

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**“DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO FINO,
DIÓXIDO DE NITROGENO Y VARIABLES
METEOROLÓGICAS EN EL SECTOR I DE VILLA EL
SALVADOR”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
DAVILA AMEZQUITA, VICTOR RAMOS**

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi amor y cariño a mi familia, quienes han estado a mi lado con mis decisiones buenas y malas, por creer en mi capacidad y darme la confianza de poder tomar mis propias decisiones desde muy temprana edad.

Para mi tío Mario y mi papa Victor que desde el cielo me guían y cuidan. A ellos les digo “Gracias por darme todas las herramientas para forjarme como una persona de bien”.

DAVILA AMEZQUITA, VICTOR RAMOS

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur por abrirme sus puertas para poder estudiar la carrera de Ingeniería Ambiental, y a sus diferentes docentes que compartieron sus conocimientos de manera incondicional y desinteresada, así como también sus consejos y vivencias personales que me han servido de guía para tomar buenas decisiones profesionalmente.

También quiero agradecer a mi asesor el Dr. Odón Sánchez Ccoyllo, por haberme dado la oportunidad de recurrir a sus conocimientos y experiencia para culminar con éxito el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1. Descripción de la realidad problemática	6
1.2. Justificación del problema	7
1.3. Delimitación del proyecto	8
1.3.1. Teórica	8
1.3.2. Temporal	8
1.3.3. Espacial	8
1.4. Formulación del problema.....	9
1.4.1. Problema general.....	9
1.4.2. Problemas específicos	9
1.5. Objetivos.....	9
1.5.1. Objetivo general	9
1.5.2. Objetivos específicos	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes.....	10
2.2. Bases Teóricas	11
2.3. Definición de términos básicos.....	13
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	14
3.1. Modelo de solución propuesto.....	14
3.2. Resultados	29
4.DISCUSIONES.....	35
4.1. Partículas Menores a 2.5 micras (PM-2.5):.....	35
4.2. Dióxido de Nitrógeno (NO ₂):.....	36
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFIA	40

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Estándar de Calidad Ambiental para Aire.....	12
Tabla 2. Coordenadas de ubicación de la estación meteorológica.....	18
Tabla 3. Parámetros y métodos empleados en el muestreo de calidad de aire	26
Tabla 4. Coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo de aire.....	28
Tabla 5. Resultados de calidad de aire S-1.	29
Tabla 6. Resultados de parámetros meteorológicos.....	29
Tabla 7. Resultados de medición de la Humedad Relativa en la estación S-1.	32
Tabla 8. Resultados de medición de la Temperatura en la estación S-1.	33
Tabla 9. Resultados de medición de la Velocidad del viento en la estación S-1. .	34
Tabla 10. Concentración de partículas PM-2.5	35
Tabla 11. Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	36

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Cabezal selector de partículas PM 2.5	15
Figura 2. Medidor de flujo (Rotámetro).....	16
Figura 3. Estación meteorológica modelo Davis Vantage Vue	17
Figura 4. Estación Meteorológica	19
Figura 5. Estación de calidad de aire.....	28
Figura 6. Variación de la Humedad.....	32
Figura 7. Variación de la temperatura	33
Figura 8. Rosa de vientos desde 8 am del día 19/02/2019 por 24 horas	34
Figura 9. Representación cartográfica de la rosa de vientos desde 8 am del día 19/02/2019 por 24 horas	35
Figura 10. Concentración de partículas PM-2.5.	36
Figura 11. Concentración de Dióxido de Nitrógeno	37

INTRODUCCIÓN

Se ha realizado medición de la concentración de $PM_{2.5}$, NO_2 y variables meteorológicas en el sector I de Villa el Salvador, por encontrarse cercano a avenida Mariano Pastor Sevilla que pasan gran cantidad de vehículos. Justamente los taxis, motos, buses y camiones son emisores principales de los contaminantes medidos en el Villa El Salvador.

Pero, al respirar esos contaminantes de varios años genera efectos en salud como el infarto (Conde Williams, 2013). Otro contaminante que afecta a la salud es la $PM_{2.5}$ que tiene la misma fuente de NO_2 , esto es, la fuente principal de $PM_{2.5}$ son los vehículos.

El objetivo principal es determinar de qué manera la concentración de material particulado fino y dióxido de nitrógeno, ocasionado por el tránsito vehicular, y la influencia de las variables meteorológicas afecta la Calidad de aire en el Sector I de Villa el Salvador, los estudios de calidad de aire nos permiten conocer las concentraciones bajo las cuales un área se encuentra afectado.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El incremento descontrolado de los vehículos particulares y de transporte público ha traído como consecuencia un grave problema de contaminación ambiental. Los gases que se originan como consecuencia de la combustión de vehículos que usan motores Diesel expulsan gases dañinos para la salud, entre los principales contaminantes tenemos: dióxido de nitrógeno (NO_2) y el material particulado fino (Thomson & Bull, 2001), nos queda claro el gran problema ocasionado por el uso de los motores Diesel.

El NO_2 reacciona con radiación ultravioleta, para formar el smog lo cual genera irritación en las vías respiratorias, bronquitis y pulmonía, así como

también aumentando la posibilidad de problemas respiratorios e infecciones de este tipo (ATSDR, 2002).

La OMS aseveró en el año 2018 que Lima por $PM_{2.5}$ posee el valor elevado de América Latina (OMS, 2018). Para implementar medidas de control y mitigación, es necesario conocer la situación en la que nos encontramos, con respecto a la calidad del aire.

Para la investigación realizada se tiene dos estaciones cercanas de monitoreo que nos ayudan a conocer el estado de la calidad de aire en Villa el Salvador: en San Juan de Miraflores la estación María Auxiliadora y en Villa María del Triunfo la estación Villa María.

Concluida la investigación se conocerá la concentración de $PM_{2.5}$ y dióxido de nitrógeno en una de las zonas más críticas debido al tránsito vehicular, además mediante la interpretación de la rosa de vientos conoceremos la dirección de los contaminantes.

1.2. Justificación del problema

Considerando el excesivo tránsito vehicular en las avenidas Mariano Pastor Sevilla y Mateo Pumacahua en el distrito de Villa el Salvador, donde están ubicadas instituciones educativas de nivel primario y secundario aledañas al cruce de estas dos avenidas, los graves efectos causados por la combustión de motores Diesel, la escasa información que se tiene al respecto en temas de calidad de aire, son los motivos que impulsan el desarrollo del siguiente trabajo de investigación.

Así como también conocer los niveles de material particulado menores a 2.5 micras y dióxido de nitrógeno originados por el uso de motores Diesel, para determinar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

Mediante el monitoreo de parámetros meteorológicos, conocer la dirección predominante de los contaminantes atmosféricos y saber cuál es el sector más afectado por el tránsito vehicular.

1.3. Delimitación del proyecto

1.3.1. Teórica

El estudio realizado tiene como intención, la determinación de material particulado fino, dióxido de nitrógeno y variables meteorológicas en el distrito de Villa el Salvador.

1.3.2. Temporal

Medición de $PM_{2.5}$, NO_2 y variables meteorológicas se realizó los días 19 y 20 del mes de febrero del 2019.

Se hizo la toma de muestra del material particulado fino por 24 horas desde las 8:30 am, al igual que las variables meteorológicas y el dióxido de nitrógeno se muestreó desde las 7:00 am hasta las 8:00 am.

1.3.3. Espacial

El muestreo de contaminantes se realizó en la Institución Educativa N°7095 "PERU ITALIA", ubicada en el Sector I grupo 21 en el distrito de Villa El Salvador, Lima.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

- ¿De qué manera la concentración de material particulado fino y dióxido de nitrógeno, ocasionado por el tránsito vehicular, y la influencia de las variables meteorológicas afecta la Calidad de aire en el Sector I de Villa el Salvador?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la concentración de material particulado fino, ocasionado por el tránsito vehicular afecta la Calidad de aire en el Sector I de Villa el Salvador?
- ¿De qué manera la concentración de dióxido de nitrógeno, ocasionado por el tránsito vehicular afecta la Calidad de aire en el Sector I de Villa el Salvador?
- ¿De qué manera variables meteorológicas afectan la Calidad de aire en el Sector I de Villa el Salvador?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la concentración de material particulado fino y dióxido de nitrógeno ocasionados por el tránsito vehicular en el Sector I de Villa el Salvador, y variables meteorológicas.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de material Particulado Fino (PM_{2.5}) en el Sector I de Villa el Salvador.
- Determinar la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en el Sector I de Villa el Salvador.
- Determinar las Variables Meteorológicas (Temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento) el Sector I de Villa el Salvador.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

(Guevara, 2017) mostró valores de PM_{2.5} que no superaron los 25 µg/m³ realizados entre el 03 y el 14 de octubre del 2016 localizado Jr. Alfonso Ugarte y Jr. Victoria Vásquez.

Saavedra J., Evaluó los contaminantes de origen vehicular a lo largo de 1.41 Km en una avenida principal en la ciudad de Lima, en hora punta, utilizando la metodología chilena Modem. Se concluye que las emisiones que tienen origen en un ambiente de tráfico ascendieron a 18407.0 kg/año (902.3 kg/año más que las que se originan en un ambiente sin tráfico) (Saavedra, 2014). Este dato obtenido por Saavedra (2014), es muy importante para dar estudio a los contaminantes que tienen origen en el tráfico vehicular. También para tener en cuenta que medidas podemos tomar y que variables modificar para su reducción.

Encontró que las principales causas de los contaminantes atmosféricos son: el parque automotor obsoleto, y el tipo de combustible (Choy, 2014). Choy (2014), nos da a conocer mediante este estudio que el transporte público si es una fuente muy importante de contaminación, afectando significativamente la calidad de aire.

Moreano, D., realizó un estudio sobre los efectos de la contaminación en la infraestructura del campus universitario de la PUCP por la presencia de material particulado PM10 y monóxido de carbono, concluyendo que sí hay contaminación por material particulado que, por monóxido de carbono, por lo que decidió continuar el estudio con otro compuesto, el dióxido de azufre para poder explicar ciertos fenómenos. (Moreano & Palmisano, 2012)

En Lima metropolitana las principales fuentes contaminantes son los vehículos y las Industrias. (MINAM, 2013 - 2014)

2.2. Bases Teóricas

Base Legal

El Artículo 31 de la Ley General del Ambiente establece, los ECAS es de carácter obligatorio para la promulgación de las normas legales y las políticas de carácter público. Se debe de tomar en cuenta indispensablemente en el desarrollo y aplicación de los IGAS (instrumentos de gestión ambiental). No se debe dar alguna certificación medioambiental, cuando el instrumento de gestión emite como conclusión que el desarrollo de dicha actividad va involucrar la infracción de algún ECA (Estándar de Calidad Ambiental).

El decreto supremo N°003-2017-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para aire, en la siguiente tabla:

Tabla 1. Estándar de Calidad Ambiental para Aire

PARÁMETROS	PERÍODO	VALOR [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	MÉTODO DE ANÁLISIS (*)
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2,5)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia Ultravioleta (Método Automático)
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media Aritmética	Fluorescencia Ultravioleta (Método Automático)

Notas:

NE: No Exceder.

(*) o método equivalente aprobado.

Fuente: D.S. N° 003-2017-MINAM

2.3. Definición de términos básicos

- **Material particulado:** Partículas en suspensión sólidas y líquidas. Las partículas con diámetro menor a 10 micras se denominan PM10. Mientras a las partículas con diámetro menor a 2.5 micras se llama PM2.5 (OEFA, 2015).
- **Óxidos de nitrógeno (NOx):** Estos contaminantes son originados por actividades humanas, en especial en reacciones de combustión (OEFA, 2015).
- **Calibración:** Es el cotejo de datos originados por un equipo de medición, con el valor de un estándar (OEFA, 2015).
- **Contaminante:** Se define como una Sustancia química alóctona al medio en el que se halla y es propensa a causar daños en la salud y el medio ambiente (OEFA, 2015).
- **Emisión:** Expulsión de sustancias a la atmosfera con características de poder ocasionar un año en ella. (OEFA, 2015)
- **Fuentes móviles:** Origen de una emisión que puede moverse en forma autónoma causando contaminación durante su movimiento (OEFA, 2015).
- **Fuentes fijas:** Origen de una emisión que no se traslada de forma autónoma a través del tiempo (OEFA, 2015).
- **Exposición:** Unión entre una sustancia tóxica y un sistema vivo (OEFA, 2015).
- **Polvo:** Partículas minúsculas en estado sólido con un diámetro inferior a 75 micras que se depositan por su peso, pero también podrían mantenerse en el aire por un periodo de tiempo (OEFA, 2015).
- **Protocolo:** Es un conjunto de documentos que hacen referencia a seguir instrucciones o pasos que nos ayudan a desarrollar una determinada actividad (OEFA, 2015).

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de solución propuesto

a) Muestreo de material particulado

Muestreador de alto volumen “Hi Vol”: Equipo establecido por la United States Environmental Protection Agency para la toma de muestra de material particulado (PM-10 y PM-2.5). El material particulado es clasificado con ayuda de un cabezal selector y luego depositadas en un filtro de fibra de vidrio o cuarzo para luego ser pesado y analizado (OEFA, 2015)

Para el armado del equipo Muestreador de Alto Volumen “Hi Vol” se desembala las diferentes partes que componen el equipo y se siguen las instrucciones que vienen detalladas en el manual del fabricante. El equipo se divide en dos partes, el cabezal selector de partículas (PM-2.5) y el cuerpo, que a su vez se divide en 6 partes:

- Trapecio y Venturi (controlador de flujo volumétrico).
- Horómetro (contador de tiempo enlazado)
- Carcasa del motor (carcasa para el ensamble del motor al controlador de flujo)
- Timer (temporizador mecánico)
- Contador de flujo (grabador de flujo continuo)
- Portafiltro (portafiltro y soporte del filtro)

(Universidad de Lasalle, 2017)

Muestreador de partículas PM 2.5: Un muestreador de aire, ubicado adecuadamente en el sitio de medición, extrae una cantidad medida de aire ambiente en una carcasa cubierta y a través de un filtro durante un período de muestreo de 24 horas. El caudal del muestreador y la geometría del refugio ayudan la toma de muestra de hasta 25-50 μm , según sea los datos del anemómetro y la veleta. Los filtros utilizados

recolectan mínimamente el 99 % para partículas de 0.3 μm (40 CFR Appendix B to Part 50).

El filtro es pesado (luego del equilibrio de humedad) antes y después del uso para calcular la ganancia de peso. El volumen de aire muestreado a condiciones de 25 ° C, 760 mm Hg, se halla a partir del caudal y el tiempo total que duró la toma de muestra (40 CFR Appendix B to Part 50).

La concentración de partículas totales presentes en el aire ambiental se calcula como la cantidad de partículas recogidas en el filtro dividida sobre volumen de aire colectado, corregido a las condiciones estándar, y expresado en microgramos por metro cúbico estándar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ estándar) (40 CFR Appendix B to Part 50)

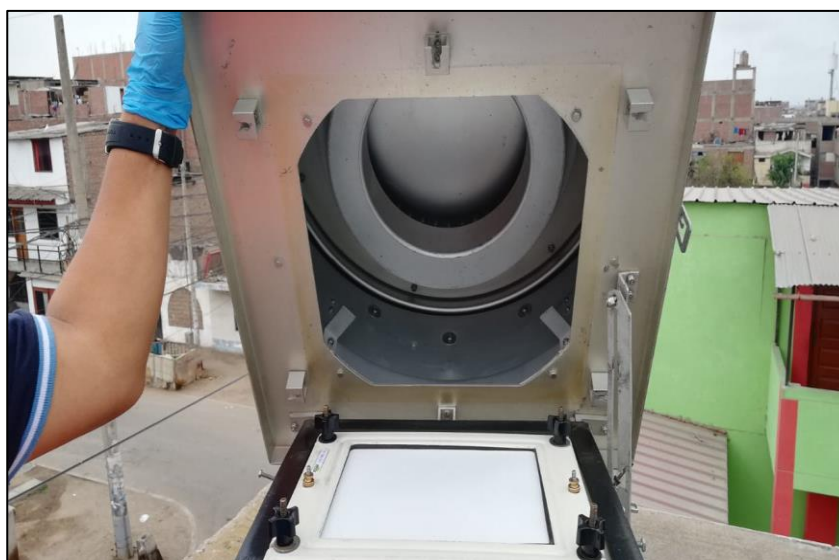


Figura 1. Cabezal selector de partículas PM 2.5

b) Muestreo de gases

El gas burbujea en una solución captadora que atrapa el contaminante por medio de procesos químicos, que posteriormente se llevan para ser analizadas según el método del laboratorio.

Para el monitoreo de gases es muy importante tener en cuenta la temperatura de la muestra, caudal de muestreo, volumen de la solución captadora y duración del muestreo (Crespo, 2007/2008).

Tren de muestreo: Es un sistema diseñado para el muestreo de gases mediante absorción química. La solución captadora depende del tipo de gas que se desea muestrear (Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, 2010). El sistema contiene de una bomba de succión, burbujeadores, soluciones captadoras, mangueras y un medido de flujos, que unen al sistema entre sí.

- **Bomba de Succión:** Se necesita de una bomba que mantenga el flujo constante para el contaminante que se desea captar.
- **Burbujeadores o tubos absorbentes o Impinger:** Frascos de vidrio ámbar, en los cuales se depositan la solución captadora.
- **Manguerillas de teflón o de polipropileno:** Se usan para trasladar el aire del ambiente hacia los burbujeadores dentro del tren de muestreo.
- **Medidor de flujos (Rotámetro):** Usado para la medición y control del flujo inicial y final del muestreo.



Figura 2. Medidor de flujo (Rotámetro)

c) Parámetros meteorológicos: Son medidos para conocer las características climatológicas del lugar de muestreo, y hacer un correcto análisis de comportamiento de los contaminantes. La estación meteorológica, debería poder medir humedad relativa, velocidad, temperatura y dirección de viento (DIGESA, 2005), se registran mediante el Data Logger de la estación meteorológica modelo Davis Vantage Vue instalada en la estación de muestreo del colegio Perú-Italia. En gabinete se procede a descargar los datos almacenados por el Data Logger a la computadora para luego ser procesados.



Figura 3. Estación meteorológica modelo Davis Vantage Vue

Materiales

- Manómetro digital o de columna de agua para medir el diferencial de caída de presión.
- Estación meteorológica para medir la Presión, Temperatura ambiental, velocidad y dirección de viento.
- GPS.
- Filtros.

- Envase que proteja el filtro (sobres manila).
- Cartillas de registro de flujo (flow-chart)
- Guantes de látex o de nitrilo.
- Enchufes, tomacorrientes y extensiones eléctricas.
- Formatos de Datos de campo de Calidad de Aire y Cadenas de Custodia.
- Caja de herramientas (juego de desarmadores, llaves, alicate, cinta adhesiva o de embalaje, cinta aislante, cúter).
- Tabla de flujo “Flow Look Up Table”.

Ubicación de la estación de monitoreo

En el colegio Perú-Italia, se instaló 01 estación meteorológica.

Tabla 2. Coordenadas de ubicación de la estación meteorológica

ESTACIÓN DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS UTM WGS-84, ZONA 18		ALTURA (m.s.n.m.)
		ESTE	NORTE	
		S-1	En el techo de la oficina administrativa del colegio Perú – Italia.	

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. Estación Meteorológica

CALIDAD DE AIRE

La metodología seguida para la realización del muestreo de calidad de aire, fue en base a lo establecido por el “Protocolo de monitoreo de calidad de aire”, de DIGESA.

Consideraciones preliminares (Pre – Muestreo):

- Se deberá revisar que el sobre que protege el filtro (los cuales son proporcionados por el laboratorio de ensayo) se encuentren debidamente identificados.
- Se deberá revisar que el filtro se encuentre en óptimas condiciones (sin abolladuras, maltratos, cortes, picaduras, partiduras, tintes, suciedad y demás imperfecciones).

- El filtro únicamente se toca con los guantes de nitrilo de primer uso, ya que podría contaminarse y alterar los resultados de la medición.

Desarrollo de la actividad (Muestreo):

El desarrollo de la actividad de muestreo de material particulado (PM-2.5) se da inicio considerando lo indicado en el procedimiento de muestreo de calidad de aire establecido por el laboratorio, se deberá tomar en cuenta las siguientes indicaciones:

a. Área de trabajo, fuente de energía y conexiones:

- Delimitar el área donde se instalarán los equipos de muestreo con cintas de seguridad o conos.
- Como fuente de energía utilizar una tensión eléctrica de 220 V.
- Asegurar el suministro de energía eléctrica constante, durante las 24 horas del muestreo (las interrupciones de flujo de energía producen errores de medición y pueden desacreditar el muestreo).
- En caso se instalen dos equipos de alto volumen (PM-10 y PM-2.5) considere una distancia mínima de separación de 2 metros entre uno y otro.

b. Armado del equipo muestreador de partículas “Hi Vol”:

- Revisar la unión entre el cuello Venturi con el portamotor (asegurar el correcto uso del jebe de protección de fugas y de los tornillos).
- Coloque en una posición firme la base del muestreador sobre una superficie nivelada.
- Coloque el cabezal PM-2.5 sobre la base del muestreador y asegure la unión de ambas partes mediante el uso de tornillos que se encuentran en la parte inferior del cabezal.
- Enrosque el trapecio con el cuello Venturi (asegure el correcto uso del jebe de protección de fugas).

- Retire los aseguradores que unen la base con el cabezal, abra el cabezal, y coloque dentro la unión trapecio-venturi-portamotor.

c. Instalación del Filtro:

- En un lugar limpio y cerrado, usando los guantes de látex (de primer uso) o de nitrilo sujete el filtro por sus bordes, colocarlo en el portafiltro y cubrirlo con la tapa.
- Llevar el portafiltro en forma horizontal hacia el equipo muestreador de partículas, abra el cabezal y colóquelo dentro del mismo (sobre la parte superior del trapecio, de tal manera que la empaquetadura del portafiltro selle con el trapecio).
- Ajustar el portafiltro con los pernos.
- Retirar la tapa del portafiltro, cerrar el cabezal y unir el mismo con los aseguradores.

d. Puesta en marcha del muestreador y registro de datos:

- Abra la puerta de la base, abra la puerta del registrador de flujo y levante el brazo de la pluma, colocar la cartilla de registro de flujo (flow-chart) y hacer coincidir la hora de inicio indicada en la cartilla con la pluma.
- Enchufar el equipo y programar para un periodo de muestreo de 24h +/- 1 h. y encienda el equipo.
- Anote en el formato de Datos de campo de Calidad de Aire (**F – RTM – 27**) lo siguiente:
 - Fecha y hora de inicio del muestreo.
 - Fecha y hora de término del muestreo.
 - Diferencial de altura inicial (utilizar el manómetro y leer aprox. 05 minutos después de haber iniciado el muestreo).
 - Diferencial de altura final (utilizar el manómetro y leer aprox. 05 minutos antes de que termine el muestreo).
 - *Temperatura ambiental promedio “Ta”.

- * Presión ambiental promedio “Pa”.

Retiro del filtro y retiro de la cartilla de registro de flujo:

Culminado el periodo de muestreo:

- Liberar los aseguradores del cabezal, abra el cabezal.
- Colocar la tapa del portafiltro al portafiltro, soltar el portafiltro y retirar el portafiltro.
- Trasladar el portafiltro a un lugar cerrado. Allí, ponerse los guantes de látex y retire el filtro (tocar el filtro sólo los extremos exteriores); dóblelo por la mitad, hacia el lado que contiene la muestra y introdúzcalo en el sobre correspondiente. Anotar el código de la estación, la fecha, hora de inicio y finalización del muestreo).
- Abrir la puerta de la base, abrir la puerta del registrador de flujo y retire la cartilla de registro de flujo “flow-chart”, al reverso de la cartilla anotar el código de la estación de muestreo.
- En la cartilla del registrado, verificar que durante el muestreo el flujo haya sido de $1.13 \text{ m}^3/\text{min} \pm 10\%$.

Actividades finales (Post-Muestreo):

- Desinstalar el equipo muestreador de partículas “Hi Vol”, y colocarlo dentro de su empaque con cuidado.
- Guardar y ordenar los materiales e insumos usados.
- Llenar la cadena de custodia indicando los parámetros muestreados PM-2.5 y dióxido de nitrógeno según lo indicado en la OT (orden de trabajo).
- Calcular el flujo promedio de muestreo a condiciones ambiental “Qa”; este resultado se obtiene a partir de los datos de Presión ambiental promedio “Pa”, la Temperatura ambiental promedio “Ta”, el promedio diferencial de presiones de estancamiento “Pf”, el Cociente de presión absoluta de estancamiento “Po/Pa” y la tabla de flujos “Flow Look Up Table”, donde:

- P_a = Presión ambiental promedio en mmHg.
 - T_a = Temperatura ambiental promedio en °C.
 - P_f = Promedio diferencial de presiones de estancamiento, $P_f = (\Delta h_i + \Delta h_f)/2$ en "H₂O. Este resultado se deberá pasar a mmHg (multiplicar por 25.4 y dividir por 13.6).
 - P_o/P_a = Cociente de presión absoluta de estancamiento, $P_o/P_a = 1 - P_f/P_a$.
 - * Q_a : Se obtiene al interpolar en la tabla de flujos "Flow Look Up Table" la temperatura ambiental promedio (T_a en °C) y la relación de Presión absoluta de estancamiento (P_o/P_a).
- Calcular el Volumen Total Estándar de aire muestreado " V_{std} "; este resultado se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$" V_{std} = Q_a \times \frac{P_a}{(T_a + 273.15)} \times \frac{T_{std}}{P_{std}} \times t "$$

Donde:

- V_{std} = Volumen Total del aire muestreado a condiciones estándar en m³.
- Q_a = Flujo ambiental promedio en m³/min.
- P_a = Presión ambiental promedio en mmHg.
- T_a = Temperatura ambiental promedio en °C.
- T_{std} = Presión estándar, definida como 298.15 K (25°C).
- P_{std} = Presión estándar, definida como 760 mmHg (1atm).
- t = Tiempo de muestreo en minutos.

MUESTREO DE GASES

Consideraciones preliminares (Pre – Muestreo):

- Verificar el funcionamiento de la bomba de succión interna.
- Verificar la limpieza interna y externa del tren de muestreo.
- Inspeccionar las conexiones de las mangueras, de tal forma que haya un libre paso de aire por éstas.
- Verificar que la solución captadora proporcionada por el laboratorio de ensayo se encuentre debidamente identificada.
- En todo momento (durante el transporte al lugar de muestreo; durante el trasvase de la solución al burbujeador; durante el trasvase de la solución al frasco; al momento de almacenar el frasco en el cooler; durante la conservación de la solución en el cooler y durante el transporte al laboratorio de ensayo) impida la exposición de las soluciones captadoras a la luz del sol.
- En todo momento (durante la manipulación del frasco que contiene la solución, durante el trasvase de la solución al burbujeador y durante el trasvase de la solución que se encuentra en el burbujeador al frasco) utilice guantes de primer uso. Nunca entre en contacto directo con la solución y evite derramarla.
- Almacenar y transportar las soluciones captadoras en un cooler o caja térmica, manteniéndolas refrigeradas (según lo indicado por el laboratorio de ensayo).

Desarrollo de la actividad (Muestreo):

El desarrollo del muestreo de gases (NO_2) en el aire se inicia considerando lo indicado en el procedimiento de Inspección de calidad de aire, pero se deberá tomar en cuenta las siguientes indicaciones:

- Se delimito el área de trabajo con cintas de seguridad o conos (solo de ser necesario).

- Se aseguró el suministro ininterrumpido de energía eléctrica durante el tiempo que dure el muestreo.
- Se armó y conecto todos los componentes del tren de muestreo.
- Se añadió dentro del burbujeador la solución captadora.
- Se encendió la bomba de succión y programar el tiempo de muestreo (el tiempo dependerá del gas a captar y a lo indicado en las instrucciones de muestreo del laboratorio de ensayo en el cual se realizará el análisis de la solución captadora). Se anotó el tiempo inicial y final del muestreo en el formato de Datos de campo de Calidad de Aire **(F-RTM-27)**.
- Haciendo uso de un rotámetro, se regulo el flujo inicial de ingreso de aire en los burbujeadores y se anoto el flujo en el formato de Datos de campo de Calidad de Aire **(F- RTM- 27)**.
- Aprox. 5 minutos antes de culminar el muestreo (con el motor encendido), haciendo uso del rotámetro se leyó y anoto el flujo final del muestreo en el formato de Datos de campo de Calidad de Aire **(F-RTM-27)**.
- Al término del tiempo de muestreo, la solución captada se recogió en un frasco, se refrigeró y colocó en un cooler libre de exposición a la luz hasta su ingreso a laboratorio (según lo indicado por el laboratorio de ensayo).
- La solución captada fue enviada lo más antes posible al laboratorio de ensayo para su análisis.
- Desmonte el tren de muestreo, empáquelo y embálelo cuidadosamente.
- Guarde y ordene las herramientas, materiales e insumos utilizados.

Actividades finales (Post-Muestreo):

- Se llenó la cadena de custodia **(F-RTM-04)** indicando los parámetros a analizar (gases) según lo indicado en la orden de trabajo.
- Se calculó el Volumen Total Estándar de aire muestreado "Vstd"; este resultado se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$" Vstd = Qa \times \frac{Pa}{(Ta + 273.15)} \times \frac{Tstd}{Pstd} \times t "$$

Donde:

- V_{std} = Volumen Total del aire muestreado a condiciones estándar en m^3 .
- Q_a = Promedio del flujo inicial y final en m^3/min .
- P_a = Presión ambiental promedio en mmHg.
- T_a = Temperatura ambiental promedio en $^{\circ}C$.
- T_{std} = Presión estándar, definida como 298.15 K ($25^{\circ}C$).
- P_{std} = Presión estándar, definida como 760 mmHg (1atm).
- t = Tiempo de muestreo en minutos.

Parámetros medidos y métodos de muestreo

En el muestreo realizado, se consideró los siguientes parámetros: partículas respirables menores a 2.5 micras (PM-2.5) y Dióxido de Nitrógeno (NO_2), siguiendo los métodos de muestreo que se indican en la TABLA 3:

Tabla 3. Parámetros y métodos empleados en el muestreo de calidad de aire

PARÁMETRO	EQUIPO MUESTREADOR	MÉTODOLOGIA DE MUESTREO
PM-2.5	Muestreador de alto volumen HI VOL	Filtración de alto volumen
NO_2	Tren de muestreo	Sistema dinámico de tren de muestreo

Fuente: Elaboración propia

Las técnicas de muestreo empleadas para cada parámetro se detallan a continuación:

PARTÍCULAS PM-2.5

Para el muestro de Partículas suspendidas inferiores a 2.5 micras (PM 2.5) se emplearon muestreadores de la Marca TISCH, los cuales tienen un motor de alto flujo, el cual succiona aire del ambiente, haciéndolo pasar por un filtro

de fibra de cuarzo que retiene el material particulado con diámetro menores a 2.5 micras. La concentración de las partículas en suspendidas se determina por gravimetría, determinando el peso de la masa recolectada sobre el volumen de aire muestreado.

Las unidades de concentración de este parámetro se expresan en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

El muestreo de este gas se realizó empleando un tren de muestreo (método dinámico). En este método, la muestra de aire es atrapada en 25 mL de una solución captadora, a una razón de un flujo de 0,4 L/min por un periodo de muestreo de 1 hora. Siendo el resultado expresado en microgramos por muestra ($\mu\text{g}/\text{muestra}$).

Ubicación de las estaciones de monitoreo

En el Sector I de Villa el Salvador, se instaló 01 estación de monitoreo de calidad de aire, dicha estaciones se seleccionaron de acuerdo a los siguientes criterios:

- Velocidad y dirección del viento.
- Representatividad para el muestreo de contaminantes.
- Facilidad y seguridad operacional
- Seguridad de los equipos.
- Libre acceso para el control de datos de los equipos.
- Cumplimiento de los requisitos del protocolo de monitoreo de calidad de aire.

En la presente tabla se detalla las coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire:

Tabla 4. Coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo de aire.

ESTACIÓN DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS UTM WGS-84, ZONA 18		ALTURA (m.s.n.m.)
		ESTE	NORTE	
		S-1	En el techo de la oficina administrativa del colegio Perú – Italia.	

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Estación de calidad de aire

3.2. Resultados

Resultados de calidad de aire

En la tabla 5, se describen los resultados de la estación S-1.

Tabla 5. Resultados de calidad de aire S-1.

MES	ESTACIÓN	Febrero 2019		ESTÁNDARES DE CALIDAD	
		S - 1		Valor	Normativa
Fecha	Unidades	Del 19/02/2019 al 20/02/2019			
	($\mu\text{g}/\text{muestra}$)	69 784.61			
PM2.5	Volumen estándar	1607.6		50	ECA-D.S. 003-2017 MINAM (24 h)
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	43.46			
	($\mu\text{g}/\text{muestra}$)	0.994			
NO ₂	Volumen estándar	0.024		200	ECA-D.S. 003-2017 MINAM (1 hora)
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	41.42			

Fuente: Resultados de Informes de ensayo 1902019H

Resultados de parámetros meteorológicos.

Tabla 6. Resultados de parámetros meteorológicos.

Número	Date	Time	Temp Out	Out Hum	Wind Speed (m/s)	Wind Dir
1	19/02/2019	8:30 AM	24,1	81	0,4	SE
2	19/02/2019	9:00 AM	23,9	81	0,4	ESE
3	19/02/2019	9:30 AM	23,7	84	1,3	SE
4	19/02/2019	10:00 AM	24,6	81	1,3	SE

5	19/02/2019	10:30 AM	25,4	77	1,3	SE
6	19/02/2019	11:00 AM	24,8	78	2,2	SE
7	19/02/2019	11:30 AM	25,2	77	1,8	SE
8	19/02/2019	12:00 PM	25,8	73	1,8	SE
9	19/02/2019	12:30 PM	26,9	71	1,8	SE
10	19/02/2019	1:00 PM	26,9	71	1,8	SE
11	19/02/2019	1:30 PM	26,2	75	2,2	SE
12	19/02/2019	2:00 PM	26,3	74	2,2	SE
13	19/02/2019	2:30 PM	27,3	70	1,8	SE
14	19/02/2019	3:00 PM	27,1	68	2,2	SE
15	19/02/2019	3:30 PM	27,3	67	2,2	SE
16	19/02/2019	4:00 PM	27,8	64	1,8	ESE
17	19/02/2019	4:30 PM	27,9	63	1,8	SE
18	19/02/2019	5:00 PM	27,8	61	1,8	SE
19	19/02/2019	5:30 PM	27,2	63	1,8	ENE
20	19/02/2019	6:00 PM	26,5	65	1,8	ENE
21	19/02/2019	6:30 PM	26	67	1,8	ENE
Número	Date	Time	Temp Out	Out Hum	Wind Speed (m/s)	Wind Dir
22	19/02/2019	7:00 PM	25,6	67	2,2	ENE
23	19/02/2019	7:30 PM	25,5	68	2,2	NE
24	19/02/2019	8:00 PM	25,4	68	1,8	NE
25	19/02/2019	8:30 PM	25,6	67	1,8	NE
26	19/02/2019	9:00 PM	25,7	66	1,3	ENE
27	19/02/2019	9:30 PM	26,1	65	1,8	NE

28	19/02/2019	10:00 PM	26,6	63	1,3	NE
29	19/02/2019	10:30 PM	25,8	70	0,4	ESE
30	19/02/2019	11:00 PM	24,7	77	0,4	SSE
31	19/02/2019	11:30 PM	24,1	79	0,4	SE
32	20/02/2019	12:00 AM	24	78	0,9	ESE
33	20/02/2019	12:30 AM	24,1	77	0,9	E
34	20/02/2019	1:00 AM	24,1	77	0,9	E
35	20/02/2019	1:30 AM	24,2	76	1,3	NE
36	20/02/2019	2:00 AM	24,3	73	1,8	NE
37	20/02/2019	2:30 AM	24,9	71	1,3	NE
38	20/02/2019	3:00 AM	25,2	70	0,9	NNE
39	20/02/2019	3:30 AM	25,5	66	0,4	NE
40	20/02/2019	4:00 AM	25,6	66	0,4	E
41	20/02/2019	4:30 AM	24,4	78	0,4	SSW
42	20/02/2019	5:00 AM	23,6	82	0	SSW
43	20/02/2019	5:30 AM	23,7	82	0	SSW
44	20/02/2019	6:00 AM	24,5	78	0	SSW
45	20/02/2019	6:30 AM	24,3	77	0	SSW
46	20/02/2019	7:00 AM	24,2	79	0,4	S
47	20/02/2019	7:30 AM	24,8	78	0,4	S
48	20/02/2019	8:00 AM	25,1	78	0,4	S
49	20/02/2019	8:30 AM	25,4	77	0,4	S

Fuente: Elaboración propia.

Humedad relativa

Durante el muestreo de calidad de aire realizado en el Sector I de Villa el Salvador durante el mes de febrero del 2019 en la estación de monitoreo (Figura 6), se registró el comportamiento de la humedad relativa los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 7. Resultados de medición de la Humedad Relativa en la estación S-1.

Estación	Fecha	Hora	Tiempo de medición	Humedad Relativa (%)		
				Mínimo	Máximo	Promedio
S – 1	19/02/2019	08:30	24 horas	61	84	72.7

Fuente: Estación Meteorológica DAVIS Vantage Vue

Siendo estos valores normales para la estación climática del año en la zona de monitoreo (Villa el Salvador).

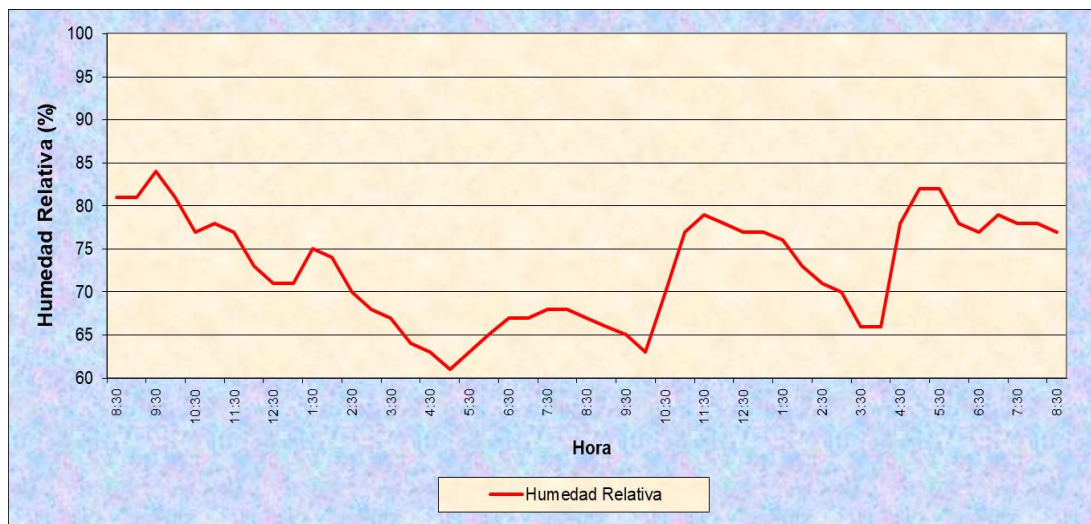


Figura 6. Variación de la Humedad

Temperatura

Durante el muestreo de calidad de aire realizado en el Sector I de Villa el Salvador durante el mes de febrero del 2019 en la estación de monitoreo (Figura 7), se registró el comportamiento de la temperatura los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 8. Resultados de medición de la Temperatura en la estación S-1.

Estación	Fecha	Hora	Tiempo de medición	Temperatura		
				Mínimo	Máximo	Promedio
S – 1	19/02/2019	08:30	24 horas	23.6	27.9	25.4

Fuente: Estación Meteorológica DAVIS Vantage Vue

Siendo estos valores normales para la estación climática del año en la zona de monitoreo (Villa el Salvador).

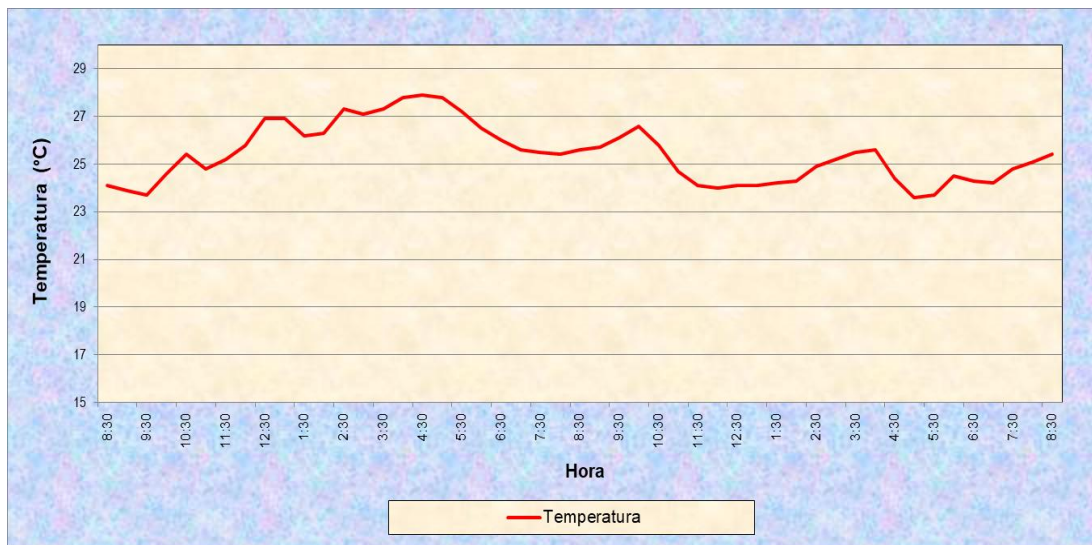


Figura 7. Variación de la temperatura

Rosa de viento

Durante el muestreo de calidad de aire realizado en el Sector I de Villa el Salvador durante el mes de febrero del 2019 en la estación de monitoreo (Figura 8), se registró el comportamiento de la dirección del viento los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 9. Resultados de medición de la Velocidad del viento en la estación S-1.

Estación	Fecha	Hora	Tiempo de medición	Velocidad de Viento (m/s)		
				Mínimo	Máximo	Dirección
S - 1	19/02/2019	08:30	24 horas	0	2.2	SE a NW

Fuente: Estación Meteorológica DAVIS Vantage Vue

Siendo estos valores normales para la estación climática del año en la zona de monitoreo, se registró una calma de 8.16 %.

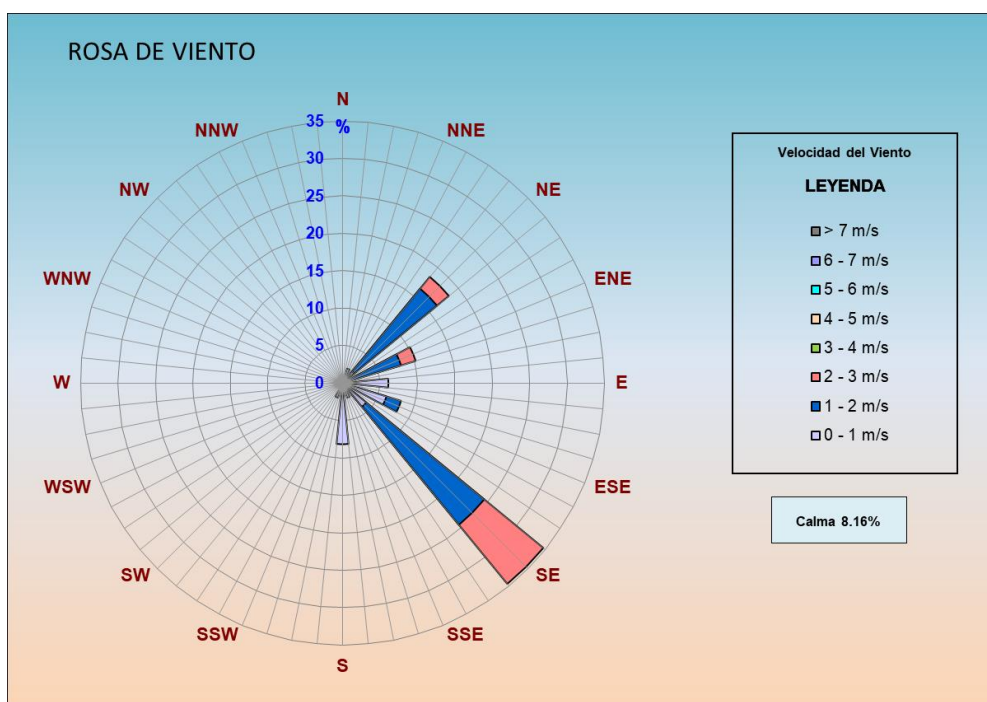


Figura 8. Rosa de vientos desde 8 am del día 19/02/2019 por 24 horas



Figura 9. Representación cartográfica de la rosa de vientos desde 8 am del día 19/02/2019 por 24 horas

De acuerdo a la Figura 9, se observa que la zona más afectada por la contaminación causada por el tráfico vehicular es el AA.HH. José Carlos Mariátegui en San Juan de Miraflores, el material particulado es arrastrado a esa zona por la velocidad del viento y la dirección predominante de éste.

4. DISCUSIONES

4.1. Partículas Menores a 2.5 micras (PM-2.5):

Tabla 10. Concentración de partículas PM-2.5

Estación	PM-2.5 (ug/m ³) Febrero 2019	OMS	Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM
S – 1	43.46	25 µg/m ³ de media en 24h	50 µg/m ³ de media en 24h

Fuente: Resultados de Informes de ensayo 1902019H

La concentración de las partículas menores a 2.5 micras en el mes de febrero del 2019 en la estación S-1 (Figura 10), fue 43,46 ug/m³,

encontrándose fuera de lo establecido por los estándares de calidad ambiental para aire del OMS.

La concentración de las partículas menores a 2.5 micras en el mes de febrero del 2019 en la estación S-1, fue 43,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose dentro de lo establecido por los estándares de calidad ambiental ECA AIRE.



Figura 10. Concentración de partículas PM-2.5.

4.2. Dióxido de Nitrógeno (NO_2):

Tabla 11. Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2)

Estación	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OMS	Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM
	Febrero 2019		
S – 1	41.42	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 1h	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 1h

Fuente: Resultados de Informes de ensayo 1902019H

La concentración de dióxido de nitrógeno en el mes de febrero del 2019 (Figura 11), en la estación S-1, fue 41,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose dentro de lo establecido por los estándares de calidad ambiental para aire del OMS y el ECA AIRE.

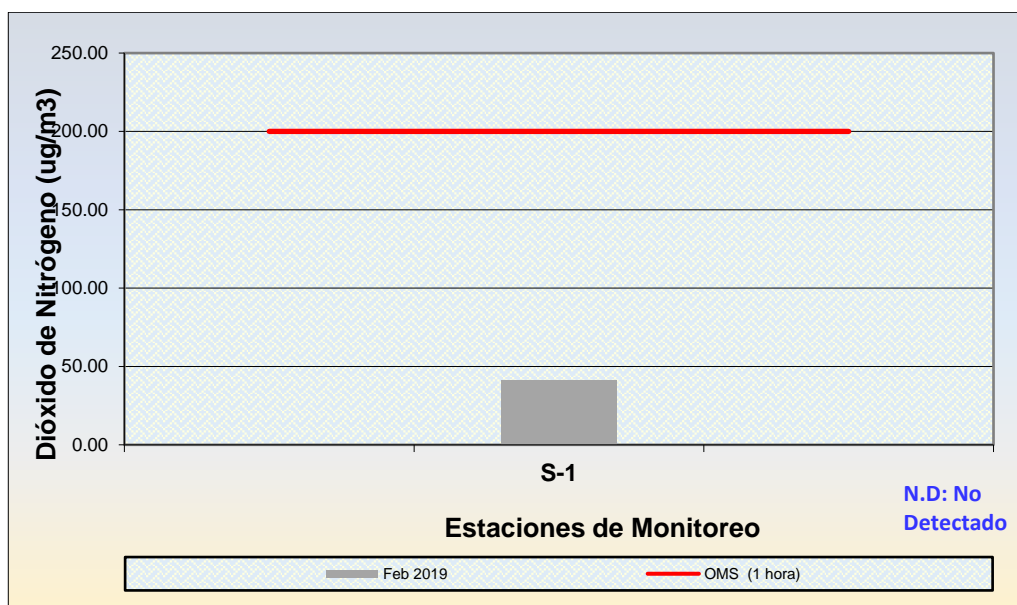


Figura 11. Concentración de Dióxido de Nitrógeno

Propuestas para la reducción de material particulado ocasionado por excesivo tránsito vehicular

- Propuesta de implementación de áreas verdes en las avenidas Mariano Pastor Sevilla y Mateo Pumacahua, por parte de la municipalidad, las cuales, en la actualidad en algunos tramos son botaderos de basura. Plantación de árboles, por los distintos colegios del Sector I (Nivel Primaria y Nivel Secundaria).
- Difusión de información sobre las vías alternas de acceso a la Carretera Panamericana Sur, las cuales son: av. Micaela Bastidas - av. Miguel Iglesias. Las cuales son una opción para el ahorro de tiempo en hora punta por la mañana. Otra opción muy viable para el transporte pesado, es la av. 1 de mayo, para lo cual se tendría que construir un acceso directo a la Panamericana Sur.

CONCLUSIONES

La determinación de la calidad de aire, en el Sector I de Villa el Salvador ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- Las condiciones meteorológicas durante el muestreo realizado, los días 19 y 20 de febrero en la estación de monitoreo S-1, dan una temperatura del aire promedio de 25.4 °C, con una humedad relativa promedio de 72.7%. El viento tuvo una dirección predominante en la estación de monitoreo de SE a NW con velocidades máximas de 2.2 m/s, siendo los periodos de calma de 8.16 %.
- La calidad del aire en la estación de monitoreo S-1 en el colegio Perú-Italia Sector I en Villa el Salvador, respecto a la presencia de partículas se evaluó mediante la medición de PM-2.5, parámetro que se encontró fuera de lo establecido por la Organización mundial de la Salud (OMS).
- La calidad del aire en la estación de monitoreo S-1 en el colegio Perú-Italia Sector I en Villa el Salvador, respecto a la presencia de partículas se evaluó mediante la medición de PM-2.5, parámetro que se encontró dentro de lo establecido por el D.S. 003-2017-MINAM
- La calidad del aire en la estación de monitoreo S-1 en el colegio Perú-Italia Sector I en Villa el Salvador, respecto a la presencia de partículas se evaluó mediante la medición de dióxido de nitrógeno, parámetro que se encontró dentro de lo establecido por la Organización mundial de la Salud (OMS).
- La calidad del aire en la estación de monitoreo S-1 en el colegio Perú-Italia Sector I en Villa el Salvador, respecto a la presencia de partículas se evaluó mediante la medición de dióxido de nitrógeno, parámetro que se encontró dentro de lo establecido por el D.S. 003-2017-MINAM.

Nota: El elevado costo de los monitoreos ambientales fue una de las limitaciones para realizar más muestreos de los parámetros establecidos y hacer el análisis estadístico del presente trabajo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda investigar profundamente las fuentes de contaminación de calidad de aire que se encuentran en los alrededores al área de investigación, y determinar la fuente ya sea natural, estacionario o móvil, para tener un mayor alcance de las fuentes más importantes.

Se recomienda tener en cuenta el sector I del distrito de Villa el Salvador para instalar una estación de monitoreo fija, para el control de contaminación del aire y variables meteorológicas.

Estimar las concentraciones de PM_{2.5} utilizando datos satelitales de AOD (Profundidad óptica del aerosol) para un periodo de 3 años con la finalidad de realizar los estudios epidemiológicos.

BIBLIOGRAFIA

1. 40 CFR Appendix B to Part 50. (s.f.). Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High-Volume Method).
2. ATSDR. (2002). Óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.) (Nitrogen Oxides). Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html
3. Choy, L. (2014). Principales causas de la contaminación del aire y propuestas para su mitigación por efecto del parque automotor de transporte público de Lima cuadrada. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
4. Conde Williams, A. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. Revista Cubana de Higiene, 51(2), 226-238.
5. Congreso Constituyente Democrático. Constitución Política del Perú. (1993). Lima, Perú.
6. Congreso de la República. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611). (2005). Lima, Perú.
7. Crespo, E. (2007/2008). Técnicas de Muestreo. Módulo: Contaminación Atmosférica.
8. DIGESA. (2005). Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos. Lima, Perú.
9. Guevara, J. (2017). Índice de la calidad de aire en el distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos. Universidad Peruana Unión. Tarapoto, San Martín, Perú.
10. MINAM. (2013 - 2014). Informe Nacional de Calidad de aire.
11. MINAM. (2017). Decreto Supremo N° 003-2017. Lima, Perú.

12. Moreano, D., & Palmisano, A. (2012). Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM10 y CO. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
13. OEFA. (2015). Instrumentos Básicos para la Fiscalización Ambiental. Lima, Perú.
14. OMS. (2018). Calidad del aire y salud. Obtenido de <https://peru21.pe/lima/oms-lima-aire-contaminado-america-latina-156832-noticia/>
15. Saavedra, J. (2014). Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
16. Thomson, I., & Bull, A. (Junio de 2001). La congestión del tránsito urbano: Causas y consecuencias económicas y sociales. CEPAL.
17. Universidad de Lasalle. (2017). Descripción y manejo de Hivol y Lowvol. Arequipa, Perú.
18. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". (2010). Protocolo de Monitoreo de Aire.

ANEXOS

ANEXO 1: Imagen del filtro antes y después del muestreo.

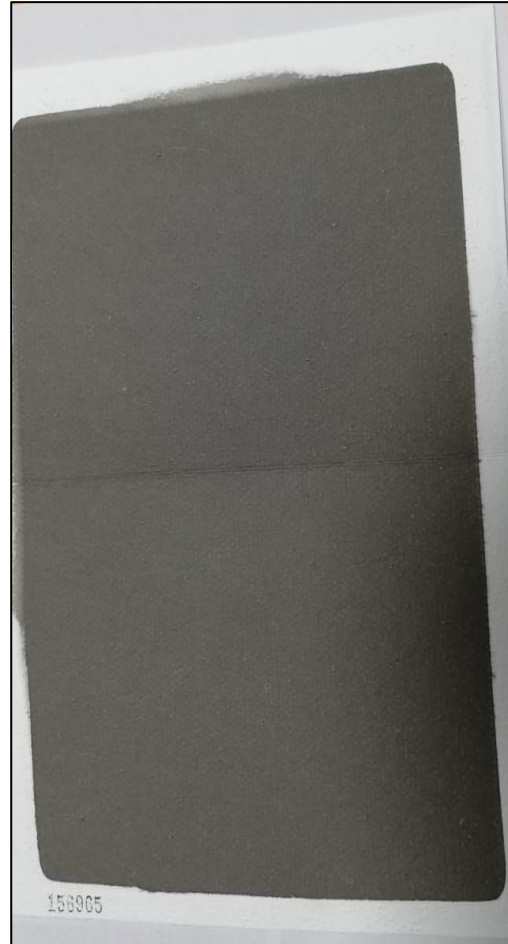
ANEXO 2: Ficha de Ubicación de estación de Monitoreo S-1.

ANEXO 3: Informes de Ensayo de Calidad del Aire.

ANEXO 4: Cadena de custodia.

ANEXO 5: Certificados de calibración de equipos.

ANEXO 1: Imagen del filtro antes y después del muestreo



ANEXO 2: Ficha De Ubicación De La Estación De Monitoreo: S-1

Nombre de Proyecto: Monitoreo de Calidad de Aire Colegio Perú-Italia

IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Código/Nombre de la Estación : S-1
Tipo de Muestra : Aire
Clase : R=Receptor
Zona de muestreo : Zona de contacto
Tipo Procedencia / Ubicación : Zona urbana
Normativa : D.S-Nº003- 2017-MINAM / OMS

UBICACIÓN

Distrito : Villa el Salvador
Provincia : Lima
Departamento : Lima


Coordenadas U.T.M.

Norte : 8651217
Este : 0286920
Altitud : 109 m.s.n.m
Zona : 18
Datum : WGS 84

Foto N° 01.- Estación de monitoreo S-1




ANEXO 3: Informes de Ensayo de Calidad del Aire.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE -103


INFORME DE ENSAYO N° 1902110H

Código de Laboratorio	1902110H-01	1902110H-02
Identificación de la Muestra	S - 1	S - 1
Descripción del Punto de Muestreo	En el techo de oficina administrativa colegio Perú -Italia	En el techo de oficina administrativa colegio Perú -Italia
Fecha y hora de muestreo	19-02-2019 (08:30)	20-02-2019 (07:00)
Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8651217 E: 0286920	N: 8651217 E: 0286920
Tipo de Matriz y/o Producto	AIRE	

Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados
Material Particulado PM _{2.5}	µg/m ³	10,02	1,00	43,46
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	µg/m ³	10,47	3,49	41,42

Notas:

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en sobre manilla (filtro) y frasco de vidrio ámbar (solución captadora).
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.
- ✓ (*) Método de ensayo no acreditado por el INACAL-DA.
- ✓ ¹ Ensayos realizados en la Sede de Ate-Lima ubicada en Calle Berna N° 100, Urb. Los Portales de Javier Prado 1ra Etapa, Ate-Lima.
- ✓ ² Ensayos realizados en la Sede de Villa el Salvador-Lima Ubicada en Asoc. Cruz de Motupe, Mz. B, Lote 4, Villa el Salvador-Lima.



Celso Roberto Cilliquimayo Arellano
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
CQP - 779

El informe de ensayo presentado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados presentados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
Calle Berna N° 100, Urb. "Los Portales de Javier Prado" Tera Etapa, Lima-03 / Telf. : 6776533 / 972733385, Correo: rlaboratoriol@gmail.com

Visitenos en www.rlabsac.com

Página 2 de 3

ANEXO 4: Cadena De Custodia

CADENA DE CUSTODIA		URGENTE	
		F-RTM-04 Revisión: 04 Fecha: 10-01-2019 Página 1 de 1	
DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN			
Cliente: Dr. ODOMOMAR SANCHEZ COYULO Dirección del Cliente: HZLVITB AA.HH. Presidencia de la República Villa el Salvador RUC: 1048746719 Teléfono: 976821995 Atención a: Dr. OMAR SANCHEZ COYULO Correo: victordavila3094@gmail.com	Nº Cadena de Custodia: 1902104 Nº Plan de Muestras: 1902021 Preservante:		
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO			
Usuario: R-LAB S.A.C. Muestreo realizado por: Victor Davila Amezquita Lugar de Muestreo: Colegio 7095 Peru-Italia - Sector 1-Supoz 1-Villa el Salvador Procedimiento del Muestreo: P-RTM-01 Contador de Campo: JEAN PIER SOTO JACINTO Teléfono: 98087502 Correo: jsoto_23@hotmail.com Contador R-LAB: ANTHONY GILMAY SERRANILLO Teléfono: 94308398 Correo: servicios@lab	Tipo de frasco / envase (2): ENVASE (B) SOLICITADO (B)		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA CÓDIGO DEL LABORATORIO: 1902104-01 FECHA DE MUESTREO (dd-mm-aa): 19/02/19 HORA DE MUESTREO (HH:MM): 08:30 TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1): H Nº DE ENVASES / FRASCOS CONSERV. (B): T ESTADO DE CONSERVACIÓN: P DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: BRINDIS (Agente) Bric de la Universidad	Ensayo: AIRE Tipo de frasco / envase (2):		
Duplicado: 1902104-02 Fecha de Muestreo: 19/02/19 Hora de Muestreo: 07:00 Tipo de Matriz y/o Producto: H Nº de Envases / Frascos Conserv. (B): P Estado de Conservación: P Descripción del Punto de Muestreo: BRINDIS (Agente) Bric de la Universidad	Ensayo: AIRE Tipo de frasco / envase (2):		
Blanco de Campo: 1902104-03 Fecha de Muestreo: 19/02/19 Hora de Muestreo: 08:30 Tipo de Matriz y/o Producto: H Nº de Envases / Frascos Conserv. (B): T Estado de Conservación: P Descripción del Punto de Muestreo: BRINDIS (Agente) Bric de la Universidad	Ensayo: AIRE Tipo de frasco / envase (2):		
OBSERVACIÓN: Se realizó trabajo de campo para el BRINDIS en el punto 5-1 (19/02/19). Se realizó sueldos para el NO. en punto 5-1. (20/02/19). Se realizó sueldos de encuestas en el punto 5-1. (20/02/19).			
Confección de Items de Envase: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> X		CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)	
Nombre: ODOMOMAR SANCHEZ COYULO Cargo: Asesor de Tesis Firma:		Nombre: ODOMOMAR SANCHEZ COYULO Cargo: Asesor de Tesis Firma:	
SOLO PARA SER LLENADO POR PERSONAL DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS			
Entregado por: Victor Davila Amezquita	Recibido por: Deydy Cortez Estrella	En buen estado: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
OBSERVACIONES:		Dentro del tiempo de conservación: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
		Correctamente preservadas: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
		CONFORME: <input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> NO CONFORME	

ANEXO 5: Certificados de calibración de equipos.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFG - 036 - 2018

Laboratorio de Flujo de Gases

Página 1 de 4

Expediente	98933	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	R-LAB S.A.C.	
Dirección	Calle Berna 100 Urb Poratales de Javier Prado 1era Etapa - Ate Vitarte	
Instrumento de Medición	MEDIDOR DE CAUDAL	
Marca	Cole Parmer	
Modelo	1 32457-40	
Procedencia	Estados Unidos	
Número de Serie	41101402 (*)	
Intervalo de Medición	0,04 L/min a 0,50 L/min	
Resolución del Dispositivo Visualizador	0,02 L/min	
Temp. de Referencia	NO INDICA (**)	
Fecha de Calibración	2018-02-08	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Flujo de Gases
 2018-02-08	 ALDO QUIROGA ROJAS Dirección de Metrología	 CARLOS OCHOA QUIQUIA Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 036 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación del error de indicación del medidor por el método de comparación, utilizando aire atmosférico como fluido de ensayo

Lugar de Calibración

Laboratorio de Flujo de Gases
Calle De La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	24,3 °C
Humedad Relativa	54,5 %
Presión Atmosférica	991,5 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Sistema de Desplazamiento Positivo (LFG 03 001) con incertidumbre de 0,21 %	Flujómetro Térmico con incertidumbres relativas de 0,01 L/min a 0,03 L/min	INACAL-DM/ LFG-038-2017

Observaciones

(*) No cuenta con número de serie. Presenta una etiqueta adherida al instrumento con identificación: 41101402.

(**) Para la calibración se considera que la escala del medidor de caudal está diseñada para las condiciones de referencia: $t = 20\text{ °C}$ y $p = 1\text{ atm}$.

Para la calibración se utilizó como fluido de ensayo aire seco.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 036 – 2018

Página 3 de 4

Resultados

Q [L/min]	E [L/min]	U [L/min]
0,04	0,01	0,01
0,20	-0,01	0,01
0,50	0,01	0,01

Q: Indicación de caudal del instrumento

E: Error encontrado

U: Incertidumbre expandida (k=2)

Las condiciones de operación del flujómetro fueron:

Presión absoluta en la entrada del medidor de caudal: 992 mbar a 993 mbar

Temperatura en el medidor de caudal: 24,2 °C a 24,5 °C

La resolución considerada para todas las indicaciones fue de 0,01 L/min.

El error máximo permitido típico para este instrumento es: $\pm 4\%$ del fondo de escala (0,02 L/min)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 036 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LH - 040 - 2018

Laboratorio de Higrometría

Página 1 de 4

Expediente	98761	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	R-LAB SAC	
Dirección	Berna 100 Urb Poratales de Javier Prado 1era Etapa - Ate Vitarte	
Instrumento de Medición	TERMOHIGROMETRO	
Indicación	DIGITAL	
Intervalo de Indicación	-40 °C a 65 °C ; 1 %hr a 100 %hr (*)	
Resolución	0,1 °C ; 1 %hr	
Marca	DAVIS INSTRUMENTS	
Modelo	6250NZ	
Procedencia	ESTADOS UNIDOS	
Número de Serie	MP170710023	
Fecha de Calibración	2018-02-27 al 2018-03-05	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Área de Electricidad y Termometría	Laboratorio de Higrometría
	 HENRY DIAZ CHONATE	 JOAN CALZADO
2018-03-05	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología
Laboratorio de Higrometría

Certificado de Calibración LH – 040 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Calibración por comparación empleando cámaras de humedad y temperatura ambientales con condiciones controladas

Lugar de Calibración

Condiciones Ambientales

Temperatura	22 °C ± 2 °C
Humedad Relativa	55 % ± 5 %

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología	Termohigrómetro con incertidumbre de 0,29 %hr a 1,33 %hr	LH-033-2018 Febrero 2018
	Termómetro Digital con incertidumbre de 0,013 °C a 0,019 °C	LT-024-2018 Enero 2018

Observaciones

(*) Dato tomado de su manual.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de la Dirección de Metrología - INACAL. Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Higrometría

Certificado de Calibración LH – 040 – 2018

Página 3 de 4

Resultados de Medición

PARA EL TERMÓMETRO EXTERNO

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	TEMPERATURA CONV. VERDADERA (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (°C)
14,9	14,95	0,05	0,24
21,9	22,04	0,14	0,21
29,9	30,04	0,14	0,18

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:
 $TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$

PARA EL HIGRÓMETRO EXTERNO

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%hr)	HUMEDAD RELATIVA CONV. VERDADERA (%hr)	CORRECCIÓN (%hr)	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (%hr)
36	30,0	-6,0	0,9
64	60,0	-4,0	1,2
91	90,0	-1,0	1,5

La humedad relativa convencionalmente verdadera (HCV) resulta de la relación:
 $HCV = \text{Indicación del higrómetro} + \text{corrección}$

(+) En este valor, el higrómetro del instrumento de medición tiene un error mayor al error máximo permitido, el cual es ± 4 %hr; según las especificaciones técnicas del fabricante.

Nota 1 - El tiempo mínimo de estabilización fue al menos de 30 minutos.

Nota 2 - El portasensores de la estación meteorológica tiene marca: **DAVIS INSTRUMENTS**, modelo: **6250NZ**, número de serie: **MP170710023** y procedencia: **ESTADOS UNIDOS**.

Nota 3 - El termómetro e higrómetro internos de la estación meteorológica no fueron calibrados.

Nota 4 - El medidor de punto de rocío de la estación meteorológica no fue calibrado.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Higrometría

Certificado de Calibración LH – 040 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - 088 - 2018

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	98761	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	R-LAB SAC	
Dirección	Berna 100 Urb Poratales de Javier Prado 1era Etapa - Ate Vitarte	
Instrumento de Medición	INSTRUMENTO DE MEDICION DE PRESION ABSOLUTA (BAROMETRO)	
Intervalo de Indicación	410 mmHg a 820 mmHg (547 hPa a 1 093 hPa) (*)	
Resolución	0,1 mmHg	
Marca	DAVIS INSTRUMENTS	
Modelo	6250NZ (**)	
Número de Serie	MP170710023 (**)	
Procedencia	USA (**)	
Fecha de Calibración	2018-02-19	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Fuerza y Presión
	 EDWIN FRANCISCO GUILLEN MESTAS	 LEONARDO DE LA CRUZ GARCIA
2018-02-19	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 088 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación del error de indicación del barómetro por el método de comparación

Lugar de Calibración

Laboratorio de Fuerza y Presión
Calle De la Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

	Inicio	Final
Temperatura	29,6 °C	20,1 °C
Humedad Relativa	60 %	59 %
Presión Atmosférica	991,7 mbar	992,2 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de Referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM)	Transductor de Presión Absoluta LFP 02 030 Incertidumbre : 0,04 mbar	INACAL/DM-161-2017 DE 2017-04-28

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM. Utilizar el pascal o sus múltiplos y submúltiplos como unidad de medida de presión dentro del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

(**) Dato dado en una etiqueta pegada al instrumento.

(*) Información declarada por el fabricante.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

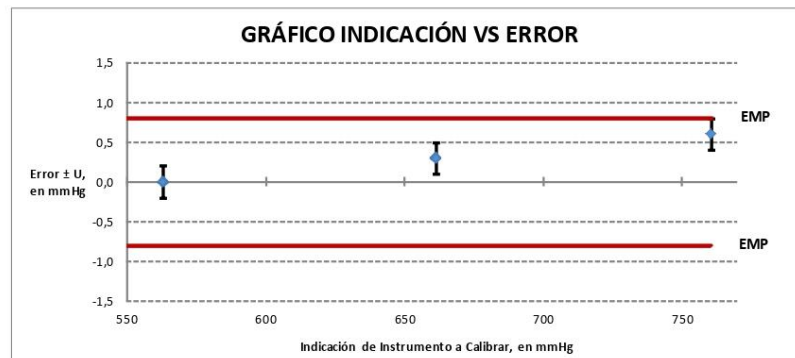
Certificado de Calibración LFP – 088 – 2018

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Indicación del Instrumento Patrón		Indicación Barómetro a Calibrar	Error	Incertidumbre	Error Máximo Permitido (*)
(hPa)	(mmHg)				
750,6	563,0	563,0	0,0	0,2	0,8
881,2	661,0	661,3	0,3	0,2	0,8
1 013,3	760,0	760,6	0,6	0,2	0,8

(*) Información tomada de su manual.



Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 088 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.





El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

	VERIFICACIÓN DEL MUESTREADOR DE PARTICULAS DE ALTO VOLUMEN "HI VOL" (PM10, PM2.5 y PTS)		F - RTM - 28				
			Revisión: 01				
			Fecha: 12-09-2017				
			Página 1 de 1				
N° de Certificado de Verificación : 1901001		N° de Orden de trabajo : --					
Detalle de la Verificación		Características del Patron Verificador					
Lugar	: R-LAB S.A.C	Marca	: TISCH ENVIROMENTAL				
Fecha (D-M-A)	: 04-Ene-19	Modelo	: TE - 5028A				
Responsable de la Verificación	: Deysy Cortez Arauco	Serie	: 438320,00				
Marca, Modelo y Código del Muestreador	: Thermo Scientific, Hi Vo 41108104	Código	: 41108301				
Serie del Equipo Muestreador	: P7840X	Pendiente (m)	: 0,99181				
Marca, Modelo y Código de Manómetro(s)	: Dwyer, Mark III, 41101301	Intercepto (b)	: -0,01319				
Condiciones Ambientales del lugar donde se realizo la Verificación							
Temperatura - Ta (°C)	: 26,4	Humedad Relativa (%)	: 60,0				
Temperatura - Ta (K)	: 299,6	Presión-Pa (mmHg)	: 732,6				
Datos de la Verificación							
Corrida Número	Caida de Presión para el Orificio Verificador (ΔH)	Caudal real para el Orificio Verificador (Qa)	Caida de Presión para el Muestreador Hi Vol (P _i)	Caida de Presión para el Muestreador Hi Vol (P _f)	Razón de Presión	Caudal de Tabla (Qt: "Ta y P _o /P _a ")	% de Diferencia (Qa y Qt)
	"H2O	m ³ /min	"H2O	mmHg	Pa/Pa	m ³ /min	
1	3,55	1,228	8,45	15,782	0,978	1,195	-2,71
2	3,47	1,214	11,05	20,638	0,972	1,188	-2,20
3	3,38	1,199	14,72	27,492	0,962	1,175	-2,00
4	3,30	1,184	17,51	32,703	0,955	1,166	-1,60
5	3,21	1,168	20,47	38,231	0,948	1,157	-1,01
Expresión de Cálculos				COPIA CONTROLADA 08			
I.- Caudal Real del Verificador (Qa):		Donde:					
$Qa = \frac{\left[\left(\Delta H * \frac{Ta}{Pa} \right)^{1/2} - b \right]}{m}$		Qa= Caudal actual o real (m ³ /min)					
		ΔH= Caída de Presión para el orificio Verificador ("H2O)					
		Ta= Temperatura ambiente (K)					
		Pa= Presión atmosférica (mmHg)					
		b,m= Constantes de la curva del verificador (Intercepto y pendiente respectivamente)					
II.- Razón de Presión (Po/Pa):		Donde:					
$\frac{Po}{Pa} = 1 - \frac{Pf}{Pa}$		Pf= Caída de Presión del Muestreador Hi Vol (mmHg)					
		Pa= Presión atmosférica (mmHg)					
III.- % de Diferencia:		Donde:					
$\% Diff = \frac{(Qt - Qa)}{Qa} * 100$		Qa= Caudal actual o real (m ³ /min)					
		Qt= Caudal de tabla correspondiente al Muestreador Hi Vol (m ³ /min)					
Notas:							
→ Los resultados del presente documento son validos unicamente para el equipo verificado.				V° B° del Jefe de RTM:			
→ El método de referencia establece que los flujos deben tener un % de diferencia máximo de +/- 4%.							
→ El equipo se encuentra en buen estado y cumple con las tolerancias establecidas.							
Realizado por:				Revisado por:			
							
Manuel Andre Basha Magaña JEFE DE RECEPCIÓN Y TOMA DE MUESTRAS				Jony Luis Spench S. Barardo Jefe de RTM CIP 84001 Gerente General, seguridad y de calidad			



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - 224 - 2018

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	99431	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metroológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	R-LAB SAC	
Dirección	Cal. Berna 100 Urb. Portales de Javier Prado 1era Etapa - Ate Vitarte	
Instrumento de Medición	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN DIFERENCIAL	
Intervalo de Indicación	0 kPa a 40 inH₂O (0 Pa a 9 964 Pa)	
Resolución	0,01 inH₂O	
Clase de Exactitud	0,5 %FS (*)	
Posición de Trabajo	HORIZONTAL	
Marca	DWYER INSTRUMENTS	
Modelo	475-2-FM	
Número de Serie	41101802 (**)	
Procedencia	USA	
Fecha de Calibración	2018-05-25	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

	Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Fuerza y Presión
	2018-05-25	 ALDO QUIROGA ROJAS	 LEONARDO DE LA CRUZ GARCIA
		Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 224 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación del error de indicación del manómetro por el método de comparación utilizando como patrón de referencia un manómetro de columna líquida

Lugar de Calibración

Laboratorio de Fuerza y Presión
Calle De la Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	19,9°C
Humedad Relativa	58%
Presión Atmosférica	994mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de Referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM)	Manómetro de Columna Líquida LFP 04 114 Clase 0,01	INACAL/DM-LFP-360-2017 DE 2017-10-31
Patrón de Referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM)	Balanza de Presión LFP 01 005 Clase 0,005	INACAL/DM-LFP-212-2016 DE 2016-05-16

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM. Utilizar el pascal o sus múltiplos y submúltiplos como unidad de medida de presión dentro del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

(*) Información tomada de su manual.

(**) Identificación pegada al instrumento.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 224 – 2018

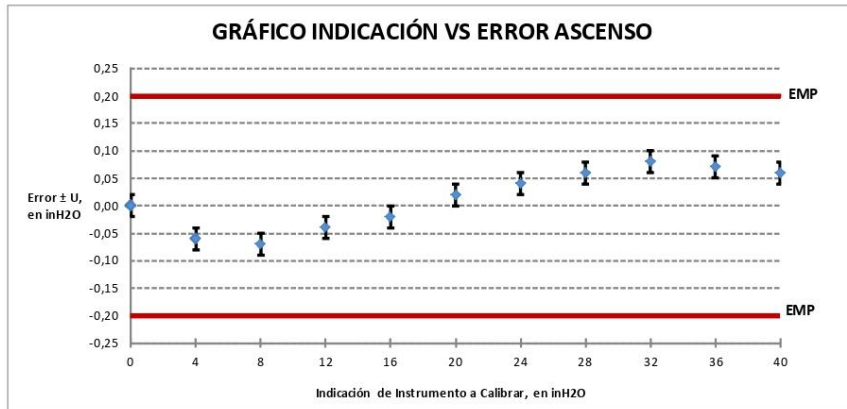
Página 3 de 4

Resultados de Medición

INDICACION MANOMETRO A CALIBRAR (inH2O)	INDICACION MANOMETRO PATRON		ERROR			INCERTIDUMBRE (inH2O)
	ASCENSO (inH2O)	DESCENSO (inH2O)	DE INDICACION		DE HISTERESIS (inH2O)	
			ASCENSO (inH2O)	DESCENSO (inH2O)		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
4,00	4,06	4,07	- 0,06	- 0,07	- 0,01	0,02
8,00	8,07	8,08	- 0,07	- 0,08	- 0,01	0,02
12,00	12,04	12,06	- 0,04	- 0,06	- 0,02	0,02
16,00	16,02	16,04	- 0,02	- 0,04	- 0,02	0,02
20,00	19,98	19,98	0,02	0,02	0,00	0,02
24,00	23,96	23,96	0,04	0,04	0,00	0,02
28,00	27,94	27,94	0,06	0,06	0,00	0,02
32,00	31,92	31,94	0,08	0,06	- 0,02	0,02
36,00	35,93	35,93	0,07	0,07	0,00	0,02
40,00	39,94	39,94	0,06	0,06	0,00	0,02

MAXIMO ERROR ABSOLUTO DE INDICACION:	0,08 inH2O
MAXIMO ERROR ABSOLUTO DE HISTERESIS:	0,02 inH2O

El error máximo permitido para manómetros de alcance de indicación de 0 inH2O a 40 inH2O de clase de exactitud 0,5 %FS es de $\pm 0,2$ inH2O



Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 224 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.