

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“DETERMINACIÓN DEL SULFURO DE HIDRÓGENO Y VARIABLES  
METEOROLÓGICAS EN EL AA. HH. EL MILAGRO DEL DISTRITO DE  
INDEPENDENCIA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**PANDO CALDERÓN, ANDRÉS ENRIQUE**

**Villa El Salvador**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres quienes me apoyaron y me siguen apoyando en las metas que me propongo.

A mis maestros, los cuales que con sus conocimientos me forjaron como profesional y lograron motivarme para especializarme en el tema ambiental.

Y a mis amistades, que me apoyaron con la ejecución de mi proyecto de investigación.

Andrés Enrique Pando Calderón

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres y a mi abuelo por el apoyo económico que hizo posible la ejecución de mi proyecto.

También agradecer a mi centro de trabajo en el cual cada día aprendo más sobre estudios y muestreos ambientales, la facilidad de realizar un muestreo ambiental con sus equipos, esto me ayudo a culminar el proyecto.

Agradezco a mi asesor de tesis el Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes, por la orientación, esfuerzo y dedicación.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO .....</b>	<b>10</b>
1.1. Descripción de la Realidad Problemática .....	10
1.2. Justificación del Problema .....	11
1.3. Delimitación del proyecto .....	11
1.3.1. Teórica.....	11
1.3.2. Temporal.....	11
1.3.3. Espacial.....	12
1.4. Formulación del Problema.....	13
1.4.1. Problema General.....	13
1.4.2. Problemas Específicos .....	13
1.5. Objetivos .....	14
1.5.1. Objetivo General.....	14
1.5.2. Objetivos Específicos.....	14
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1. Antecedentes .....	15
2.1.1. Antecedentes Nacionales .....	15
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	17
2.2. Bases Teóricas.....	18
2.2.1. Protocolo de monitoreo de calidad de aire – DIGESA.....	22
2.2.2. Sulfuro de hidrógeno.....	23
2.2.2.1. Propiedades .....	23
2.2.2.2. Efectos sobre la salud.....	24
2.2.3. Metano.....	25
2.2.3.1. Propiedades .....	25
2.2.3.2. Efectos sobre la salud.....	26

2.2.4. Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI) .....	27
2.2.4.1. Reactor Anaerobio de flujo ascendente (UASB).....	28
2.2.4.2. Cobertura vegetal.....	29
2.2.5. Bacterias quimioautótrofas .....	30
2.3. Marco Conceptual .....	32
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA .....</b>	<b>36</b>
3.1. Modelo de solución propuesto.....	36
3.1.1. Muestreo de gases atmosféricos usando un tren de muestreo.....	36
3.1.2. Parámetros meteorológicos.....	38
3.1.3. Ubicación de las estaciones de muestreo.....	39
3.1.4. Calidad de aire.....	43
3.2. Resultados .....	50
<b>DISCUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema general de un reactor UASB. ....	29
<b>Figura 2.</b> Tren de muestreo .....	37
<b>Figura 3.</b> Rotámetro .....	38
<b>Figura 4.</b> Ubicación de las estaciones de muestreo.....	40
<b>Figura 5.</b> Estación de muestreo AI-1.....	41
<b>Figura 6.</b> Estación de muestreo AI-2.....	41
<b>Figura 7.</b> Estación de muestreo AI-3.....	42
<b>Figura 8.</b> Estación meteorológica EM. ....	42
<b>Figura 9.</b> Reactor UASB del CITRAR UNI. ....	44
<b>Figura 10.</b> Comparación de los resultados en caso sobrepasen el D.S. N° 003-2017-MINAM. ....	54
<b>Figura 11.</b> Esquema general de una torre de lavado. ....	55
<b>Figura 12.</b> Construcción de una torre de lavado. ....	55
<b>Figura 13.</b> Reacciones generadas por bacterias quimioautótrofas. ....	56
<b>Figura 14.</b> Fuentes de energía para quimioautótrofos representativos. ....	56
<b>Figura 15.</b> Reacciones involucradas con las bacterias quimioautótrofas. ....	57
<b>Figura 16.</b> Thiobacillus thioparus. ....	57
<b>Figura 17.</b> Thiobacillus denitrificans.....	57
<b>Figura 18.</b> Thiobacillus ferrooxidans. ....	57
<b>Figura 19.</b> Comparación de los resultados con el D.S. N° 003-2017-MINAM. ....	59
<b>Figura 20.</b> Variación de la Temperatura durante el periodo de muestreo. ....	60
<b>Figura 21.</b> Variación de la Humedad relativa durante el periodo de muestreo. ....	60
<b>Figura 22.</b> Variación de la presión atmosférica durante el periodo de muestreo.....	61
<b>Figura 23.</b> Variación de la velocidad del viento durante el periodo de muestreo.....	61
<b>Figura 24.</b> Rosa de viento durante el periodo de muestreo.....	62
<b>Figura 25.</b> Representación geográfica de la rosa de viento desde las 12 pm del día 06/03/2019 por 24 horas.....	62
<b>Figura 26:</b> Estación de muestreo AI-1. ....	89
<b>Figura 27:</b> Estación de muestreo AI-2. ....	90
<b>Figura 28:</b> Estación de muestreo AI-3. ....	91
<b>Figura 29:</b> Estación de muestreo EM.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estándares de calidad ambiental para aire D.S. N° 003-2017-MINAM..	21
<b>Tabla 2.</b> Efectos a la salud por exposición a sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S). .....	24
<b>Tabla 3.</b> Efectos a la salud por el desplazamiento del oxígeno a causa del metano (CH <sub>4</sub> ). .....	26
<b>Tabla 4.</b> Características generales de tres especies de Thiobacillus.....	32
<b>Tabla 5.</b> Método de análisis de parámetros meteorológicos.....	39
<b>Tabla 6.</b> Coordenadas de ubicación de las estaciones de muestreo de calidad aire y estación meteorológica.....	40
<b>Tabla 7.</b> Principales fuentes de contaminación al interior del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI.....	43
<b>Tabla 8.</b> Principales contaminantes del aire según la fuente identificada .....	44
<b>Tabla 9.</b> Método de análisis de parámetros meteorológicos.....	48
<b>Tabla 10.</b> Método de análisis de H <sub>2</sub> S.....	49
<b>Tabla 11.</b> Resultados del muestreo de calidad de aire. ....	50
<b>Tabla 12.</b> Resultados de la estación meteorológica EM. ....	51
<b>Tabla 13.</b> Resultados del muestreo de Calidad de Aire comparado con el D.S. N° 003-2017-MINAM. ....	58

## INTRODUCCIÓN

La generación de gases odorantes está considerada como una forma específica de contaminación atmosférica. Los tipos de contaminantes que provocan problemas de olores y que emiten las plantas de tratamiento de agua residual son de índole muy diverso, tratándose fundamentalmente de compuestos volátiles ya sean orgánicos o inorgánicos. Uno de los compuestos más comunes y que mayores problemas causa es el sulfuro de hidrógeno, por tratarse de un gas corrosivo, olor desagradable a huevos podridos y con un límite de detección excesivamente bajo, el cuál causa quejas de la población aledaña a la planta de tratamiento. La principal fuente de emisión de sulfuro de hidrógeno en las plantas de tratamiento de aguas residuales es la zona anaeróbica. (Muñoz, 2007).

En el caso del gas sulfuro de hidrógeno la forma de medición es a través de un sistema dinámico de tren de muestreo el cuál absorbe aire de la atmosfera y captura el sulfuro de hidrogeno en una solución captadora la cuál es analizada en un laboratorio de ensayo acreditado ante INACAL.

La presente investigación proporciona información de las concentraciones de sulfuro de hidrógeno y variables meteorológicas en los AA.HH. El Milagro del distrito de Independencia, que es afectado por las emisiones del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente - RAFA / UASB (Upflow anaerobic Sludge Bed) del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI, comparándolos con la normativa nacional vigente en calidad de aire

y así mismo propone medidas de control en caso se supere los estándares de calidad de aire.

## **CAPÍTULO I: PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO**

### **1.1. Descripción de la Realidad Problemática**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas sean de tipo aerobio o anaerobio susceptibles a generar gases odorantes como el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) que ha elevadas concentraciones puede causar efectos nocivos contra la salud ambiental y ocupacional (población aledaña, trabajadores, tesisistas y practicantes); por lo cual en el presente trabajo se desarrollará la determinación del sulfuro de hidrogeno y variables meteorológicas, este gas es un subproducto del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente - RAFA / UASB (Upflow anaerobic Sludge Bed) del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI, el cual ya venció su vida útil de 20 años y actualmente tiene grietas en su infraestructura por lo que genera escape de gases.

## **1.2. Justificación del Problema**

Considerando la ubicación del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI, en el cual se encuentra un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente - RAFA / UASB el cual tiene como subproducto el sulfuro de hidrógeno y a la escasa información sobre las concentraciones de sulfuro de hidrógeno en el aire, impulsa el desarrollo de este trabajo de investigación.

Mediante el muestreo de sulfuro de hidrógeno y parámetros meteorológicos, se determinará la predominancia del viento y saber la zona del asentamiento humano El Milagro más afectada por las emisiones del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente - RAFA / UASB.

## **1.3. Delimitación del proyecto**

### **1.3.1. Teórica**

El estudio realizado tiene como finalidad, la determinación de sulfuro de hidrógeno y variables meteorológicas en el AA.HH. El Milagro del distrito de Independencia.

### **1.3.2. Temporal**

El muestreo de sulfuro de hidrógeno y variables meteorológicas realizó los días 06 y 07 del mes de marzo del 2019. Se hizo la toma de muestra por 24 horas desde las 12:00 pm.

### **1.3.3. Espacial**

La determinación de sulfuro de hidrógeno y variables meteorológicas ha sido desarrollada en los límites del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI y el asentamiento humano El Milagro.

El Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI, se encuentra localizado en la Av. Tupac Amaru S/N Rímac, Puerta N° 7 de la Universidad Nacional de Ingeniería, Rímac. Tiene una localización geográfica de E: 0276753, N: 8671369 y una altitud de 113 m.s.n.m.

Mientras que el asentamiento humano El Milagro se ubica aledaño al CITRAR UNI, distrito de Independencia a lo largo del Jr. Señor de Los Milagros.

## **1.4. Formulación del Problema**

### **1.4.1. Problema General**

¿De qué manera la concentración de sulfuro de hidrógeno emitido por el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente del CITRAR UNI, y la influencia de las variables meteorológicas afecta la calidad del aire en el asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia?

### **1.4.2. Problemas Específicos**

¿De qué manera la concentración de sulfuro de hidrógeno, emitido por el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente del CITRAR UNI afecta la calidad del aire en el asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia?

¿De qué manera las variables meteorológicas afectan la calidad del aire en el asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia?

¿De qué manera las medidas de control afectan a la calidad del aire en caso la concentración de sulfuro de hidrógeno sobrepase los estándares de calidad de aire y evita el deterioro de la salud de los trabajadores y población del asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar la concentración de sulfuro de hidrógeno emitido por el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente del CITRAR UNI en el asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia, y variables meteorológicas.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Determinar la concentración de sulfuro de hidrógeno en el asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia.

Determinar las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad del viento y dirección del viento) del asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia.

Elaborar medidas de control en caso la concentración de sulfuro de hidrógeno sobrepase los estándares de calidad de aire y evitar el deterioro de la salud de los trabajadores y población del asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

(Valverde, 2015). “En su estudio de la calidad del aire afectada por la actividad industrial en la urb. Primavera – distrito del Agustino, se realizó la medición de contaminantes presentes en la atmósfera en la av. Plácido Jiménez y en la población de la urb. Primavera del distrito de El Agustino., la muestra fue tomada en el Parque Dinosaurio en el cuál la dirección y velocidad del viento hacen confluir los contaminantes emanados por las empresas Fundición MEPSA, Concretera UNICON y Papelera GLORIA. El muestreo se realizó durante los días 19 y 20 de febrero del 2015 durante 24 horas. La medición se realizó a las 14:00 horas. Para la determinación de

sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), se utilizó el método colorimétrico de azul de metileno Jacob (Solución de hidróxido de cadmio).

Los resultados obtenidos para la velocidad promedio del viento fue de 4,94 m/s, la concentración de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) fue de 0,0001  $\mu g/m^3$ , no sobrepasó los estándares de calidad de aire”.

(Eco-Mapping S.A.C., 2017). “En su informe de monitoreo ambiental de la Planta Santa Clara de la empresa Ilender Perú S.A. dedicada a la producción y comercialización de productos farmacéuticos pecuarios, con el fin de cumplir con sus compromisos ambientales establecido en su plan de manejo ambiental, se realizó el monitoreo de calidad de aire de material particulado, gases y condiciones meteorológicas, la ubicación de la estaciones fueron a barlovento y sotavento, obteniendo como resultados de las condiciones meteorológicas una velocidad promedio de 4,39 m/s, temperatura promedio de 25,33 °C, humedad relativa promedio de 73%, presión atmosférica de 1010 mbar y una dirección de viento predominante del Suroeste. Y como resultados para la calidad del aire una concentración sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) fue de <2,10  $\mu g/m^3$ , no sobrepasó los estándares de calidad de aire”.

(Environmental Hygiene & Safety, 2017). “En su informe de monitoreo ambiental de la Planta Industrial de la empresa Creditex S.A.A., se realizó el monitoreo de la calidad de gases y condiciones

meteorológicas, las ubicaciones de las estaciones fueron a barlovento y sotavento, obteniendo como resultados de las condiciones meteorológicas una velocidad promedio de 4,10 m/s, temperatura promedio de 15,4 °C, humedad relativa promedio de 87,8% y una dirección de viento predominante del Suroeste. Y como resultados para la calidad del aire una concentración de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) fue de 11 µg/m<sup>3</sup> y 19 µg/m<sup>3</sup>, para barlovento y sotavento respectivamente, estando dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire D.S. N° 003-2017-MINAM”.

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

(Mendoza & Alea Poveda, 2010) “En su informe de resultados y análisis del monitoreo de olores en la PTAR El Salitre, se describe los resultados de evaluaciones ambientales de sulfuro de hidrógeno (o ácido sulfhídrico en medio acuoso), en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Salitre para la línea base ambiental de la ampliación, la cual se realizó por el método colorimétrico de azul de metileno, las mediciones se realizaron entre los días 02 y 13 de abril entre las 9:00 am y las 7:00 pm para las estaciones uno (1), dos (2) y tres (3).

Considerando lo anterior, la media aritmética de H<sub>2</sub>S obtenida durante los días 02 y 13 de abril en la estación uno (1) fue de 9,8 µg/m<sup>3</sup> con valor máximo de 16,4 µg/m<sup>3</sup> reportado el día 02 de abril y un mínimo de 2,9 µg/m<sup>3</sup> reportado el día 07 de abril.

La media aritmética de H<sub>2</sub>S obtenida durante los días 02 y 13 de abril en la estación dos (2) fue de 13,1 µg/m<sup>3</sup> con valor máximo de 24,7 µg/m<sup>3</sup> reportado el día 02 de abril y un mínimo de 2,8 µg/m<sup>3</sup> reportado el día 11 de abril.

La media aritmética de H<sub>2</sub>S obtenida durante los días 02 y 13 de abril en la estación tres (3) fue de 12,3 µg/m<sup>3</sup> con valor máximo de 18,8 µg/m<sup>3</sup> reportado el día 06 de abril y un mínimo de 8,0 µg/m<sup>3</sup> obtenido el día 07 de abril.

En general, las concentraciones de H<sub>2</sub>S muestran magnitudes superiores frente a los límites de olores (7 µg/m<sup>3</sup>) establecidos por la Resolución 610 de 2010 del MAVDT”.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **Base Legal**

#### **“Constitución Política del Perú”, 1993**

Establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (Art. 2 inc. 22). Señala, asimismo, que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y áreas naturales protegidas y el desarrollo de la Amazonía.

#### **D. L. 635: “Código Penal”, 08/04/1991**

El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado constituye también un bien jurídico tutelado, cuya infracción reviste carácter penal. El Código dedica un capítulo a los “delitos ecológicos” y establece una serie de figuras delictuales.

Así, el art. 304 establece responsabilidad criminal para aquel que, violando las normas de protección ambiental, contamina el ambiente introduciendo residuos Sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna o en los recursos hidrobiológicos.

### **Ley General del Ambiente, (Ley N° 28611 del 13-10-2005)**

#### **TÍTULO PRELIMINAR: DERECHOS Y PRINCIPIOS**

##### **Artículo I.- Del derecho y deber fundamental**

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Toda persona está obligada a proporcionar adecuada y oportunamente a las autoridades la información que éstas requieran para una efectiva gestión ambiental, conforme a Ley.

## **Artículo VI. - Del principio de prevención**

La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan.

## **Artículo VII.- Del principio precautorio**

Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza absoluta no debe utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces y eficientes para impedir la degradación del ambiente.

## **Artículo IX.- Del principio de responsabilidad ambiental**

El causante de la degradación del ambiente y de sus componentes, sea una persona natural o jurídica, pública o privada, está obligado a adoptar inexcusablemente las medidas para su restauración, rehabilitación o reparación según corresponda o, cuando lo anterior no fuera posible, a compensar en términos ambientales los daños generados, sin perjuicio de otras responsabilidades administrativas, civiles o penales a que hubiera lugar.

## **D. S. Nº 003-2017- MINAM. Aprueban el Reglamento de Estándares de Calidad de Aire**

Mediante la presente norma aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo. Asimismo, esta norma dispone la derogatoria

del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1.**

*Estándares de calidad ambiental para aire D.S. N° 003-2017-MINAM*

<b>Parámetros</b>	<b>Período</b>	<b>Valor [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Método de análisis <sup>[1]</sup></b>
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) <sup>[2]</sup>	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o

				Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
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	
Ozono (O3)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM10	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

[1] o método equivalente aprobado.

[2] El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

**Fuente:** Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

### 2.2.1. Protocolo de monitoreo de calidad de aire – DIGESA

Es el primer protocolo de monitoreo de la calidad del aire denominado “Monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos” que la DIGESA ha elaborado para la estandarización y el aseguramiento de la calidad del que se realicen en el país. Este

protocolo incluye información para la instalación y operación de sistemas de monitoreo de calidad del aire, así como el manejo de los datos una vez colectados. El propósito de este protocolo es ser una herramienta para el aseguramiento de la calidad para la operación y tratamiento de los datos generados, a disposición de los operadores de redes de monitoreo de la calidad del aire, de modo que asegure que el monitoreo se realice correctamente, sea consistente, eficiente y genere la información necesaria con el mínimo de recursos. (DIGESA, 2005)

## **2.2.2. Sulfuro de hidrógeno**

### **2.2.2.1. Propiedades**

El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro, inflamable y extremadamente peligroso con olor a "huevo podrido". Ocurre de forma natural en petróleo crudo y gas natural, y puede ser producido por la descomposición de materia orgánica y desechos humanos/animales (por ejemplo, aguas negras). Es más pesado que el aire y puede acumularse en áreas bajas y cerradas, pobremente ventiladas, como sótanos, bocas de registros, bóvedas subterráneas para líneas de alcantarillado y teléfonos/eléctricas. (OSHA, 2007).

### 2.2.2.2. Efectos sobre la salud

Los efectos sobre la salud varían dependiendo de cuánto tiempo y a qué nivel usted está expuesto. Las personas asmáticas pueden estar en mayor riesgo. (OSHA, 2007)

**Concentraciones bajas** - Irritación de ojos, nariz, garganta o sistema respiratorio; los efectos pueden tardar en aparecer.

**Concentraciones moderadas** - Efectos más severos en los ojos y la respiración, dolor de cabeza, mareos, náusea, tos, vómitos y dificultad al respirar.

**Concentraciones altas** - Estado de shock, convulsiones, incapacidad para respirar, coma, muerte; los efectos pueden ser extremadamente rápidos (en pocos respiros).

#### Tabla 2.

*Efectos a la salud por exposición a sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).*

Límite de exposición (ppm)	Efectos a la salud
0,008-0,2	Umbral respiratorio- se detecta olor a huevo podrido
20	Olor a fuga de gas Tolerancia durante algunas horas sin daño
20-50	Irritación ocular

50	Exposición prolongada puede causar faringitis o bronquitis
60	Exposición prolongada puede causar conjuntivitis y dolor de ojos
150+	Irritación del tracto respiratorio superior Sensación de pérdida del olfato
250	Edema pulmonar con riesgo de muerte
500	Muy peligroso, se debe evacuar mucho antes de llegar a este nivel
1000	Pérdida de conciencia
1000-2000	Intoxicación aguda: los síntomas incluyen respiración agitada, angustia, náusea y vómito. Puede ser rápidamente seguido de pérdida de conciencia, coma y paro respiratorio
2000+	Pérdida inmediata de conciencia y alta probabilidad de muerte

---

**Fuente:** (IVHHN, 2019)

### 2.2.3. Metano

#### 2.2.3.1. Propiedades

El metano es un gas incoloro e inodoro o un líquido bajo presión se utiliza como fuente de luz y combustible, y es el principal gas del gas natural. También se utiliza en la elaboración de muchas sustancias químicas, tales como

acetileno y metanol. (New Jersey Department of Health, 2012)

### 2.2.3.2. Efectos sobre la salud

La exposición a elevadas concentraciones puede causar asfixia por desplazamiento de oxígeno; se manifiestan síntomas como pérdida del conocimiento y de la movilidad; a bajas concentraciones puede causar narcosis, vértigos, dolor de la cabeza, náuseas y pérdida de coordinación. (New Jersey Department of Health, 2012)

**Tabla 3.**

*Efectos a la salud por el desplazamiento del oxígeno a causa del metano (CH<sub>4</sub>).*

<b>Concentración de oxígeno</b>	<b>Efectos a la salud</b>
12 – 16 %	Aumenta el ritmo de la respiración y el pulso. Disturbios leves en la coordinación muscular
10 – 14 %	Trastorno emocional, fatiga, respiración interrumpida.
6 – 10 %	Nausea y vómito, colapso y pérdida de la conciencia.
Por debajo del 6 %	Movimientos convulsivos, posible colapso respiratorio y muerte

**Fuente:** (New Jersey Department of Health, 2012)

#### **2.2.4. Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI)**

El Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI) se inicia en el año 2011 lo que hasta entonces era la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNITRAR), que entro en funcionamiento en enero de 1996. CITRAR-UNI tiene el propósito de propiciar la investigación científica, con tendencia a buscar alternativas técnicas de solución de bajo costo a la problemática del tratamiento, disposición y reúso inadecuado de las aguas residuales y residuos peligrosos en el Perú. (Facultad de Ingeniería Ambiental - UNI, 2019).

CITRAR-UNI tiene una capacidad de tratamiento máximo de 10 litros por segundo, este caudal es captado de la red de alcantarillado de SEDAPAL, provenientes de los asentamientos humanos El Ángel y El Milagro del distrito de Independencia. (Facultad de Ingeniería Ambiental - UNI, 2019)

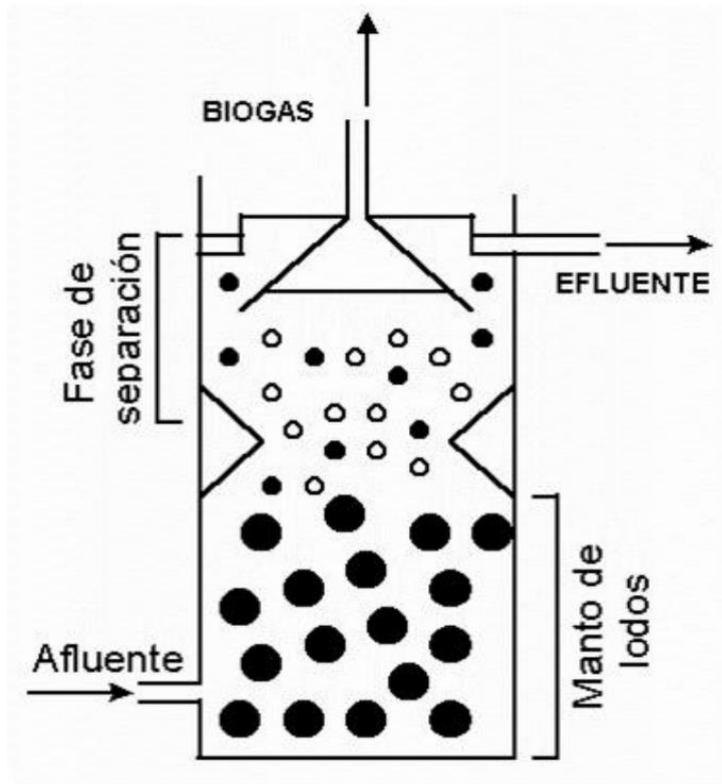
CITRAR-UNI combina dentro de su Planta, procesos de tratamiento anaerobio, conformado por el reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente – RAFA / UASB (Upflow anaerobic Sludge Bed); y procesos de tratamiento facultativo (aerobio y anaerobio), conformado por 02 Lagunas de Estabilización facultativas. Generando un efluente apto para ser utilizado en Acuicultura y en el

Riego de Áreas verdes en cualquier época del año. (Facultad de Ingeniería Ambiental - UNI, 2019)

#### **2.2.4.1. Reactor Anaerobio de flujo ascendente (UASB)**

La abreviación UASB, se define como Upflow Anaerobic Sludge Blankett o Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente. Esta tecnología proveniente de Bélgica y Holanda, es aplicada especialmente al tratamiento de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica. ( Márquez Vázquez & Martínez González, 2011)

El reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodo describe un reactor de biopelícula fija sin medio de empaque o soporte, con una cámara de digestión que tiene flujo ascendente y a cierta altura se desarrolla un manto de lodos anaerobios que es altamente activa y en el cual se da la estabilización de la materia orgánica del afluente hasta  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ . ( Márquez Vázquez & Martínez González, 2011)



**Fuente:** ( Márquez Vázquez & Martínez González, 2011)

**Figura 1.** Esquema general de un reactor UASB.

#### 2.2.4.2. Cobertura vegetal

El Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI) cuenta con una cobertura vegetal de 7500 m<sup>2</sup> de palmeras hacia donde se dirige el viento (de SSW hacia NNE), el cual dispersa el sulfuro de hidrógeno emitido como subproducto del Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente.

### 2.2.5. Bacterias quimioautótrofas

Los organismos quimioautótrofos utilizan electrones derivados de compuestos inorgánicos reducidos como fuente de energía y CO<sub>2</sub> como fuente principal de carbono. Las fuentes inorgánicas de energía de estos organismos comprenden el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), el azufre elemental (S), el amoníaco (NH<sub>3</sub>), los iones de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), el hidrógeno gaseoso (H<sub>2</sub>), el ion ferroso (Fe<sup>2+</sup>). (Tortora, Funke, & Case, 2007)

#### El género *Thiobacillus*

Los miembros del género *Thiobacillus* son Gram negativos, no esporulantes miden de 0,5 a 0,001 μ, son polarmente flageladas excepto *T. novellus*. Todos los miembros de este género usan compuestos reducidos de azufre como donadores de electrones y CO<sub>2</sub> como fuente de carbón.

***Thiobacillus thioparus***. Es una bacteria estrictamente aeróbica, la cual crece rápidamente en un medio mineral conteniendo tiosulfato y frecuentemente deposita grandes cantidades de azufre molecular. Estos depósitos de azufre molecular son especialmente comunes sobre placas de agar y dan a las colonias una apariencia como de leche blanca a amarillo canario. Algunas razas, particularmente aquéllas aisladas de aguas producen una mucosa pegajosa sucia, en la cual la bacteria esta embebida y por esto, tiene la apariencia de inmóvil. Masas concentradas de *T. thioparus* aparecen con un color

anaranjado brillante a un rojo, como resultado de su alto contenido de citocromo C. La diferencia del espectro de este citocromo muestra la máxima absorción a 420, 522 y 552 nm. El organismo crece más rápidamente a pH cercano a 7, y a temperaturas de 30 °C.

***Thiobacillus denitrificans***. Está muy relacionada a *T. thioparus*, difiere de esta última, solo en su habilidad para usar nitratos como un aceptor de electrones en la respiración terminal bajo condiciones anaeróbicas. *T. denitrificans* es un autótrofo obligado; como otras bacterias denitrificantes puede crecer bajo aire en la ausencia del nitrato, pero pierde rápidamente su habilidad denitrificadora en cultivo aeróbico. Cultivada aeróbicamente no se puede distinguir de *T. Thioparus*.

***Thiobacillus ferrooxidans***. Es una bacteria que oxida azufre y fue asignada a este género debido a que, es un autótrofo obligado; puede usar tiosulfato como donador de electrones y es morfológicamente a *T. thioparus*. Aunque *ferrooxidans* es favorecido en el mismo rango de pH que *T. thioparus*, puede ser diferenciado de éste, por su habilidad para oxidar a azufre elemental rápidamente. *T. ferrooxidans* difiere de todos los demás *Thiobacillus* conocidos por su habilidad, (de la cual deriva su nombre) para usar  $Fe^{2+}$  en lugar de tiosulfato como donador de electrones. (Fuentes, 1997)

**Tabla 4.***Características generales de tres especies de Thiobacillus.*

<b>Característica</b>	<b><i>Thiobacillus denitrificans</i></b>	<b><i>Thiobacillus thioparus</i></b>	<b><i>Thiobacillus ferroxidans</i></b>
Temperatura optima °C	28 a 32	25 a 30	30 a 35
pH optimo	6 a 8	6 a 8	1,5 a 4
Aerobiosis	Anaeróbico facultativo	Aeróbico	Aeróbico
Donador de electrones	H <sub>2</sub> S, S° y S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> S, S° y S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	S° y Fe <sup>2+</sup>

**Fuente:** (Fuentes, 1997)

### 2.3. Marco Conceptual

**Ambiente:** Es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia. (MINAM D. G., 2012)

**Calibración:** Proceso de comparación de valores obtenidos por un instrumento de medición, con la medida correspondiente a un patrón de referencia o estándar. (OEFA, 2015).

**Calidad ambiental:** Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva

o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente, así como la salud de las personas. (MINAM D. G., 2012)

**Contaminante:** Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del medio en que se encuentra o cuya concentración exceda los niveles permisibles, y es susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente. (OEFA, 2015)

**El Estándar de Calidad Ambiental:** Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (MINAM, 2005)

**Emisión:** Vertido de sustancias contaminantes a la atmósfera. Las fuentes de emisión pueden agruparse en cuatro categorías principales: fuentes fijas, fuentes móviles, fuentes de área y fuentes naturales. (OEFA, 2015)

**Laboratorio acreditado:** Un laboratorio acreditado es un Organismo de Evaluación de la Conformidad (OEC) que cuenta con competencia técnica reconocida por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi) para llevar a cabo tareas específicas de la evaluación de conformidad. Por tanto, sus resultados tienen un mayor grado de confiabilidad, no solo en relación con el análisis efectuado, sino también en relación con el sistema de gestión que todo laboratorio acreditado debe tener implementado. (OEFA, 2015)

**Límite de cuantificación:** Es la concentración mínima que puede determinarse con un nivel aceptable de exactitud y precisión. Se establece examinando una muestra o material de referencia apropiado. (INACAL, 2017)

**Límite de detección:** El límite de detección de un procedimiento analítico es la menor cantidad de un analito de una muestra la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada con un valor exacto. (INACAL, 2017)

**Monitoreo ambiental:** El monitoreo es una de las herramientas de vital importancia para la fiscalización ambiental. Se realiza para verificar la presencia y medir la concentración de contaminantes en el ambiente en un determinado periodo de tiempo. (OEFA, 2015)

**Muestreo ambiental:** El muestreo ambiental consiste en tomar muestras representativas que permitan caracterizar el componente ambiental en estudio, las cuales presentan las mismas características o propiedades del componente que se está evaluando. Las muestras tomadas son enviadas a un Laboratorio acreditado. (OEFA, 2015)

**Procedimiento:** Documento que describe la manera como se debe llevar a cabo una función determinada. (OEFA, 2015)

**Protocolo:** Es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica. (OEFA, 2015)

**Tren de muestreo:** Es un sistema ensamblado que sirve para coleccionar gases, fabricado en función a parámetros designados en las metodologías de ensayo. Entre los parámetros se encuentran el monóxido de carbono

(CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), ozono (O<sub>3</sub>) y benceno. (OEFA, 2015).

## **CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA**

### **3.1. Modelo de solución propuesto**

#### **3.1.1. Muestreo de gases atmosféricos usando un tren de muestreo**

Los gases son recogidos de la atmosfera mediante unas manguerillas de silicona conectadas a los impingers y a una bomba de succión, disolviéndolos en una solución captadora. La disolución del contaminante de interés puede conseguirse mediante una reacción química.

**Bomba de succión:** Es un equipo diseñado para extraer gases, se requiere para succionar gases de la atmosfera a un flujo constante.

**Impinger o Dreschsel:** Frascos de vidrio de dos piezas acoplables con características definidas donde se deposita la solución captadora.

**Manguerillas de silicona:** Se utilizan para transportar el aire del ambiente a través de las distintas partes del tren de muestreo.

**Rotámetro:** Se usa para medir y controlar el flujo inicial y final del muestreo, dependiendo el gas muestrear.

**Solución captadora:** Solución por la cual se burbujea los gases y quedan atrapados por reacción química.

**Temporizador o timer:** Es un aparato usado para regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 2.**Tren de muestreo



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 3.** Rotámetro

### **3.1.2. Parámetros meteorológicos**

Los datos meteorológicos (temperatura, presión, humedad relativa, velocidad y dirección del viento), se registraron mediante el Data Logger de la estación meteorológica Davis Vantage Vue que se instaló en la estación de muestreo.

En gabinete se procedió a descargar los datos almacenados por el Data Logger a la computadora para ser procesados.

Posteriormente se utilizó el software Microsoft Excel 2016 para la elaboración de las gráficas meteorológicas y rosa de viento.

**Tabla 5.**

*Método de análisis de parámetros meteorológicos.*

Equipos	Parámetro	Método de análisis
Estación meteorológica	- Temperatura	- Termómetro
	- Humedad relativa	- Sensor de humedad
	- Presión atmosférica	- Barómetro
	- Velocidad del viento	- Sensor de velocidad
	- Dirección del viento	- Sensor de dirección

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.1.3. Ubicación de las estaciones de muestreo**

En el área de influencia del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI, se instalarán 03 estaciones de muestreo de calidad de aire y una estación meteorológica, dichas estaciones se seleccionarán de acuerdo a los siguientes criterios:

- Velocidad y dirección del viento.
- Representatividad de muestreo de contaminantes.
- Facilidad y seguridad operacional.

**Tabla 6.**

*Coordenadas de ubicación de las estaciones de muestreo de calidad aire y estación meteorológica.*

Estación	Descripción	Coordenadas UTM (WGS-84), Zona 18		Altitud (m.s.n. m.)
		Norte	Este	
AI-1	A 30 m del edificio del edificio del CITRAR (BARLOVENTO).	8 671 300	0 276 717	109
AI-2	A 5 m del Reactor UASB.	8 671 432	0 276 762	113
AI-3	A 20 m del área de tesis (SOTAVENTO).	8 671 376	0 276 825	114
EM	Al lado de las lagunas de oxidación del CITRAR.	8 671 368	0 276 756	112

**Fuente:** Elaboración propia.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 4.** Ubicación de las estaciones de muestreo.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 5.** Estación de muestreo AI-1.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 6.** Estación de muestreo AI-2.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 7.** Estación de muestreo AI-3.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 8.** Estación meteorológica EM.

### 3.1.4. Calidad de aire

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

#### Fases del muestreo de calidad de aire:

- La Identificación de las fuentes de contaminación del aire
- Selección de parámetros a muestrear
- Desarrollo del muestreo

#### a) Identificación de la fuente de contaminación de aire

En la identificación de las principales fuentes de contaminación del aire que se encuentran interior del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI, se efectuó la inspección visual 100 m a la redonda, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 7.**

*Principales fuentes de contaminación al interior del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI*

<b>Fuente</b>	<b>Tipo de Fuente</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>
Reactor UASB	Fijas	Emisión de gases	Riesgos para la salud y Contaminación del aire

**Fuente:** Elaboración propia.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 9.** Reactor UASB del CITRAR UNI.

b) Selección de parámetros a muestrear

En base a la identificación de la principal fuente de contaminación que afecta al Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI y a la población aledaña (Asentamiento humano El Milagro), se consideró el siguiente contaminante del aire: H<sub>2</sub>S

**Tabla 8.**

*Principales contaminantes del aire según la fuente identificada*

<b>Fuente</b>	<b>Contaminante</b>
Reactor UASB	H <sub>2</sub> S

**Fuente:** Elaboración propia.

c) Desarrollo del muestreo

**Consideraciones preliminares (Pre-Muestreo de gases):**

El procedimiento de Inspección de calidad de aire de R-LAB S.A.C. menciona:

- 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 impinger; 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 impinger y durante el trasvase de la solución que se encuentra en el impinger al frasco) utilice guantes de primer uso. Nunca entre en contacto directo con la solución y evite derramarla. Si

cayera sobre la piel u ojos enjuague inmediatamente con abundante agua.

- 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 de gases):**

El desarrollo del muestreo de gases ( $H_2S$ ) en el aire se inicia considerando lo indicado en el procedimiento de Inspección de calidad de aire de R-LAB S.A.C. 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. Las interrupciones de energía conducen a errores de medición y pueden invalidar el muestreo.
- Se armó y conecto todos los componentes del tren de muestreo.
- Se añadió dentro del impinger 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 R-

LAB S.A.C. 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.
- Haciendo uso de un rotámetro, se reguló el flujo inicial de ingreso de aire en el impinger y se anotó el flujo en el formato de datos de campo de calidad de aire.
- Aproximadamente 5 minutos antes de culminar el muestreo (con el motor encendido), haciendo uso del rotámetro se leyó y anotó el flujo final del muestreo en el formato de datos de campo de calidad de aire.
- 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 R-LAB S.A.C. 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 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:

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

Dónde:

- Vstd= Volumen Total del aire muestreado a condiciones estándar en m<sup>3</sup>.
- Qa = Promedio del flujo inicial y final en m<sup>3</sup>/min.
- Pa = Presión ambiental promedio en mmHg.
- Ta = Temperatura ambiental promedio en °C.
- Tstd = Presión estándar, definida como 298.15 K (25°C).
- Pstd = 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: Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S), siguiendo los métodos de muestreo que se indican en la tabla 7:

**Tabla 9.**

Método de análisis de parámetros meteorológicos.

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo muestreador</b>	<b>Método de muestreo</b>
Estación meteorológica	Tren de muestreo	Sistema dinámico de tren de muestreo

**Fuente:** Elaboración propia.

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

### **Sulfuro de Hidrógeno**

El muestreo de este gas se realizó empleando un tren de muestreo (método dinámico). En este método, la muestra de aire es atrapada en 15 mL de una solución captadora a una razón de un flujo de 0,2 L/min por un periodo de muestreo de 24 horas. El método de análisis que se empleará en el laboratorio es el RLAB-EVAI-MET06, basado en Peter O. Warner "Analysis of air pollutants" (1976), determinación de sulfuro de hidrógeno en aire. Colorimetric methylene blue method (Jacobs), siendo el resultado expresado en microgramos por muestra ( $\mu\text{g}/\text{muestra}$ ).

**Tabla 10.**

*Método de análisis de  $\text{H}_2\text{S}$*

<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Método de análisis</b>
Tren de muestreo de gases	Sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2. Resultados

#### Resultados de calidad de aire

El método de ensayo para el Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S) se encuentra en el alcance de acreditación de R-LAB S.A.C. otorgado el INACAL-DA, los resultados se pueden visualizar en la tabla 11.

**Tabla 11.**

*Resultados del muestreo de calidad de aire.*

Código de Laboratorio		1903012-H	1903012-H	1903012-H	
Identificación de la Muestra		AI-1	AI-2	AI-3	
Descripción del Punto de Muestreo		A 30 m del edificio del CITRAR	A 5 m del Reactor UASB	A 20 m del área de tesis	
Fecha y hora de muestreo		06-03-2019 14:00 PM	06-03-2019 12:00 PM	06-03-2019 13:00 PM	
Ubicación Geográfica (WGS-84)		N: 8671300 E: 0276717	N: 8671432 E: 0276762	N: 8671376 E: 0276825	
Tipo de Matriz y/o Producto		AIRE			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.	Resultados	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	µg/m <sup>3</sup>	6,97	2,32	<2,32	<2,32

**Fuente:** Informe de Ensayo N°1903012-H del Laboratorio de Ensayo R-LAB S.A.C.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método.

L.D.M.: Límite de detección del método.

Los resultados meteorológicos para la estación meteorológica EM durante los días 06 y 07 de marzo del 2019 se pueden observar en la tabla 12.

**Tabla 12.***Resultados de la estación meteorológica EM.*

<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad relativa</b>	<b>Velocidad del viento (m/s)</b>	<b>Dirección de viento</b>	<b>Presión (mmHg)</b>
6/03/2019	12:00 p.m.	28,1	65	1,3	WNW	750,3
6/03/2019	12:30 p.m.	26,8	69	2,2	SW	750,1
6/03/2019	1:00 p.m.	26,6	69	1,8	W	749,8
6/03/2019	1:30 p.m.	27,1	68	1,8	W	749,4
6/03/2019	2:00 p.m.	27,2	67	1,3	WSW	749,1
6/03/2019	2:30 p.m.	27,8	64	1,8	SW	748,9
6/03/2019	3:00 p.m.	28,2	64	1,8	WSW	749
6/03/2019	3:30 p.m.	27,0	66	1,8	SW	748,9
6/03/2019	4:00 p.m.	26,6	69	1,8	WSW	748,8
6/03/2019	4:30 p.m.	26,4	72	1,8	WSW	748,8
6/03/2019	5:00 p.m.	26,1	72	1,3	SW	748,9
6/03/2019	5:30 p.m.	25,7	73	1,3	WSW	749
6/03/2019	6:00 p.m.	25,3	76	1,3	SW	749,2
6/03/2019	6:30 p.m.	24,6	78	1,8	SW	749,6

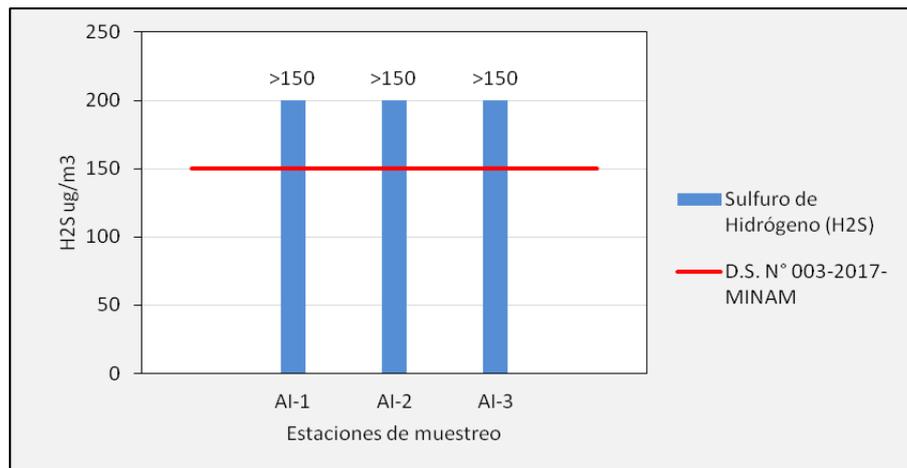
6/03/2019	7:00 p.m.	24,2	80	1,8	SSW	749,7
6/03/2019	7:30 p.m.	24,6	78	2,2	SSW	749,7
6/03/2019	8:00 p.m.	24,6	78	2,2	SSW	749,8
6/03/2019	8:30 p.m.	24,7	77	1,8	SSW	750
6/03/2019	9:00 p.m.	24,9	77	1,8	S	750,1
6/03/2019	9:30 p.m.	25,3	75	1,3	SSW	750,2
6/03/2019	10:00 p.m.	25,5	74	1,3	SSE	750,1
6/03/2019	10:30 p.m.	25,8	73	0,4	NNE	750,1
6/03/2019	11:00 p.m.	25,8	73	0,9	N	750
6/03/2019	11:30 p.m.	25,3	76	0,4	W	749,7
7/03/2019	12:00 a.m.	25,1	77	0,4	W	749,5
7/03/2019	12:30 a.m.	24,8	79	0,9	NNW	749,5
7/03/2019	1:00 a.m.	24,2	81	1,3	NNW	749,5
7/03/2019	1:30 a.m.	23,3	84	0,4	W	749,5
7/03/2019	2:00 a.m.	22,6	87	0,9	S	749,3
7/03/2019	2:30 a.m.	22,7	87	0,4	SSW	749,1
7/03/2019	3:00 a.m.	22,7	86	0,4	SSW	749
7/03/2019	3:30 a.m.	22,9	85	0,4	S	748,8

7/03/2019	4:00 a.m.	23,1	85	0	S	748,8
7/03/2019	4:30 a.m.	23,2	84	0	S	749
7/03/2019	5:00 a.m.	23,4	84	0	S	749,2
7/03/2019	5:30 a.m.	23,7	82	0,9	N	749,5
7/03/2019	6:00 a.m.	23,8	82	0,4	N	749,7
7/03/2019	6:30 a.m.	23,7	82	0,4	NNW	749,8
7/03/2019	7:00 a.m.	23,1	84	0,9	W	750,1
7/03/2019	7:30 a.m.	22,5	86	0,9	SSW	750,3
7/03/2019	8:00 a.m.	23,4	84	0,4	SSW	750,5
7/03/2019	8:30 a.m.	23,2	84	1,3	NNW	750,7
7/03/2019	9:00 a.m.	23,6	83	1,3	W	750,7
7/03/2019	9:30 a.m.	24,9	78	0,9	W	750,6
7/03/2019	10:00 a.m.	25,9	75	0,9	NW	750,5
7/03/2019	10:30 a.m.	26,2	74	1,3	NW	750,5
7/03/2019	11:00 a.m.	26,5	73	1,3	NNW	750,4
7/03/2019	11:30 a.m.	27,0	71	1,3	NNW	750,2
7/03/2019	12:00 p.m.	28,5	65	1,8	W	749,8

**Fuente:** Informe de Ensayo N°1903012-H del Laboratorio de Ensayo R-LAB S.A.C.

## Medidas de control en caso se sobrepase los estándares de calidad de aire

En caso los estándares de calidad de aire para el parámetro sulfuro de hidrógeno sean sobrepasados se debe tomar acción frente a la situación mediante medidas de control. En este caso se propone una torre de lavado por la fácil operación, mantenimiento y bajo costo.



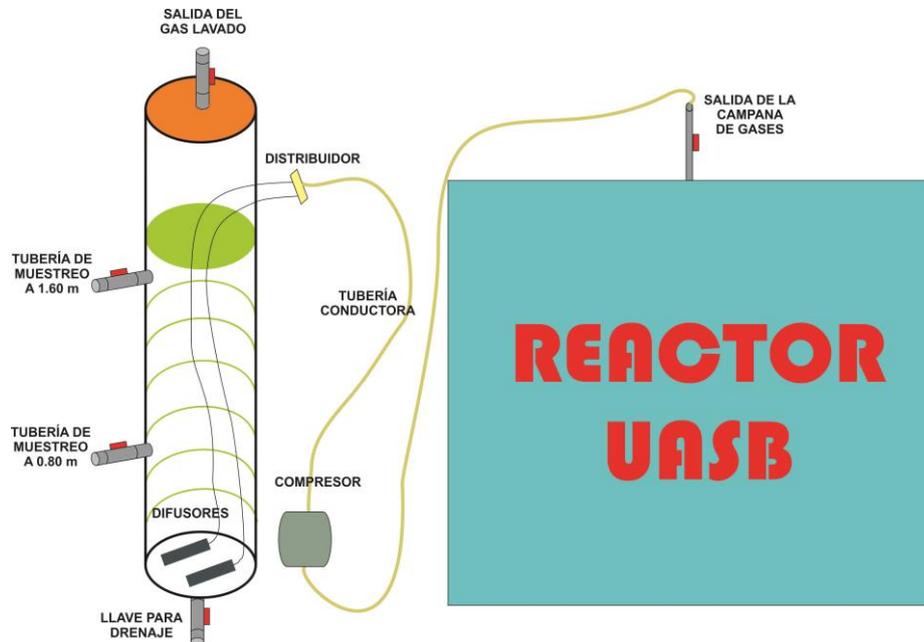
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 10.** Comparación de los resultados en caso sobrepasen el D.S. N° 003-2017-MINAM.

## Torre de lavado

La eliminación de H<sub>2</sub>S utilizando una torre de lavado implica un proceso de dos etapas, en primer lugar la absorción de H<sub>2</sub>S por un líquido seguido de la remoción biológica de H<sub>2</sub>S en el líquido. En la etapa de absorción, los contaminantes se extraen mediante la absorción con agua en una torre de lavado. En la segunda etapa, se lleva a cabo la oxidación, por microorganismos que pueden encontrarse libres o inmovilizados.

La torre de lavado en este caso requiere agua con alta concentración de oxígeno disuelto que es obtenido de las lagunas de oxidación del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI.



Fuente: (CITRAR UNI, 2017)

**Figura 11.** Esquema general de una torre de lavado.

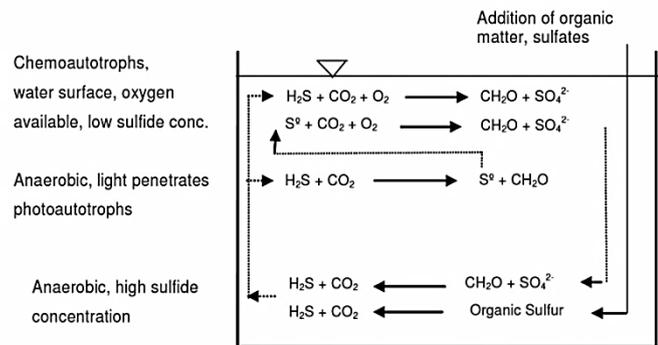


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12.** Construcción de una torre de lavado.

## Mecanismo de remocion biológica del H<sub>2</sub>S

Las conversiones a diferentes especies de azufre en un proceso biológico de remoción de H<sub>2</sub>S están dadas por diferentes tipos de bacterias.



Fuente: (Heidy Pérez, 2006)

**Figura 13.** Reacciones generadas por bacterias quimioautótrofas.

Las bacterias quimiótrofas son adecuadas para la biodegradación de H<sub>2</sub>S. Estas bacterias crecen y producen nuevo material celular mediante el uso de CO<sub>2</sub> como fuente de carbón y energía química de la oxidación de compuestos inorgánicos reducidos tales como el H<sub>2</sub>S. La biodegradación de H<sub>2</sub>S mediante quimioautótrofos ocurre en condiciones aerobias con O<sub>2</sub> como un aceptor de electrones.

Bacteria	Electron donor	Electron acceptor	Carbon source	Products
<i>Thiobacillus</i> sp. (general)	S <sup>0</sup> , H <sub>2</sub> S, S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<i>Thiobacillus denitrificans</i>	S <sup>0</sup> , H <sub>2</sub> S, S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	O <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , N <sub>2</sub>
<i>Thiobacillus ferrooxidans</i>	Fe <sup>2+</sup> , S <sup>0</sup> , H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Fe <sup>3+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>

Fuente: (Heidy Pérez, 2006)

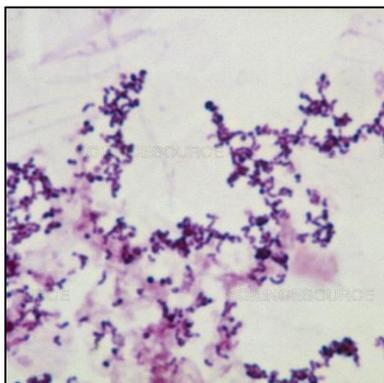
**Figura 14.** Fuentes de energía para quimioautótrofos representativos.

Luego de revisar la manera en cómo se producen las reacciones mediante métodos biológicos que incluyen la intervención de bacterias de distintos tipos, a continuación se muestra algunas reacciones generadas por la interacción con el H<sub>2</sub>S dentro de la torre de lavado:

Bacteria	Reaction mechanism	Reference
<i>Thiobacillus thioparus</i>	$2\text{HS}^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{S}^0 + 2\text{OH}^-$	Chung et al. (1996)
	$2\text{S}^0 + 3\text{O}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$	
	$\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$	Kim et al. (2002)
<i>Thiobacillus denitrificans</i>	$3\text{HS}^- + 3.9\text{NO}_3^- + 0.2\text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^- + 1.7\text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_{1.8}\text{O}_{0.5}\text{N}_{0.2} + 1.9\text{N}_2 + 3\text{SO}_4^{2-} + 2.3\text{H}_2\text{O}$	Kleerebezem and Mendez (2002)
	$14.5\text{HS}^- + 5\text{NO}_3^- + 0.2\text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^- + 20.3\text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_{1.8}\text{O}_{0.5}\text{N}_{0.2} + 2.5\text{N}_2 + 14.5\text{S} + 27.4\text{H}_2\text{O}$	
	$55\text{S} + 20\text{CO}_2 + 50\text{NO}_3^- + 38\text{H}_2\text{O} + 4\text{NH}_4^+ \rightarrow 4\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N} + 25\text{N}_2 + 55\text{SO}_4^{2-} + 64\text{H}^+$	Lampe and Zhang (1996)
	$5\text{HS}^- + 8\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ \rightarrow 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	McComas and Sublette (2001)
<i>Thiobacillus ferrooxidans</i>	$2\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$	Mesa et al. (2002)
	$2\text{FeS}_2 + 7.5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$	Takano et al. (1997)

Fuente: (Heidy Pérez, 2006)

**Figura 15.** Reacciones involucradas con las bacterias quimioautótrofas.



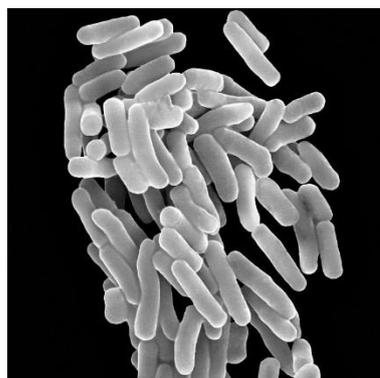
Fuente: (Coral Wonders, 2015)

**Figura 16.** *Thiobacillus thioparus*.



Fuente: (Coral Wonders, 2015)

**Figura 17.** *Thiobacillus denitrificans*.



Fuente: (Coral Wonders, 2015)

**Figura 18.** *Thiobacillus ferrooxidans*.

## DISCUSIONES

El muestreo de la calidad del aire se realizó los días 06 y 07 de marzo del 2019, comparando las concentraciones obtenidas con el Estándar Ambiental de Calidad para Aire vigente, establecido en el D.S. N° 003-2017-MINAM.

**Tabla 13.**

*Resultados del muestreo de Calidad de Aire comparado con el D.S. N° 003-2017-MINAM.*

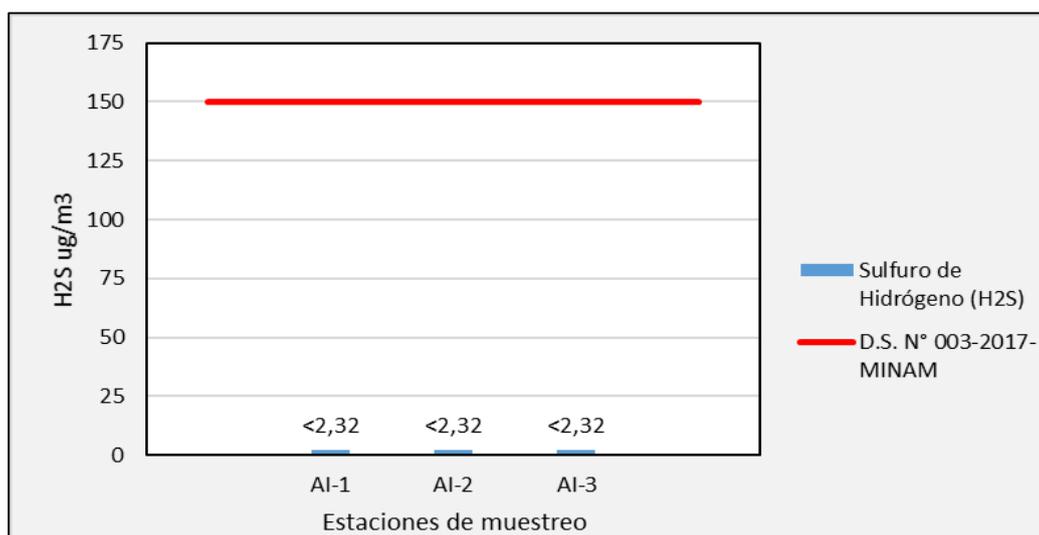
ESTACIONES DE MUETREO					D.S. N° 003-2017-MINAM
FECHA		06-07/03/2019			
Parámetro	Unidad	AI-1	AI-2	AI-3	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	µg/m <sup>3</sup>	<2,32	<2,32	<2,32	150 µg/m <sup>3</sup>

Nota: D.S. N° 003-2017-MINAM. – aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

**Fuente:** Resultados del informe de ensayo N° 1903012-H del Laboratorio R-LAB S.A.C.

## Evaluación de los resultados de las estaciones de muestreo y comparación con el D.S. N° 003-2017-MINAM.

Las concentraciones del gas sulfuro de hidrógeno en el ambiente, que es un subproducto emitido por el Reactor UASB (fuente principal), se diluye en la atmósfera a tal grado que se encuentra por debajo del límite de detección del ensayo de laboratorio para las estaciones de muestreo (AI-1, AI-2 y AI-3), por lo que se encontraron dentro del Estándar de Calidad Ambiental para Aire establecido en el D.S. N° 003-2017-MINAM.



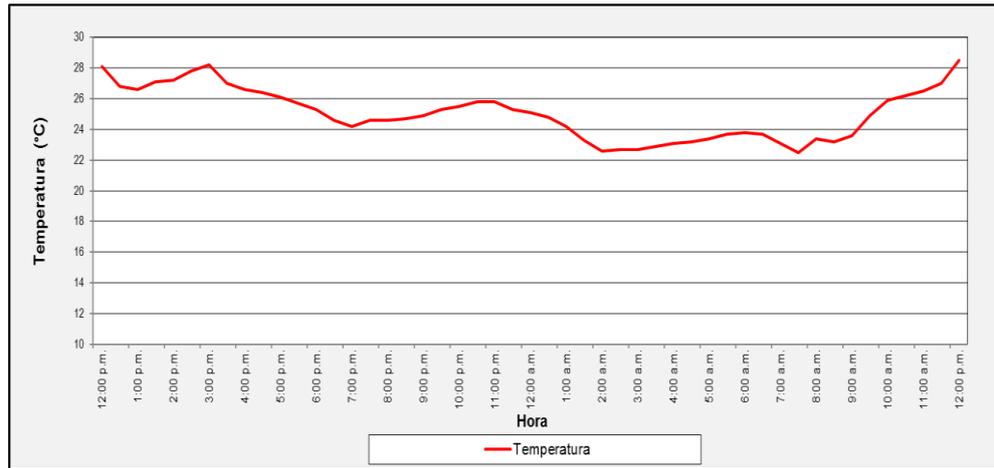
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 19.** Comparación de los resultados con el D.S. N° 003-2017-MINAM.

### Análisis de las condiciones meteorológicas

#### a) Temperatura

Durante los días 06 y 07 de marzo del 2019 la temperatura máxima fue de 28,5 °C, la temperatura mínima fue de 22,5 °C y la temperatura promedio fue de 25,1 °C.

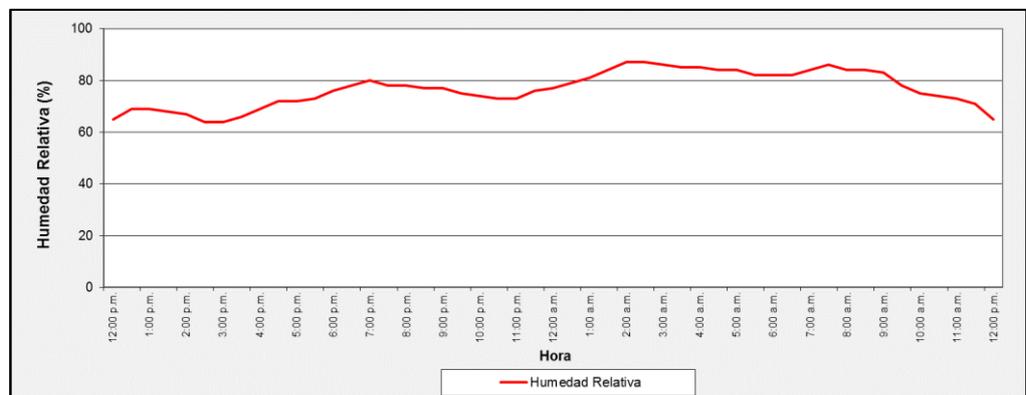


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 20.** Variación de la Temperatura durante el periodo de muestreo.

b) Humedad relativa

Durante los días 06 y 07 de marzo del 2019 la humedad relativa máxima fue de 87%, la humedad relativa mínima fue de 64% y la humedad relativa promedio fue de 76,6%.

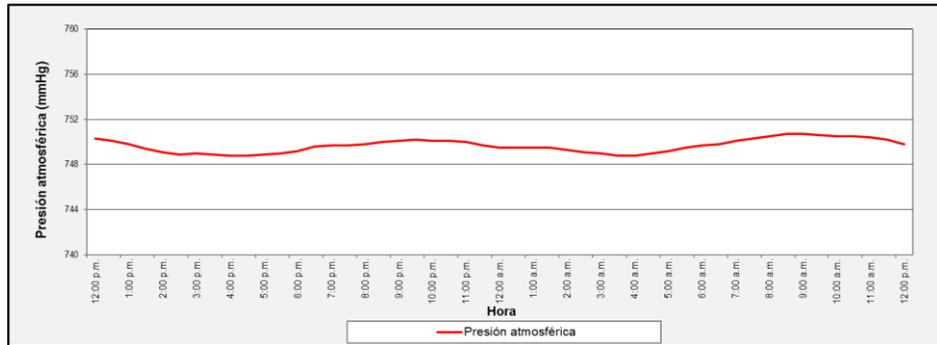


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 21.** Variación de la Humedad relativa durante el periodo de muestreo.

c) Presión atmosférica

Durante los días 06 y 07 de marzo del 2019 la presión atmosférica máxima fue de 750,7 mmHg, la presión atmosférica mínima fue de 748,8 mmHg y la presión atmosférica promedio fue de 749,7 mmHg.

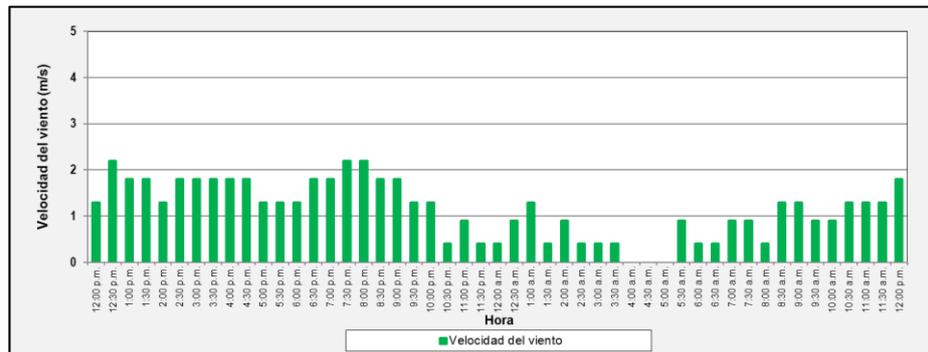


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 22.** Variación de la presión atmosférica durante el periodo de muestreo.

d) Velocidad del viento

Durante los días 06 y 07 de marzo del 2019 la velocidad del viento máxima fue de 2,2 m/s, la velocidad del viento mínima fue de 0,0 m/s y la velocidad del viento promedio fue de 1,15 m/s.

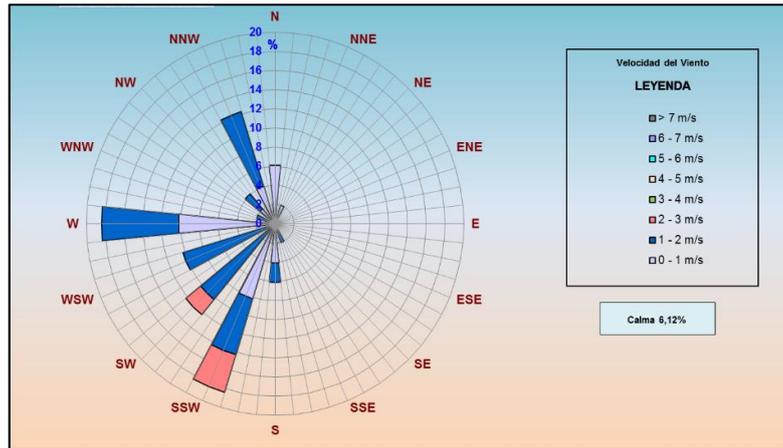


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 23.** Variación de la velocidad del viento durante el periodo de muestreo.

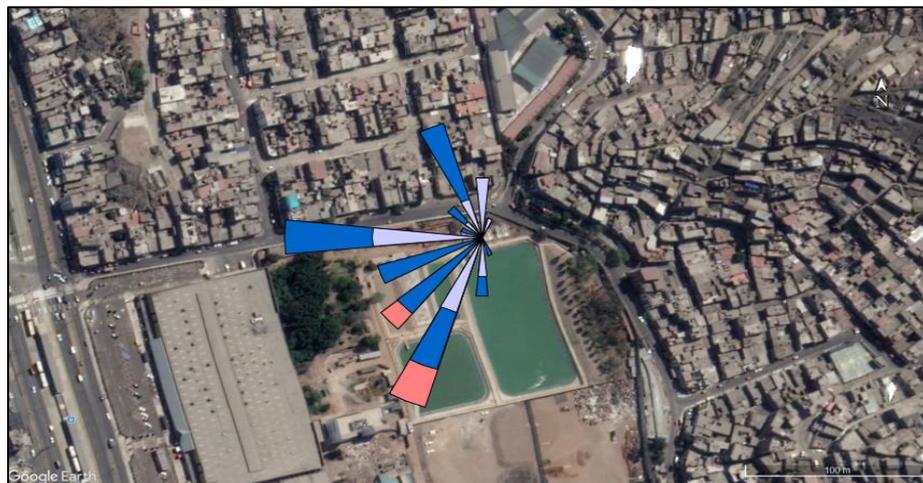
e) Dirección del viento

Durante los días 06 y 07 de marzo del 2019 la predominancia de la dirección del viento fue de SSW (Sursuroeste) a NNE (Nornoreste), con un 6,12% de calma



Fuente: Informe de Ensayo N°1903012-H del Laboratorio R-LAB S.A.C.

**Figura 24.** Rosa de viento durante el periodo de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 25.** Representación geográfica de la rosa de viento desde las 12 pm del día 06/03/2019 por 24 horas.

De acuerdo a la figura 25, se observa que la zona que recibe las emisiones del Reactor UASB es el AA.HH. El Milagro por la predominancia de la dirección del viento de SSW (Sursuroeste) a NNE (Nornoreste), el período de calma es de 6,12 % por lo que hay una predominancia de movimiento de las masas de aire el cuál diluye las emisiones con ayuda de la cobertura vegetal del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI.

## CONCLUSIONES

La evaluación de la calidad de aire, en el área de influencia ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

### CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA

La calidad del aire en las estaciones de muestreo (AI-1, AI-2 y AI-3), respecto a la concentración de sulfuro de hidrógeno, se obtuvieron un valor por debajo del límite de detección  $<2,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que se encontraron dentro del Estándar de Calidad Ambiental para Aire establecido en el D.S. N° 003-2017-MINAM para el parámetro sulfuro de hidrógeno el cual tiene un valor de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Las condiciones meteorológicas durante el muestreo realizado los días 06 y 07 de marzo del 2019, registrando una temperatura promedio de  $25,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , una humedad relativa promedio de  $76,6 \%$ , una presión atmosférica promedio de  $749,7 \text{ mmHg}$ , una velocidad del viento promedio de  $1,15 \text{ m/s}$  y una dirección predominante del viento de SSW a NNE con un periodo de calma de  $6,12\%$ .

### MEDIDAS DE CONTROL

El uso de una torre de lavado en caso la concentración de sulfuro de hidrógeno sobrepase los estándares de calidad de aire, evitaría el deterioro de

la salud de los trabajadores y la población del asentamiento humano El Milagro del distrito de Independencia.

## RECOMENDACIONES

### CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA

- Se recomienda realizar mediciones con analizadores automáticos a diferentes distancias de la fuente a barlovento, sotavento y zonas donde se ubique el asentamiento humano El Milagro, para determinar valores que pueden ser usado para modelamientos, mapas de dispersión geográfica del gas.
- Se recomienda continuar con el muestreo ambiental del parámetro sulfuro de hidrógeno con una frecuencia semestral y otros gases como el metano.
- Se recomienda realizar evaluaciones ocupacionales a los brigadistas, tesistas y personal del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI, para determinar si existe riesgo ocupacional por exposiciones prolongadas.
- Se recomienda usar el ensayo del papel sensible de nitrato de plata el cual nos podría indicar la presencia de sulfuro de hidrógeno.

### MEDIDAS DE CONTROL

- Se recomienda como medida de control mayor cobertura vegetal de palmeras en la dirección predominante del viento (de SSW a NNE).

- Se recomienda implementar la torre de lavado a la salida de la campana de gases del Reactor UASB.
- Se recomienda continuar con investigaciones relacionadas al control de sulfuro de hidrógeno en el Reactor UASB.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CITRAR UNI. (2017). *Comparación del comportamiento de los parámetros de diseño de una torre de lavado para remover H<sub>2</sub>S a diferentes alturas*. Lima.
- Coral Wonders. (18 de Octubre de 2015). <http://blog.coralwonders.com/bacterias-en-el-acuario-marino/thiobacillus-thioparus/>. Obtenido de <http://blog.coralwonders.com/bacterias-en-el-acuario-marino/thiobacillus-thioparus/>
- DIGESA, D. G. (2005). *Protocolo de monitoreo de calidad de la calidad del aire y gestión de datos*. Lima.
- Eco-Mapping S.A.C. (2017). *Informe de Monitoreo Ambiental de la Planta Santa Clara, Ilender Perú S.A.* Lima.
- Enviromental Hygiene & Safety. (2017). *Informe de Monitoreo Ambiental de la Planta en Ate*. Lima.
- Facultad de Ingeniería Ambiental - UNI. (2019). *Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI)*. Obtenido de <http://fiauni.pe/sitio/citrar/>
- Fuentes, H. R. (1997). *Oxidación Biológica de Gases Azufrados (Thiobacillus) y Uso del efluente como fertilizante*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Heidy Pérez, P. V. (2006). *Desulfuración biológica: Una Alternativa para el tratamiento de emisiones de gases a la atmósfera*.
- INACAL, I. N. (2017). *Directriz para la validación de métodos de ensayo*. Lima.
- IVHHN, I. V. (2019). *Guía sobre gases volcánicos*. Obtenido de <https://www.ivhhn.org/es/guidelines/guia-sobre-gases-volcanicos/hidrogeno-de-sulfuro#efectos>

- Márquez Vázquez, M., & Martínez González, S. A. (2011). *Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA's o UASB)*. Ciudad de México.
- Mendoza, J. C., & Alea Poveda, D. M. (2010). *Informe de resultados y análisis del monitoreo de olores en la PTAR El Salitre*. Bogotá D.C.
- MINAM. (2005). *Ley General del Ambiente, Ley N° 28611*. Lima.
- MINAM, D. G. (2012). *Glosario de Términos de la Gestión Ambiental Peruana*. Lima.
- Muñoz, M. R. (2007). *Viabilidad de un proceso para la eliminación conjunta de H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub>*. Puerto Real: Facultad de Ciencias - Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de alimentos y Tecnología del medio ambiente.
- New Jersey Department of Health. (2012). Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. 6.
- OEFA, O. d. (2015). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. Lima.
- OSHA, O. S. (5 de Julio de 2007). *OSHA, datos rápidos*. Obtenido de <https://www.osha.gov/Publications/3300-10N-05-spanish-07-05-2007.html>
- SENACE, S. N. (2017). *Manual de Evaluación del Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d) para el Subsector Hidrocarburos*. Lima.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2007). *Introducción a la Microbiología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A.
- Valverde, J. (2015). *Estudio de la calidad del aire afectada por la actividad industrial en la urb. Primavera – distrito del Agustino*. Lima.

## ANEXOS

<b>ANEXO 1: COTIZACION.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO 2: CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO 3: FORMATOS DE CAMPO .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO 4: INFORME DE ENSAYO.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO 5: CADENA DE CUSTODIA .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO 6: FICHA DE UBICACIÓN .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 7: PLAN DE MUESTREO .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO 8: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.....</b>	<b>96</b>

## **ANEXO 1: COTIZACION**



**COTIZACIÓN N°  
1902081**

**Preparado para:** Andrés Enrique Pando Calderón

**RUC:** 10774258812

**Atención a:** Andrés Enrique Pando Calderón

**26 de febrero de 2019**



## DECLARACIÓN DE POLÍTICA DE LA CALIDAD DE R-LAB S.A.C.

En R-LAB S.A.C. nos comprometemos a cumplir con la norma NTP ISO/IEC 17025:2006 y a mejorar continuamente la eficacia y eficiencia del sistema de gestión, por ello contamos con un sistema de calidad, con la finalidad de que el servicio brindado a nuestros clientes cubran sus expectativas, bajo un compromiso de buena práctica profesional y calidad de nuestro servicio.

El personal relacionado con las actividades de ensayo está adecuadamente capacitado en el manejo de la documentación del sistema de la calidad e implementación de las políticas y procedimientos en la realización de su trabajo.

Nuestro interés es ofrecer servicios de ensayo, con métodos normalizados y según los requisitos de los clientes. Asimismo, les aseguramos absoluta confidencialidad, confiabilidad e imparcialidad en los resultados obtenidos.

Objetivos de la calidad:

- Lograr un alto nivel de satisfacción del cliente, medido a través de encuestas anuales.
- Mejorar la competencia técnica del personal, a través de evaluaciones y autorizaciones en la ejecución de los ensayos.
- Mejorar el nivel de calidad de los ensayos, medido a través de los registros de control de calidad y resultado de participación en pruebas de aptitud.

LA ALTA DIRECCIÓN  
ENERO DEL 2019



**COTIZACIÓN N° 1902081**

Datos del cliente			
Cliente:	Andrés Enrique Pando Calderón		
Dirección del Cliente:	MZA LT.36 SC.2 ETAPA 4 URB. PACHACAMAC - VILLA EL SALVADOR - LIMA.		
RUC:	10774258812	Teléfono:	956372371
Atención a:	Andrés Enrique Pando Calderón	Correo:	<a href="mailto:andrespandocalderon@gmail.com">andrespandocalderon@gmail.com</a>
Solicitud del cliente:	Vía e-mail	Fecha:	martes, 26 de febrero del 2019

Servicio de muestreo:	R-LAB S.A.C.	Tipo de Matriz y/o Producto:	H
Nombre del Proyecto:	MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE		
Lugar de muestreo:	Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos - CITRAR UNI, Av. Túpac Amaru S/N Rímac, Puerta N°7 de la Universidad Nacional de Ingeniería.		
N° de cadena de custodia:		Tiempo de Entrega (días):	10

Contacto R-lab:	Sr. Anthony Seminario	Telf:	913012298	Correo:	<a href="mailto:serviciosrlab@gmail.com">serviciosrlab@gmail.com</a>
-----------------	-----------------------	-------	-----------	---------	--

Ensayo	Parámetro	Método	Acred.	Límite Detec.	Límite Cuantif.	Unid.	Cant.	V. Unit. (\$/.)	V. Parcial (\$/.)
Aire	Sulfuro de Hidrógeno	Peter O. Wamer "Analysis of air pollutants". 1976 (Validado)	SI	2,32	6,97	µg/m3	3	49,00	147,00
Aire	Velocidad Dirección del Viento Humedad Temperatura Presión	Estacion Meteorologica DAVIS	NO	-	0.5 1 0.1 0.1 0.1	m/s Grados %H °C mmHg	1	90,00	90,00
<b>Subtotal</b>									<b>237,00</b>

(\*) Parámetro tercerizado

**Gastos**

	Cant.	V. Unit. (\$/.)	V. Parcial (\$/.)
Envío de Informe de Ensayo + Factura (1 vez)	-	-	-
Personal de Muestreo	-	-	-
Gastos Logísticos y Operativos	2	60	120
<b>Subtotal</b>			<b>120</b>

Valor de Venta	S/.	357,00
IGV 18%	S/.	64,26
Precio de Venta	S/.	421,26

**COSTO DEL SERVICIO:** El costo por el servicio es de **S/.** 357,00 Soles sin incluir IGV.

**ANEXO 2: CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO**



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Acreditación a:

## **R-LAB S.A.C.**

**Laboratorio de Ensayo**

En su sede ubicada en: Asoc. De Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lt.04, distrito de Villa el Salvador, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-act-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 04 de enero de 2019

Fecha de Vencimiento: 14 de noviembre de 2019

**MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO**  
Directora (e), Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0001-2019-INACAL/DA  
Contrato N° : 043-16/INACAL-DA  
Registro N° : LE-103

Fecha de emisión: 24 de enero de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (OMLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e Internacional Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

### **ANEXO 3: FORMATOS DE CAMPO**







## **ANEXO 4: INFORME DE ENSAYO**



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.



Registro N° LE -103

## INFORME DE ENSAYO N° 1903012H

Cliente	: ANDRÉS ENRIQUE PANDO CALDERÓN
Dirección del cliente	: MZ. A LT. 36 SC. 2 ETAPA 4 URB. VILLA EL SALVADOR - LIMA
Usuario	: CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y RESIDUOS PELIGROSOS (CITRAR-UNI)
Lugar de Muestreo	: PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
Tipo de Matriz y/o Producto	: AIRE
Muestreo Realizado por	: R-LAB S.A.C.
Procedimiento de Muestreo	: P-RTM-01 "Muestreo y Medición de Parámetros <i>In situ</i> "
Referencia al Plan de Muestreo	: N° 1903006
Número de Muestras	: 03
Fecha de Recepción	: 08-03-2019
Fecha de Inicio y Término de Ensayo:	09-03-2019 al 09-03-2019

F-IE-01  
Revisión: 04  
Fecha: 24-01-2019

Fecha de emisión: 14-03-2019

  
Celso Roberto Cnuquimayo 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" 1era Etapa, Lima-03 / Telf. : 6776533 / 972733385, Correo: rlaboratorio1@gmail.com

Visítenos en [www.rlabsac.com](http://www.rlabsac.com)

Página 1 de 2



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.

Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 1903012H

Código de Laboratorio	1903012H-01	1903012H-02	1903012H-03			
Identificación de la Muestra	AI-1	AI-2	AI-3			
Descripción del Punto de Muestreo	A 30m del edificio del CITRAR	A 5m del Reactor UASB	A 20m de la Zona de tesis			
Fecha y hora de muestreo	06-03-2019 (14:00)	06-03-2019 (12:00)	06-03-2019 (13:00)			
Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8671300 E: 0276717	N: 8671432 E: 0276762	N: 8671376 E: 0276825			
Tipo de Matriz y/o Producto	AIRE					
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.	Resultados		
<sup>2</sup> Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	µg/m <sup>3</sup>	6,97	2,32	<2,32	<2,32	<2,32

Notas:

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en frascos de vidrio ámbar (soluciones captadoras).
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios 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.
- ✓ <sup>1</sup> Ensayos realizados en la Sede de Ate-Lima ubicada en Calle Berna N° 100, Urb. Los Portales de Javier Prado 1ra Etapa, Ate-Lima.
- ✓ <sup>2</sup> Ensayos realizados en la Sede de Villa el Salvador-Lima Ubicada en Asoc. Cruz de Motupe, Mz. B, Lote 4, Villa el Salvador-Lima.

F-IE-02  
Revisión: 05  
Fecha: 24-01-2019

Tipo Ensayo	Norma de Referencia		Año de versión o Edición
	Código	Título	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	Peter O. Warner "Analysis of air pollutants". 1976 (Validado)	Hydrogen Sulfide (H <sub>2</sub> S). Colorimetric Methylene Blue Method (Jacobs).	2017

Fin de documento

Celso Roberto Churruarín 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" 1era Etapa, Lima-03 / Telf. : 6776533 / 972733385, Correo: rlaboratorio1@gmail.com



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

**ANEXO I AL INFORME DE ENSAYO N°1903012H**

En el siguiente cuadro se presenta el reporte de la data Meteorológica:

Tipo de Medición:		Código de Laboratorio: -		Descripción:	
Medición de parámetros Meteorológicos		Código de la estación : EM		Al lado de las Lagunas de oxidación del CITRAR	
		Fecha de Medición : 06/03/2019			
Coordenadas de la estación (UTM)		ESTE: 0276 756		NORTE: 8671 368	
Lluvia (mm)	Presión Promedio (mmHg)		Velocidad del viento promedio (m/s)		Dirección Predominante del viento
0	749,7		1,15		SSW
Temperatura (°c)			Humedad Relativa Promedio (%)		
Prom	Max	Min	Prom	Max	Min
25,1	28,5	22,5	76,6	87	64
ROSA DE VIENTOS					
Dirección	%				
N	6.12				
NNE	2.04				
NE	0.00				
ENE	0.00				
E	0.00				
ESE	0.00				
SE	0.00				
SSE	2.04				
S	6.12				
SSW	18.37				
SW	12.24				
WSW	10.20				
W	18.37				
WNW	2.04				
NW	4.08				
NNW	12.24				
Calma	6.12				

Nota: Los datos presentados en este anexo no se encuentran dentro de nuestro alcance de acreditación ante el INACAL-DA.

**Celso Roberto Chuzumayo Arellano**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
 CQP - 779

F-IE-12  
 Revisión: 01  
 Fecha: 12-08-2015

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 certificación de conformidad con normas del producto. 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" 1era Etapa, Lima-03 / Telf.: 6776533 Cel.: 972733385, Correo: rlaboratorio1@gmail.com



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

### ANEXO I AL INFORME DE ENSAYO N° 1903012H

Tipo de Medición:				Código de Laboratorio: -				Descripción:			
Medición de parámetros Meteorológicos				Código de la estación: EM				Al lado de las Lagunas de oxidación del CITRAR			
				Fecha de Medición: 06/03/2019							
COORDENADAS (UTM)				ESTE: 0276 756				NORTE: 8671 368			
Date	Time	Temp Out °C	Hi Temp °C	Low Temp °C	Out Hum %	Wind Speed m/s	Wind Dir	Wind Run m/s	Bar mm/Hg	Rain mm	
06/03/2019	12:00 p.m.	28.1	28.6	28.1	65	1.3	WNW	2.41	750.3	0.00	
06/03/2019	12:30 p.m.	26.8	28.1	26.8	69	2.2	SW	4.02	750.1	0.00	
06/03/2019	01:00 p.m.	26.6	27.1	26.5	69	1.8	W	3.22	749.8	0.00	
06/03/2019	01:30 p.m.	27.1	27.1	26.5	68	1.8	W	3.22	749.4	0.00	
06/03/2019	02:00 p.m.	27.2	27.4	27.1	67	1.3	WSW	2.41	749.1	0.00	
06/03/2019	02:30 p.m.	27.8	27.8	27.2	64	1.8	SW	3.22	748.9	0.00	
06/03/2019	03:00 p.m.	28.2	28.2	27.7	64	1.8	WSW	3.22	749	0.00	
06/03/2019	03:30 p.m.	27	28.2	27.0	66	1.8	SW	3.22	748.9	0.00	
06/03/2019	04:00 p.m.	26.6	27.0	26.6	69	1.8	WSW	3.22	748.8	0.00	
06/03/2019	04:30 p.m.	26.4	26.6	26.2	72	1.8	WSW	3.22	748.8	0.00	
06/03/2019	05:00 p.m.	26.1	26.4	26.1	72	1.3	SW	2.41	748.9	0.00	
06/03/2019	05:30 p.m.	25.7	26.2	25.7	73	1.3	WSW	2.41	749	0.00	
06/03/2019	06:00 p.m.	25.3	25.7	25.2	76	1.3	SW	2.41	749.2	0.00	
06/03/2019	06:30 p.m.	24.6	25.3	24.6	78	1.8	SW	3.22	749.6	0.00	
06/03/2019	07:00 p.m.	24.2	24.6	24.1	80	1.8	SSW	3.22	749.7	0.00	
06/03/2019	07:30 p.m.	24.6	24.6	24.2	78	2.2	SSW	4.02	749.7	0.00	
06/03/2019	08:00 p.m.	24.6	24.6	24.5	78	2.2	SSW	4.02	749.8	0.00	
06/03/2019	08:30 p.m.	24.7	24.7	24.6	77	1.8	SSW	3.22	750	0.00	
06/03/2019	09:00 p.m.	24.9	24.9	24.7	77	1.8	S	3.22	750.1	0.00	
06/03/2019	09:30 p.m.	25.3	25.3	24.9	75	1.3	SSW	2.41	750.2	0.00	
06/03/2019	10:00 p.m.	25.5	25.5	25.3	74	1.3	SSE	2.41	750.1	0.00	
06/03/2019	10:30 p.m.	25.8	25.8	25.5	73	0.4	NNE	0.80	750.1	0.00	
06/03/2019	11:00 p.m.	25.8	25.9	25.8	73	0.9	N	1.61	750	0.00	
06/03/2019	11:30 p.m.	25.3	25.8	25.3	76	0.4	W	0.80	749.7	0.00	

F-IE-12  
Revisión: 01  
Fecha: 12-08-2015

  
  
 Celso Roberto Chugumayo 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 certificación de conformidad con normas del producto. 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" 1era Etapa, Lima-03 / Telf.: 6776533 Cel.: 972733385, Correo: rlaboratorio1@gmail.com



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

**ANEXO I AL INFORME DE ENSAYO N° 1903012H**

Tipo de Medición: Medición de parámetros Meteorológicos				Código de Laboratorio: - Código de la estación : EM Fecha de Medición : 06/03/2019			Descripción: Al lado de las Lagunas de oxidación del CITRAR			
COORDENADAS (UTM)				ESTE: 0276 756			NORTE: 8671 368			
Date	Time	Temp Out °C	Hi Temp °C	Low Temp °C	Out Hum %	Wind Speed m/s	Wind Dir	Wind Run m/s	Bar mm/Hg	Rain mm
07/03/2019	12:00 a.m.	25.1	25.3	25.1	77	0.4	W	0.80	749.5	0.00
07/03/2019	12:30 a.m.	24.8	25.1	24.7	79	0.9	NNW	1.61	749.5	0.00
07/03/2019	01:00 a.m.	24.2	24.7	24.1	81	1.3	NNW	2.41	749.5	0.00
07/03/2019	01:30 a.m.	23.3	24.2	23.3	84	0.4	W	0.80	749.5	0.00
07/03/2019	02:00 a.m.	22.6	23.3	22.5	87	0.9	S	1.61	749.3	0.00
07/03/2019	02:30 a.m.	22.7	22.7	22.5	87	0.4	SSW	0.80	749.1	0.00
07/03/2019	03:00 a.m.	22.7	22.8	22.6	86	0.4	SSW	0.80	749	0.00
07/03/2019	03:30 a.m.	22.9	22.9	22.8	85	0.4	S	0.80	748.8	0.00
07/03/2019	04:00 a.m.	23.1	23.1	22.9	85	0	---	0.00	748.8	0.00
07/03/2019	04:30 a.m.	23.2	23.2	23.1	84	0	---	0.00	749	0.00
07/03/2019	05:00 a.m.	23.4	23.4	23.2	84	0	---	0.00	749.2	0.00
07/03/2019	05:30 a.m.	23.7	23.7	23.4	82	0.9	N	1.61	749.5	0.00
07/03/2019	06:00 a.m.	23.8	23.9	23.7	82	0.4	N	0.80	749.7	0.00
07/03/2019	06:30 a.m.	23.7	23.8	23.7	82	0.4	NNW	0.80	749.8	0.00
07/03/2019	07:00 a.m.	23.1	23.7	23.1	84	0.9	W	1.61	750.1	0.00
07/03/2019	07:30 a.m.	22.5	23.1	22.4	86	0.9	SSW	1.61	750.3	0.00
07/03/2019	08:00 a.m.	23.4	23.4	22.5	84	0.4	SSW	0.80	750.5	0.00
07/03/2019	08:30 a.m.	23.2	23.6	23.2	84	1.3	NNW	2.41	750.7	0.00
07/03/2019	09:00 a.m.	23.6	23.6	23.2	83	1.3	W	2.41	750.7	0.00
07/03/2019	09:30 a.m.	24.9	24.9	23.6	78	0.9	W	1.61	750.6	0.00
07/03/2019	10:00 a.m.	25.9	25.9	24.9	75	0.9	NW	1.61	750.5	0.00
07/03/2019	10:30 a.m.	26.2	26.2	25.7	74	1.3	NW	2.41	750.5	0.00
07/03/2019	11:00 a.m.	26.5	26.5	26.1	73	1.3	NNW	2.41	750.4	0.00
07/03/2019	11:30 a.m.	27	27.0	26.6	71	1.3	NNW	2.41	750.2	0.00
07/03/2019	12:00 p.m.	28.5	28.5	27.1	65	1.8	W	3.22	749.8	0.00

Fin del Documento

Lima, 14 de Marzo del 2019

**Celso Roberto Chuquimayo Arellano**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
 CQP - 779

F-E-12  
 Revisión: 01  
 Fecha: 12-08-2015

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 certificación de conformidad con normas del producto. 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" 1era Etapa, Lima-03 / Telf.: 6776533 Cel.: 972733385, Correo: rlaboratorio1@gmail.com

## **ANEXO 5: CADENA DE CUSTODIA**



# CADENA DE CUSTODIA

F-RTM-04  
Revisión: 04  
Fecha: 10-01-2019  
Página 1 de 1

N° Cadena de Custodia: <b>19030124</b>		N° Plan de Muestreo: <b>1903006</b>	
Preservante			
Cliente: <b>ANDRÉS ENRIQUE PANDO CALDERÓN</b> Dirección del Cliente: <b>MZ. A LT. 36 SC. 2 ETAPA 4 URB. PACHACAMAC - VILLA EL SALVADOR - LIMA</b> RUC: <b>10774258612</b> Teléfono(s): <b>966372371</b> Atención a: <b>ANDRÉS ENRIQUE PANDO CALDERÓN</b> Correo: <b>andres.pandocalderon@gmail.com</b>			
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO			
Usuario:	Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAE-UNI)		N° de Orden de Trabajo: <b>1903007</b>
Muestreo realizado por:	R-LAB S.A.C		Analista de Campo: <b>Alejandro Zegarra</b>
Lugar de Muestreo:	Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales		
Procedimiento del Muestreo:	P-RTM-01		
Ensayo:	AIRE		
Contacto de Campo:	ANDRÉS ENRIQUE PANDO CALDERÓN	Teléfono(s): <b>989039244</b>	Correo: <b>andres.pandocalderon@gmail.com</b>
Contacto R-LAB:	Anthony Seminario	Teléfono(s): <b>913012298</b>	Correo: <b>serviciosrlab@gmail.com</b>
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (dd-mm-aa)	HORA DE MUESTREO (24:00)
AI-1	19030124-01	06-03-19	14:00
AI-2	19030124-02	06-03-19	12:00
AI-3	19030124-03	06-03-19	13:00
OBSERVACIÓN: Devolución de Items de Ensayo: SI ( ) NO (x) (3) TEMPERATURA: AMBIENTE (T), PRESERVADO (P), REFRIGERADO (R) (1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial, Laguna (ANS/La), RIG(ANSR); Subterránea: Manantial(ANS/M), Pozo (ANS/P), Terminal (ANS/T) AGUA SALINA: Mar(ASAM), Salobre(ASAO), Salobre(ASAG), Agua Residual: Doméstico(ARD), Industrial (ARI), Municipal(ARM) AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable(ACH/PO), Muestra(ACH/M), Evaporada(ACHE), Piscina(ACH/P), Laguna Artificial(ACH/La), SUELO: Suelo (S), Lodo(SL), Sedimento(SSED), AIRE:H, EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM) OTROS(O): (2) ENVASE: PLASTICO(P), VIDRIO(V), VIDRIO ÁMBAR(VA), BOLSA ZIPLOC(Z), SOBRE MANILA(SM), PLACA PETRI (PP), TUBOS ABSORVENTES (TA), OTROS(O)			
NOMBRE: <b>Andrés Enrique Pando Calderón</b>		CARGO: <b>bach. Ing. Ambiental</b>	
FIRMA:		CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)	
SOLO PARA SER LLENADO POR PERSONAL DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS			
Entregado por:	Firma:	Recibido por:	Firma:
ALEJANDRO ZEGARRA		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	
OBSERVACIONES:		En buen estado:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
		Recipiente apropiado:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
		Dentro del tiempo de conservación:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
		Correctamente preservadas:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
		CONFORME	NO CONFORME

## **ANEXO 6: FICHA DE UBICACIÓN**

## FICHA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO: AI-1

Nombre del lugar: Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI.

### IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Código/Nombre de la Estación: AI-1

Tipo de Muestra: Aire

Clase: Receptor

Normativa: D.S. N.º 003-2017-MINAM

Descripción de Ubicación: A 30 m del edificio del CITRAR (BARLOVENTO)

### UBICACIÓN

Distrito: Rímac

Provincia: Lima

Departamento: Lima

### COORDENADAS U.T.M.

Norte: 8 671 300

Este: 0 276 717

Zona: 18

Datum: WGS – 84



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 26:** Estación de muestreo AI-1.

## FICHA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO: AI-2

Nombre del lugar: Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI.

### IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Código/Nombre de la Estación: AI-2

Tipo de Muestra: Aire

Clase: Receptor

Normativa: D.S. N.º 003-2017-MINAM

Descripción de Ubicación: A 5 m del Reactor UASB

### UBICACIÓN

Distrito: Rímac

Provincia: Lima

Departamento: Lima

### COORDENADAS U.T.M.

Norte: 8 671 432

Este: 0 276 762

Zona: 18

Datum: WGS – 84



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 27:** Estación de muestreo AI-2.

## **FICHA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO: AI-3**

Nombre del lugar: Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI.

### **IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN**

Código/Nombre de la Estación: AI-3

Tipo de Muestra: Aire

Clase: Receptor

Normativa: D.S. N.º 003-2017-MINAM

Descripción de Ubicación: A 20 m del área de tesis (SOTAVENTO)

### **UBICACIÓN**

Distrito: Rímac

Provincia: Lima

Departamento: Lima

### **COORDENADAS U.T.M.**

Norte: 8 671 376

Este: 0 276 825

Zona: 18

Datum: WGS – 84



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 28:** Estación de muestreo AI-3.

## FICHA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO: EM

Nombre del lugar: Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos – CITRAR UNI.

### IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Código/Nombre de la Estación: EM

Tipo de Muestra: Parámetros meteorológicos

Clase: Receptor

Normativa: D.S. N.º 003-2017-MINAM

Descripción de Ubicación: Al lado de las lagunas de oxidación del CITRAR

### UBICACIÓN

Distrito: Rímac

Provincia: Lima

Departamento: Lima

### COORDENADAS U.T.M.

Norte: 8 671 376

Este: 0 276 825

Zona: 18

Datum: WGS – 84



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 29:** Estación de muestreo EM

## **ANEXO 7: PLAN DE MUESTREO**



PLAN DE MUESTREO

COPIA CONTROLADA 08

F-RTM-01

Revisión: 01

Fecha: 04 -06 -2015

Página 1 de 2

> DATOS DEL CLIENTE / LUGAR DEL PROYECTO: N° PLAN DE MUESTREO: 1903006

EMPRESA/ CLIENTE: ANDRÉS ENRIQUE PANDO CALDERÓN

LUGAR DE MUESTREO: CENTRO DE INVESTIGACION EN TRATAMIENTO DE AGUAS REISUDALES Y RESIDUOS PELIGROS (CITRAR - UNI)

NOMBRE DEL PROYECTO: MUESTREO DE CALIDAD DE AIRE

CONTACTO EN OFICINA: René Noel TELÉFONOS/CELULAR: 4941728 CORREO: imhidrosal@hotmail.com

CONTACTO EN CAMPO: ANDRÉS ENRIQUE PANDO CALDERÓN TELÉFONOS/CELULAR: 956372371 CORREO: andrespandocalderon@gmail.com

> ANALISTAS DE CAMPO DE R-LAB S.A.C.:

ANALISTA	ALEJANDRO JOEL ZEGARRA YAÑEZ	TELÉFONOS/CELULAR:	927409670	DNI:	48312178
ANALISTA		TELÉFONOS/CELULAR:		DNI:	
ANALISTA		TELÉFONOS/CELULAR:		DNI:	

> FECHAS DEL SERVICIO DE TOMA DE MUESTRAS, LUGAR DE ENCUENTRO, MOVILIDAD/TRASLADO, ESTADÍA Y VIÁTICOS:

FECHA/HORA DE SALIDA: 06/03/2019 08:00 FECHA, HORA Y LUGAR DE ENCUENTRO CON EL CLIENTE (CAMPO): 06/03/2019 10:00 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FECHA DE RETORNO: 07/03/2019 MOVILIDAD/TRASLADO: PROPORCIONADO POR CLIENTE  PROPORCIONADO POR RLAB  EMPRESA DE TRANSPORTE

ESTADÍA Y/O VIÁTICOS: PROPORCIONADO POR CLIENTE  PROPORCIONADO POR R-LAB  NO APLICA (N/A)  OTROS (ESPECIFICAR):

> RELACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES PARA USO EN CAMPO: ( (\*) : Soluciones proporcionados por el laboratorio de ensayo / (\*\*): Varios )

EQUIPO	CANTIDAD	EQUIPO	CANTIDAD	MATERIALES Y SOLUCIONES A USAR	CANTIDAD
Tren de muestreo	3			Soluciones captadoras	**
Estación Meteorológica	1			Impingers	*
Rotámetro 1,0	1			Agua desionizada	**
GPS	1			Brújula	*
				Tripode	*

Observación:

> RELACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP'S) :

Casco	Lentes de seguridad
Barbiquejo	Guantes de nitrilo
Chaleco	
Zapatos de seguridad	
Orejeras	
Guantes de hilo	

Observación:.....



## **ANEXO 8: 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	<b>98933</b>	<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	<b>R-LAB S.A.C.</b>	
Dirección	<b>Calle Berna 100 Urb Poratales de Javier Prado 1era Etapa - Ate Vitarte</b>	
Instrumento de Medición	<b>MEDIDOR DE CAUDAL</b>	
Marca	<b>Cole Parmer</b>	
Modelo	<b>1 32457-40</b>	
Procedencia	<b>Estados Unidos</b>	
Número de Serie	<b>41101402 (*)</b>	
Intervalo de Medición	<b>0,04 L/min a 0,50 L/min</b>	
Resolución del Dispositivo Visualizador	<b>0,02 L/min</b>	
Temp. de Referencia	<b>NO INDICA (**)</b>	
Fecha de Calibración	<b>2018-02-08</b>	

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	 CARLOS OCHOA QUIQUIA
		Dirección de Metrología	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](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://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:  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  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: ± 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 Metrológicos 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

## Informe de Calibración

### LFP - 097 - 2018

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	<b>99579</b>	<p>Este informe 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	<b>R-LAB S.A.C.</b>	
Dirección	<b>Berna 100 Urb Poratales de Javier Prado 1era Etapa - Ate Vitarte</b>	
Instrumento de Medición	<b>INSTRUMENTO DE MEDICION DE PRESION ABSOLUTA (BAROMETRO)</b>	
Intervalo de Indicaciones	<b>410 mmHg a 820 mmHg (547 hPa a 1 093 hPa) (*)</b>	
Resolución	<b>0,1 mmHg</b>	
Marca	<b>DAVIS INSTRUMENTS</b>	
Modelo	<b>6152C / VANTAGE PRO 2</b>	
Número de Serie	<b>BC180723067</b>	
Procedencia	<b>USA</b>	
Fecha de Calibración	<b>2018-11-23</b>	

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

	Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Fuerza y Presión
	2018-11-26	 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 N° 817, San Isidro, Lima – Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

**Laboratorio de Fuerza y Presión**

## Informe de Calibración LFP – 097 – 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	19,7 °C	19,8 °C
Humedad Relativa	53,9 %	54,9 %
Presión Atmosférica	993,9 mbar	995,1 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 : 0,07 mbar	INACAL/DM-149-2018 DE :2018-04-04

### Observaciones

El instrumento presenta errores de medición mayores al error máximo permitido dado por el fabricante.  
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.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

## Informe de Calibración LFP – 097 – 2018

Página 3 de 4

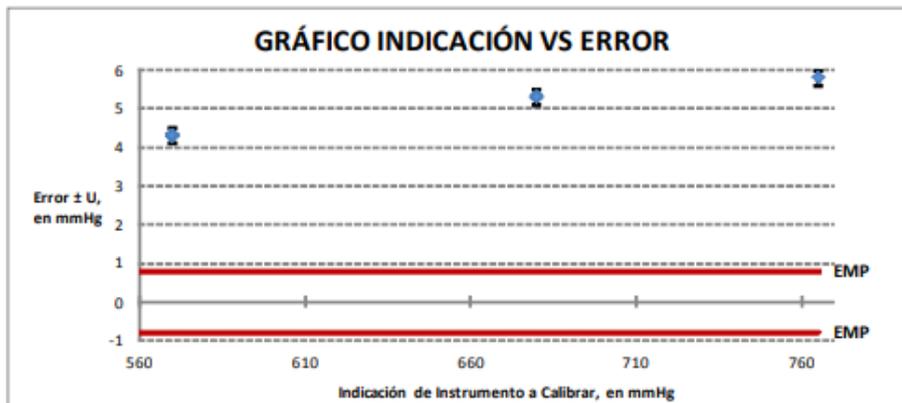
### Resultados de Medición

Indicación Barómetro a Calibrar ***		Error ** ( mmHg )	Incertidumbre ( mmHg )	Error Máximo Permitido * ± ( mmHg )
( hPa )	( mmHg )			
759,9	570,0	4,3	0,2	0,8
906,6	680,0	5,3	0,2	0,8
1 019,9	765,0	5,8	0,2	0,8

\* Información tomada de su manual.

\*\* El resultado es el promedio de cinco mediciones

\*\*\* El instrumento forma parte de un barotermohigrómetro.





**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

**Laboratorio de Fuerza y Presión**

# Informe de Calibración

## LFP – 097 – 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 Metrológicos 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.