

# Temporary and Spatial Evaluation of Pollutants in a Closed Environment

*Freddy J. Rojas, Ph.D.<sup>1</sup>, Luis Napán, student<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, f Rojas@pucp.edu.pe, luis.napan@pucp.pe*

*Abstract— In the present investigation the concentration of PM10, PM2.5, carbon dioxide, carbon monoxide, temperature and relative humidity in a closed environment was determined; its temporal and spatial variation in the laboratory 0 of the Mechanical Engineering Section in the PUCP during the use of the laboratory to perform combustion tests with natural gas and LPG, in industrial burners. Equipment for measuring particulate matter and polluting gases (PM10, PM2.5, CO and CO2) and the meteorological variables of the test site were used. The methodology used was considering the closed environment without any fuel burning, burning only natural gas and burning only LPG. In addition, the situations were opened by opening and closing the door and window in different combinations to observe how the concentration in the closed environment varied. The results show that the concentrations of PM10, PM2.5, CO2 and CO at all times, even during the burning of fuels, remained within the range of permissible limits for indoor environments.*

*Keywords: Temporary and special evaluation, PM2.5, PM10 polluting gases, closed environment*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.452>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

# Evaluación Temporal y Espacial de Agentes Contaminantes en un Ambiente Cerrado

Freddy J. Rojas, Ph.D.<sup>1</sup>, Luis Napán, student<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, fjrojas@pucp.edu.pe, luis.napan@pucp.pe

**Resumen—** En la presente investigación se determinó la concentración de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , dióxido de carbono, monóxido de carbono, temperatura y humedad relativa en un ambiente cerrado; su variación temporal y espacial en el laboratorio 0 de la Sección Ingeniería Mecánica en la PUCP durante el uso del laboratorio para realizar ensayos de combustión con gas natural y GLP, en quemadores industriales. Se utilizaron equipos de medición de material particulado y gases contaminantes ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , CO y  $CO_2$ ) y las variables meteorológicas del lugar de ensayo. La metodología utilizada fue considerando el ambiente cerrado sin ninguna quema de combustible, quemando solo gas natural y quemando solo GLP. Además de ello se varió las situaciones abriendo y cerrando la puerta y ventana en distintas combinaciones para observar como variaba la concentración en el ambiente cerrado. Los resultados muestran que las concentraciones de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $CO_2$  y CO durante todo momento, incluso durante la quema de combustibles, permanecieron dentro del rango de límites permisibles para ambientes interiores.

**Keywords—** Evaluación temporal y espacial,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , gases contaminantes, ambiente cerrado.

## I. INTRODUCCIÓN

El término “Calidad del aire interior” se aplica a ambientes de interiores no industriales: edificios de oficinas, edificios públicos (colegios, lugares de ocios, restaurants, etc.) y viviendas particulares. Es por ello que cuidando la calidad del aire o ambiente interior, se cuida de la salud de las personas que viven o trabajan, en definitiva, que pasan un tiempo considerable en el interior de dicho edificio [1]. Se considera que el aire limpio es un requisito básico de la salud y el bienestar humano. Sin embargo, su contaminación sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo. Los problemas ambientales en el Perú están afectando de manera creciente a la salud y la productividad de la población nacional [2]. El Perú cuenta con el Reglamento Interno aprobado por Resolución Ministerial del Sector al cual están adscritas; que, mediante Resolución Ministerial N° 094-2017- MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la pre-publicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para aire y establece disposiciones complementarias, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo [3]. El Ministerio de la Producción ha elaborado la Guía de Prevención de la

Contaminación para la Industria Manufacturera, en la que se incorpora el principio de prevención en la gestión ambiental, la cual promueve prácticas ambientales como la reducción o eliminación de elementos o sustancias contaminantes en la fuente generadora y la implementación de cambios en los procesos de producción, operación, uso de energía y de materias primas en general, este instrumento fue aprobado por Resolución Ministerial N° 198-2006-PRODUCE [4]. La conexión entre el uso de un edificio como lugar de trabajo o vivienda y la aparición, en algunos casos, de molestias y síntomas que responden a la definición de una enfermedad es un hecho que ya no puede cuestionarse. La principal responsable es la contaminación de diversos tipos presente en el edificio, que suele denominarse “mala calidad del aire en interiores”. Los efectos adversos debidos a esa deficiente calidad del aire en espacios cerrados afecta a muchas personas, ya que se ha demostrado que los habitantes de las ciudades pasan entre el 58 y el 78 % de su tiempo en un ambiente interior que se encuentra contaminado en mayor o menor grado. Es un problema que se ha visto agravado por la construcción de edificios diseñados para ser más herméticos y que reciclan el aire con una proporción menor de aire fresco procedente del exterior con el fin de aumentar su rentabilidad energética. Actualmente se acepta de forma general que los edificios que carecen de ventilación natural presentan riesgo de exposición a contaminantes [5]. La mayoría de los problemas de los ambientes interiores son consecuencia de decisiones tomadas durante el diseño y la construcción del edificio. Aunque estos problemas pueden resolverse más adelante tomando medidas correctivas, cabe señalar que es más eficaz y rentable prevenir y corregir las deficiencias durante el diseño del edificio. La gran variedad de las posibles fuentes de contaminación determina la multiplicidad de las medidas correctivas que pueden tomarse para mantenerlas bajo control. En el diseño de un edificio intervienen profesionales de diversos campos, como arquitectos, ingenieros, interioristas y otros. Por consiguiente, en esta fase es importante tener en cuenta los diferentes factores que contribuyen a eliminar o minimizar los problemas que pueden surgir en el futuro a causa de la mala calidad del aire [6]. Cada uno de los contaminantes a una elevada concentración puede causar un daño a la salud humana. El dióxido de carbono es un asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y que a elevadas concentraciones puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición [7]. Dentro de las partículas suspendidas se denomina “respirables” a las de un diámetro menor o igual a  $10 \mu m$  ( $PM_{10}$ ) por su capacidad de introducirse en las vías respiratorias. Cuanto más pequeñas son las

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.452>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

partículas, mayor es su capacidad de penetración en el árbol respiratorio [8]. Como complemento del proyecto de calidad ambiental en exteriores realizado en la PUCP, se optó por realizar un monitoreo en un ambiente cerrado considerando procesos de combustión en cocinas domésticas e industriales usando GLP y GN.

TABLA I  
LÍMITES PERMISIBLES DE LOS CONTAMINANTES EN AMBIENTES INTERIORES [9].

| PARÁMETRO  | MÉTODO  | CRITERIO DE EVALUACIÓN   |  |
|--|---|--|--|
|  |   | Calidad de aire: Confort   | Norma, reglamento de referencia  |
| Evaluación higiénica de los sistemas de climatización  | Inspección visual.  | Ausencia de suciedad visible   | UNE 100012   |
| Temperatura y Humedad relativa (*) Para entornos con tasa de actividad metabólica de 1,2 met, grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno dando un PPD de 10 al 15% | Equipos de medición directa   | Temperatura Primavera-Verano: 23-25 °C<br>30-70%<br>Otoño-Invierno: 21-23 °C<br>30-70%<br>Valores límites máximos (todo el año) 17-27 °C | RITE (REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. |
| Dióxido de carbono   | Medición directa mediante Sonda infrarrojos                                   | Interior-exterior < 600 ppm<br>Valor límite máximo: 2500 ppm   | UNE-EN 13779:2005<br>Valor límite 50% VLA del INSHT  |
| Monóxido de carbono  | Célula electroquímica   | < 5 ppm<br>Valor límite máximo: 19 ppm   | REAL DECRETO 1073/2002<br>Valor límite 75% VLA del INSHT   |
| Partículas en suspensión (PM10)  | Gravimetría NIOSH<br>Medición directa.<br>Equipo de difracción de rayos láser | < 50 ug/m <sup>3</sup><br>Valor límite máximo: 1000 ug/m <sup>3</sup>  | REAL DECRETO 1073/2002<br>Valor límite 10% VLA del INSHT   |
| Conteo de partículas   |   | Clase ISO 9<br>< 35200000 part de 0,5 micras/m <sup>3</sup>  | UNE-EN ISO 14644-1:1999<br>Clasificación de la limpieza del aire                                     |
| Bacterias y hongos en suspensión   | SAS (por impactación)   | 800 ufc/m <sup>3</sup>   | UNE 100012<br>En valoración después de limpiar la instalación  |
|  |   | 200 ufc/m <sup>3</sup>   |  |
|  |   | (*) Véase tabla 3  | En condiciones de operación normal del edificio  |

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se llevó a cabo en el laboratorio 0 ubicado en la sección de laboratorios de proyectos en la Sección de Ingeniería Mecánica de la PUCP. El laboratorio cuenta con un área total de aproximadamente 10 m<sup>2</sup>, cuenta con distintos instrumentos y equipos de ensayo para experimentos, tal como cocinas domésticas e industriales, además de una PC para uso de investigación.

### A. Equipos de muestreo

Para el control del PM<sub>10</sub>, y PM<sub>2.5</sub> se utilizó el equipo muestreador Aeroqual series 500; en el caso del CO<sub>2</sub>, CO, temperatura y la humedad relativa, se utilizó el equipo muestreador DeltaOHM HD37AB1347; los cuales fueron calibrados para su uso. Los datos se observan en la Tabla 2.

TABLE II  
EQUIPOS UTILIZADOS

| Nombre        | Marca y código      | Descripción   | Rango  |
|---------------|---------------------|---|--|
| Muestreador 1 | Aeroqual series 500 | Equipo muestreador del PM <sub>2.5</sub> y del PM <sub>10</sub> | PM2.5: 0-1000 ug/m <sup>3</sup><br>PM10: 0-1000 ug/m <sup>3</sup>                              |
| Muestreador 2 | DeltaOHM HD37AB1347 | Equipo muestreador del CO <sub>2</sub> y de la humedad relativa | CO: 0-500ppm<br>CO <sub>2</sub> : 0-5000ppm<br>RH: 0-100%<br>T: -20-60°C<br>Press: 750-1100hPa |

### B. Ubicación

La Figura 1 muestra el esquema del laboratorio donde se realizaron los experimentos.

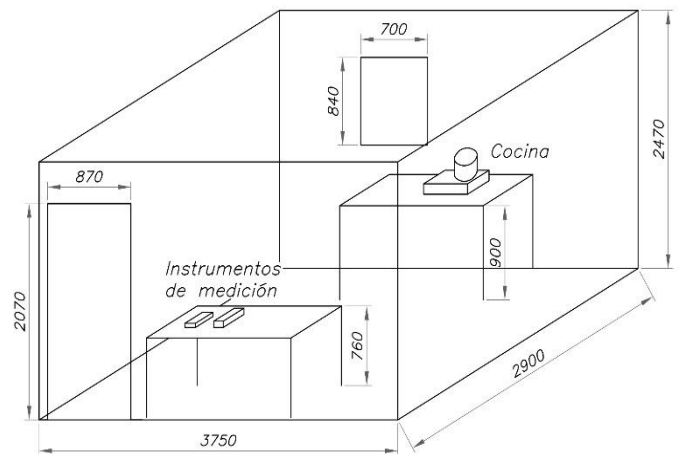


Fig. 1 Dibujo esquemático del laboratorio 0 (medidas en mm)

## III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se realizaron 2 muestras (días diferentes) por cada combinación. En las Tablas 3 al 6 se presentan las muestras 1 y

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).  
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

en las Tablas 7 al 10 se presentan las muestras 2. Las siguientes combinaciones fueron consideradas: 1) puerta abierta-ventana abierta, 2) puerta abierta-ventana cerrada, 3) puerta cerrada-ventana abierta y 4) puerta cerrada-ventana cerrada. En los cuatro casos no hubo ninguna quema de combustibles. Los datos se tomaron cada 15 minutos.

#### A. Material particulado

En las siguientes tablas se presentarán los resultados obtenidos de las combinaciones mencionadas para el material particulado.

TABLE III  
RESULTADOS DE PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> CASO PUERTA ABIERTA-VENTANA ABIERTA (MUESTRA 1).

| PUERTA ABIERTA-VENTANA ABIERTA |                                       |  |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Fecha                          | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 1/04/2019 16:31                | 0.014                                 | 0.004                                  |
| 1/04/2019 16:46                | 0.014                                 | 0.004                                  |
| 1/04/2019 17:01                | 0.015                                 | 0.005                                  |
| 1/04/2019 17:16                | 0.016                                 | 0.006                                  |
| 1/04/2019 17:31                | 0.015                                 | 0.006                                  |
| 1/04/2019 17:46                | 0.016                                 | 0.006                                  |
| 1/04/2019 18:01                | 0.017                                 | 0.005                                  |
| 1/04/2019 18:16                | 0.013                                 | 0.004                                  |
| 1/04/2019 18:31                | 0.019                                 | 0.006                                  |
| 1/04/2019 18:46                | 0.018                                 | 0.006                                  |
| 1/04/2019 19:01                | 0.014                                 | 0.005                                  |
| 1/04/2019 19:16                | 0.025                                 | 0.007                                  |
| 1/04/2019 19:31                | 0.020                                 | 0.007                                  |
| PROMEDIO                       | 0.017                                 | 0.005                                  |

TABLE IV  
RESULTADOS DE PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> CASO PUERTA ABIERTA-VENTANA CERRADA (MUESTRA 1).

| PUERTA ABIERTA-VENTANA CERRADA |                                       |  |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| FECHA                          | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 3/04/2019 10:30                | 0.021                                 | 0.009                                  |
| 3/04/2019 10:45                | 0.020                                 | 0.008                                  |
| 3/04/2019 11:00                | 0.018                                 | 0.007                                  |
| 3/04/2019 11:15                | 0.012                                 | 0.004                                  |
| 3/04/2019 11:30                | 0.013                                 | 0.004                                  |
| 3/04/2019 12:05                | 0.012                                 | 0.004                                  |
| 3/04/2019 12:20                | 0.010                                 | 0.004                                  |
| 3/04/2019 12:35                | 0.011                                 | 0.004                                  |
| 3/04/2019 12:50                | 0.012                                 | 0.004                                  |
| 3/04/2019 14:57                | 0.015                                 | 0.003                                  |
| 3/04/2019 15:12                | 0.011                                 | 0.003                                  |
| 3/04/2019 15:27                | 0.010                                 | 0.003                                  |
| 3/04/2019 15:42                | 0.014                                 | 0.003                                  |
| 3/04/2019 15:57                | 0.009                                 | 0.003                                  |
| 3/04/2019 16:12                | 0.010                                 | 0.002                                  |
| 3/04/2019 16:27                | 0.008                                 | 0.002                                  |
| PROMEDIO                       | 0.013                                 | 0.004                                  |

TABLE V  
RESULTADOS DE PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> CASO PUERTA CERRADA-VENTANA ABIERTA (MUESTRA 1).

| PUERTA CERRADA-VENTANA ABIERTA |                                       |  |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| FECHA                          | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 4/04/2019 12:08                | 0.010                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 12:23                | 0.007                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 12:38                | 0.009                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 12:53                | 0.007                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 13:08                | 0.008                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 13:23                | 0.007                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 13:38                | 0.005                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 13:53                | 0.006                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 14:08                | 0.006                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 14:23                | 0.005                                 | 0.002                                  |
| 4/04/2019 14:38                | 0.006                                 | 0.002                                  |
| 4/04/2019 14:53                | 0.006                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 15:08                | 0.008                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 15:23                | 0.006                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 15:38                | 0.013                                 | 0.003                                  |
| 4/04/2019 15:53                | 0.007                                 | 0.003                                  |
| PROMEDIO                       | 0.007                                 | 0.003                                  |

TABLE VI  
RESULTADOS DE PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> CASO PUERTA CERRADA-VENTANA CERRADA (MUESTRA 1).

| PUERTA CERRADA-VENTANA CERRADA |                                       |  |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| FECHA                          | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 5/04/2019 13:37                | 0.007                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 13:52                | 0.008                                 | 0.004                                  |
| 5/04/2019 14:07                | 0.009                                 | 0.004                                  |
| 5/04/2019 14:22                | 0.005                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 14:37                | 0.007                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 14:52                | 0.007                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 15:07                | 0.006                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 15:22                | 0.005                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 15:37                | 0.006                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 15:52                | 0.005                                 | 0.002                                  |
| 5/04/2019 16:07                | 0.007                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 16:22                | 0.004                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 16:37                | 0.004                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 16:52                | 0.008                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 17:07                | 0.005                                 | 0.003                                  |
| 5/04/2019 17:22                | 0.006                                 | 0.003                                  |
| PROMEDIO                       | 0.006                                 | 0.003                                  |

TABLE VII  
RESULTADOS DE PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> CASO PUERTA ABIERTA -VENTANA ABIERTA (MUESTRA 2).

| VENTANA ABIERTA - PUERTA ABIERTA |                                       |  |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|
| FECHA                            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 15/04/2019 13:59                 | 0.021                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 14:14                 | 0.030                                 | 0.010                                  |
| 15/04/2019 14:29                 | 0.023                                 | 0.007                                  |

|                  |                                       |  |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 15/04/2019 14:44 | 0.025                                 | 0.007                                  |
| CONTINUACIÓN ... | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 15/04/2019 14:59 | 0.021                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 15:14 | 0.029                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 15:29 | 0.029                                 | 0.008                                  |
| 15/04/2019 15:44 | 0.021                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 15:59 | 0.019                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 16:14 | 0.020                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 16:29 | 0.021                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 16:44 | 0.020                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 16:59 | 0.021                                 | 0.007                                  |
| 15/04/2019 17:14 | 0.023                                 | 0.008                                  |
| 15/04/2019 17:29 | 0.023                                 | 0.008                                  |
| 15/04/2019 17:44 | 0.030                                 | 0.009                                  |
| PROMEDIO         | 0.024                                 | 0.008                                  |

TABLE VIII  
RESULTADOS DE PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> CASO PUERTA ABIERTA -  
VENTANA CERRADA (MUESTRA 2).

| VENTANA CERRADA - PUERTA ABIERTA |                                       |  |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|
| FECHA                            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 12/04/2019 12:45                 | 0.024                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 13:00                 | 0.026                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 13:15                 | 0.015                                 | 0.005                                  |
| 12/04/2019 13:30                 | 0.020                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 13:45                 | 0.019                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 14:00                 | 0.023                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 14:15                 | 0.021                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 14:30                 | 0.021                                 | 0.007                                  |
| 12/04/2019 14:45                 | 0.017                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 15:00                 | 0.020                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 15:15                 | 0.019                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 15:30                 | 0.022                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 15:45                 | 0.023                                 | 0.007                                  |
| 12/04/2019 16:00                 | 0.019                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 16:15                 | 0.022                                 | 0.006                                  |
| 12/04/2019 16:30                 | 0.022                                 | 0.006                                  |
| PROMEDIO                         | 0.021                                 | 0.006                                  |

TABLE IX  
RESULTADOS DE PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> CASO PUERTA CERRADA -  
VENTANA ABIERTA (MUESTRA 2).

| VENTANA ABIERTA - PUERTA CERRADA |                                       |  |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|
| FECHA                            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 11/04/2019 08:49                 | 0.021                                 | 0.005                                  |
| 11/04/2019 09:04                 | 0.022                                 | 0.006                                  |
| 11/04/2019 09:19                 | 0.019                                 | 0.007                                  |
| 11/04/2019 09:34                 | 0.018                                 | 0.005                                  |
| 11/04/2019 09:49                 | 0.016                                 | 0.005                                  |
| 11/04/2019 10:04                 | 0.016                                 | 0.005                                  |
| 11/04/2019 10:19                 | 0.023                                 | 0.006                                  |
| 11/04/2019 10:34                 | 0.019                                 | 0.006                                  |
| 11/04/2019 10:49                 | 0.021                                 | 0.006                                  |
| 11/04/2019 11:04                 | 0.021                                 | 0.006                                  |

|                  |                                       |  |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 11/04/2019 11:19 | 0.020                                 | 0.006                                  |
| CONTINUACIÓN ... | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 11/04/2019 11:34 | 0.024                                 | 0.006                                  |
| 11/04/2019 11:49 | 0.017                                 | 0.006                                  |
| 11/04/2019 12:04 | 0.022                                 | 0.005                                  |
| 11/04/2019 12:19 | 0.013                                 | 0.004                                  |
| 11/04/2019 12:34 | 0.010                                 | 0.004                                  |
| PROMEDIO         | 0.019                                 | 0.006                                  |

TABLE X  
RESULTADOS DE PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> CASO PUERTA CERRADA -  
VENTANA CERRADA (MUESTRA 2).

| VENTANA CERRADA - PUERTA CERRADA |                                       |  |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|
| FECHA                            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
| 10/04/2019 10:35                 | 0.015                                 | 0.005                                  |
| 10/04/2019 10:50                 | 0.018                                 | 0.005                                  |
| 10/04/2019 11:05                 | 0.013                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 11:20                 | 0.013                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 11:35                 | 0.015                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 11:50                 | 0.009                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 12:05                 | 0.011                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 12:20                 | 0.010                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 12:35                 | 0.010                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 12:50                 | 0.009                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 13:05                 | 0.009                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 13:20                 | 0.013                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 13:35                 | 0.010                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 13:50                 | 0.012                                 | 0.004                                  |
| 10/04/2019 14:05                 | 0.013                                 | 0.005                                  |
| 10/04/2019 14:20                 | 0.013                                 | 0.005                                  |
| PROMEDIO                         | 0.012                                 | 0.004                                  |

#### B. Gases CO, CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa

Además del material particulado, se monitorearon dos de los gases más perjudiciales para la salud humana en concentraciones altas. El dióxido de carbono es un asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y que a elevadas concentraciones (>30 000 ppm) puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición. El monóxido de carbono altera la capacidad de la sangre de transportar oxígeno a los órganos del cuerpo, y puede producir la muerte aun en cantidades muy pequeñas. Como no tiene olor ni color, es imposible detectarlo sin instrumentos especiales [10]. El confort de un ambiente es importante y debe ser adecuado cuando en este mismo una persona o varias, permanecerán durante un largo periodo; es por ello que además de los agentes contaminantes se monitorearon los valores de temperatura y humedad relativa respectivamente. Los resultados de la toma de datos se pueden observar en las siguientes Tablas 11 al 18. Se consideraron igualmente 2 muestras (días diferentes) y la combinaciones antes mencionadas.

TABLE XI  
RESULTADOS DE LA PRIMERA SITUACIÓN PARA CO<sub>2</sub>, CO,  
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (MUESTRA 1).

| Fecha           | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|-----------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 1/04/2019 16:09 | 381                     | 0          | 66.7     | 24.8     |
| 1/04/2019 16:24 | 498                     | 0          | 65.9     | 25.6     |
| 1/04/2019 16:39 | 360                     | 0          | 68.0     | 24.8     |
| 1/04/2019 16:54 | 401                     | 0          | 65.6     | 25.4     |
| 1/04/2019 17:09 | 366                     | 0          | 68.2     | 24.8     |
| 1/04/2019 17:24 | 395                     | 0          | 67.3     | 25.1     |
| 1/04/2019 17:39 | 409                     | 0          | 66.3     | 25.6     |
| 1/04/2019 17:54 | 410                     | 0          | 66.4     | 25.6     |
| 1/04/2019 18:09 | 407                     | 0          | 65.9     | 25.8     |
| 1/04/2019 18:24 | 386                     | 0          | 67.8     | 25.4     |
| 1/04/2019 18:39 | 383                     | 0          | 70.1     | 24.8     |
| 1/04/2019 18:54 | 399                     | 0          | 67.2     | 25.4     |
| 1/04/2019 19:09 | 406                     | 0          | 66.7     | 25.8     |
| 1/04/2019 19:24 | 408                     | 0          | 65.7     | 26.1     |
| Promedio        | 401                     | 0          | 67.0     | 25.4     |

TABLE XII  
RESULTADOS DE LA SEGUNDA SITUACIÓN PARA CO<sub>2</sub>, CO,  
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (MUESTRA 1).

| FECHA           | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|-----------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 3/04/2019 10:07 | 381                     | 0          | 67.5     | 24.8     |
| 3/04/2019 10:22 | 407                     | 0          | 67.1     | 25.0     |
| 3/04/2019 10:37 | 427                     | 0          | 66.0     | 25.2     |
| 3/04/2019 10:52 | 427                     | 0          | 66.5     | 25.3     |
| 3/04/2019 11:07 | 428                     | 0          | 66.9     | 25.4     |
| 3/04/2019 11:22 | 418                     | 0          | 66.9     | 25.4     |
| 3/04/2019 11:37 | 415                     | 0          | 68.4     | 25.4     |
| 3/04/2019 11:52 | 404                     | 0          | 68.4     | 25.3     |
| 3/04/2019 12:07 | 399                     | 0          | 66.8     | 25.4     |
| 3/04/2019 12:22 | 411                     | 0          | 66.4     | 25.6     |
| 3/04/2019 12:37 | 392                     | 0          | 66.7     | 25.6     |
| 3/04/2019 12:52 | 392                     | 0          | 66.7     | 25.7     |
| 3/04/2019 14:40 | 393                     | 0          | 66.2     | 25.6     |
| 3/04/2019 14:55 | 394                     | 0          | 65.3     | 25.8     |
| 3/04/2019 15:10 | 404                     | 0          | 65.0     | 25.9     |
| 3/04/2019 15:25 | 355                     | 0          | 65.2     | 26.0     |
| 3/04/2019 15:40 | 381                     | 0          | 65.6     | 26.0     |
| 3/04/2019 15:55 | 387                     | 0          | 65.6     | 26.1     |
| 3/04/2019 16:10 | 401                     | 0          | 65.5     | 26.1     |
| 3/04/2019 16:25 | 401                     | 0          | 65.5     | 26.1     |
| PROMEDIO        | 401                     | 0          | 66.4     | 25.6     |

TABLE XIII  
RESULTADOS DE LA TERCERA SITUACIÓN PARA CO<sub>2</sub>, CO,  
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (MUESTRA 1).

| FECHA           | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|-----------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 4/04/2019 11:51 | 514                     | 0          | 67.8     | 25.8     |
| 4/04/2019 12:06 | 404                     | 0          | 67.4     | 25.9     |
| 4/04/2019 12:21 | 400                     | 0          | 67.0     | 26.0     |
| 4/04/2019 12:36 | 368                     | 0          | 66.6     | 26.2     |
| 4/04/2019 12:51 | 357                     | 0          | 66.4     | 26.3     |
| 4/04/2019 13:06 | 387                     | 0          | 66.4     | 26.3     |
| 4/04/2019 13:21 | 367                     | 0          | 66.1     | 26.4     |
| 4/04/2019 13:36 | 358                     | 0          | 65.8     | 26.4     |
| 4/04/2019 13:51 | 352                     | 0          | 65.7     | 26.5     |
| 4/04/2019 14:06 | 353                     | 0          | 65.4     | 26.6     |
| 4/04/2019 14:21 | 351                     | 0          | 65.3     | 26.6     |
| 4/04/2019 14:36 | 372                     | 0          | 65.5     | 26.7     |
| 4/04/2019 14:51 | 454                     | 0          | 65.8     | 26.8     |
| 4/04/2019 15:06 | 491                     | 0          | 66.0     | 26.9     |
| 4/04/2019 15:21 | 550                     | 0          | 65.8     | 27.1     |
| 4/04/2019 15:36 | 524                     | 0          | 65.9     | 27.1     |
| 4/04/2019 15:51 | 547                     | 0          | 65.6     | 27.2     |
| PROMEDIO        | 421                     | 0          | 66.1     | 26.5     |

TABLE XIV  
RESULTADOS DE LA CUARTA SITUACIÓN PARA CO<sub>2</sub>, CO,  
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (MUESTRA 1).

| FECHA           | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|-----------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 5/04/2019 13:19 | 408                     | 0          | 71.4     | 25.2     |
| 5/04/2019 13:34 | 407                     | 0          | 69.9     | 25.7     |
| 5/04/2019 13:49 | 392                     | 0          | 69.5     | 26.0     |
| 5/04/2019 14:04 | 394                     | 0          | 69.1     | 26.1     |
| 5/04/2019 14:19 | 377                     | 0          | 68.7     | 26.1     |
| 5/04/2019 14:34 | 409                     | 0          | 67.9     | 26.1     |
| 5/04/2019 14:49 | 405                     | 0          | 68.3     | 26.2     |
| 5/04/2019 15:04 | 482                     | 0          | 68.3     | 26.3     |
| 5/04/2019 15:19 | 518                     | 0          | 69.0     | 26.4     |
| 5/04/2019 15:34 | 515                     | 0          | 68.8     | 26.4     |
| 5/04/2019 15:49 | 511                     | 0          | 68.9     | 26.5     |
| 5/04/2019 16:04 | 500                     | 0          | 68.7     | 26.6     |
| 5/04/2019 16:19 | 542                     | 0          | 68.9     | 26.7     |
| 5/04/2019 16:34 | 556                     | 0          | 68.4     | 26.7     |
| 5/04/2019 16:49 | 539                     | 0          | 68.5     | 26.7     |
| 5/04/2019 17:04 | 553                     | 0          | 68.2     | 26.8     |
| 5/04/2019 17:19 | 526                     | 0          | 68.1     | 26.8     |
| 5/04/2019 17:34 | 595                     | 0          | 69.5     | 26.8     |
| 5/04/2019 17:49 | 1000                    | 0          | 75.6     | 27.2     |
| PROMEDIO        | 507                     | 0          | 69.2     | 26.4     |

TABLE XV  
RESULTADOS DE LA PRIMERA SITUACIÓN PARA CO<sub>2</sub>, CO,  
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (MUESTRA 2).

| FECHA            | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 15/04/2019 13:41 | 453                     | 0          | 68.6     | 24.9     |
| 15/04/2019 13:56 | 354                     | 0          | 63.9     | 25.2     |
| 15/04/2019 14:11 | 384                     | 0          | 63.5     | 25.3     |
| 15/04/2019 14:26 | 391                     | 0          | 62.4     | 25.5     |
| 15/04/2019 14:41 | 407                     | 0          | 62.4     | 25.5     |
| 15/04/2019 14:56 | 436                     | 0          | 64.1     | 25.2     |
| 15/04/2019 15:11 | 378                     | 0          | 64.4     | 25.2     |
| 15/04/2019 15:26 | 429                     | 0          | 63.8     | 25.4     |
| 15/04/2019 15:41 | 445                     | 0          | 64.7     | 25.2     |
| 15/04/2019 15:56 | 367                     | 0          | 64.8     | 25.3     |
| 15/04/2019 16:11 | 441                     | 0          | 63.5     | 25.4     |
| 15/04/2019 16:26 | 362                     | 0          | 65.5     | 25.1     |
| 15/04/2019 16:41 | 376                     | 0          | 65.0     | 25.1     |
| 15/04/2019 16:56 | 371                     | 0          | 63.2     | 25.2     |
| 15/04/2019 17:11 | 383                     | 0          | 64.0     | 25.1     |
| 15/04/2019 17:26 | 407                     | 0          | 64.2     | 25.1     |
| 15/04/2019 17:41 | 398                     | 0          | 64.7     | 25.2     |
| PROMEDIO         | 399                     | 0          | 64.3     | 25.2     |

TABLE XVI  
RESULTADOS DE LA SEGUNDA SITUACIÓN PARA CO<sub>2</sub>, CO,  
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (MUESTRA 2).

| FECHA            | CO <sub>2</sub> ( PPM ) | CO ( PPM ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 12/04/2019 12:28 | 394                     | 0          | 64.1     | 24.8     |
| 12/04/2019 12:43 | 383                     | 0          | 63.0     | 25.4     |
| 12/04/2019 12:58 | 402                     | 0          | 62.7     | 25.8     |
| 12/04/2019 13:13 | 408                     | 0          | 60.9     | 26.0     |
| 12/04/2019 13:28 | 398                     | 0          | 60.0     | 26.1     |
| 12/04/2019 13:43 | 396                     | 0          | 59.0     | 26.3     |
| 12/04/2019 13:58 | 391                     | 0          | 60.8     | 26.2     |
| 12/04/2019 14:13 | 390                     | 0          | 60.7     | 26.2     |
| 12/04/2019 14:28 | 377                     | 0          | 61.1     | 26.3     |
| 12/04/2019 14:43 | 385                     | 0          | 60.6     | 26.4     |
| 12/04/2019 14:58 | 377                     | 0          | 60.1     | 26.3     |
| 12/04/2019 15:13 | 376                     | 0          | 61.0     | 26.3     |
| 12/04/2019 15:28 | 372                     | 0          | 61.5     | 26.2     |
| 12/04/2019 15:43 | 367                     | 0          | 61.1     | 26.3     |
| 12/04/2019 15:58 | 372                     | 0          | 59.3     | 26.4     |
| 12/04/2019 16:13 | 382                     | 0          | 59.4     | 26.5     |
| 12/04/2019 16:28 | 391                     | 0          | 60.1     | 26.4     |
| PROMEDIO         | 386                     | 0          | 60.9     | 26.1     |

TABLE XVII  
RESULTADOS DE LA TERCERA SITUACIÓN PARA CO<sub>2</sub>, CO,  
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (MUESTRA 2).

| FECHA            | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 11/04/2019 08:31 | 456                     | 0          | 64.1     | 24.7     |
| 11/04/2019 08:46 | 435                     | 0          | 63.7     | 24.7     |
| 11/04/2019 09:01 | 432                     | 0          | 63.6     | 24.8     |
| 11/04/2019 09:16 | 430                     | 0          | 63.8     | 24.9     |

| CONTINUACIÓN ... | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 11/04/2019 09:31 | 416                     | 0          | 63.5     | 25.0     |
| 11/04/2019 09:46 | 425                     | 0          | 63.2     | 25.0     |
| 11/04/2019 10:01 | 410                     | 0          | 63.2     | 25.0     |
| 11/04/2019 10:16 | 399                     | 0          | 63.4     | 25.1     |
| 11/04/2019 10:31 | 418                     | 0          | 63.4     | 25.2     |
| 11/04/2019 10:46 | 424                     | 0          | 63.1     | 25.3     |
| 11/04/2019 11:01 | 414                     | 0          | 63.0     | 25.3     |
| 11/04/2019 11:16 | 400                     | 0          | 63.4     | 25.3     |
| 11/04/2019 11:31 | 410                     | 0          | 63.2     | 25.4     |
| 11/04/2019 11:46 | 391                     | 0          | 62.6     | 25.4     |
| 11/04/2019 12:01 | 362                     | 0          | 62.0     | 25.3     |
| 11/04/2019 12:16 | 354                     | 0          | 62.0     | 25.1     |
| 11/04/2019 12:31 | 353                     | 0          | 62.1     | 25.2     |
| PROMEDIO         | 408                     | 0          | 63.1     | 25.1     |

TABLE XVIII  
RESULTADOS DE LA CUARTA SITUACIÓN PARA CO<sub>2</sub>, CO,  
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (MUESTRA 2).

| FECHA            | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 10/04/2019 10:17 | 449                     | 0          | 66.0     | 24.5     |
| 10/04/2019 10:32 | 530                     | 0          | 65.1     | 24.9     |
| 10/04/2019 10:47 | 655                     | 0          | 65.5     | 25.1     |
| 10/04/2019 11:02 | 699                     | 0          | 65.3     | 25.3     |
| 10/04/2019 11:17 | 712                     | 0          | 65.0     | 25.5     |
| 10/04/2019 11:32 | 745                     | 0          | 64.9     | 25.6     |
| 10/04/2019 11:47 | 744                     | 0          | 64.3     | 25.8     |
| 10/04/2019 12:02 | 792                     | 0          | 65.2     | 25.9     |
| 10/04/2019 12:17 | 737                     | 0          | 64.3     | 26.0     |
| 10/04/2019 12:32 | 618                     | 0          | 63.4     | 25.9     |
| 10/04/2019 12:47 | 576                     | 0          | 62.7     | 25.9     |
| 10/04/2019 13:02 | 524                     | 0          | 62.0     | 26.0     |
| 10/04/2019 13:17 | 491                     | 0          | 62.1     | 26.0     |
| 10/04/2019 13:32 | 566                     | 0          | 63.3     | 26.2     |
| 10/04/2019 13:47 | 642                     | 0          | 63.3     | 26.4     |
| 10/04/2019 14:02 | 642                     | 0          | 63.1     | 26.5     |
| 10/04/2019 14:17 | 545                     | 0          | 62.0     | 26.4     |
| 10/04/2019 14:32 | 598                     | 0          | 62.6     | 26.5     |
| 10/04/2019 14:47 | 648                     | 0          | 62.5     | 26.6     |
| PROMEDIO         | 627                     | 0          | 63.8     | 25.8     |

Además de las tomas mencionadas en el laboratorio se consideraron dos casos en especial y de importancia para definir cambios en la calidad del aire en el interior producto de la combustion en cocinas domésticas e industriales. En el laboratorio se prendió una cocina, la cual usó dos combustibles en específico: gas natural seco (GN) y gas licuado de petróleo (GLP). Se tomaron 5 condiciones de muestreo en cada uno de los casos. Las condiciones en la que se realizó los ensayos se pueden observar con detalle en la Tabla 19. Estos cinco ensayos se repitieron para cada uno de los combustibles. El área de la puerta es de 1,8 m<sup>2</sup> y el área de la ventana es de 0,6 m<sup>2</sup>.

TABLE XIX  
TABLA DE CONDICIONES PARA LOS ENSAYOS EN LOS QUE USÓ GAS NATURAL Y GLP.

| ENSAYO | CONDICIONES  |
|--------|--|
| 1      | 1 hornilla prendida (Puerta abierta - Ventana cerrada)   |
| 2      | 2 hornillas prendidas (Puerta abierta - Ventana cerrada) |
| 3      | 1 hornilla prendida (Puerta cerrada - Ventana abierta)   |
| 4      | 2 hornillas prendidas (Puerta cerrada - Ventana abierta) |
| 5      | 1 hornilla (todo cerrado)                                |

### C. Gas natural como combustible

A continuación se presentan las Tablas 20 al 24 que se refieren a las mediciones de las concentraciones de material particulado al estar funcionando la cocina usando gas natural. Las Tablas de 25al 29 presentan los resultados de las cocnentraciones de los gases CO<sub>2</sub>, CO y variables atmosféricas del aire interior.

TABLE XX  
RESULTADOS DEL PRIMER ENSAYO PARA MATERIAL PARTICULADO USANDO GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

| FECHA            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 30/04/2019 17:26 | 0.037                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 17:28 | 0.028                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 17:30 | 0.029                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 17:32 | 0.032                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 17:34 | 0.039                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 17:36 | 0.035                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 17:38 | 0.030                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 17:40 | 0.033                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 17:42 | 0.026                                 | 0.011                                  |
| PROMEDIO         | 0.032                                 | 0.011                                  |

TABLE XXI  
RESULTADOS DEL SEGUNDO ENSAYO PARA MATERIAL PARTICULADO USANDO GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

| FECHA            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 30/04/2019 17:44 | 0.043                                 | 0.016                                  |
| 30/04/2019 17:46 | 0.03                                  | 0.012                                  |
| 30/04/2019 17:48 | 0.034                                 | 0.012                                  |
| 30/04/2019 17:50 | 0.033                                 | 0.012                                  |
| 30/04/2019 17:52 | 0.034                                 | 0.013                                  |
| 30/04/2019 17:54 | 0.035                                 | 0.013                                  |
| 30/04/2019 17:56 | 0.032                                 | 0.012                                  |
| 30/04/2019 17:58 | 0.036                                 | 0.013                                  |
| 30/04/2019 18:00 | 0.037                                 | 0.014                                  |
| PROMEDIO         | 0.035                                 | 0.013                                  |

TABLE XXII  
RESULTADOS DEL TERCER ENSAYO PARA MATERIAL PARTICULADO USANDO GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

| FECHA            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 30/04/2019 18:02 | 0.036                                 | 0.014                                  |
| 30/04/2019 18:04 | 0.042                                 | 0.013                                  |
| 30/04/2019 18:06 | 0.041                                 | 0.014                                  |
| 30/04/2019 18:08 | 0.034                                 | 0.013                                  |
| 30/04/2019 18:10 | 0.035                                 | 0.014                                  |
| 30/04/2019 18:12 | 0.038                                 | 0.015                                  |
| 30/04/2019 18:14 | 0.044                                 | 0.015                                  |
| 30/04/2019 18:16 | 0.035                                 | 0.014                                  |
| 30/04/2019 18:18 | 0.039                                 | 0.015                                  |
| PROMEDIO         | 0.038                                 | 0.014                                  |

TABLE XXIII  
RESULTADOS DEL CUARTO ENSAYO PARA MATERIAL PARTICULADO USANDO GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

| FECHA            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 30/04/2019 18:20 | 0.040                                 | 0.015                                  |
| 30/04/2019 18:22 | 0.035                                 | 0.014                                  |
| 30/04/2019 18:24 | 0.039                                 | 0.013                                  |
| 30/04/2019 18:26 | 0.034                                 | 0.012                                  |
| 30/04/2019 18:28 | 0.032                                 | 0.012                                  |
| 30/04/2019 18:30 | 0.027                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 18:32 | 0.031                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 18:34 | 0.030                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 18:36 | 0.033                                 | 0.012                                  |
| PROMEDIO         | 0.033                                 | 0.012                                  |

TABLE XXIV  
RESULTADOS DEL QUINTO ENSAYO PARA MATERIAL PARTICULADO USANDO GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

| FECHA            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 30/04/2019 18:38 | 0.033                                 | 0.012                                  |
| 30/04/2019 18:40 | 0.036                                 | 0.012                                  |
| 30/04/2019 18:42 | 0.034                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 18:44 | 0.030                                 | 0.011                                  |
| 30/04/2019 18:46 | 0.030                                 | 0.010                                  |
| 30/04/2019 18:48 | 0.032                                 | 0.010                                  |
| 30/04/2019 18:50 | 0.034                                 | 0.010                                  |
| 30/04/2019 18:52 | 0.032                                 | 0.010                                  |
| 30/04/2019 18:54 | 0.024                                 | 0.009                                  |
| PROMEDIO         | 0.032                                 | 0.011                                  |

TABLE XXV  
CO, CO<sub>2</sub>, T Y HUMEDAD RELATIVA USANDO GAS NATURAL

| FECHA            | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 30/04/2019 17:20 | 412                     | 0          | 65.5     | 24.6     |
| 30/04/2019 17:22 | 405                     | 0          | 64.4     | 24.7     |
| 30/04/2019 17:24 | 394                     | 0          | 64.6     | 24.7     |
| 30/04/2019 17:26 | 400                     | 0          | 64.1     | 24.7     |
| 30/04/2019 17:28 | 395                     | 0          | 64.9     | 24.7     |
| CONTINUACIÓN ... | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |



|                  |     |   |      |      |
|------------------|-----|---|------|------|
| 30/04/2019 17:30 | 400 | 0 | 66.0 | 24.8 |
| 30/04/2019 17:32 | 398 | 0 | 64.9 | 24.8 |
| 30/04/2019 17:34 | 404 | 0 | 65.0 | 24.8 |
| 30/04/2019 17:36 | 411 | 0 | 65.0 | 24.8 |
| 30/04/2019 17:38 | 386 | 0 | 65.6 | 24.8 |
| 30/04/2019 17:40 | 391 | 0 | 64.7 | 24.8 |
| PROMEDIO         | 400 | 0 | 65.0 | 24.7 |

TABLE XXVI  
CO, CO<sub>2</sub>, T Y HUMEDAD RELATIVA USANDO GAS NATURAL

| FECHA            | CO <sub>2</sub> (ppm) | CO (ppm) | RH (%) | T (°C) |
|------------------|-----------------------|----------|--------|--------|
| 30/04/2019 17:40 | 391                   | 0        | 64.6   | 24.9   |
| 30/04/2019 17:42 | 399                   | 0        | 65.0   | 24.9   |
| 30/04/2019 17:44 | 408                   | 0        | 65.8   | 24.8   |
| 30/04/2019 17:46 | 403                   | 0        | 65.6   | 24.8   |
| 30/04/2019 17:48 | 403                   | 0        | 65.1   | 24.9   |
| 30/04/2019 17:50 | 401                   | 0        | 64.5   | 25.0   |
| 30/04/2019 17:52 | 406                   | 0        | 65.1   | 24.9   |
| 30/04/2019 17:54 | 413                   | 0        | 64.5   | 25.0   |
| 30/04/2019 17:56 | 404                   | 0        | 64.6   | 25.0   |
| PROMEDIO         | 403                   | 0        | 65.0   | 24.9   |

TABLE XXVII  
CO, CO<sub>2</sub>, T Y HUMEDAD RELATIVA USANDO GAS NATURAL

| FECHA            | CO <sub>2</sub> (ppm) | CO (ppm) | RH (%) | T (°C) |
|------------------|-----------------------|----------|--------|--------|
| 30/04/2019 17:58 | 464                   | 0        | 66.1   | 24.9   |
| 30/04/2019 18:00 | 475                   | 0        | 64.2   | 25.1   |
| 30/04/2019 18:02 | 476                   | 0        | 63.7   | 25.3   |
| 30/04/2019 18:04 | 515                   | 0        | 64.0   | 25.4   |
| 30/04/2019 18:06 | 535                   | 0        | 63.0   | 25.5   |
| 30/04/2019 18:08 | 533                   | 0        | 63.2   | 25.6   |
| 30/04/2019 18:10 | 559                   | 0        | 63.1   | 25.7   |
| 30/04/2019 18:12 | 587                   | 0        | 63.3   | 25.8   |
| 30/04/2019 18:14 | 599                   | 0        | 63.5   | 25.8   |
| 30/04/2019 18:16 | 602                   | 0        | 62.7   | 25.9   |
| PROMEDIO         | 535                   | 0        | 63.7   | 25.5   |

TABLE XXVIII  
CO, CO<sub>2</sub>, T Y HUMEDAD RELATIVA CON GAS NATURAL

| FECHA            | CO <sub>2</sub> (ppm) | CO (ppm) | RH (%) | T (°C) |
|------------------|-----------------------|----------|--------|--------|
| 30/04/2019 18:17 | 596                   | 0        | 63.4   | 25.9   |
| 30/04/2019 18:19 | 646                   | 0        | 62.5   | 26.0   |
| 30/04/2019 18:21 | 627                   | 0        | 61.8   | 26.0   |
| 30/04/2019 18:23 | 615                   | 0        | 61.6   | 26.1   |
| 30/04/2019 18:25 | 625                   | 0        | 61.0   | 26.1   |
| 30/04/2019 18:27 | 622                   | 0        | 61.8   | 26.2   |
| 30/04/2019 18:29 | 646                   | 0        | 61.0   | 26.2   |
| 30/04/2019 18:31 | 651                   | 0        | 60.7   | 26.3   |
| 30/04/2019 18:33 | 643                   | 0        | 60.8   | 26.3   |
| 30/04/2019 18:35 | 648                   | 0        | 60.6   | 26.3   |
| PROMEDIO         | 632                   | 0        | 61.5   | 26.1   |

TABLE XXIX  
CO, CO<sub>2</sub>, T Y HUMEDAD RELATIVA USANDO GAS NATURAL

| FECHA            | CO <sub>2</sub> (ppm) | CO (ppm) | RH (%) | T (°C) |
|------------------|-----------------------|----------|--------|--------|
| 30/04/2019 18:36 | 662                   | 0        | 61.0   | 26.4   |
| 30/04/2019 18:38 | 712                   | 0        | 61.6   | 26.5   |
| 30/04/2019 18:40 | 806                   | 0        | 61.5   | 26.6   |
| 30/04/2019 18:42 | 982                   | 0        | 62.2   | 26.7   |
| 30/04/2019 18:44 | 1116                  | 0        | 62.4   | 26.9   |
| 30/04/2019 18:46 | 1352                  | 0        | 62.4   | 27.0   |
| 30/04/2019 18:48 | 1419                  | 0        | 62.3   | 27.0   |
| 30/04/2019 18:50 | 1504                  | 0        | 63.3   | 27.1   |
| 30/04/2019 18:52 | 1697                  | 0        | 62.8   | 27.2   |
| PROMEDIO         | 1139                  | 0        | 62.2   | 26.8   |

### C. GLP como combustible

A continuación se presentan las Tablas 30 al 34 que se refieren a las mediciones de las concentraciones de material particulado al estar funcionando la cocina usando gas licuado de petróleo. Las Tablas de 25al 39 presentan los resultados de las concentraciones de los gases CO<sub>2</sub>, CO y variables atmosféricas del aire interior.

TABLE XXX  
MATERIAL PARTICULADO USANDO GLP

| Fecha            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 24/04/2019 11:15 | 0.021                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:17 | 0.023                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:19 | 0.028                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:21 | 0.019                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:23 | 0.024                                 | 0.011                                  |
| 24/04/2019 11:25 | 0.019                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:27 | 0.024                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:29 | 0.024                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:31 | 0.022                                 | 0.0090                                 |
| Promedio         | 0.023                                 | 0.010                                  |

TABLE XXXI  
MATERIAL PARTICULADO USANDO GLP

| Fecha            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 24/04/2019 11:33 | 0.020                                 | 0.009                                  |
| 24/04/2019 11:35 | 0.026                                 | 0.011                                  |
| 24/04/2019 11:37 | 0.019                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:39 | 0.017                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:41 | 0.023                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:43 | 0.023                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 11:45 | 0.037                                 | 0.012                                  |
| 24/04/2019 11:47 | 0.025                                 | 0.011                                  |
| 24/04/2019 11:49 | 0.022                                 | 0.010                                  |
| Promedio         | 0.024                                 | 0.010                                  |

TABLE XXXII  
MATERIAL PARTICULADO USANDO GLP

| Fecha            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 24/04/2019 11:51 | 0.028                                 | 0.011                                  |
| 24/04/2019 11:53 | 0.024                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 12:06 | 0.034                                 | 0.012                                  |
| 24/04/2019 12:08 | 0.035                                 | 0.012                                  |
| 24/04/2019 12:10 | 0.035                                 | 0.012                                  |
| 24/04/2019 12:12 | 0.032                                 | 0.012                                  |
| 24/04/2019 12:14 | 0.035                                 | 0.012                                  |
| 24/04/2019 12:16 | 0.029                                 | 0.012                                  |
| 24/04/2019 12:18 | 0.023                                 | 0.011                                  |
| Promedio         | 0.031                                 | 0.012                                  |

TABLE XXXIII  
MATERIAL PARTICULADO USANDO GLP

| Fecha            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 24/04/2019 12:20 | 0.026                                 | 0.011                                  |
| 24/04/2019 12:22 | 0.023                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 12:24 | 0.020                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 12:26 | 0.027                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 12:28 | 0.021                                 | 0.011                                  |
| 24/04/2019 12:30 | 0.020                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 12:32 | 0.025                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 12:34 | 0.021                                 | 0.011                                  |
| 24/04/2019 12:36 | 0.027                                 | 0.010                                  |
| Promedio         | 0.023                                 | 0.010                                  |

TABLE XXXIV  
MATERIAL PARTICULADO USANDO GLP

| Fecha            | PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) | PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| 24/04/2019 12:38 | 0.023                                 | 0.010                                  |
| 24/04/2019 12:40 | 0.022                                 | 0.009                                  |
| 24/04/2019 12:42 | 0.023                                 | 0.009                                  |
| 24/04/2019 12:44 | 0.019                                 | 0.008                                  |
| 24/04/2019 12:46 | 0.016                                 | 0.007                                  |
| 24/04/2019 12:48 | 0.017                                 | 0.007                                  |
| 24/04/2019 12:50 | 0.017                                 | 0.007                                  |
| 24/04/2019 12:52 | 0.014                                 | 0.007                                  |
| 24/04/2019 12:54 | 0.013                                 | 0.007                                  |
| Promedio         | 0.018                                 | 0.008                                  |

TABLE XXXV  
CO<sub>2</sub>, CO, T Y HUMEDAD RELATIVA USANDO GLP

| Fecha            | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 24/04/2019 11:11 | 435                     | 0          | 68.0     | 25.9     |
| 24/04/2019 11:13 | 432                     | 0          | 67.8     | 25.9     |
| 24/04/2019 11:15 | 420                     | 0          | 68.9     | 26       |
| 24/04/2019 11:17 | 430                     | 0          | 67.9     | 26.1     |

| Continuación ... | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 24/04/2019 11:19 | 452                     | 0          | 68.1     | 26.2     |
| 24/04/2019 11:21 | 441                     | 0          | 66.9     | 26.2     |
| 24/04/2019 11:23 | 437                     | 0          | 67.1     | 26.3     |
| 24/04/2019 11:25 | 430                     | 0          | 67.2     | 26.3     |
| 24/04/2019 11:27 | 423                     | 0          | 67.4     | 26.3     |
| Promedio         | 433                     | 0          | 67.7     | 26.1     |

TABLE XXXVI  
CO<sub>2</sub>, CO, T Y HUMEDAD RELATIVA USANDO GLP

| Fecha            | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 24/04/2019 11:29 | 428                     | 0          | 66.6     | 26.4     |
| 24/04/2019 11:31 | 441                     | 0          | 67.8     | 26.4     |
| 24/04/2019 11:33 | 438                     | 0          | 66.5     | 26.4     |
| 24/04/2019 11:35 | 434                     | 0          | 66.8     | 26.4     |
| 24/04/2019 11:37 | 422                     | 0          | 66.3     | 26.5     |
| 24/04/2019 11:39 | 435                     | 0          | 66.1     | 26.5     |
| 24/04/2019 11:41 | 434                     | 0          | 66.0     | 26.5     |
| 24/04/2019 11:43 | 436                     | 0          | 65.8     | 26.6     |
| 24/04/2019 11:45 | 420                     | 0          | 65.6     | 26.6     |
| 24/04/2019 11:47 | 415                     | 0          | 65.4     | 26.7     |
| 24/04/2019 11:49 | 433                     | 0          | 64.9     | 26.8     |
| Promedio         | 431                     | 0          | 66.2     | 26.5     |

TABLE XXXVII  
CO<sub>2</sub>, CO, T Y HUMEDAD REALTIVA USANDO GLP

| Fecha            | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 24/04/2019 12:03 | 458                     | 1.00       | 66.6     | 26.7     |
| 24/04/2019 12:05 | 488                     | 0.00       | 66.5     | 26.8     |
| 24/04/2019 12:07 | 534                     | 1.00       | 65.9     | 27.1     |
| 24/04/2019 12:09 | 616                     | 1.00       | 65.8     | 27.2     |
| 24/04/2019 12:11 | 658                     | 0.00       | 65.6     | 27.2     |
| 24/04/2019 12:13 | 708                     | 0.00       | 66.0     | 27.3     |
| 24/04/2019 12:15 | 723                     | 0.00       | 65.2     | 27.4     |
| 24/04/2019 12:17 | 713                     | 0.00       | 65.1     | 27.4     |
| 24/04/2019 12:19 | 761                     | 0.00       | 65.5     | 27.5     |
| Promedio         | 629                     | 0.33       | 65.8     | 27.2     |

TABLE XXXVIII  
CO<sub>2</sub>, CO, T Y HUMEDAD RELATIVA UANDO GLP

| Fecha            | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 24/04/2019 12:21 | 782                     | 0          | 65.1     | 27.6     |
| 24/04/2019 12:23 | 837                     | 0          | 64.8     | 27.6     |
| 24/04/2019 12:25 | 861                     | 0          | 64.3     | 27.7     |
| 24/04/2019 12:27 | 952                     | 0          | 63.7     | 27.8     |
| 24/04/2019 12:29 | 871                     | 0          | 64.1     | 27.9     |
| 24/04/2019 12:31 | 849                     | 0          | 63.3     | 28.0     |
| 24/04/2019 12:33 | 836                     | 0          | 63.7     | 28.1     |
| 24/04/2019 12:35 | 870                     | 0          | 62.5     | 28.2     |
| 24/04/2019 12:37 | 831                     | 0          | 62.2     | 28.3     |
| 24/04/2019 12:39 | 850                     | 0          | 62.6     | 28.3     |
| Promedio         | 854                     | 0          | 63.6     | 28.0     |

TABLE XXXIX  
CO<sub>2</sub>, CO, T Y HUMEDAD RELATIVA UANDO GLP

| Date Time        | CO <sub>2</sub> ( ppm ) | CO ( ppm ) | RH ( % ) | T ( °C ) |
|------------------|-------------------------|------------|----------|----------|
| 24/04/2019 12:40 | 863                     | 0.0        | 62.5     | 28.4     |
| 24/04/2019 12:42 | 1131                    | 0.0        | 63.6     | 28.5     |
| 24/04/2019 12:44 | 1449                    | 1.0        | 64.6     | 28.7     |
| 24/04/2019 12:46 | 1896                    | 0.0        | 65.1     | 28.8     |
| 24/04/2019 12:48 | 2232                    | 1.0        | 66.4     | 28.9     |
| 24/04/2019 12:50 | 2674                    | 1.0        | 67.2     | 29.0     |
| Promedio         | 1708                    | 0.5        | 64.9     | 28.7     |

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar si los datos obtenidos en los ensayos realizados para cada caso están dentro de lo normal, se comparó con los límites permisibles de cada uno. En cada caso el más crítico sería en la cual la ventana y la puerta se encontraban cerradas, ya que para las demás combinaciones la concentración de agentes contaminantes sería menor debido a la ventilación que había al abrir la puerta o la ventana. Se puede observar además que inclusive en el caso más crítico con las hornillas prendidas y el ambiente cerrado, no se sobre pasan lo límites durante un corto periodo, pero la concentración tiende a crecer cuando más se prolonga el tiempo de emisión de estos contaminantes.

#### A. Todo cerrado sin ninguna quema de combustible

Se tomaron datos de los agentes contaminantes en un ambiente cerrado sin ninguna quema de combustibles para ver como se comporta la calidad del ambiente sin ningún tipo de emisión.

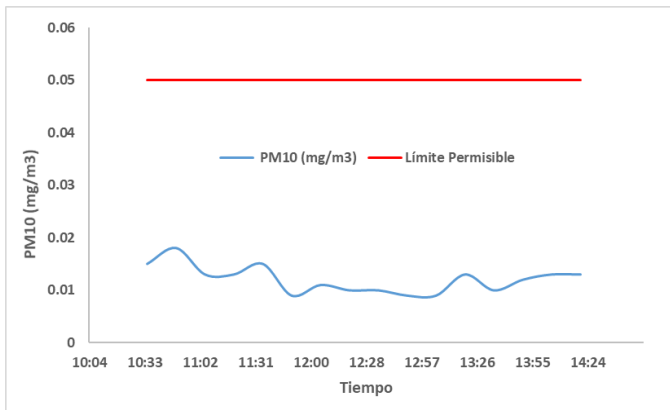


Fig. 2 Datos del PM<sub>10</sub> comparados con su límite permisible respectivo sin ninguna quema de gas.

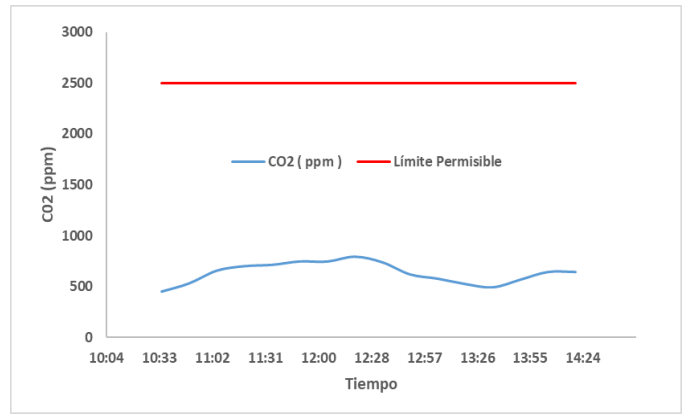


Fig. 3 Datos del CO<sub>2</sub> comparados con su límite permisible respectivo sin ninguna quema de gas.

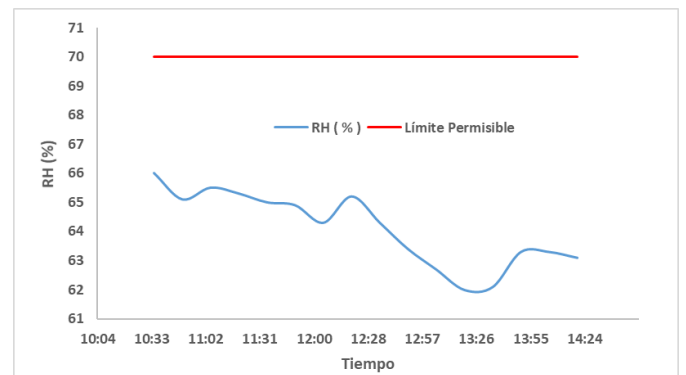


Fig. 4 Datos de la humedad relativa comparados con su límite permisible sin ninguna quema de gas.

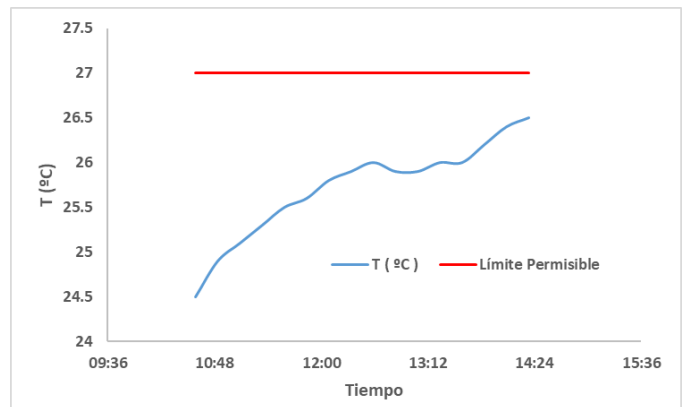


Fig. 5 Datos de la temperatura comparados con su límite permisible respectivo sin ninguna quema de gas.

En el caso de los ensayos en las cual se hizo la quema de gas natural y GLP, el caso crítico sería en donde se prendió una hornilla y se mantuvo cerradas la puerta y la ventana. Si este caso se encuentra dentro del rango permisible, entonces los demás casos también cumplirán.

**B. Todo cerrado con GLP como combustible**

Se tomaron datos de los agentes contaminantes en un ambiente cerrado quemando GLP como combustibles para ver como se comporta la calidad del ambiente en esta situación y luego se cambiará de combustible para ver su variación.

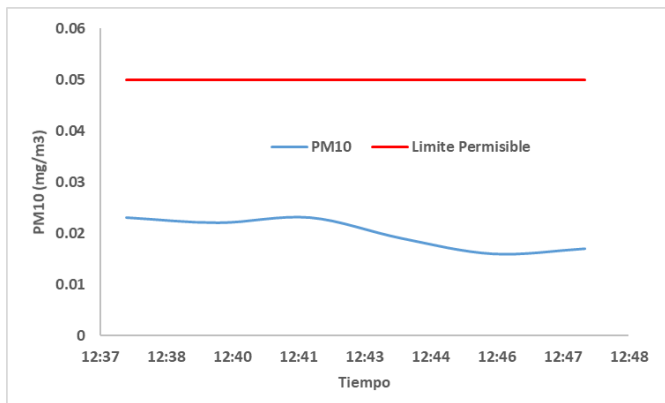


Fig. 6 Datos del PM<sub>10</sub> comparados con su límite permisible respectivo con GLP

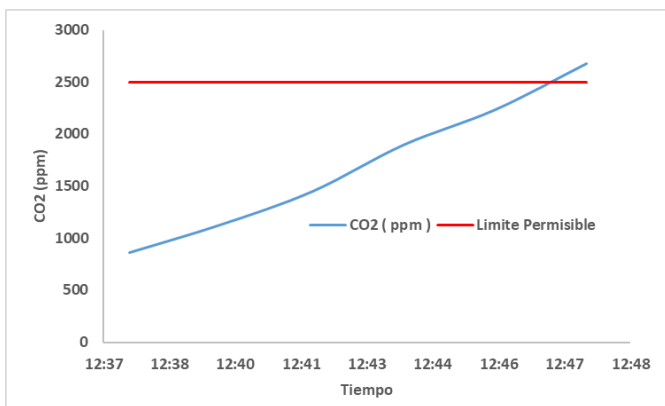


Fig. 7 Datos del CO<sub>2</sub> comparados con su límite permisible respectivo con GLP como combustible.

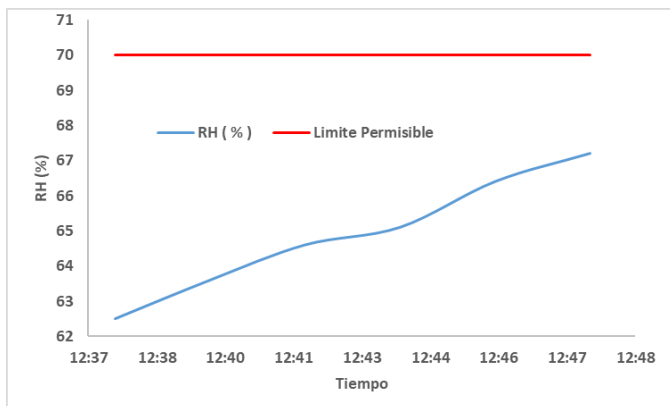


Fig. 8 Datos de la humedad relativa comparados con su límite permisible respectivo con GLP como combustible.

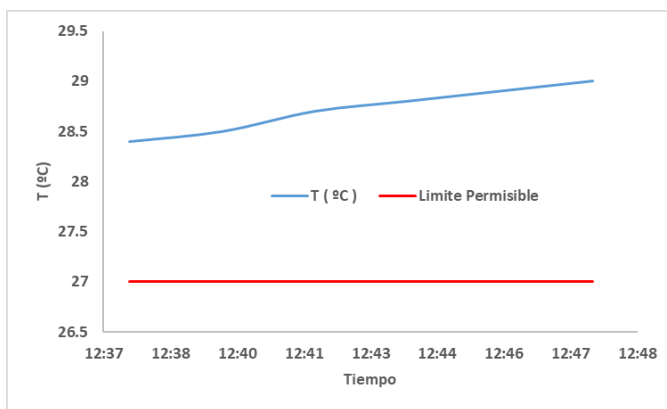


Fig. 9 Datos de la temperatura comparados con su límite permisible respectivo con GLP

**C. Todo cerrado con gas natural como combustible**

Se tomaron datos de los agentes contaminantes en un ambiente cerrado quemando GLP como combustibles para ver como se comporta la calidad del ambiente en esta situación y luego se cambiará de combustible para ver su variación.

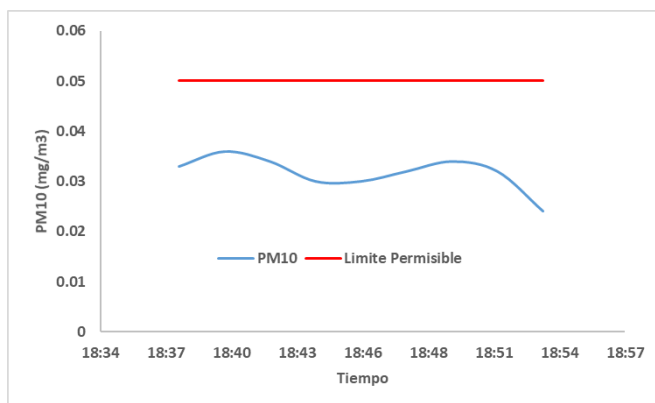


Fig. 10 Datos del PM<sub>10</sub> comparados con su límite permisible respectivo con gas natural

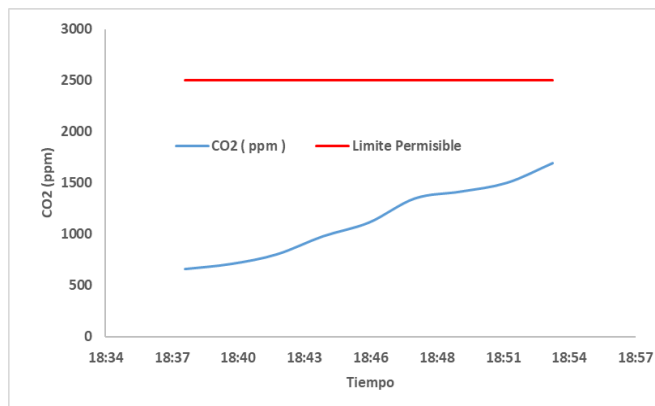


Fig. 11 Datos del CO<sub>2</sub> comparados con su límite permisible respectivo con gas natural

## REFERENCES

- [1] Instituto Nacional de Salud e Higiene, "Calidad del aire interior," *Encicl. salud y Segur. en el Trab.*, pp. 44.1-44.33, 1998.
- [2] R. Bustios, Carlos; Martina, Martha; Arroyo, "Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Peru actual," vol. 17, pp. 1-9, 2013.
- [3] Ministerio del Ambiente, "Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM," *Normas Leg. El Peru.*, pp. 6-9, 2017.
- [4] MINAM, "Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales," p. 117, 2010.
- [5] X. G. Solá, "Calidad de aire de interiores: contaminantes y sus efectos en la salud humana," *Rev. Panam. Salud Pública*, vol. 4, no. 6, 1998.
- [6] J. G. Farrás and a Hernández, "Control ambiental en interiores," *Encicl. la salud y Segur. en el Trab.*, pp. 1-24, 1999.
- [7] C. Nacional and D. E. C. D. E. Trabajo, "NTP 549 : El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior," 2000.
- [8] M. O. G., "Contaminación aérea y sus efectos en la salud \*," pp. 16-25, 2010.
- [9] P. Pastor, R. E. Z. D. E. Ambisalud, and I. Tecnico, "Calidad ambiental en interiores en hospitales."
- [10] E. Davis, "El monóxido de carbono," no. 530. Department of Biological and Agricultural Engineering, California, p. 4, 1998.

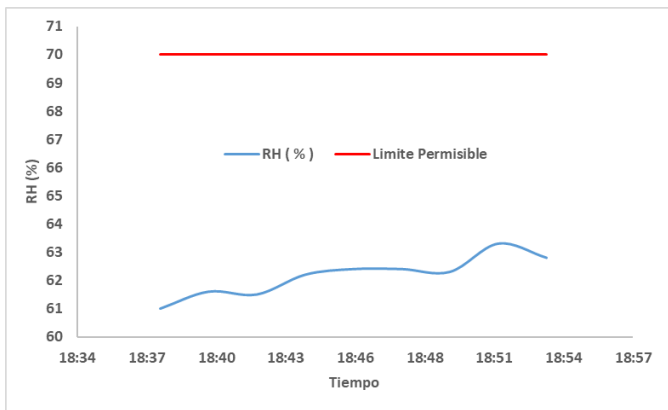


Fig. 12 Datos de la humedad relativa comparados con su límite permisible respectivo con gas natural como combustible.

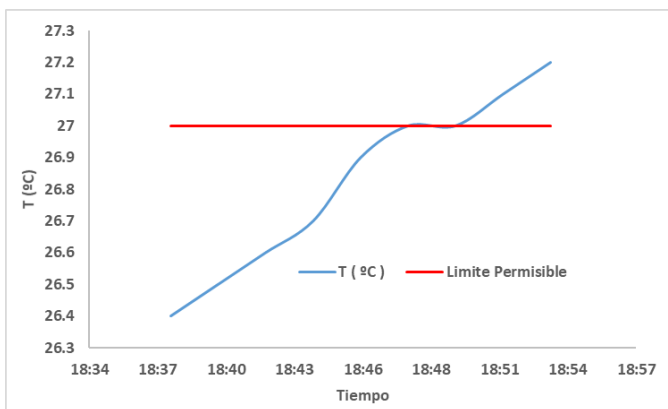


Fig. 13 Datos de la temperatura comparados con su límite permisible respectivo con gas natural

## CONCLUSIONES

Se ha concluido que trabajando dos personas en el ambiente interior ensayado que a condiciones de muy poca o sin ningún tipo de ventilación el ambiente cerrado permanece dentro de los límites permisibles para ambientes interiores. Para el caso abierto mínimo de ventana o puerta usando GLP y/o gas natural en la cocina de ensayo se concluye que no se superaron los límites máximos permisibles de calidad de aire interior en ningún momento. Para el caso crítico de ventana y puerta cerrada se concluye usando GLP o gas natural como combustible en la cocina de ensayo el  $\text{CO}_2$  y la temperatura crecen y sobre pasan los límites máximos permisibles.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de la Pontificia Universidad Católica del Perú por apoyar esta investigación mediante el Proyecto de Investigación Básica y Aplicada ID 707.