



## **Análisis de Concentración de CO<sub>2</sub> como Indicador de Propagación del COVID-19 en Aulas de La Facultad de Ingeniería.**

Magalí A. Caballero Kopp \*, Sebastián F. Kolodziej, Eugenio R. Cruz

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*  
e-mails: magacaballero98@gmail.com, eugenio.cruz@fio.unam.edu.ar, sebastian.kolodziej@fio.unam.edu.ar

---

### **Resumen**

Contar con aire libre de contaminación es fundamental para evitar cualquier tipo de enfermedades. La renovación del aire en ambientes interiores, siempre fue un requisito para evitar estas problemáticas, no obstante, las recomendaciones con respecto a este recambio, cobraron mayor importancia con la Pandemia, ya que un ambiente viciado y sin circulación de aire, contribuye a la propagación del virus COVID-19. Uno de los indicadores de un aire viciado es la concentración de CO<sub>2</sub>, proveniente del intercambio gaseoso de las personas, cuando este alcanza determinados niveles en ambientes interiores, significa que los ocupantes de ese espacio comienzan a respirar aire que ya fue exhalado por otros individuos. Este estudio pretende, en primer lugar, realizar mediciones de CO<sub>2</sub> con la finalidad de determinar su concentración y la necesidad de renovación del aire, y, por otra parte, relacionar los niveles de contaminación con la cantidad de alumnos, las características de las aulas y las condiciones ambientales. Determinar las relaciones entre estos parámetros, permitirá definir un procedimiento de uso para cada aula con el fin de mantener niveles aceptables de CO<sub>2</sub> sin la necesidad de realizar mediciones.

**Palabras Clave** – Aire contaminado, Aulas, Concentración de CO<sub>2</sub>, COVID 19

### **1 Introducción**

A raíz de la pandemia que comenzó a principios del 2020, surgieron ciertas inquietudes por parte de los ciudadanos ya que no se sabía cuáles eran las medidas correctas para evitar el contagio del virus del COVID-19, una enfermedad que puede dañar a los pulmones, al corazón y al cerebro de las personas. Luego de un tiempo, los científicos realizaron estudios y lograron determinar una serie de medidas que permiten disminuir la propagación del virus.

El regreso a las actividades académicas presenciales en la Facultad de Ingeniería implica tomar algunas medidas preventivas para minimizar el contagio del COVID-19. Si bien se avanzó en la vacunación, la pandemia persiste aún, y es probable que se prolongue en el tiempo.

Una de las medidas recomendadas para el dictado de clases presenciales, es la renovación del aire en las aulas, dado que una de las formas de propagación del virus es a través del aire. Un método para determinar la calidad del aire en ambientes cerrados es la medición de la concentración de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), los niveles de este compuesto determinarán la necesidad o no de renovación del aire.

Según documentos y normativas internacionales se considera aire de buena calidad en aulas de enseñanza cuando los niveles de CO<sub>2</sub> no superan las 500 ppm, aunque es normal que la concentración tome valores entre 500 y 800 ppm, siendo aceptable la misma.

En el presente trabajo, se analiza los niveles de CO<sub>2</sub> en aulas de la Facultad de Ingeniería, ya que el nivel del mismo dentro de un espacio cerrado lleno de personas, indica la calidad del aire que se está respirando, por lo tanto, la facilidad o no que tendría el virus para propagarse.

El nivel de CO<sub>2</sub>, depende de muchas variables, tales como la cantidad de personas dentro del espacio en el que se realicen las mediciones, la edad de las mismas, si hay una buena ventilación cruzada, etc. En este trabajo, se analizan los valores obtenidos de CO<sub>2</sub>, en un aula de aproximadamente 100 m<sup>2</sup> y con una cantidad de 70 alumnos. Se realizaron dos mediciones en diferentes días. La primera medición se realizó con las puertas y ventanas cerradas. La segunda medición con las puertas y ventanas abiertas permitiendo la renovación del aire en el aula.

### 1.1 ¿Qué es el COVID-19?

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el COVID-19 es la enfermedad causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2. La OMS tuvo noticia por primera vez de la existencia de este nuevo virus el 31 de diciembre de 2019, al ser informada de un grupo de casos de «neumonía vírica» que se habían declarado en la ciudad de Wuhan (República Popular China).

### 1.2 Medidas para evitar contagios de COVID-19.

En la figura 1, se puede apreciar que, implementando ciertas medidas, las personas estarán menos expuestas a los contagios por COVID-19.

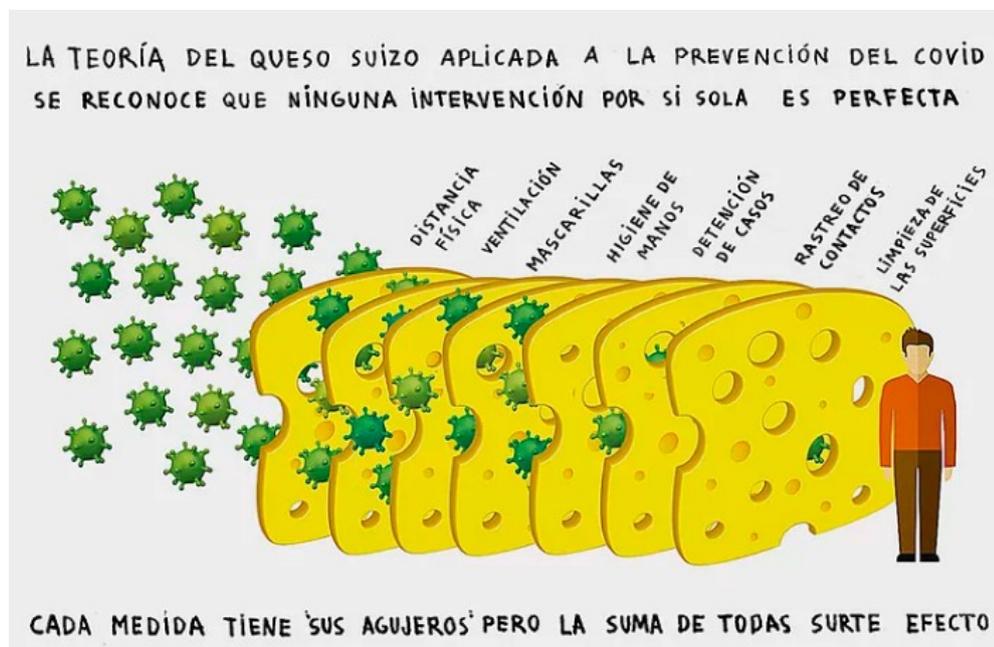


Figura 1: Medidas para evitar contagios. Fuente: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2020/11/16/5faeb7-dfdddf3a028b45ee.html>

Queda claro, como se muestra en la figura 1, que para disminuir la propagación del virus no existe una única medida, sino una combinación de varias de ellas.

Seguidamente, se explicará cada una de las medidas mostradas anteriormente.

- *Distancia física:* El virus del COVID-19 se propaga fácilmente a través del contacto físico de persona a persona. Esta es la razón por la cual es importante regular y reducir el contacto de las mismas, evitando lugares donde se dificulta mantener una distancia mínima.
- *Ventilación:* Además de contribuir a reducir el riesgo derivado de la transmisión de virus por aire, mejorar la ventilación también representa un beneficio para la calidad del aire en espacios cerrados, ya que se reduce la exposición a productos que se utilizan para limpiar y desinfectar superficies posiblemente contaminadas.
- *Mascarillas:* La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce la utilidad de las mascarillas caseras contra el virus. Sin embargo, no cualquier tipo de mascarilla casera es recomendable, se aconseja que esas mascarillas tengan, al menos, tres capas y que, en su elaboración, se utilice prioritariamente polipropileno. Si no se dispone de él, se debe optar por el algodón y el poliéster; la celulosa y la seda serían las últimas alternativas.
- *Higiene de manos:* El lavado de manos, es la medida más económica, sencilla y eficaz para reducir el riesgo de infecciones y hace parte de las recomendaciones en la lucha contra la resistencia antimicrobiana, una de las 10 principales amenazas para la salud pública a las que se enfrenta la humanidad.
- *Detección de casos:* Detectar la cantidad de casos en un tiempo y lugar determinados es crucial para poder identificar cuál etapa de la pandemia se está atravesando, y cuán grave está siendo la situación.
- *Rastreo de contactos:* El rastreo de los contactos que ha tenido una persona que se ha contagiado de coronavirus es básico para evitar que el virus se propague. Será necesario saber por dónde ha pasado cada nuevo infectado y de quién ha estado cerca, para así, cortar lo antes posible la cadena de transmisión.
- *Limpieza de las superficies:* El virus que causa el COVID-19 puede depositarse sobre las superficies. Es posible que las personas se infecten si tocan dichas superficies y luego se tocan la nariz, la boca o los ojos. La forma más segura de prevenir la infección a través de superficies contaminadas es limpiando y desinfectando constantemente a las mismas.

A pesar de que todas las medidas nombradas anteriormente son muy importantes, es difícil que todas ellas se den de igual manera en un ámbito educativo, pero las que se pueden asegurar son las siguientes:

- *Higiene:* No solo es importante la higiene de las manos y del establecimiento, sino que realizar una buena inversión en mejoras para la correcta ventilación y el aumento de la calidad del aire, será fundamental tanto para alumnos como profesores.

- *Mascarillas*: Poder realizar charlas de las consecuencias de contraer coronavirus a los alumnos podría generar que los mismos sean más precavidos. Con esto, se aseguraría que los mismos utilicen las mascarillas adecuadas para evitar los posibles contagios dentro de la Facultad de Ingeniería.

### 1.3 *Importancia de realizar mediciones de CO<sub>2</sub> para evitar contagios de COVID-19.*

Para determinar la calidad del aire, se realiza la medición de diferentes parámetros, entre los que se destacan:

- Niveles de CO<sub>2</sub>.
- Temperatura.
- Humedad.
- Partículas y aerosoles.
- Formaldehído.
- Compuestos orgánicos volátiles.

De todos los parámetros mencionados anteriormente, el que más se destaca y tiene mayor relación con la calidad del aire es el CO<sub>2</sub>. Los niveles de CO<sub>2</sub> se determinan en partes por millón (ppm) en volumen, y se tiene en cuenta los valores que están por encima de la concentración determinada en el aire exterior al lugar donde se quiere establecer la concentración de CO<sub>2</sub>.

### 1.4 *Existencia del CO<sub>2</sub> en las aulas*

El CO<sub>2</sub> existe en las aulas debido a la exhalación producida por alumnos y profesores, ya que, a pesar de cumplimentar con el uso de mascarillas, las que se utilizan habitualmente no filtran el paso de partículas como polvo, bacterias y humo.

Muchas son las variables que hacen que en un aula haya distintas concentraciones de CO<sub>2</sub>, algunas son:

- Características del aula.
- Cantidad de personas en el aula.
- Actividad que se está realizando.
- Tiempo que los alumnos permanecen adentro.
- Si hay o no buena circulación de aire.

En el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) de España, se indican las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria. Aquí, se establecen las distintas categorías, las mismas son:

- IDA 1: Aire de óptima calidad. Hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

- IDA 2: Aire de buena calidad. Oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
- IDA 3: Aire de calidad media: Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
- IDA 4: Aire de calidad baja.

Aplicando este reglamento al análisis que se está realizando, correspondería la categoría IDA 2 que es la que contempla a los establecimientos educativos

Este reglamento permite calcular el caudal mínimo de aire exterior de ventilación que se puede determinar mediante 5 métodos diferentes, los mismos son:

- 1- Método indirecto de caudal de aire exterior por persona.
- 2- Método directo por calidad del aire percibido.
- 3- Método directo por concentración de CO<sub>2</sub>.
- 4- Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie.
- 5- Método de dilución.

En este trabajo, el análisis se realiza mediante el método directo por concentración de CO<sub>2</sub>. El mismo, se emplea en locales con elevada actividad metabólica (salas de fiestas, locales para el deporte, y actividades físicas, aulas, etc.), en los que no está permitido fumar, ya que es un buen indicador de las emisiones de biofluentes humanos.

El valor límite de CO<sub>2</sub>, correspondiente a cada categoría se indica en la Tabla 1, en la cual se resalta la categoría tomada de referencia para este estudio.

**Tabla 1:** Categoría/Concentración CO<sub>2</sub>. Fuente: RITE.

| <b>Categoría</b> | <b>Concentración de CO<sub>2</sub> por encima de la concentración en el aire exterior</b> |
|------------------|---|
| IDA 1            | 350 ppm   |
| <b>IDA 2</b>     | <b>500 ppm</b>  |
| IDA 3            | 800 ppm   |
| IDA 4            | 1.200 ppm   |

Esto quiere decir que los niveles máximos de CO<sub>2</sub> en el interior de las aulas no deben ser superiores en 500 ppm respecto la concentración de CO<sub>2</sub> en el exterior. Por ello, antes de cada medición, se calibra el instrumento, colocando a cero en el ambiente exterior al aula donde se realizará la medición.

Según un artículo publicado por la Agencia Anadolu (Turquía) de Sergio García Hernández, la presencia del dióxido de carbono en un sitio cerrado, de ser superior a 700 partes, es una señal de

que la ventilación es deficiente, por lo tanto, es latente la probabilidad de que el coronavirus se propague. Cabe destacar que, dependiendo de las condiciones del día, habrá variaciones en las mediciones.

### *1.5 Características generales de las aulas de la Facultad de Ingeniería.*

Las aulas generalmente tienen una sola puerta de entrada y salida, además de grandes ventanales que favorecen la ventilación a través de las mismas. No obstante, es importante destacar que no todas las aulas favorecen o posibilitan una ventilación cruzada, ya que la disposición de puertas y ventanas no son las adecuadas para lograr esta condición, quedando zonas en las que no se asegura la renovación del aire. Además, cabe destacar que la cantidad de alumnos varía de acuerdo al tamaño del aula o de la asignatura que se esté dictando en ella, pero generalmente, dentro de las mismas, hay entre 25 y 150 lugares dispuestos para ocuparse por alumnos.

## **2 Metodología**

Para las mediciones de CO<sub>2</sub>, se utiliza un equipo denominado MultiRAE Lite. El mismo, es un monitor multigas de 1 hasta 6 parámetros (COV, %LEL y gases tóxicos) con tecnología Wireless, ideal para protección personal incluyendo el acceso a espacios confinados y aplicaciones similares. El mismo cuenta con una bomba eléctrica incorporada, que permite forzar el paso del aire al interior del equipo. Las indicaciones para su uso son las siguientes:

- a) Encender el instrumento y verificar el estado de la batería.
- b) Calibrar los instrumentos de medida.
- c) Colocar el instrumento en el ambiente exterior a la zona cerrada donde se quiere determinar la concentración de CO<sub>2</sub> y colocar en cero el instrumento.
- d) Realizar mediciones para obtener el punto más desfavorable del aula, es decir, la peor condición de ventilación que pueda haber para realizar un análisis más exhaustivo.
- e) Colocar el medidor al menos 10 minutos en el lugar elegido para la medición.
- f) Disponer de una ficha de recogida de datos para anotar las características del sitio analizado.

En los ensayos llevados a cabo en este proyecto, las mediciones, se realizan en el aula B3 de la Facultad de Ingeniería, cuyas dimensiones son 12 x 8 x 3,1 m. Al momento de realizar las mediciones, el aula contaba con alrededor de 80 alumnos.

El instrumento, se ubica a una altura promedio de las cabezas de los alumnos y profesores, y a una distancia de al menos un metro del alumno más próximo, y donde la ventilación cruzada no es favorecida por la disposición de puertas y ventanas del aula.

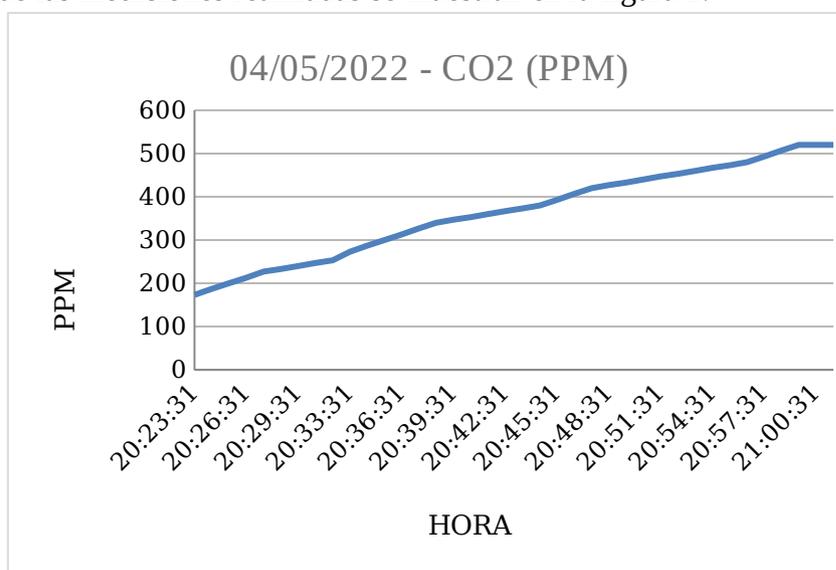
Cada 1 minuto, el instrumento registra valores de la concentración de CO<sub>2</sub>, mientras que los alumnos están dentro del curso realizando las tareas habituales.

### 3 Resultados

A continuación, se describen las mediciones realizadas y los respectivos resultados obtenidos en cada una.

El día 4 de mayo del 2022, se realiza una medición en una clase de la asignatura Sistemas de Representación Gráfica, donde aproximadamente 70 alumnos realizaban actividades de resolución de trabajos prácticos. Los estudiantes no llevaban mascarillas y las puertas y ventanas fueron cerradas durante el tiempo de medición, unos 40 minutos aproximadamente.

Los resultados de las mediciones realizadas se muestran en la figura 2.

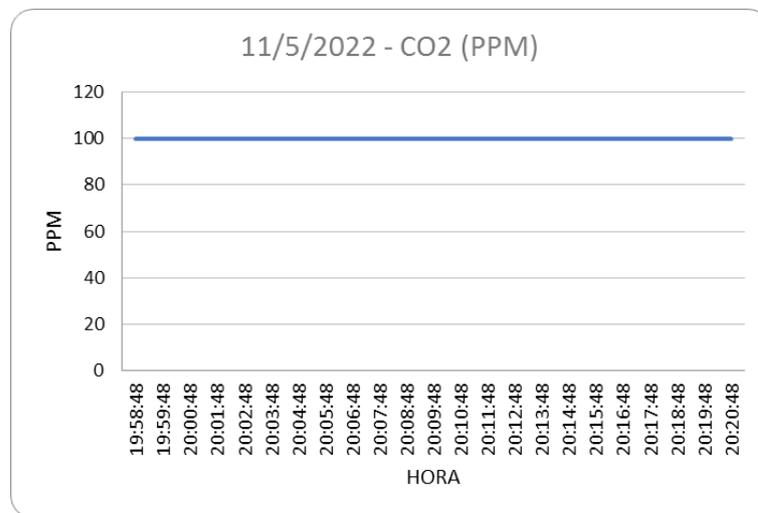


**Figura 2:** Resultados obtenidos en el aula B3 sin ventilación (puertas y ventanas cerradas)

Se puede observar que a medida transcurre el tiempo de medición aumenta en forma constante la concentración de CO<sub>2</sub>, alcanzando las 500 ppm, valor a partir del cual comienza a disminuir la calidad del aire según el RITE, por lo tanto, es conveniente ventilar el aula.

Se realizaron nuevamente mediciones en la misma aula, pero un día diferente, específicamente el día 11 de mayo del 2022. En este caso, las puertas y ventanas estuvieron abiertas durante el tiempo de medición. Los alumnos no llevaban puestas las mascarillas de prevención.

Los resultados de las mediciones realizadas se muestran en la figura 3.



**Figura 3:** Resultados obtenidos en el aula B3 con ventilación (puertas y ventanas abiertas)

Se observa que durante el tiempo de medición la concentración de CO<sub>2</sub>, se mantuvo constante, alrededor de 100 ppm, lo que demuestra que manteniendo puertas y ventanas abiertas se realiza una renovación importante del aire en el aula. Al mantener alta la calidad del aire en el interior del aula se dificulta la propagación del virus.

#### 4 Conclusiones

De acuerdo a las mediciones realizadas, a medida que el tiempo de permanencia de los alumnos dentro del aula aumenta, la concentración CO<sub>2</sub> también lo hace. También, se destaca la importancia de una correcta ventilación dentro de un aula ya que, comparando los resultados de las mediciones realizadas, se observa que el día en que se dejaron las puertas y ventanas abiertas, los niveles de CO<sub>2</sub> fueron mínimos y constantes.

Se debe tener en cuenta que, en los días de bajas temperaturas, cuando se dificulta la circulación de aire dentro de las aulas, es recomendable abrir puertas y ventanas por lo menos 10 minutos cada hora de clase, para renovar el aire en el aula y evitar el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>.

Es por esto que con los datos obtenidos se verifica que, con una correcta disposición de puertas y ventanas que favorezcan la ventilación cruzada dentro de un aula, y que, si los alumnos utilizan las mascarillas recomendadas por la Organización Mundial de la Salud junto con una continua higiene de manos, el riesgo por contagios del virus del COVID-19, será mínimo.

#### 5 Bibliografía

[1] J. P. Soriano, “Documento de apoyo al profesorado para evitar la propagación del coronavirus SARS-CoV-2 en un centro educativo”. España, 2021. [Online]. Disponible:

[https://iescelia.org/web/wp-content/uploads/covid19/Documentacion\\_General/Protocolo%20Covid%20prevenciondocente.pdf](https://iescelia.org/web/wp-content/uploads/covid19/Documentacion_General/Protocolo%20Covid%20prevenciondocente.pdf)

[2] RITE Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, 23 de marzo de 2021.

Links:

[3] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-15820>

[4] <https://www.codigotecnico.org/Guias/DR-RITE.html#:~:text=El%20Reglamento%20de%20Instalaciones%20T%C3%A9rmicas,un%20uso%20racional%20de%20la>

[5] <https://www.aa.com.tr/es/mundo/-por-qu%C3%A9-la-concentraci%C3%B3n-de-co2-en-un-lugar-puede-ser-indicador-de-riesgo-de-contagio-de-covid-19/2158723>