



Article scientific

## Evaluation of direct and indirect greenhouse gases in confined spaces at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco

Elvis Mariano Evangelista Medina <sup>a</sup>, Ivet Victoria Falcón Ramírez <sup>a</sup> and Angie Tatyana Fernández Escobar <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú 

### ITEM INFORMATION

Published: 2022-06-30  
Accepted: 2022-06-28  
Received: 2022-03-30

### Keywords:

Carbon dioxide (CO)  
Hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S)  
Carbon monoxide (CO)  
Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)

### ABSTRACT

This research work carried out a monitoring of occupational gases to determine the concentration in confined spaces within the university campus of the Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), using an RKI GX-8000 explosimeter to determine the air quality in confined environments that do not represent a health risk, contrasting it with the limits established by the Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Eleven critical points were identified throughout the university campus that provide conditions that favor the concentration of gases such as carbon dioxide (CO), hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S), carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), resulting in gas measurements at all critical points, the maximum values for hydrogen sulfide at points PP-002, PI-005 and PCM-010 are 1.5 ppm, 1.5ppm, 1ppm, carbon dioxide at points PP-002, PD-009 and PCM-011 are 360 ppm, 440 ppm, 380 ppm, 380 ppm, 1ppm, and carbon dioxide at points PP-002, PD-009 and PCM-011 are 360 ppm, 440 ppm, 380 ppm, methane at points PS-001, PZ-003 and PI-005 are 4%, 3%, 2%, carbon monoxide at points PC-004, PI-005 and PI-008 are 3ppm, 6ppm, 3ppm respectively. It was concluded that all the measurements taken at the 11 critical points do not exceed the limit established by OSHA.

### Evaluación de los gases de efecto invernadero directo e indirecto en espacios confinados de la universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco


### RESUMEN

El presente trabajo de investigación realizó un monitoreo de gases ocupacionales para conocer la concentración en los espacios confinados dentro del campus universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), para ello se utilizó un explosímetro RKI GX-8000 que permitió determinar la calidad del aire en ambientes confinados que no representen un riesgo para la salud, contrastándolo con los límites establecidos por la Administración Y Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Se identificaron 11 puntos críticos en todo el campus universitario que brindan condiciones que favorece a la concentración de gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), monóxido de carbono (CO) y metano (CH<sub>4</sub>), se obtuvo como resultado las mediciones de gases en todo los puntos críticos, los valores máximos para el sulfuro de hidrógeno en los puntos PP-002, PI-005 Y PCM-010 son 1,5 ppm, 1,5ppm, 1ppm, dióxido de carbono en los puntos PP-002, PD-009 Y PCM-011 son 360 ppm, 440 ppm, 380 ppm, metano en los puntos PS-001, PZ-003 Y PI-005 son 4%, 3%, 2%, monóxido de carbono en los puntos PC-004, PI-005 Y PI-008 son 3ppm, 6ppm, 3ppm respectivamente. Concluyéndose que todas las mediciones realizadas en los 11 puntos críticos no superan el límite establecido por las OSHA.

### Palabras clave:

Dióxido de carbono (CO)  
Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)  
Monóxido de carbono (CO)  
Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)



 <https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v1i1.4>



## INTRODUCCIÓN

El espacio confinado es un espacio cerrado con reducido flujo de oxígeno que favorece la acumulación de otros gases presentando un riesgo razonablemente previsible de incendio, explosión, pérdida de conocimiento, asfixia o ahogamiento. A nivel mundial se registran enfermedades y accidentes ocupacionales 2.340.000 casos mortales o que generen alguna discapacidad, anualmente fallecen 317.000.000 personas debido a que permanentemente se expone al trabajador a ambientes laborales incómodos e inseguros, disminuyendo la competitividad de este (OIT, 2020). En el Perú se lleva a cabo el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire (ECA-Aire, 2017) para poder determinar la calidad del aire, esta norma establece los niveles objetivo para la presencia de contaminantes en el aire, al no superar estos niveles, no representa un riesgo para el ambiente, de igual manera la calidad del aire en espacios confinados es de suma importancia porque la presencia de algunos gases como el Dióxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), Monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pueden representar un riesgo para la salud del trabajador debido a los largos periodos de exposición, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) establece los niveles permisibles de estos gases en los espacios cerrados o confinados. En la presente investigación, se determinó el grado de concentración de los gases de interés, los cuales fueron: CO (ppm), CO<sub>2</sub> (ppm), H<sub>2</sub>S (ppm), CH<sub>4</sub> (Límite inferior de explosividad: LEL; límite superior de explosividad: UEL), mediante un explosímetro; las mediciones se realizaron dentro del campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) identificando puntos críticos, cabe resaltar que estos parámetros varían de acuerdo con el lugar y la cercanía de diversas actividades que favorecen la presencia y acumulación de estos gases, en este artículo se trabajó con 11 puntos distintos, con el fin de obtener y comprar las concentraciones según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de Ejecución

El estudio se realizó en la región Huánuco, Provincia de Leoncio Prado, distrito de Rupa-Rupa en el campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva donde se escogieron 11 puntos críticos en función al espacio confinado y por las diferentes actividades que se realizan.

### Tabla 1

*Puntos críticos con posible contaminación del aire*

Código	Este	Sur	Descripción
PS-001	390357	8970901	Buzón de desagüe al ingreso del internado Sheraton
PP-002	390407	8970760	Buzón de desagüe por la pista de la universidad
PZ-003	390514	8970551	Estiércol de ganado cercano a las pesebreras
PC-004	390499	8970423	Canal natural donde circula las aguas residuales de los porcinos
PI-005	390474	8970415	Canal cerrado, cercano a industrias alimentarias
PI-006	390462	8970406	Canal cerrado, cercano a industrias alimentarias
PI-007	390442	8970393	Canal cerrado, cercano a industrias alimentarias
PI-008	390425	8970381	Canal cerrado, cercano a industrias alimentarias
PD-009	390382	8970445	Canal de desagüe cercano a CTIC
PCM-010	390279	8970612	Canal en el lado posterior del comedor
PCM-011	390252	8970628	Buzón de desagüe por la pista, cercana al comedor y puerta N°2

### Materiales

El equipo que se utilizó para medir las concentraciones de CO (ppm), CO<sub>2</sub> (ppm), H<sub>2</sub>S (ppm), CH<sub>4</sub> (LEL) fue un explosímetro RKI GX-8000.

### Metodología

#### Identificación de los puntos críticos de espacios confinados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

Se realizó un recorrido para conocer el área de estudio y de ese modo se estableció los puntos de muestreo en el interior de la UNAS, priorizando los espacios confinados.

## Determinación de la concentración de los gases en espacios confinados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

Los datos obtenidos al realizar la medición fueron en los siguientes puntos: Sheraton punto 1, Drenaje Cerca la quebrada naranjal punto 2, Estiércol de los ganados punto 3, Aguas de las pesebreras de los chanchos punto 4, cerca de la facultad de Industrias en este caso se tomó el punto 5, 6, 7 y 8, el drenaje de agua cerca de las aulas de gallitos punto 9 y cerca el comedor se midió el punto 10 y 11, identificados todos los puntos se realizará la medición mediante el uso del explosímetro y determinar la concentración de gases presentes (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, CO<sub>2</sub>) en los puntos elegidos.

## Cuantificación de los valores máximos de los gases en espacios confinados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

Determinada la concentración de gases en cada punto de confinamiento dentro del campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, comparamos los valores en todos los puntos y cuantificamos el valor máximo de cada gas (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, CO<sub>2</sub>).

## Comparación de la concentración de los gases en espacios confinados con las Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA).

Terminado la medición en cada punto se comparó con los niveles de gases que presentan, y si estas cumplen con el mínimo requerimiento de concentración para espacios confinados, se identificaron a los que se encuentren fuera del rango recomendado o el más cercano a incumplir los valores establecidos por la OSHA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comparación de los valores de los gases en espacios confinados con las Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA).

De acuerdo a los resultados se observa la distribución de gases, donde la presencia de dióxido de carbono es muy frecuente y presentan la mayor concentración (ppm) en todos los ambientes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en comparación con los gases de sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono, esto se debe a sus características condensables a temperatura ambiente, facilidad de infiltración y mezcla con el aire (Quipicuro, 2015, p.13) además, las actividades que se realizan facilita la presencia en el ambiente.

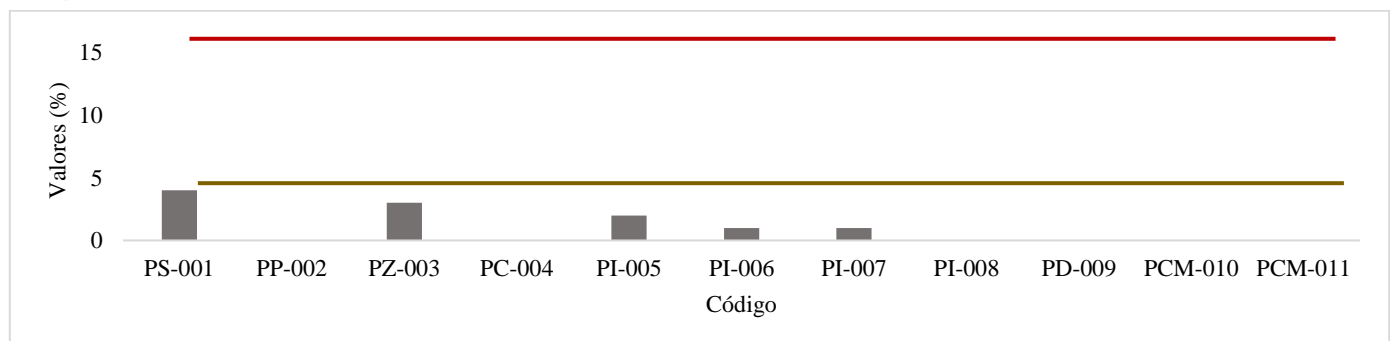
Según lo mencionado en las OSHA, comparamos las concentraciones de los gases, según su Límite inferior de explosividad (LEL), Límite superior de explosividad (UEL) y si en caso no se conoce, también se comparará el límite permisible de exposición (PEL).

### Metano (CH<sub>4</sub>)

En la Figura 1, se observa los niveles Metano (CH<sub>4</sub>) en todos los puntos críticos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, dentro de los valores máximos que encontramos son el punto PS-001, PZ-003 Y PI-005, estos lugares son el buzón de ingreso al internado Sheraton, estiércol de ganado cercano a las pesebreras, Canal cercano a industrias alimentarias, presentan valores de 4%, 3%, 2% respectivamente, su presencia se puede justificar por la generación de aguas residuales por la crianza de ganados y porcinos (Miguel et al., 2016), ya que, en el sector ganadero los rumiantes son considerados como uno de los grandes contribuyentes a la emisión de gases, entre ellos el CH<sub>4</sub>, que tiene un potencial de calentamiento 28 veces mayor en comparación con el CO<sub>2</sub> pudiendo llegar a ser peligroso y altamente inflamable en espacios con reducidos flujos de oxígeno (Gonzales et al., 2015, p.234).

### Figura 1

Comparación del Metano con el LEL y UEL



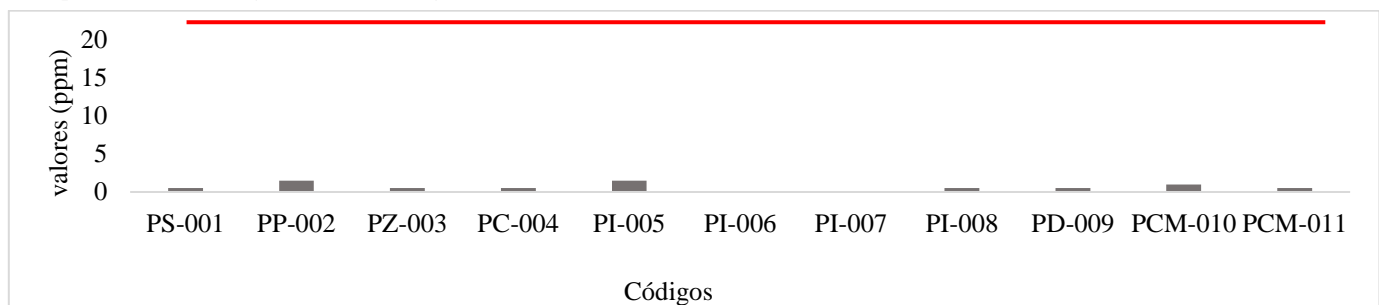
El Nivel de Metano (%CH<sub>4</sub>), en los diferentes ambientes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el caso de límite inferior de explosividad (LEL) del metano es 5% y el límite superior de explosividad (UEL) es 15% (Construction Safety Council, 2011), en el cual podemos observar que el PS-001, Buzón cercano al internado está cerca del umbral de límite inferior de explosividad, es decir, que puede llegar a generar combustión si se entra en contacto con fuego (Administración de seguridad y salud ocupacional departamento del trabajo de los EE.UU [OSHA], 2020).

### Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)

En la Figura 2, se observa los niveles de sulfuro de hidrógeno en todos los puntos críticos de la Universidad Nacional Agraria de las Selva, dentro de los valores máximos que encontramos son el punto PP-002, PI-005 Y PCM-010, estos lugares son buzón de desagüe ubicado en la pista (puerta N°3), Canal cerrado cercano a industrias alimentarias, Canal posterior del comedor universitario, presentan valores de 1.5 ppm, 1.5ppm, 1ppm, respectivamente su presencia se puede justificar a que se posiblemente se encuentran en intermitentemente condiciones anaeróbicas dentro de los buzones ya que, el H<sub>2</sub>S es moderadamente soluble en agua y tiene una densidad de 1,39 a 11,2 veces más que el aire ambiental (Oyarzun, 2010, p.2-8).

### Figura 2

Comparación del Sulfuros de Hidrógeno con el PEL



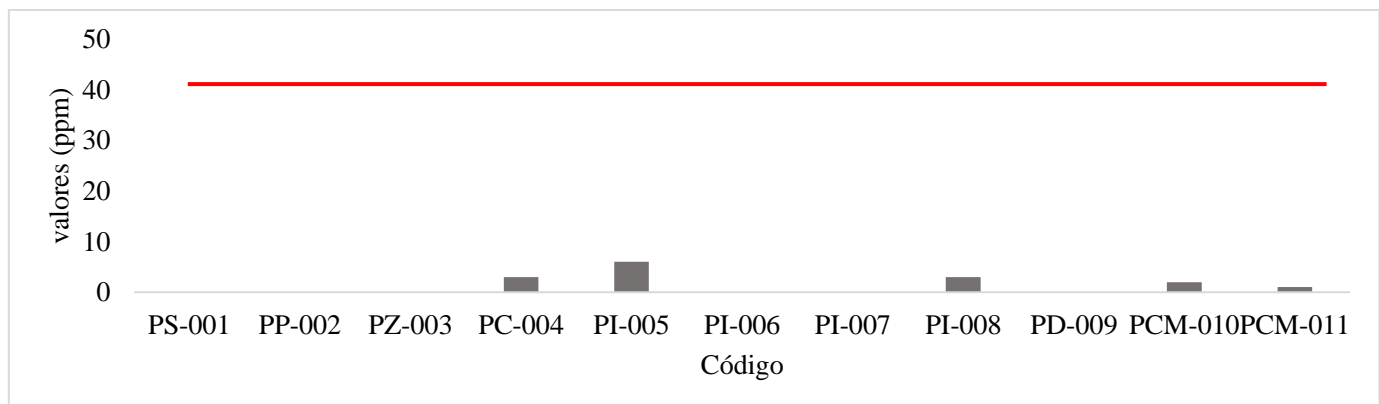
El nivel de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), en los diferentes ambientes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en caso el límite permisible de exposición (PEL) tiene como valor 20ppm, en todos los puntos críticos se presentan en bajas concentraciones y no superan el umbral permisible de exposición (OSHA, 2020), de igual forma en la investigación de Jara (2015), determinó que la concentración de H<sub>2</sub>S en espacios confinados de almacenamiento de GLP no superan el LEL, debido a la presencia de pequeños flujos de aire en los tanques de almacenamiento.

### Monóxido de Carbono

En la Figura 3, se observa los niveles de Monóxido de carbono en todos los puntos críticos de la Universidad Nacional Agraria de las Selva, dentro de los valores máximos que encontramos son el punto PC-004, PI-005 Y PI-008, estos lugares son el canal natural donde circula las aguas residuales de los porcinos y dos canales cerrados cercano a industrias alimentarias, presentan valores de 3ppm, 6ppm, 3ppm, respectivamente su presencia se puede justificar a la presencia de aguas residuales generados por la crianza de ganados y porcinos, y a sus condiciones anaeróbicas intermitentes de los canales cerrados cercanos a industrias alimentarias de la UNAS Gonzales et al., 2015, p.231).

### Figura 3

Comparación del Monóxido de carbono con el PEL



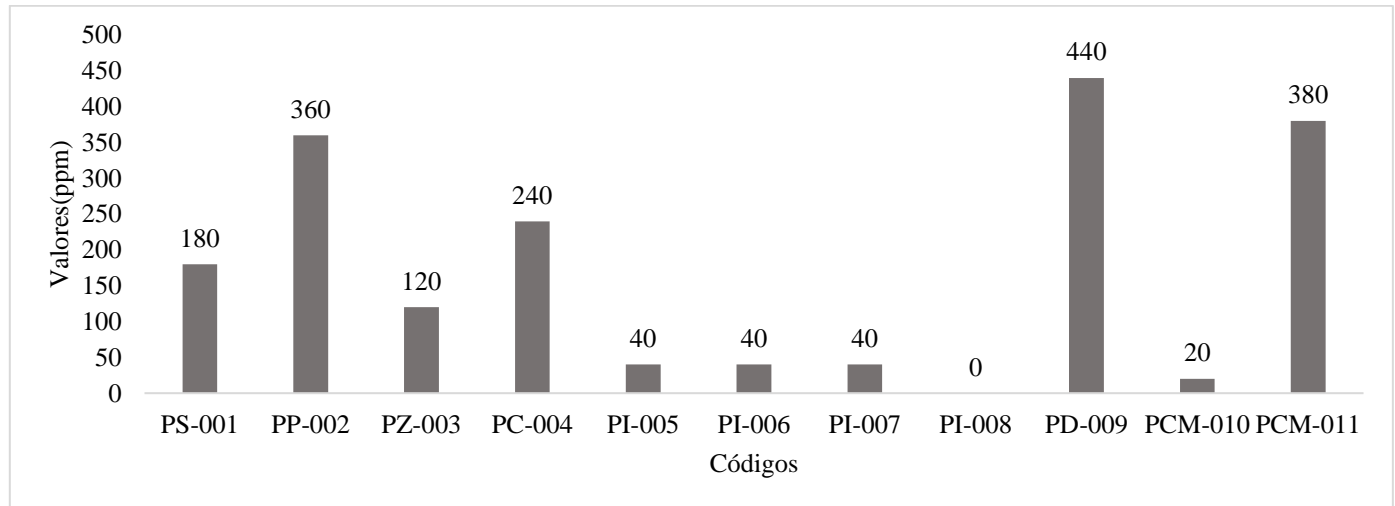
El nivel de monóxido de carbono, en los diferentes ambientes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en caso el límite permisible de exposición (PEL) tiene como valor 50 ppm, como podemos observar en todos los puntos críticos se presentan en bajas concentraciones y no superan el umbral permisible de exposición, el nivel de concentración se puede justificar por las corrientes de aire que filtran en los canales permitiendo sus dispersión y disminuya su concentración de CO (Di Marco et al., 2012). En todos los casos nace la importancia de crear y regir normas nacionales que establezcan límites en espacios cerrados a partir de las creadas (Orche, 2020, p.19).

### Dióxido de Carbono

Para el caso del gas de dióxido de carbono, en la norma OSHA no menciona un LEL y UEL, y se relaciona con la disminución del Oxígeno disponible.

#### Figura 4

Valores máximos del Dióxido de Carbono



En la Figura 4, se observa los niveles de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en todos los puntos críticos de la Universidad Nacional Agraria de las Selva, dentro de los valores máximos que encontramos son el punto PP-002, PD-009 Y PCM-011, estos lugares son el buzón de desagüe de la pista (puerta N°3), Canal de desagüe cercano a CTIC, Buzón de desagüe por la pista, cercana al comedor y puerta N°2, presentan valores de 360 ppm, 440 ppm, 380 ppm, respectivamente, su presencia se puede justificar a que posiblemente se encuentran intermitentemente en condiciones anaeróbicas dentro de los buzones ya que, el dióxido de carbono es un gas ligeramente tóxico, inodoro e incoloro con sabor suavemente ácido; este no se quema y no alimenta llama. El gas carbónico es 1.5 veces más pesado que el aire. Es un gas condensable, debido a su presión de vapor a temperatura ambiente (Oyarzun, 2010, p.12), además en estos buzones presentan un menor flujo del aire y por ende las concentraciones de CO<sub>2</sub> aumentan (Chipana, et al., 2020)

## CONCLUSIONES

Se realizó el monitoreo de gases ocupacionales en el campus de la Universidad Nacional Agraria De La Selva (UNAS), donde se identificaron los puntos críticos de espacios confinados con el criterio que los ambientes sean cerrados o se realicen actividades como la Crianza de porcino y ganado.

Se midieron los gases en espacios confinados de la Universidad Nacional Agraria De La Selva (UNAS) en cada punto crítico identificado donde se presentó mayores niveles de Dióxido de Carbono (ppm) a comparación de los otros gases.

Se cuantificó los valores máximos de los gases en espacios confinados de la Universidad Nacional Agraria De La Selva (UNAS) para el Sulfuro de hidrógeno se presentan valores máximos de 1,5 ppm, 1,5ppm, 1ppm, para el dióxido de carbono 360 ppm, 440 ppm, 380 ppm; para el Metano (CH<sub>4</sub>), 4%, 3%, 2%, para el monóxido de carbono 3ppm, 6ppm, 3ppm.

Se compararon los valores de los gases en espacios confinados según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA), en el que se determinó los niveles de metano %CH<sub>4</sub> en el punto PS-001 con 4%. Siendo el valor más cercano al límite inferior de explosividad (LEL).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Administración de seguridad y salud ocupacional departamento del trabajo de los EE. UU [OSHA]. (2020). Todo sobre OSHA-3173-01R 2020. Departamento del Trabajo de los EE. UU, 4-38
- Beltrán-Santoyo, M. Á., Álvarez-Fuentes, G., Pinos-Rodríguez, J. M., & Contreras-Servín, C. (2016). Emisión de metano en los sistemas de producción de leche bovina en el Valle de San Luis Potosí, México. *Agrociencia*, 50(3), 297-305. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952016000300297&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000300297&lng=es&tlng=es).
- Chipana M. y Matos Z. (2020). Evaluación de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en interiores y su influencia en la salud de los estudiantes de la Universidad Peruana Unión. Recuperado de: [http://repositorio.upeu.edu.pe:8080/bitstream/handle/UPEU/3196/Mayra\\_Trabajo\\_Bachiller\\_2020.pdf?%20sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upeu.edu.pe:8080/bitstream/handle/UPEU/3196/Mayra_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?%20sequence=1&isAllowed=y)
- Construction Safety Council. (2011). Los peligros a la salud en el trabajo de la construcción. Hillside, IL 60162, (800) 552-7744
- Decreto supremo 003-2017-MINAM. (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. 7 junio, 2017
- Di Marco, D., Romero, H. (2002). Intoxicación por monóxido de carbono: (Tesina de grado). Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Médicas. Escuela de Enfermería <https://bdigital.uncu.edu.ar/8729>.
- González-Sánchez, M. E., Pérez-Fabiel, S., Wong-Villarreal, A., Bello-Mendoza, R. & Yañez-Ocampo, G. (2015). Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. *Revista argentina de microbiología*, 47(3), 229-235. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2015.05.003>
- López, J. P. (2015). Propuesta De Procedimiento Para Trabajo En Espacios Confinados Basados En El Monitoreo Y Evaluación De Oxígeno (O<sub>2</sub>), Monóxido De Carbono (CO), Ácido Sulhídrico (H<sub>2</sub>S) Y Límite Inferior De Explosividad (LEL), En La Construcción De Esferas De Glp Para Minimizar Accidentes O Enfermedades Ocupacionales., Recuperado, a partir, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21116>
- Orche, E. (2020). Calidad del aire en las minas museo subterráneas. Propuesta de índices de referencia. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 5(2), 37-58 [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S251953522020000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S251953522020000200005&lng=es&tlng=es).
- Organización Internacional del Trabajo. (2020). Salud y seguridad en trabajo en América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang-es/index>
- Oyarzun, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 26(1), 16-25. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004>
- Quispicuro, V. (2015). Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO<sub>2</sub> y CO) en ambientes interiores y exteriores. *Revista de Investigación Universitaria* 4(1), 11-15, <https://doi.org/10.17162/riu.v4i1.605>