carbono (CO_2) (Carazo Fernández et al., 2013). El dióxido de carbono (CO_2) es un gas incoloro e inodoro que se forma debido a los procesos de combustión de sustancias que contienen carbono. En espacios interiores que no son industriales las principales fuentes de producción de CO_2 son la respiración humana y el fumar, aunque la concentración del CO_2 también se puede incrementar por la presencia de otras fuentes de combustión (Berenguer & Bernal, 2000). Así mismo, existen factores internos que elevan la concentración de CO_2 por ejemplo la baja tasa de cambio de aire (Gupta et al., 2018).

Las elevadas concentraciones de CO_2 , en particular cuando está por encima de los 1000ppm, causa numerosos efectos negativos en la salud de las personas a corto y largo plazo tales como enfermedades respiratorias y reducción de la capacidad pulmonar (Gupta et al., 2018) & (Alvarado, 2015). Se encontró que en las escuelas, universidades cuando los niveles de CO_2 aumentan causan dolor de cabeza, mareos y cansancio tanto en estudiantes como en maestros (Asma, 2018) & (Norbäck et al., 2012). Además, en las escuelas, el nivel de CO_2 aumenta al comienzo de las lecciones durante el día, cuando las ventanas o puertas no están abiertas y durante actividades físicas (Marzocca et al., 2017).

Se encontraron en los países de Serbia y Turquía estudio que se realizaron en escuelas y universidades para conocer sobre la influencia de las concentraciones de CO_2 en la salud de los estudiantes corroborando que las concentraciones que sobrepasan los 1000ppm recomendados por la ASHRAE afectan a la salud (Turanjanin et al., 2014; Argunhan & Avci, 2018). También se encontraron dos estudios realizados en Perú en las ciudades de Tarapoto y Ayacucho en universidades los cuales también encontraron que al sobrepasar los 1000ppm de concentración de CO_2 en los espacios interiores la salud se ve afectada (Chamaya & Castillo, 2017; Quispe, 2016)

El objetivo de esta revisión es conocer la influencia del CO_2 en la salud de los estudiantes. Asimismo, la presente investigación tiene relevancia para la sociedad, es decir que con el aporte se puede mejorar la calidad del aire en interiores y por ende mejorar la calidad de vida de los estudiantes, generando a su vez un impacto social positivo.

Desarrollo

Calidad de aire interior

La calidad del ambiente interior es el conjunto de condiciones ambientales existentes en un espacio cerrado, instalación y/o edificación, adecuadas al usuario y la actividad, definidas por los niveles de contaminación química, microbiológica y por los valores de los factores físicos (Ruiz & García, 2010). Se puede entender también como la cuantificación de las variables que afectan y describen las características y propiedades del aire en el ambiente interior (EPA).

La Sociedad Americana de Ingenieros de Refrigeración, Calefacción y Aires Acondicionados (ASHRAE) define como calidad de aire ambiental “al aire en el cual no se encuentran contaminantes en concentraciones perjudiciales y al aire en el cual una cantidad considerable de personas expuestas no muestran inconformidad”. Por lo que es un componente determinante para la salud y bienestar de las personas (ASHRAE, 2016).

La calidad del ambiente interior se usa para describir los problemas que ocurren en edificios que no son industriales tales como oficinas, centros comerciales, escuelas, entre otros (Phillips & Levin, 2015). En ambientes interiores la concentración de los contaminantes tiende a ser mayor, con frecuencia puede llegar a ser mucho más alta que 10 veces la concentración encontrada en ambientes exteriores.

La calidad del aire interior depende de una serie de condiciones como la calidad del aire exterior, compartimentación de los interiores; fuentes contaminantes interiores, incluyendo los desechos metabólicos y productos de uso personal de los ocupantes; diseño del sistema de acondicionamiento del aire, cuando existe, su funcionamiento y mantenimiento; temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y la percepción de los olores (Vaquero, 2011).

Síndrome del edificio enfermo

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ofrece una definición genérica acerca del “Síndrome del Edificio Enfermo”, es el conjunto de diferentes síntomas que experimentan, especialmente, personas que trabajan en edificios con aire acondicionado, aunque también se ha observado en edificios con ventilación natural (OMS, 2010).

El Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) se caracteriza por presentar diferentes malestares en la salud provocando deficiente confort, ausentismo y baja productividad laboral que presentan los ocupantes dentro del edificio (Daza et al., 2015). También provoca irritación y resequedad de oídos, nariz, garganta y que a su vez causan trastornos en los sentidos del gusto y del olfato (Ortiz & Haro, 2015).

Se da origen al Síndrome del Edificio Enfermo cuando existe una concentración de compuestos contaminantes en los espacios interiores las cuales pueden ser físicas, químicas o microbiológicas (Daza et al., 2015) a causa de la falta de regeneración del aire que proviene del exterior (Ortiz & Haro, 2015). En un estudio desarrollado por Hernández & Alonzo, (2004) se observó que los factores ambientales que influyeron en la presencia del síndrome del edificio enfermo fueron olor a compuestos químicos, olor a polvo, olor a equipo de cómputo y la humedad del aire.

El Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) es una problemática que abunda en los espacios interiores de hospitales, centros comerciales, centros residenciales, edificios administrativos, municipalidades, bibliotecas, universidades, centros legislativos, instituciones judiciales, centros recreacionales y deportivos (León, 2019).

Actualmente, en el Perú, se han realizado iniciativas por parte del sector privado y Organismos no Gubernamentales (ONGs), para conocer los límites máximos permisibles (LMPs) de los materiales de construcción, en el sentido de conseguir la lista “negra” de aquellos que producen

mayores impactos en la salud humana (Morán et al., 2017).

Fuentes de contaminación y contaminantes del aire interior

En un ambiente interior se pueden encontrar distintos contaminantes de origen químico que provienen de distintas fuentes, tanto exteriores como interiores (Ruiz & García, 2010). En la figura 1 se observa una lista de contaminantes que pueden producirse en los espacios interiores:

Situación	Fuentes de emisión	Contaminante
Exterior	Producción industrial	SO ₂ , NO ₂ , NO, ozono,
	Vehículos de motor	partículas, CO y COV
	Suelo	CO, NO ₂ , NO, plomo
Interior	<i>Materiales de construcción</i>	Radón
	Piedra, hormigón	Radón
	Compuestos de madera	Formaldehído, COV
	Aislamiento	Formaldehído, fibra de vidrio
	Ignífugos	Asbesto
	Pintura	COV, plomo
	<i>Instalaciones y mobiliario</i>	CO, CO ₂ , NO ₂ , NO, COV,
	Calefacción, cocinas	partículas
	Fotocopiadoras	Ozono
	Sistemas de ventilación	Microorganismos
	<i>Ocupantes</i>	
	Actividad metabólica	CO ₂ , vapor de agua
	Actividad biológica	Microorganismos
	<i>Actividad humana</i>	
	Tabaquismo	CO, Partículas. . .
Ambientadores	Fluorocarburos, olores	
Limpieza	COV, olores	
Ocio, actividades artísticas	COV, olores	

CO: monóxido de carbono; CO₂: dióxido de carbono; COV: compuestos orgánicos volátiles; NO: monóxido de nitrógeno; NO₂: dióxido de nitrógeno.

Figura 1 Contaminantes y sus fuentes más comunes

Fuente: Carazo et al. (2013)

Contaminación exterior

La calidad del aire es degradada por contaminantes que se generan en el ambiente exterior e ingresan a los espacios interiores, los cuales son originados por combustión (calderas, tráfico vehicular), actividad industrial, escombros, etc. que generan contaminantes como CO, CO₂, NO_x, SO_x, partículas en suspensión, metales pesados, COVs, radón (Morales, et al., 2010)

Contaminación interior:

Los contaminantes que se encuentran en el aire interior de los edificios, ya sean químicos, físicos o biológicos, cambian en función de las actividades que se desarrollan en dichas áreas, el estado sanitario de los ocupantes, la infraestructura física del edificio, sus bienes materiales y la calidad del aire del entorno (Morales et al., 2010).

Existe también una variedad de factores que en la actualidad contribuyen a la mala calidad del aire interior siendo los principales las fuentes que liberan gases o partículas. Otras fuentes importantes son la contaminación transportada por sistemas de ventilación defectuosos o inadecuados; una variedad de fuentes de combustión como humo de tabaco, gas, petróleo, querosene, carbón, madera; y emisiones de material de construcción (pinturas, barnices, disolventes y conservantes), mobiliario y diversos tipos de equipos (Kubba, 2015).

Principales contaminantes

Los principales contaminantes que se encuentran en los espacios interiores son: Dióxido de carbono (CO₂) monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO), óxidos de azufre (SO), partículas, compuestos orgánicos volátiles (COV), bacterias y hongos (Solá, 2017).

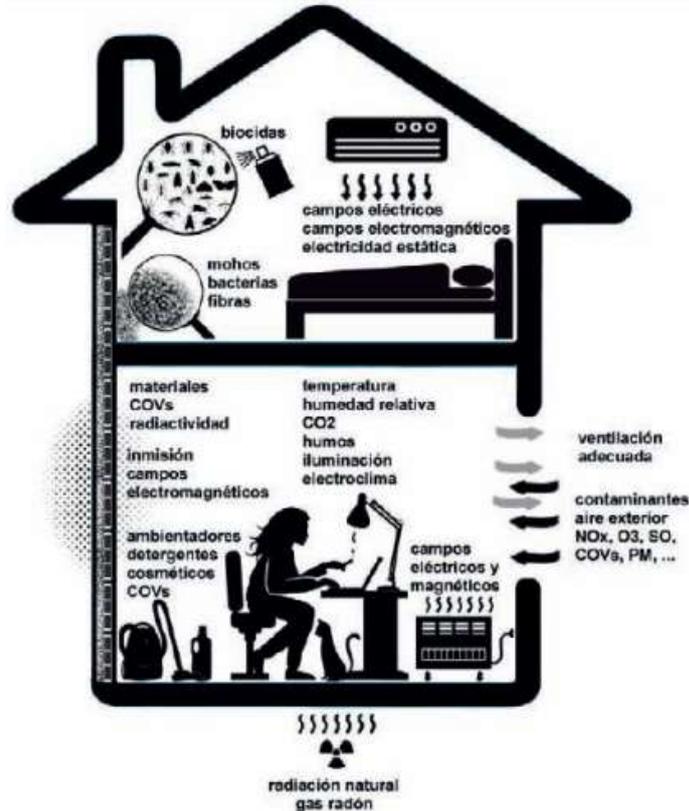


Figura 2 Contaminantes de espacios interiores

Fuente: Chamaya & Castillo (2017)

Principales parámetros

Para tener en cuenta en la calidad del aire interior se deben tomar en cuenta una serie parámetros como son: Temperatura, humedad relativa, dióxido de carbono, partículas en suspensión (PM10), bacterias y hongos suspendidos (Morales et al., 2010).

Dióxido de Carbono (CO₂)

Uno de los gases que se generan en los espacios interiores es el dióxido de carbono (CO₂) (Carazo Fernández et al., 2013). El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro e inodoro que se forma debido a los procesos de combustión de sustancias que contienen carbono (Huamán et al., 2015).

En espacios interiores que no son industriales las principales fuentes de producción de CO₂ son la respiración humana y el fumar, aunque la concentración del CO₂ también se puede incrementar por la presencia de otras fuentes de combustión como las cocinas, calefacciones, tránsito vehicular cercano, cocheras o determinadas industrias (Berenguer & Bernal, 2000). Así mismo, existen factores internos que elevan la concentración de CO₂ por ejemplo la baja tasa de cambio de aire, plan de habitación, sistema de ventilación deficiente, alto nivel de ocupación, altas temperaturas (Gupta et al., 2018).

Relación entre el CO₂ y los efectos en la salud

El dióxido de carbono es un asfixiante simple que actúa por movimiento del oxígeno y que a altas concentraciones (más de 30.000ppm) puede conducir a obtener problemas de salud como dolor de cabeza, mareos, somnolencia, problemas respiratorios y puede afectar también al aprendizaje, todo esto dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición. Sin embargo, más que ser considerado como un contaminante se le considera como indicador de calidad del aire, ya que el fundamental foco de emisión en interiores son las propias personas, siempre y cuando no haya instalados aparatos de combustión (Morales et al., 2010).

La concentración de CO₂ es un indicador de bajas tasas de ventilación, que aumentan las enfermedades respiratorias transmisibles (Pastuszka et al., 2015). Norbäck et al., (2012), demostró que el dolor de cabeza, los mareos y el cansancio se reducen significativamente cuando los niveles de CO₂ disminuyen en las aulas.

Para fijar valores de referencia se han realizado diversos estudios con personas a diferentes tasas de ventilación y a pesar de que existen datos que sugieren que a 600 ppm los individuos más sensibles manifiestan quejas y molestias, en la práctica se acepta que no debe superarse una concentración de 1.000 ppm de dióxido de carbono con la finalidad de prevenir problemas de olor y para que el aire sea considerado aceptable para cerca del 80% de los visitantes del local. Los ocupantes adaptados, es decir los que llevan un cierto tiempo en el local, pueden no notar molestias, en términos de olor corporal, hasta que la concentración de dióxido de carbono supera 2.000 ppm (Berenguer & Bernal, 2000).

Concentraciones de CO₂ y su influencia en la salud de los estudiantes

Se encontraron cuatro estudios realizados tanto en aulas de escuelas como de universidades, donde se midieron las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) y se conocieron su influencia en la salud de los estudiantes; los estudios se llevaron a cabo entre los años 2014 y 2018. A continuación, se relatan los resultados de los estudios:

Chamaya & Castillo (2017), realizaron una investigación para “Determinar el índice de la calidad de aire y la concentración del CO₂ en las aulas de los estudiantes del Instituto CEPEBAN” ubicado en Tarapoto. La muestra fue de 25 estudiantes en el salón de clase. El monitoreo del dióxido de carbono se llevó a cabo por 18 días con una duración de muestreo de 6 horas por día. En los resultados obtenidos de la medición de la concentración de CO₂ se observó que se llegaron a alcanzar hasta lo 2871ppm, mostrando así que se excedió los valores superiores al nivel de referencia que es 1000 ppm dado por la ASHRAE, lo que afirma que la salud de los estudiantes del instituto se puede ver afectada (Chamaya & Castillo, 2017).

Otro estudio realizado por Quispe (2016) en escuela de Ingeniería Química-UNSCH-AYACUCHO, se midió la concentración del CO₂ para conocer su influencia en la salud de los estudiantes durante el desarrollo de las labores académicas. El monitoreo se realizó en tres aulas de clase con 25, 12, 22 alumnos. Los resultados obtenidos muestran en ninguna de las aulas sobrepasaron los niveles de concentración de CO₂ recomendados por ASHRAE (1000ppm). Sin embargo, observaron que si se aumenta el número de estudiantes en las aulas del instituto la concentración de CO₂ se incrementa entonces se podría afectar a la salud de los estudiantes (Quispe, 2016).

Turanjanin et al. (2014) llevaron a cabo un estudio en 5 escuelas en áreas urbanas y rurales en Serbia durante la temporada de calefacción durante 5 días hábiles con 20 y 30 alumnos. Los resultados muestran que los valores promedio de concentración de CO₂ obtenidos durante la

ocupación en el aula superan los 1000 ppm recomendados por la ASHRAE y en algunas aulas incluso superan los 1500 ppm, lo que indica la afectación a la salud de los estudiantes. Además, se observó que las aulas en las escuelas serbias tienen una ventilación inadecuada durante el período de calefacción y que la temperatura es también un factor que influye en el aumento de la concentración de CO₂ en los espacios interiores por lo que el riesgo a la salud podría también incrementarse (Turjanin et al., 2014).

Argunhan & Avci (2018) en su estudio realizado en las aulas de una universidad en Turquía ubicadas en distintos campus, uno cerca de una carretera y el otro donde sólo hay edificios universitarios y escaso tráfico; las mediciones se llevaron a cabo en invierno y en verano. Como resultado, se observó que los valores de CO₂ eran más altos que el límite estándar de ASHRAE que indica que el valor promedio de CO₂ en espacios interiores es de 1000 ppm viéndose afectada la salud de los estudiantes. Se observó también que especialmente en la temporada de invierno hay un aumento significativo en la concentración de CO₂, esto se debe a que las puertas y ventanas están cerradas en esa temporada (Argunhan & Avci, 2018).

Conclusiones

Los resultados de los estudios mostraron que las elevadas concentraciones de CO₂ en espacios interiores, como de las aulas de escuelas y universidades, disminuye la calidad del aire y esto puede afectar la salud de los estudiantes causando dolor de cabeza, fatiga, mareos, somnolencia y problemas respiratorios. La medición de la concentración de CO₂ puede ser usado para indicar la calidad del aire de un espacio interior.

Revisión Bibliográfica

Alvarado, A. Y. O. (2015). *La contaminación ambiental y el rendimiento escolar*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.

Argunhan, Z., & Avci, A. S. (2018). Statistical Evaluation of Indoor Air Quality Parameters in Classrooms of a University. *Advances in Meteorology*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/4391579>

ASHRAE. (2016). *Ventilación para una Calidad Aceptable de Aire Interior*. 180.

Asma, A. Al. (2018). *Evaluación de las condiciones de calidad ambiental en interiores en las aulas de las escuelas secundarias en Sharjah* (Issue June). The British University in Dubai Professor.

Berenguer, M. J., & Bernal, F. (2000). NTP 549 : El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. *INSHT. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*, 1–9. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_549.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 Bronconeumología*, 49(1), 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005>

Chamaya Quispe, T. Y., & Castillo Lalangui, L. (2017). *Índice de la calidad de aire y concentración del CO₂ en las aulas de los estudiantes del instituto superior CEPEBAN Tarapoto 2017*. 56.

Daza Pérez, M. Á., Martínez Benavides, D. X., & Caro Hernández, P. A. (2015). Contaminación microbiológica del aire al interior y el síndrome del edificio enfermo Air microbiological pollution indoor and the sick building syndrome. *Universidad Libre Seccional Barranquilla*, 10,

37–50.

- Gupta Rajat, O'Brien John, Howard Alastair, C. T. (2018). Improving productivity in the workplace. Lessons learnt and insights from the whole life performance plus project. *British Council for Offices, November, 18*.
- Hernández Rodríguez, L., & Alonzo Salomón, J. E. (2004). Efecto de los factores ambientales, laborales y psicosociales, en el síndrome del edificio enfermo. *Ingeniería, 8(2), 10*.
- Huamán, Q., Administro, V., & Sac, P. (2015). Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO₂ y CO) en ambientes interiores y exteriores Description on effects of carbon oxides (CO₂ y CO) in doorand outdoor environment. *Revista de Investigación Universitaria, 4(1), 11–15*.
- Kubba, S. (2015). LEED v4 Practices, Certification, and Accreditation Handbook: Second Edition. In *LEED v4 Practices, Certification, and Accreditation Handbook: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00887-5>
- León Távara, W. (2019). *Síndrome de Edificios Enfermos y sus consecuencias urbano-medio ambiental en escenarios de espacios públicos y privados*. 1–8.
- Marcos, F. V., & Pulgar, I. G. (2005). Calidad ambiental interior: Bienestar, confort y salud. *Revista Espanola de Salud Publica, 79(2), 243–251*.
- Marta Morales, I., Blanco Acevedo, V., & García Nieto, A. (2010). Calidad del Aire Interior en Edificios de uso Público. *Dirección General de Ordenación e Inspección. Conserjería de Sanidad de La Comunidad de Madrid.*, 1–98. <https://doi.org/M-48.739-2010>
- Marzocca, A., Di Gilio, A., Farella, G., Giua, R., & de Gennaro, G. (2017). Indoor Air Quality Assessment and Study of Different VOC Contributions within a School in Taranto City, South of Italy. *Environments, 4(1), 23*. <https://doi.org/10.3390/environments4010023>
- Mata, E. V. (2011). Calidad del aire y sus efectos en la salud humana. *CEGESTI-Éxito Empresarial, 149, 1–5*.
- Morán C., L., Yábar T., G., & Figueroa, K. (2017). Calidad Del Aire Interior En El Síndrome Del Edificio Enfermo, Ciudad De Trujillo. *Revista de La Facultad de Medicina Humana, 17(4), 33–42*. <https://doi.org/10.25176/rfmh.v17.n4.1209>
- Norbäck, D., Nordström, K., & Zhao, Z. (2012). *Carbon dioxide (CO₂) demand-controlled ventilation in university computer classrooms and possible effects on headache, fatigue and perceived indoor environment: an intervention study*. *International Archives of Occupational and Environmental Health, 86, 209*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00420-012-0756-6>
- OMS. (2010). WHO guidelines for air quality. *Indian Pediatrics, 35(8), 812–815*.
- Ortiz Terán, F., & Haro, B. H. (2015). Sick building syndrome in blocks of an academic institution of higher education. *Enfoque UTE, 6(2), 15–24*. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n2.57>
- Pastuszka, S., Mainka, A., Bra, E., Kozielska, B., & Zajusz-zubek, E. (2015). *Indoor air quality in urban nursery schools in Gliwice , Poland: Analysis of the case study*. 6, 1098–1104. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.06.007>
- Phillips, T., & Levin, H. (2015). *Necesidades de investigación de calidad ambiental en interiores para hogares de bajo consumo de energía, Ciencia y tecnología para el entorno construido*. 1–90. <https://doi.org/DOI: 10.1080 / 10789669.2014.975056>

- Quispe, H. (2016). *Evaluación de la calidad del aire interior en los ambientes de la Escuela de Ingeniería Química-UNSCH-AYACUCHO*. 115–120.
<http://revistas.unsch.edu.pe/index.php/investigacion/article/view/92/95>
- Ruiz, L., & García Sanz, M. P. (2010). Calidad del Ambiente Interior. In *Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo* (pp. 1–22).
[http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Calidad del ambiente interior/CalidadambinteriorDTECAI.pdf](http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Calidad%20del%20ambiente%20interior/CalidadambinteriorDTECAI.pdf)
- Simanic, B., Nordquist, B., Bagge, H., & Johansson, D. (2019). Indoor air temperatures, CO2 concentrations and ventilation rates: Long-term measurements in newly built low-energy schools in Sweden. *Journal of Building Engineering*, 25.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100827>
- Solá, X. G. (2017). Calidad del Aire Interior. *Enciclopedia de Salud y Seguridad En El Trabajo*, 134.
https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824
- Turanjanin, V., Vučićević, B., Jovanović, M., Mirkov, N., & Lazović, I. (2014). Indoor CO2 measurements in Serbian schools and ventilation rate calculation. *Energy*, 77, 290–296.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.10.028>