



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**

“Modelamiento de dispersión de material particulado mediante la Aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la zona vulnerable del sector industrial de Puente Piedra 2017”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**Alex Herlyn Depaz Ramos**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. Elmer Benites Alfaro**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático**

**LIMA – PERÚ**

**2017**

---

Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo

**Presidente**

---

Mg. Rita Torres Cabello

**Secretaria**

---

Ing. Elmer Benites Alfaro, Dr.

**Vocal**

## **DEDICATORIA**

A mi familia porque son la razón de que día a día busque la superación personal, en especial a Dios, mis padres y novia por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento en cuanto a la realización de la presente tesis, y por aportar en mi formación para ser una persona y profesional de bien y lograr mis objetivos

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por guiarme y a lo largo de mi vida por darme fortaleza en los buenos y malos momentos.

La presente tesis se desarrolló con el esfuerzo directo e indirecto de las personas que son el cimiento de mi desarrollo como persona y profesional, a ustedes mi familia por inculcarme valores, sobretodo la perseverancia que me servirá para toda la vida.

A mi novia por apoyarme en la odisea de realizar la presente investigación a pesar de la distancia y las molestias estuvo siempre pendiente en todo lo necesario y dándome ánimos para culminar satisfactoriamente mis estudios.

Agradecer a mi asesor el Ing. Elmer Benites Alfaro por el apoyo brindado en el desarrollo de la presente investigación.

Agradecer a la Universidad César Vallejo por brindarme la oportunidad de estudiar y por la formación integral que me han brindado en todo momento.

Muchas gracias a todos.



## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Alex Herlyn Depaz Ramos, con código de estudiante N° 6700237563, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de Julio de 2017

Alex Herlyn Depaz Ramos

## PRESENTACIÓN

En los últimos años se observado un aumento de la conciencia ambiental por ende aun mayor interés de nuestras autoridades, estas a su vez se ven obligadas a establece políticas que permitan el desarrollo sostenible entre la industria y la personas que habitan en los alrededores, a su vez que permitan conocer el grado de afectación a los ecosistemas y los posible daños a la salud humana, que puedan o causa la emisiones de contaminantes de la atmosfera. Mediante el uso de modelos matemáticos de dispersión de contaminantes atmosféricos, ay que estas herramientas resultan bajo costo y eficientes.

Dentro del nuestro universo hay una gran variedad de Software que ayudan a evaluar la dispersión del contaminante de interés, dentro del Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) podemos encontrar una variedad de estas herramientas sin costo. El presente informe se utilizó el software "R" para el modelamiento de dispersión de material particulado (PM-10) de la zona industrial del Distrito de Puente Piedra mediante la Aplicación del Modelo Gaussiano en la industria Sales y Derivados del Cobre S.A.

Conocer el tipo, la fuente y dispersión de contaminante, es la etapa inicial que le permitirá a los municipios para gestionar el territorio urbano, el presente estudio muestra al máximo posible de acuerdo con la información recopilada de contaminación del distrito de Puente Piedra, la emisión y la dispersión de los contaminantes de la industria con el objetivo de que futuros procesos de desarrollo urbano tengan una herramienta.

En la que el presente trabajo expone en sus siete (07) capítulos, los cuales son: Capitulo I. Introducción, conformado por la realidad problemática, antecedentes, teorías relacionadas al tema, formulación del problema y sus respectivas hipótesis, Capitulo II. Método, en el que se detalla el diseño de investigación las variables a utilizar con su respectiva, operacionalización, determinación de población, muestra y muestreo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad y método de análisis de datos; Capitulo III. Resultados, en donde se muestra el valor obtenido del Modelo Gaussiano para Deposición de

Partículas de Chimeneas; Capítulo IV. Discusión, en este apartado se compara los resultados obtenidos en la presente investigación con los trabajos realizados de modelamiento de dispersión con el modelo gaussiano aplicado en otras realidades geográficas; Capítulo V. Conclusión, en ítem se da respuesta a cada uno de los problemas formulados; Capítulo VI. Recomendaciones, en donde se da algunas apreciaciones a modo de recomendaciones y por último el Capítulo VII. Referencias bibliográficas, donde se cita las fuentes consultadas que permito la elaboración de la presente investigación.

## ÍNDICE

### Paginas Preliminares

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Formulación de problema .....</b>	<b>32</b>
1.4.1. Problema general.....	32
1.4.2. Problema específico .....	32
<b>1.5. Justificación del estudio .....</b>	<b>33</b>
<b>1.6. Hipótesis.....</b>	<b>34</b>
1.6.1. Hipótesis general ( $H_0 : \Theta = \Theta$ ) .....	34
1.6.2. hipótesis específica .....	34
<b>1.7. Objetivos.....</b>	<b>35</b>
1.7.1. General.....	35
1.7.2. Específicos.....	35
<b>II. METODO .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1. Diseño de investigación .....</b>	<b>36</b>
<b>2.2. Población, muestra y muestreo .....</b>	<b>36</b>
2.2.1. Población:.....	36
2.2.2. Muestra: .....	36
<b>2.3. Método de análisis de datos.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla de Operacionalización de variables .....</b>	<b>38</b>
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. Área de estudio .....</b>	<b>39</b>

<b>3.2. Ubicación política .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3. Calculo de Modelo Gaussiano para Deposición de Partículas de Chimeneas .....</b>	<b>39</b>
3.3.1 Datos del punto de emisión para el cálculo de ( $Q_p$ ).....	40
3.3.2 Determinar la estabilidad atmosférica ( $\sigma_y$ y $\sigma_z$ ).....	41
3.3.3 Dirección del viento .....	49
3.3.4 Velocidad del viento ( $\mu$ ).....	55
3.3.5 Calculo de altura de Efectiva de penacho .....	57
3.3.6 Concentración Máxima en la dirección del viento predominante .....	59
3.3.7 Velocidad de asentamiento de partículas menores a 10 $\mu\text{m}$ .....	60
<b>3.4. Simulación de contaminante aplicando la ecuación Gaussiano .....</b>	<b>61</b>
<b>3.5. Resultados de monitoreo de calidad de aire.....</b>	<b>63</b>
<b>3.6. Área afectada por la dispersión de Material Particulado por la Industria. ....</b>	<b>70</b>
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>71</b>
<b>V. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>73</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>76</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>78</b>
<b>Anexo 01: Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de PM-10 .....</b>	<b>79</b>
<b>Anexo 02: Fotografías de área vulnerable .....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo 03: Informes de Monitoreo .....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo 04: Ficha de campo.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo 05: NASA meteorología de superficie y la energía solar .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 06: Certificado de calibración de Estación Meteorológica.....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 07: Mapa de Ubicación de estación Meteorológica .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexo 08: Mapa de Ubicación de Fuente Emisión .....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo 09: Mapa de dispersión de Material Particulado (PM-10) .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo 10: Certificado de calibración de muestreador de partículas PM-10107</b>	

<b>Anexo 11 : Certificado de Calibracion de balanza.....</b>	<b>123</b>
<b>Anexo 12: Tabla de Evaluación de Expertos .....</b>	<b>133</b>
<b>Anexo 13 Matriz de Consistencia .....</b>	<b>140</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Comportamiento de los Contaminantes del Aire .....	4
TABLA 2: Tabla de Valoración mensual PM-2.5 en el 2015-2016 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	4
TABLA 3: Tabla de valoración mensual PM-10 en el 2013 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	5
TABLA 4: Tabla de valoración mensual PM-10 en el 2014 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	5
TABLA 5: Valoración mensual PM-10 en núcleos 2015-2016 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	6
TABLA 6: Clasificación de la atmosfera según las clases de Pasquill .....	16
TABLA 7: Desviación "Y" .....	16
TABLA 8: Desviación de "Z" .....	17
TABLA 9: Velocidad de asentimiento .....	24
TABLA 10: Coeficiente que se da en función a la estabilidad atmosférica .....	27
TABLA 11: Concentración promedio PM10.....	34
TABLA 12: Características de chimenea.....	40
TABLA 13: Clase de estabilidad atmosférica .....	41
TABLA 14: Condiciones para el software "R" .....	42
TABLA 15: Funciones de Sigma para Áreas Rurales.....	43
TABLA 16: Funciones de Sigma para Áreas Urbanas.....	43
TABLA 17: PASQUIL para determinar coeficiente vertical .....	46
TABLA 18: PASQUIL para determinar coeficiente horizontal .....	49
TABLA 19: Resultado de la aplicación del modelación Gaussiano.....	61
TABLA 20: Resultado de pesos de filtro 21/04/17 .....	63
TABLA 21: Resultado de filtro de 29/05/17 .....	63
TABLA 22: Cálculo de volumen estándar PM10 21/04/17 .....	65
TABLA 23: Cálculo de volumen estándar PM10 29/05/17 .....	66
TABLA 24: Calculo de concentración de PM10 21/04/17 .....	67
TABLA 25: Cálculo de concentración de PM10 29/05/17 .....	68
TABLA 26: Comparación de resultados obtenidos de monitoreo y las ECAs .....	69
TABLA 27: Coordenadas y descripción del monitoreo de calidad de aire .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Ciudad rectangular la que se indica el significado de los símbolos usados en el modelo de caja fija .....	18
FIGURA 2: sistema de coordenadas y nomenclatura para idea gaussiana columna de humo .....	19
FIGURA 3: Rosa de Vientos .....	21
FIGURA 4: Altura Efectiva de chimenea .....	25
FIGURA 5: Rosa de viento 24/04/17 .....	50
FIGURA 6: Rosa de viento 29/04/17 .....	51
FIGURA 7: Rosa de viento 06/05/17 .....	52
FIGURA 8: Rosa de viento 14/05/17 .....	53
FIGURA 9: Rosa de viento 21/05/17 .....	54
FIGURA 10: Variación de PM-10 con respecto a la distancia.....	62



## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación la metodología utilizada fue de tipo descriptivo. El objetivo principal fue aplicar el modelo gaussiano para determinar mediante la dispersión de los contaminantes la zona vulnerable a causa de las emisiones del sector industrial en el distrito de puente piedra.

La investigación se centró a identificar las características fundamentales de meteorología del distrito de Puente Piedra, entre las cuales se establece las condiciones climatológicas como son la temperatura, presión, dirección del viento e índice de radiación neta, estas últimas necesarias para el desarrollo del modelamiento; así también se identificaron las características del distrito.

Seguidamente se realizó el proceso de determinación de la emisión de material particulado de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro de la fuente. Con esta identificación se procedió a la aplicación del modelo de dispersión gaussiana así también como la ecuación, algunos parámetros de la ecuación gaussiana fueron calculados esto permitió determinar el comportamiento de este contaminante luego de su emisión a la atmosfera y la dirección que tomara con la dirección del viento. Mediante el software matemático "R" se simulan la dispersión de contaminante para determinar la distancia de concentraciones máximas de partículas de 10  $\mu\text{m}$  mediante la estabilidad atmosférica y la velocidad del viento predominante.

**Palabras Claves:** Contaminación, partículas, dispersión, emisión, R, modelamiento, estabilidad atmosférica.

## ABSTRACT

In the present work of investigation the methodology used was descriptive type. The main objective is to apply the Gaussian model to determine the dispersion of pollutants in the vulnerable zone a cause of emissions of the industrial sector in the district stone bridge.

The research was focused to identify the fundamental characteristics of the Puente Piedra meteorology, including the climatic conditions such as temperature, pressure, wind direction and net radiation index, the last necessities for modeling development; District characteristics were also identified.

Subsequently the process of determination of the emission of the particulate material of 10 millimeters of the diameter of the source was realized. With this identification the Gaussian dispersion model was also applied as the equation, some parameters of the equation were calculated and allowed to determine the behavior of this pollutant after its emission to the atmosphere and the direction taken with the direction Del Wind The mathematical software "R" simulates the dispersion of pollutant to determine the distance of maximum concentrations of the particles of 10  $\mu\text{m}$  through the atmospheric stability and the prevailing wind speed.

**Key words:** Pollution, particles, dispersion, emission, R, modeling, atmospheric

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente investigación nace ante la necesidad de identificar las zonas vulnerables por la emisión de contaminantes de las chimeneas. En la Provincia de Lima, distrito de Puente Piedra, el material particulado proviene de diversas actividades, así como naturales o antropogénicas. Dentro de las actividades naturales se encuentra la erosión de los suelos, erupciones volcánicas, incendios forestales, entre otras. Y entre las actividades humanas o antropogénicas, se encuentran el uso de combustibles fósiles, quemas en campos agrícolas y una variedad de procesos industriales establecidos dentro del distrito de Puente Piedra, entre los contaminantes emitidos por las chimeneas que impactan negativamente su atmósfera se encuentra el PM-10, así también cabe mencionar que este contaminante causa muchos perjuicios tanto a la salud como a las edificaciones, por ese motivo será nuestro principal contaminante dentro de los planes de estudio, mitigación y control de las zonas urbanas. Y para ello se proceda a realizar monitoreos a las principalmente las fuentes de emisión, para lo cual se han elaborado e implementado herramientas, un ejemplo de ellos son los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos; con la cual podemos estimar sus concentraciones en tiempo y espacio determinado. Estos modelos de dispersión vienen siendo fomentados desde el año 1970 por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos- EPA desarrollando programas que monitorean la calidad del aire, dentro de esta gama de programas se encuentra el software "R", con la cual se evalúa el impacto de las emisiones a la atmósfera, de una gran variedad de fuentes fijas. Como conclusión del estudio, se considera que aunque los límites según la dispersión de una fuente fija de presencia de material particulado rebasan los límites permisibles por la normatividad, y más aún en cuanto al grupo de las industrias de la zona industrial de Puente Piedra supera enormemente los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) es necesario que las empresas realicen la implementación de planes de reducción de sus emisiones, con el fin de minimizar el impacto ambiental negativo, tanto al interior de las plantas como en las zonas aledañas a ellas.

## 1.1. Realidad problemática

La contaminación del aire esta y ha estado dentro de la vida del planeta tierra ya que puede originarse de forma natural como los incendios forestales y erupciones volcánicas y también por la actividad del hombre como la industria y la agricultura o la generación de energía. Así también luego de la revolución industrial los niveles de contaminación del aire por la actividad del hombre ha incrementado enormemente excediendo la capacidad de los ecosistemas para degradarlos debido al consumo de energía, así como la producción y la extracción de recursos naturales.

Incrementado el uso de combustibles fósiles, la tala de árboles y el incremento de tierra para la agricultura con fines industriales, y a consecuencia el aumento de concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y material particulado (PM) ocasionando aceleramiento del proceso de calentamiento global.

Así también ocasionando daños a la salud directa, según la revista Environmental Research Letters, la contaminación del aire es la causa de 2,1 millones de muertes alrededor del mundo por año. Así también el estudio afirma que la contaminación por material particulado está relacionada con la muerte prematura por enfermedades cardíacas y respiratorias, e incluso el cáncer de pulmón. Este tipo de contaminación está creciendo exponencialmente a causa de las actividades humanas.

El Perú no es ajeno al incremento de la contaminación del aire ya que se ha incrementado entre los años cincuenta y sesenta con el llamado "boom" de las fabricas productoras de harinera de pescado en sus puertos principales como el Callao, Lima y Chimbote, así también tenemos las mineras metálicas y no metálicas ocasionaron la contaminación del aire de las ciudades así como la Oroya.

El Perú así como otros países la contaminación del aire se relaciona a las actividades industriales, el crecimiento desordenado y la falta de normativas drásticas son factores que también contribuyen al problema de la calidad del aire que afecta a su misma población.

Según la OMS La ciudad de Lima se encuentra entre las 18 ciudades más contaminadas de mundo y es la más contaminada de Sudamérica, y sus principales causas de contaminación del aire son debido al incremento del parque automotor y al desarrollo de las industrias y dentro de ella las zonas más contaminada de Lima se encuentra Lima Norte donde se encuentra ubicada el distrito de Puente Piedra qcon un alto contenido contaminantes en el aire es esta origina por varios factores entre la principal tenemos a la actividad industrial que se desarrolla en dicho distrito pero no con una adecuada gestión pues esta actividad se desarrolla en medio del distrito. La zona industrial del distrito de Puente Piedra entre las Av. Las Vegas y Av. Industrial, dentro de esta zona se encuentran empresas como Kimberly Clark, Sales y derivados del Cobre, Celima, Textiles Camones S.A. y la fábrica de ladrillos Lark entre otras así también como pequeñas fundidoras ocasionando acumulación de material particulado en las urbanizaciones colindantes con un alto nivel de contaminación del aire ya sea por partículas, gases y vapores orgánicos (Ver Anexo 08).

Según El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), informó que en el mes de julio de 2014 (Ver TABLA 1), El material particulado PM-2.5 tuvo valores de  $40,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el distrito de Puente Piedra. Y teniendo en cuenta que están por encima de lo recomendado por la OMG que es de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**TABLA 1: Comportamiento de los Contaminantes del Aire**

Contaminante	Unid.	Estación de calidad de aire 2014									
		Ate	San Borja	Campo de Marte	Santa Anita	Villa María del Triunfo	Huachipa	San Juan de Lurigancho	San Martín de Porres	Carabaylo	Puente Piedra
Dióxidos de Nitrógeno	ppb	-	16.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ozono	ppb	-	9.8	10.3	3.4	5.0	-	-	-	-	-
Partículas PM <sub>2.5</sub>	ug/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	41.6	38.8	-	35.7	40.0

Fuente: SENAMHI, 2015.

Así también como se puede observare en la TABLA 2 según SENAMHI en el año 2016 para en distrito de puente piedra presenta un máximo de concentración de 39.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , un mínimo de 26.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y un promedio de 29.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**TABLA 2: Tabla de Valoración mensual PM-2.5 en el 2015-2016 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Estación	2015											2016	
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
<b>Ate</b>	35.7	29.6	36.9	36.6	38.1	35.5	40.6	34.0	33.5	31.4	-	-	24.0
<b>San Borja</b>	13.7	13.3	17.6	17.9	22.8	-	21.3	18.6	16.6	16.2	-	14.5	14.5
<b>Jesús María</b>	12.5	12.8	19.7	17.5	20.8	16.3	16.1	-	14.3	13.0	14.3	13.7	-
<b>Santa Anita</b>	19.2	21.3	29.6	26.0	31.5	27.3	32.7	27.5	19.4	27.2	26.2	21.5	22.6
<b>Villa María del Triunfo</b>	23.5	25.0	33.3	29.7	-	-	-	-	-	21.7	21.8	22.1	22.6
<b>Huachipa</b>	25.9	27.4	35.0	30.0	20.6	17.6	19.8	17.3	16.7	16.1	16.7	13.7	14.3
<b>San Juan de Lurigancho</b>	22.1	24.5	34.0	29.6	31.4	28.8	31.0	28.0	28.1	26.4	26.4	22.1	22.0
<b>San Martín de Porres</b>	13.6	13.7	19.5	17.1	21.5	17.2	18.4	15.9	14.7	13.8	13.8	13.0	12.5
<b>Carabaylo</b>	-	-	-	27.8	29.0	15.0	15.8	14.3	25.6	24.8	25.7	21.5	20.1
<b>Puente Piedra</b>	26.9	30.6	39.3	28.7	29.5	28.1	28.4	26.0	28.3	28.8	32.3	26.9	28.3

Fuente: SENAMHI, 2016.

Por otro lado los resultados en el mes de julio de 2014, El máximo valor obtenido de PM<sub>10</sub> se registró en el distrito de Puente Piedra (86,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Ver TABLA 3).

**TABLA 3: Tabla de valoración mensual PM-10 en el 2013 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Estación	2013					
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Ate</b>	88.4	48.3	-	119.1	101.2	106.2
<b>San Borja</b>	95.2	60.4	57.1	53.4	48.2	46.9
<b>Jesús María</b>	90.1	57.8	52.5	40.1	36.2	31.3
<b>Santa Anita</b>	175.5	96.1	-	66.0	-	-
<b>Villa María del Triunfo</b>	213.0	91.3	89.5	109.6	99.1	100.9
<b>Huachipa</b>	-	-	-	-	-	-
<b>San Juan de Lurigancho</b>	-	-	-	-	-	-
<b>San Martín de Porres</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Carabayllo</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Puente Piedra</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: SENAMHI, 2015.

Así también como se puede observar en la TABLA 3 y TABLA 4 según SENAMHI en el año 2013 al 2014 el distrito de puente piedra presenta un máximo de concentración de  $147.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , un mínimo de  $86.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**TABLA 4: Tabla de valoración mensual PM-10 en el 2014 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Estación	2014							
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
<b>Ate</b>	108.9	130.7	133.5	143.4	90.3	92.7	106.0	119.9
<b>San Borja</b>	45.6	46.0	52.8	41.8	34.6	43.7	69.3	58.8
<b>Jesús María</b>	30.9	45.1	47.5	51.7	40.3	57.4	51.1	44.8
<b>Santa Anita</b>	-	79.3	66.9	72.7	55.8	-	79.4	87.4
<b>Villa María del Triunfo</b>	112.1	165.6	139.5	105.5	57.4	-	55.3	59.4
<b>Huachipa</b>	-	-	-	-	113.6	-	89.5	106.0
<b>San Juan de Lurigancho</b>	-	-	-	-	101.9	-	85.4	99.9
<b>San Martín de Porres</b>	-	-	-	-	72.5	-	-	47.5
<b>Carabayllo</b>	-	-	-	-	104.9	-	54.5	61.7
<b>Puente Piedra</b>	-	-	-	-	147.0	-	86.4	104.5

Fuente: SENAMHI, 2015.

Así también como se puede observare en la TABLA 5 según SENAMHI en el año 2015 para en distrito de puente piedra presenta un máximo de concentración de 286.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , un mínimo de 80.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y un promedio de 123.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**TABLA 5: Valoración mensual PM-10 en nucleos 2015-2016 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

Estación	2015											2016		
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
<b>Ate</b>	111.0	124.2	78.5	95.4	82.7	77.2	65.8	96.4	101.6	97.3	102.3	-	-	98.8
<b>San Borja</b>	-	-	-	-	-	-	-	48.5	47.5	44.4	46.0	-	44.1	48.8
<b>Jesús María</b>	35.1	41.6	52.4	45.0	50.2	84.3	47.3	37.4	-	31.4	33.8	36.5	31.7	38.2
<b>Santa Anita</b>	70.0	81.9	109.8	83.5	62.3	108.1	48.0	68.7	72.9	-	73.9	72.0	66.2	70.1
<b>Villa María del Triunfo</b>	108.6	126.6	240.3	203.5	173.0	-	-	-	-	-	86.7	106.4	141.7	169.8
<b>Huachipa</b>	92.5	102.4	131.5	108.0	102.9	181.4	78.9	79.4	73.4	83.0	82.5	81.8	81.6	80.4
<b>San Juan de Lurigancho</b>	67.2	92.2	122.6	115.3	101.5	147.7	66.0	69.3	65.2	41.5	79.2	78.3	70.8	73.4
<b>San Martín de Porres</b>	38.2	46.7	64.9	51.2	50.8	96.1	43.8	46.1	42.4	79.6	38.8	38.8	36.2	39.5
<b>Carabaylo</b>	73.4	86.0	99.6	-	87.6	89.1	73.1	72.0	69.9	79.2	76.7	76.3	75.4	82.0
<b>Puente Piedra</b>	120.1	137.8	158.5	133.5	127.8	286.1	103.6	84.9	80.2	110.7	111.9	131.2	111.0	125.1

Fuente: SENAMHI, 2016.

Estas tablas de valores anuales y mensuales nos muestran que la población de Puente Piedra está expuesta a altas concentraciones de Material Particulado así como en PM-10 y PM-2.5 que según Organización mundial de salud (OMS) establece que Para PM-10 es un máximo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y para PM-2.5 es de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es así que estos altos índices de concentración de material particulado son los principales factores de las enfermedades respiratorias, problemas en la infraestructura vegetación que se encuentran aledañas al lugar.



## 1.2 Trabajos Previos

### ANTECEDENTES

Durante la exploración bibliográfica se evidencio la carencia de documentación relacionada al modelamiento de Material Particulado en el distrito de Puente Piedra, por tal motivo se ha tomado como referencia modelos de investigación de ámbito nacional e internacional. Dentro de los que destacan:

Según TORRES J., AGUSTÍN (2008) en el módulo “Aplicación Práctica del Modelo de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos-ISCST3” presento el objetivo de estudiar la viabilidad técnica, económica y medioambiental de unificar la emisión de todos los focos contaminantes en un único foco de Emisión de los gases, así también de verificar los niveles de calidad del aire para los contaminantes  $SO_x$ , CO,  $NO_x$  y partículas en suspensión, con las características previstas del nuevo foco de emisión que canalizará los gases emitidos por cada uno de los focos existentes en la actualidad. Para determinar la altura de este único foco, que englobará las emisiones de los focos de todos los procesos industriales de la instalación y obteniendo como resultado de la modelización se tienen dos tipos de salidas de resultados, una numérica y otra gráfica para cada tipo de contaminante y expresión considerada. Con estos resultados se debe evaluar la situación de la instalación con respecto a la contaminación atmosférica así también como la adecuación de la altura de chimenea comparándolo con el cálculo teórico realizado por los criterios establecidos por la orden, o el incremento de concentraciones en las estaciones de control de calidad del aire.

Según MARÍA E MANZUR, GRACIELA BENZAL, SILVIA N GONZÁLEZ (2012) en su tesis “Modelo de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos”, se realizó con el objetivo central de aplicar La simulación de concentración de contaminantes que permite estimar la calidad de aire ambiental de zona industrial cercana a una ciudad, cuyos habitantes estarían estar expuestos a concentraciones elevadas que constituyen un riesgo para la salud de dicha ciudad. Se estableció conocer principalmente las características y

condiciones meteorológicas de la ciudad y la zona industrial y posteriormente el procesamiento de los datos con el software MATLAB y se realiza una comparación entre los resultados obtenidos en las mismas condiciones con el modelo SCREEN3MODEL de la Versión 96043 de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), partiendo de las simulaciones con MATLAB 7.0 se analizan los resultados de concentraciones y gráficas desarrolladas a diferentes tipos de estabilidad en área rural, velocidades de viento 2, 4 y 7 m/s y distancias comprendidas entre  $100 \text{ m} < x < 4000 \text{ m}$ . es así que con estos resultados concluyen que la chimenea mediante las concentraciones calculadas exceden ampliamente la norma legal de la provincia de Buenos Aires para PM<sub>10</sub>, igual a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio 24 h ( ley 5965, decreto reglamentario 3395/96) y al alejarse del foco emisor las mismas que disminuyen considerablemente. A partir de los 1400 m estas concentraciones disminuyen y dejan de ser nocivas para la salud humana (OMS).

Según LOBO ROJAS, PAOLA (2010) en el módulo “Modelamiento de Dispersión del Material Particulado PM-10 mediante Breeze, en la zona cercana a la planta productora de cemento Cemex S.A. situada en Bucaramanga” presento el objetivo de Modelar la dispersión del material particulado PM-10 por medio del software Breeze en la zona aledaña a la planta productora de cemento Cemex S.A ubicada en Bucaramanga en el Km 4 vía Rionegro, así también de Implementar el modelo para la dispersión de partículas emitidas por fuentes fijas, utilizando el software Breeze Aermod - ISC Pro, el cual cuenta una serie de fases metodológicas, estas consiste en la verificación del modelo, implementación y elaboración de las soluciones propuestas. Para lo cual concluye que la dispersión de los contaminantes en la dirección congruente con la rosa de vientos, la misma que indica con dirección al sur, transportando material particulado hasta el Barrio Claverianos a causa de su cercanía a la fuente de emisión, así también arrojan un porcentaje de error muy altos que van desde 56.83% y 49.99%, a causa que no se tomó en consideración otras fuentes de emisión como móviles y estacionarias o

fijas, las cuales afectan los resultados obtenidos ,así también se concluye que la dispersión material particulado que llega hasta el Barrio Claverianos no supera el límite máximo permisible de la norma de calidad del aire de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  según lo modelado, reflejando éstas un IBUCA que cataloga la zona según la clasificación epidemiológica como Bueno, debido a que la mayor concentración se presenta dentro de la planta de cemento .

Según Jaime Hernán Buitrago Arango (2003), en su tesis “Aplicación Del Modelo Gaussiano Para Determinar La Calidad Del Aire De Manizales” sostuvo que dentro de las características de la ciudad, como son: su población, actividad productiva, las condiciones ambientales y climatológicas ( $T^\circ$ , precipitación, dirección del viento y brillo solar), estas son ineludibles para el modelamiento de la dispersión.

Para esto fue necesario identificar las características de la ciudad, seguidamente se inició a determinar el inventario de emisiones de fuentes de contaminación como las fuentes fijas y móviles seguidamente cuantificación de la carga de contaminantes de cada punto de emisión.

Una vez cuantificada se procedió a la aplicación del modelo de dispersión de contaminantes para ello se analizaron los contaminantes como los hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ).

Esto permitió identificar el comportamiento de cada uno de los contaminantes después de ser emitidos a la atmosfera a su vez determinar la dirección del viento predominante para estimar su dirección.

Una vez realizado el estudio se estableció preliminarmente la situación actual de la ciudad en relación a sus emisiones de contaminantes y su dispersión.

Que Los cálculos de la estabilidad atmosférica para Manizales basados en el brillo solar y la velocidad del viento, permiten establecer que de acuerdo a las condiciones topográficas y climatológicas en la ciudad se presentan durante el día proporcionalmente los diferentes tipos de estabilidad, lo que refleja que para la aplicación del modelo de dispersión, juegue un papel importante.

Según Prato Sánchez Daniel en su tesis “Modelación de la dispersión de Material Particulado en Zona minera del Cesar, Colombia usando Fluent (CFD)” que se realizó en la zona minera Cesar que está ubicada al norte de Colombia y al oeste de la cordillera de los Andes la cual se dedica a extracción y producción de carbón. El cual definió que las ecuaciones que rigen el modelo físico del problema es la velocidad y la concentración. Su trabajo fue presentado con el objetivo de realizar una dinámica de fluido computacional para una nueva alternativa para la modelación de las condiciones del aire para determinación del estado de calidad de aire en la región. Así se obtuvieron resultados de hasta 36 modelizaciones en simultáneo así mismo se evidenciaron que efectivamente las concentraciones determinadas excedieron enormemente los estándares de calidad de Aire de dicho país.

Según Molina Jiménez, Pedro en su investigación “SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA” en Madrid el 2013. Expone la implementación de un nuevo método consecutivo para la resolución de la parte crítica de la ecuación incluyendo un software químico CHIMERE. Este modelo esta implementado por de volúmenes finitos. Su ventaja es la conservación exacta de su masa debido a que se emplea la fórmula la ley de conservación de masa. Los resultados numéricos obtenidos en la simulación se han compara la con los datos registrados en la red de seguimiento y medición distribuidas en la península Ibérica.

Según Astudillo Romero en su tesis “Modelamiento de dispersión espacial de contaminante del aire de la ciudad de Cuenca” en el ecuador en abril de 2012 con el software WRF-CHEM se realizaron simulaciones meteorológicas y fotoquímicas para un total de 4 horas estas fueron comparadas a través de 9 puntos de medición y se mostró que la cobertura espacial meteorológicas es insuficiente para llegar a los resultados concluyentes ya que se dispone de datos con baja resolución, así también se tuvo problemas por la falta de disponibilidad de los inventarios de

emisión y que tengan relación con las características específicas que requiere el modelo.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **MARCO TEÓRICO**

##### **Zona vulnerable**

Se define zona vulnerable a las que están expuestas a fenómenos naturales o la actividad antropogénica.

Según Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), muestra que vulnerabilidad son las "condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas"(2001).

##### **Contaminación del aire**

El aire es un conjunto de gases que forman la atmosfera, es así que se hace indispensable para la vida humana de nuestro planeta ya que es un recurso que realiza mayor intercambio con la biosfera y los seres aerobios, el hombre es más dependiente de este recurso ya que no podemos sobrevivir sin dejar de respirar.

Según la organización mundial de la salud (OMS) existe contaminación del aire cuando en su estructura aparece uno o muchas sustancias extrañas, en determinadas cantidades y durante determinado periodo de tiempo que puede resultar nocivo para el ser humano, así como el alterar el bienestar o el uso de los bienes (2014).

##### **Contaminantes atmosféricos**

La condición física y estructura de los contaminantes sintéticos atmosféricos es muy disparate. Asimismo por su origen natural o antropogénico, los contaminantes se categorizan en primarios y secundarios. Los primarios son sustancias emitidas directamente a la atmósfera, entre los que integran los aerosoles o partículas, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y los hidrocarburos. Los contaminantes secundarios son sustancias que se originan como resultado

de las transformaciones, reacciones sintéticas y fotoquímicas que padecen los contaminantes primarios en el centro de la atmósfera.

### **Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>):**

El dióxido y el trióxido de azufre son los óxidos más comunes presente en la atmosfera. Se elaboran por la quema de diversos compuestos que contenga azufre, como el carbón o el petróleo, formando dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) como contaminante primario. El trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) se produce en la atmósfera, como contaminante secundario, por la labor fotoquímica sobre el anhídrido sulfuroso, así como el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) que se produce por la oxidación catalítica de los óxidos de azufre en las gotas de lluvia (Wark. Warner, 2012)

### **Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>):**

Los óxidos principales de las emisiones antrópicas de óxidos de nitrógeno se originan en forma de óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub>, NO como contaminante primario en los procesos de combustión de combustibles fósiles como petróleo, carbón o gas natural. La oxidación posterior del NO da inicio al dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y seguidamente con los rayos ultravioletas y los COVs para formar el ozono y a su vez al ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), como contaminantes secundarios. (Wark. Warner, 2012).

### **Monóxido de carbono (CO):**

El monóxido de carbono (CO) es un gas insípido es muy estable y tiene una vida media de 2 a 4 meses, así también es el contaminante de mayor cantidad en la troposfera, y su procedencia antropogénica es debido a la combustión parcial de combustibles orgánicos (gas, carbón, madera, etc.), en especial los combustibles de los automóviles (Wark. Warner, 2012).

### **Partículas primarias y secundarias:**

Son Partículas que se aglomeran en pequeños fragmentos sólidos como pequeñas gotas de agua de tamaños que son arrastradas por el viento aún más grandes que las moléculas, estas tienen diferente composición química. Dentro de este grupo se encuentran las partículas sedimentables, suspendidas y los humos como pueden ser metálicos y no metálicos. Casi el 80% de todas las partículas en la atmósfera son originados naturalmente (aerosoles marinos, erupciones, incendios, etc.). Las fuentes antropogénicas críticas o de mayor emisión de material particulado son los procesos de combustión y procesos extractivos e industriales (minería, fábricas de cemento, tratamientos de residuos, etc.). Un aspecto curioso de estos contaminantes es que se pueden formar en la atmósfera a causa de los gases, estas partículas son conocidas como partículas secundarias, para distinguirlas de las que se encuentran en la atmósfera tal como fueron emitidas, las cuales reciben el nombre de partículas primarias. En su mayor parte, las partículas secundarias se producen a partir de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre (Wark. Warner, 2012)

### **Fuentes de emisiones de contaminantes**

Para fines de organización se agrupan en 4 grandes categorías, como son fuentes puntuales o fijas, naturales, móviles, y aéreas.

#### **Fuentes puntuales o fijas**

Las fuentes fijas se refieren a una fuente estacionaria, tales como las plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo, fábricas, etc. Este tipo de fuente pueden emitir uno o varios contaminantes críticos que se encuentran en un punto fijo en un espacio geográfico, así también una gran gama o variedad de contaminantes peligrosos.

Uno de los contaminantes más peligrosos dentro de estas emisiones son dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el material particulado (PM) en la generación de energía eléctrica a partir de la combustión de grandes cantidades de combustibles fósiles. Así también tenemos a las industrias químicas, que

son responsables de la emisión de diversos contaminantes extremadamente peligrosos así como los compuestos orgánicos volátiles (COVs). A su vez estos focos de emisión de contaminación generan artículos de primera necesidad, generan empleos y prestan servicios y comodidades. Esto ocasiona que no se pueda plantear la clausura de estas industrias, por consecuencia es necesario implementar medidas de mitigación y reducción de sus emisiones (INECC, 2014).

### **Fuentes móviles**

Estas fuentes se integran por las diversas formas de medio de transporte entre ellas tenemos: camiones, buses, autos, tráileres, motocicletas y aviones, entre otras. Dentro de las fuentes móviles la más importante es el parque automotor (autos, camiones y tráileres) debido a que produce grandes cantidades de monóxido de carbono (CO) y en menor cantidad los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y a su vez la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs).

A causa del crecimiento desmesurado de vehículos, los automóviles siguen encabezando la lista de principales fuentes de contaminación del aire (INECC, 2014).

### **Fuentes de área**

Esta fuente son a una serie de pequeños puntos de emisión pero a su vez son numerosa y dispersas, por lo cual no son incluidas dentro de las fuentes fijas ya que individualmente no presentan ningún peligro a los ecosistemas, pero que en grupo afectan la calidad del aire en un ecosistema, por ejemplo: el uso de leña para cocinar o chimeneas de hogares, las imprentas, los grifos y las tintorerías, etc. (INECC, 2014).

### **Fuentes naturales**

Estos tipo de fuente puede ser fenómenos naturales, la vida animal y vegetal son parte fundamental en el problema de la contaminación del aire. Así tenemos las fuentes naturales con mayor influencia, que por lo general son consideradas comúnmente en los inventarios de emisiones



atmosféricas. Emisiones Biogénicas. Son consideradas específicamente las plantas ya sean cultivos, arbustos, bosques, etc.), por sus emisiones proporcionadas de hidrocarburos a la atmósfera.

El óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) este desarrollo se da de forma natural en los suelos como resultado de la desnitrificación (es decir, la reducción de nitritos y nitratos a nitrógeno gaseoso como  $\text{N}_2$  o  $\text{NO}_x$ ). Así también se da en los fertilizantes con alto contenido de nitrógeno que componen una fuente extra de nitrógeno, lo cual es la causa de emisiones considerables de  $\text{N}_2\text{O}$  por parte del suelo. Se calcula que las emisiones de  $\text{NO}_x$  originados de los suelos componen un 16% de la cantidad mundial de  $\text{NO}_x$  en la tropósfera. La erosión eólica es otro fenómeno natural que produce emisiones. Sin embargo, a causa de dichas emisiones típicamente están asociadas con suelos perturbados, comúnmente son tratadas como fuentes de área a causa de que los suelos sin vegetación el viento arrastra partículas de polvo, excremento pulverizado de animales y microorganismos incrustados. Otras categorías de menor impacto de fuentes naturales son a las termitas quienes emiten ( $\text{CH}_4$ ), las actividades volcánicas y geotérmica con las emisiones de  $\text{SO}_x$ , y relámpagos emisiones de  $\text{NO}_x$  (INECC, 2014).

Así también tenemos la actividad volcánica, en sus erupciones emiten vapores de agua,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y entre los más venenosos el flúor. También tenemos a los incendios forestales debido a la quema de bosques o pastizales se genera gases como  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y polvos de carbón (Wark; Warner.2012).

### **Estabilidad atmosférica**

La estabilidad de la atmósfera es el equilibrio entre dos fuerzas, la de la gravedad con dirección a la superficie terrestre y la presión con la altura con dirección hacia arriba. Es así que para estimar la capacidad de la atmósfera para dispersar los contaminantes emitidos por las fuentes fijas será dependiente de la estabilidad atmosférica, Una atmósfera estable se define como que no muestra mucho mezclado o movimiento vertical por consiguiente los contaminantes son emitidos a nivel del suelo permanecen

ahí cuando se muestra mucho mezclado en la baja atmosfera depende de diversos factores (Wark. Warner, 2012).

El gradiente de temperatura

La turbulencia mecánica debido a la cortante del viento.

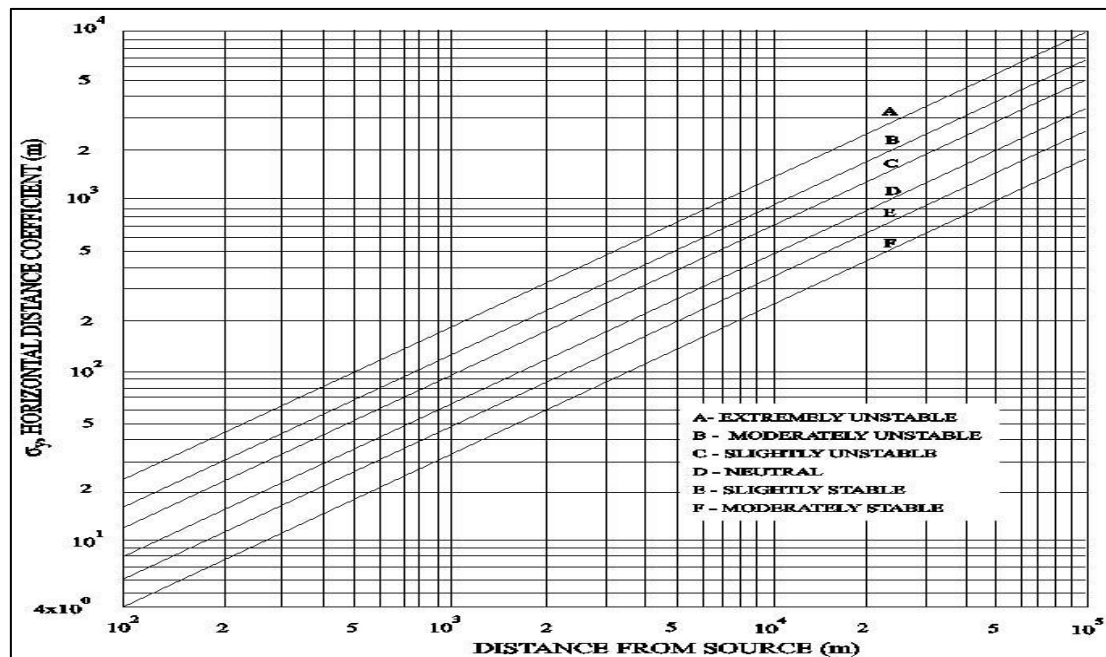
**TABLA 6: Clasificación de la atmosfera según las clases de Pasquill**

Velocidad del viento (m/s)	Radiación solar			Horas de noche	
	Fuerte	Moderado	Débil	Fracción cubierta de nubes	
				≥1/2	≤1/2
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Fuente: Wark. Warner, 2012.

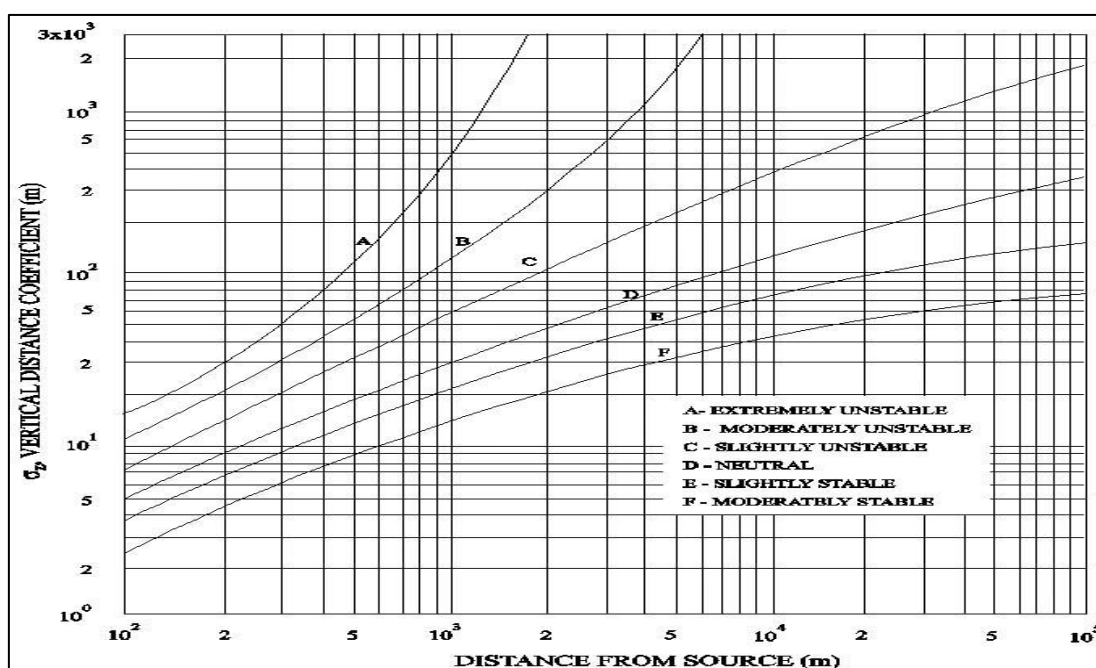
Tablas de Pasquill para determinar tipo de atmosfera predominante.

**TABLA 7: Desviación "Y"**



Fuente: Wark. Warner, 2012.

**TABLA 8: Desviación de "Z"**



Fuente: Wark., Warner, 2012.

## Modelamiento de la dispersión de contaminantes

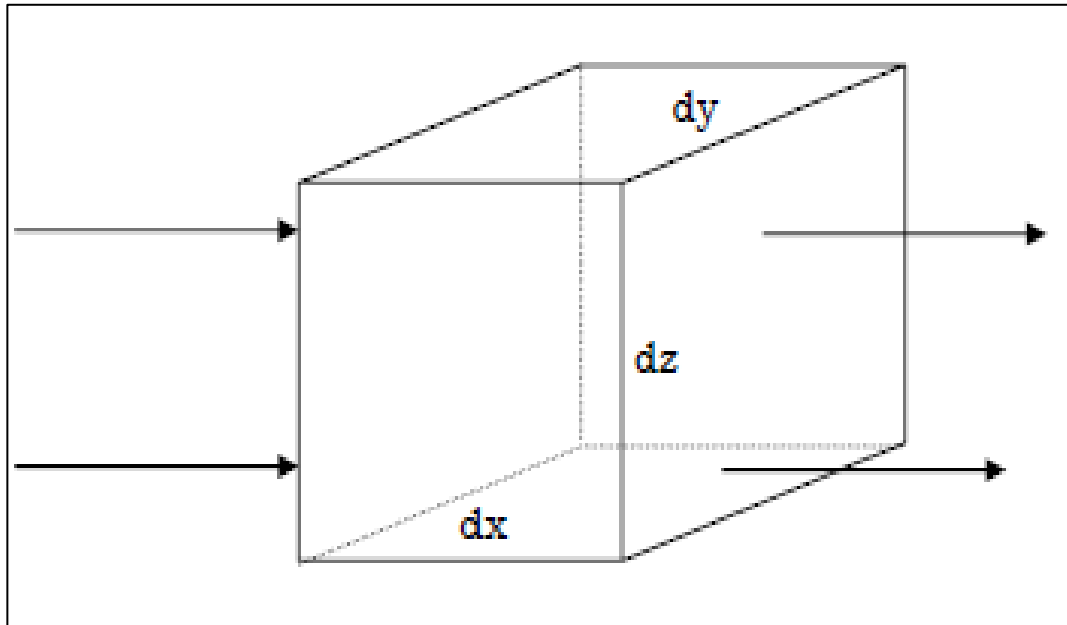
### Modelo de caja fija:

Este modelo permite conocer calcular la concentración del contaminante del aire con la aplicación de la ecuación de balance de materia (Noel De Nevers, 2010).

$$\left( \begin{array}{l} \text{Velocidad} \\ \text{de} \\ \text{acumulación} \end{array} \right) = \sum (\text{Gastos de entrada}) - \sum (\text{gastos de salida})$$

La ciudad es considerada común rectángulo con dimensiones y,x y z con uno de sus lados paralelos a la dirección del viento, la turbulencia en la atmosfera produce el mezclado completo de los contaminantes hasta la altura de mezclado H=dz, Y no se considera mezclado por encima de esta altura. La concentración es constante en el volumen completo de aire que esta sobre la ciudad y no a mas altura en contra o en dirección del viento

esta hipótesis es bastante contraria a la realidad pero ayuda mucho en cuanto a simplificar en aspectos matemáticos.



Fuente: Noel De Nevers, 2010.

**FIGURA 1: Ciudad rectangular la que se indica el significado de los símbolos usados en el modelo de caja fija**

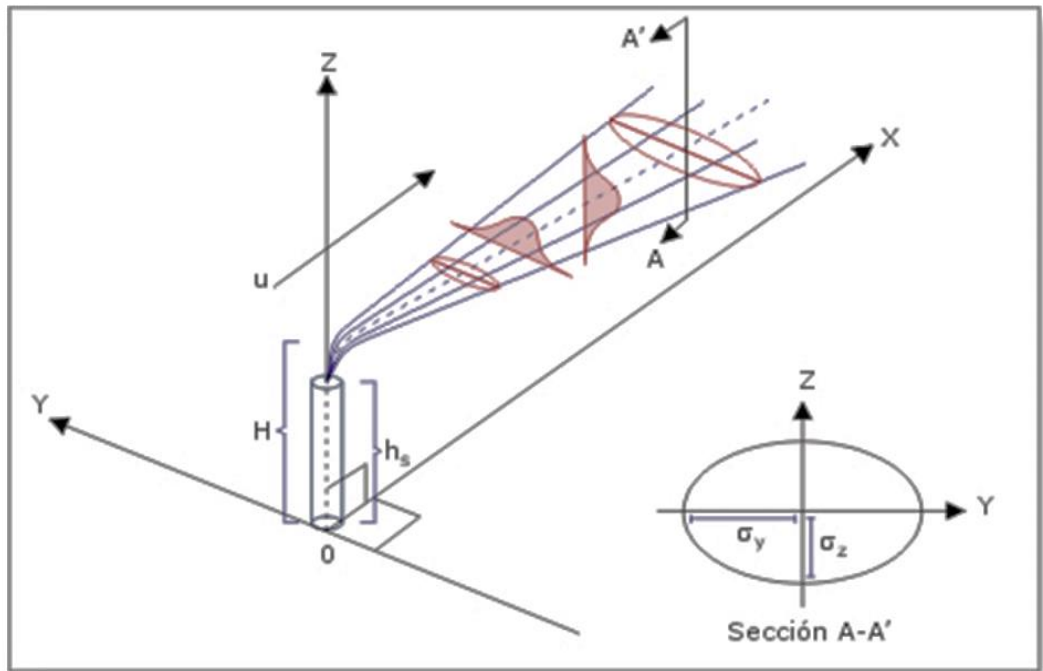
#### **Modelo numérico:**

Estos modelos numéricos, modelos matemáticos emplean los algoritmos para plantear conceptos básicos de los procesos químicos y físicos de lo que ocurren en la atmósfera. Principalmente son empleados para el modelamiento fuentes de área en zonas urbanas que incluyen contaminantes reactivos, que requieren determinada información detallada sobre las características física y químicas de la fuente y los contaminantes.

#### **Modelo de difusión gaussiana:**

El modelo de dispersión de contaminante está dado por una ecuación de balanceo de contaminantes del aire de una determinada área de estudio a una fuente puntual como la chimenea de una fábrica, el que se puede

considerar satisfactoriamente como si fuera un punto, especificando las fronteras.



Fuente: Wark, Warner, 2012

**FIGURA 2: sistema de coordenadas y nomenclatura para idea gaussiana columna de humo**

En la Figura 2 adjunta se muestra la representación esquemática, en donde en el origen de un sistema de coordenadas se coloca la base de la chimenea, con el eje x alineado en la dirección del viento. La corriente de gas contaminado (pluma) se muestra elevándose de la chimenea y, después, nivelándose para ser transportado en la dirección X y dispersándose en las direcciones "Y" y "Z" a medida que se traslada. Lo normal es que estas columnas de humo suban una distancia considerable por encima de la chimenea, porque son emitidas a temperaturas más elevadas que las atmosféricas y con una velocidad vertical. Para los cálculos de la pluma gaussiana, se supone que esa columna se emite desde un punto con coordenadas (0, 0, H), en donde ( $H_{\text{Eff}}$ ) es la altura efectiva de la chimenea, que resulta de sumar la altura física de la

chimenea ( $h_s$ ) y la altura de la columna de humo ( $\Delta h$ ) o también conocida como la elevación de la pluma.

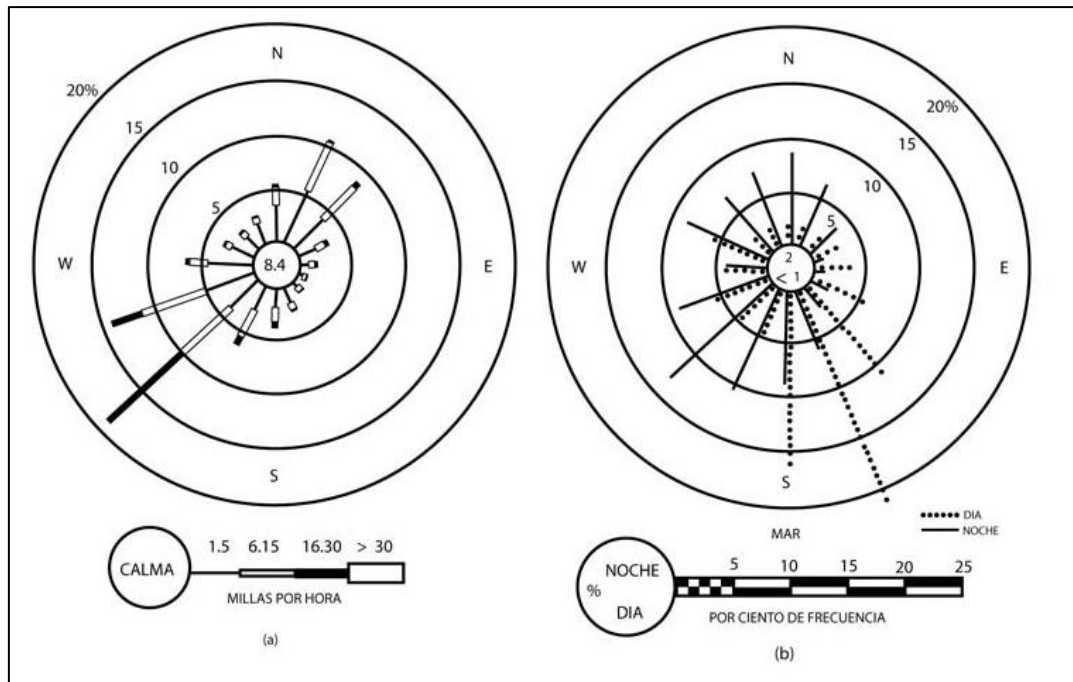
### **Dispersión de contaminantes**

La dispersión de los contaminantes en la atmosfera que procede de chimeneas está sujeto principalmente de factores relación recíproca, ejemplo:

- a) Naturaleza físico-química de los contaminantes,
- b) las características meteorológicas del ecosistema,
- c) la ubicación de la chimenea en relación con las obstrucciones al movimiento del aire y las características topográficas que se encuentra en la dirección del viento predominante que proviene de la chimenea. Se han encontrado una variedad de métodos analíticos para realizar la dispersión de los contaminantes con un número escogido de los factores anteriormente nombrados; sin embargo, ninguno los considera a todos. Las emisiones de las chimeneas pueden consistir de gases, o gases y partículas. Si las partículas se constituyen de un diámetro de 20 micras o menores, tienen una velocidad de precipitación tan baja que se movilizan de la misma manera que los gases en el que están sumergidas. La deflexión descendente de la pluma de una chimenea es menor cuando la velocidad de emisión de la chimenea es cuando menor al doble de la velocidad del viento en la parte final de la chimenea (Wark. Warner, 2012).

### **Velocidad y dirección del viento**

Para la aplicación del modelo gaussiano es preciso estimar la distribución de la dirección del viento así como de su velocidad en el lugar que se está analizando, para lo cual se genera una rosa vientos en el punto que va realizar el estudio, la Rosa Viento es indicativo para hacer la aplicaciones modelo de dispersión para fuentes fijas, como por ejemplo:



Fuente: Wark, Warner, 2012

**FIGURA 3: Rosa de Vientos**

### Modelo gaussiano de dispersión

El modelo de dispersión gaussiano calcula los niveles de emisión en un del espacio de coordenadas (x,y,z) donde el origen del sistema de coordenadas se fija en la base de la chimenea. La ecuación general del modelo de Grauss para determinar la concentración de un contaminante en un punto espacial es:

$$C(x, y, z, H_{eff}) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zu} \left[ e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2} \right] \left[ e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H_{eff}}{\sigma_z}\right)^2} + e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H_{eff}}{\sigma_z}\right)^2} \right]$$

**Dónde:**

- C** : Concentración del contaminante ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- x** : Distancia a la chimenea en dirección del viento (m)
- y** : Distancia en dirección horizontal, del foco fijo (m)

- Z** : Distancia en dirección vertical , del foco fijo de emisión (m)
- Q** : Flujo másico del contaminante (µg/s)
- μ** : Velocidad del viento (m/s)
- σ<sub>y</sub>** : Desviación estándar el contaminante en la dirección y (m),
- σ<sub>z</sub>** : Desviación estándar del contaminante en la dirección z (m).
- H<sub>Eff</sub>** : Altura efectiva de la chimenea (m)

Esta fórmula sufre una ligera alteración para que ingrese específicamente par partículas reemplazando algunos datos de las partículas como diámetro y velocidad de asentamiento. Para lo cual obtenemos la siguiente formula (Noel De Nevers, 2010).

### **Modelo Gaussiano para deposición de Partículas de Chimeneas**

$$C(x,0,0,H) = \frac{Q_p}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left[ \frac{H - (V_t x / u)}{\sigma_z} \right]^2\right\}$$

#### **Dónde:**

- C(x, 0, 0, H)** : Concentración a distancia (x) y de una altura efectiva (H) en (µg/m<sup>3</sup>)
- Q<sub>p</sub>** : Tasa de emisión de partículas (g/s)
- σ<sub>y</sub> , σ<sub>z</sub>** : Desviaciones estándar en las direcciones “y” y “z” respectivamente (m)
- μ** : Velocidad media de viento (m/s) en el sentido del eje x
- H** : Altura efectiva de emisión (m).
- X/ μ** : El tiempo que le tomara a la corriente principal para alcanzar una distancia x
- V<sub>t</sub>** : Velocidad de asentamiento constante que alcanza la



partícula.

Los gases emitidos por las chimeneas se mezclan con el aire ambiental que la pluma viaja se dispersa (Wark,warner, 2012).

### 1) Tasa de emisión o índice de emisión (g/s)

Esta dada por la cantidad de partículas emitidas en un tiempo determinado.

### 2) Desviaciones estándar en las direcciones “y” y “z” respectivamente (m)

También conocidas como coeficiente de dispersión horizontal ( $\sigma_y$ ) (TABLA 2) y coeficiente de dispersión vertical ( $\sigma_z$ ) (TABLA 3). Estas están dadas por las curvas de Pasquill-Gifford para determinar los valores de  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$ .

### 3) Velocidad de asentamiento

La velocidad de asentamiento se puede obtener de dos maneras:

Mediante fórmula de velocidad de asentamiento o la tabla de velocidades de asentamiento.

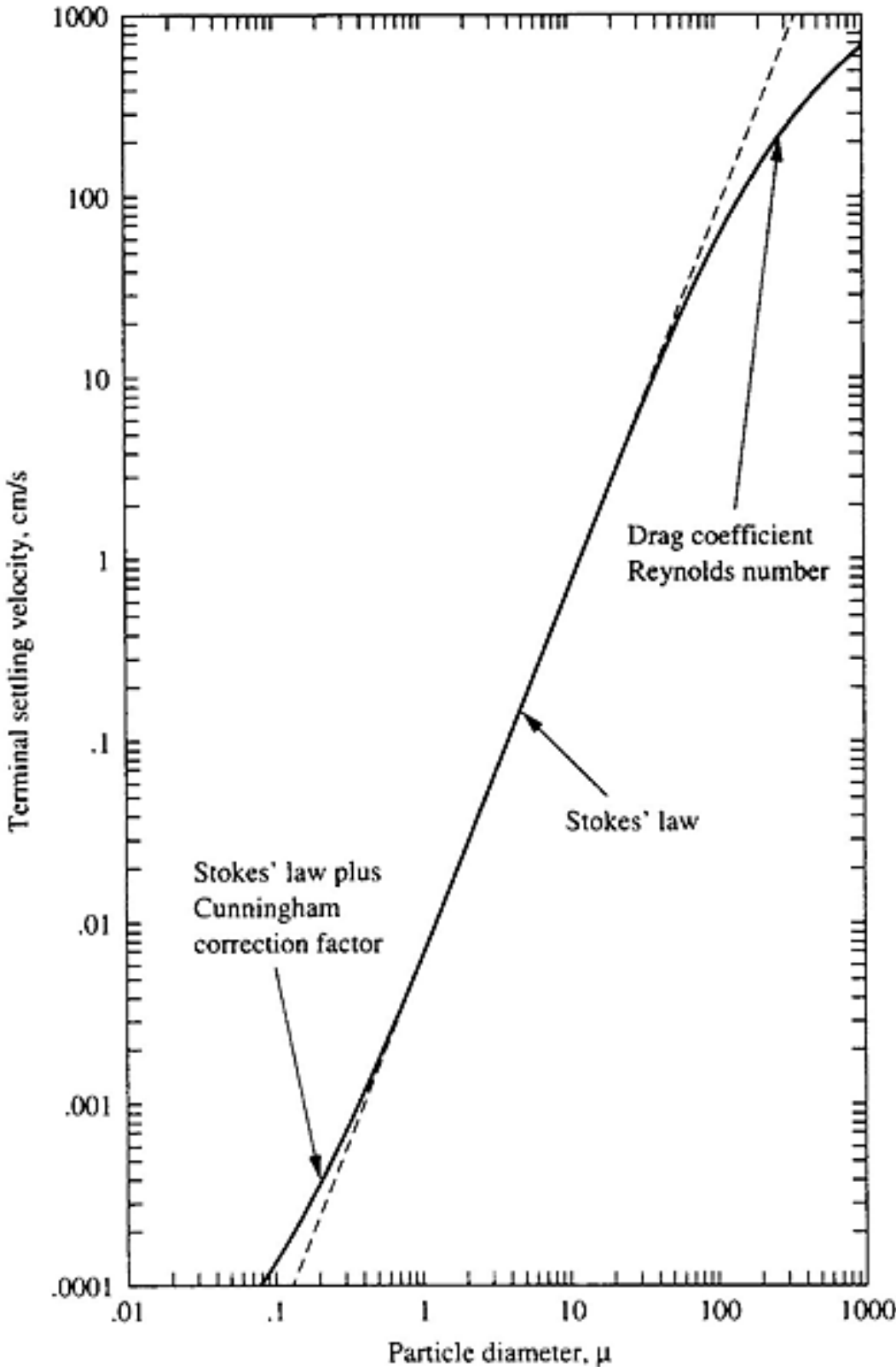
**Formula:**

$$V_t = \frac{gd_p^2 \rho_p}{18\mu_g} (3.6 \times 10^{-4})$$

**Dónde:**

- G** : aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )
- $d_p$**  : diámetro de la partícula (m)
- $\rho_p$**  : densidad de la partícula ( para 10  $\mu m$  es de 1 )(Kg/ $m^3$ )
- $\mu_g$**  : viscosidad dinámica del fluido (en flujo laminal es semejante a la del agua que es 0.067 kg/m-h)
- (3.6 x 10-4)** : Este factor es un término que determina cierta cantidad de conversiones unitarias.

TABLA 9: Velocidad de asentimiento



Fuente: Wark, Warner, 2012

#### 4) Determinación de Altura Efectiva de penacho o pluma de dispersión ( $H_{\text{Effec}}$ )

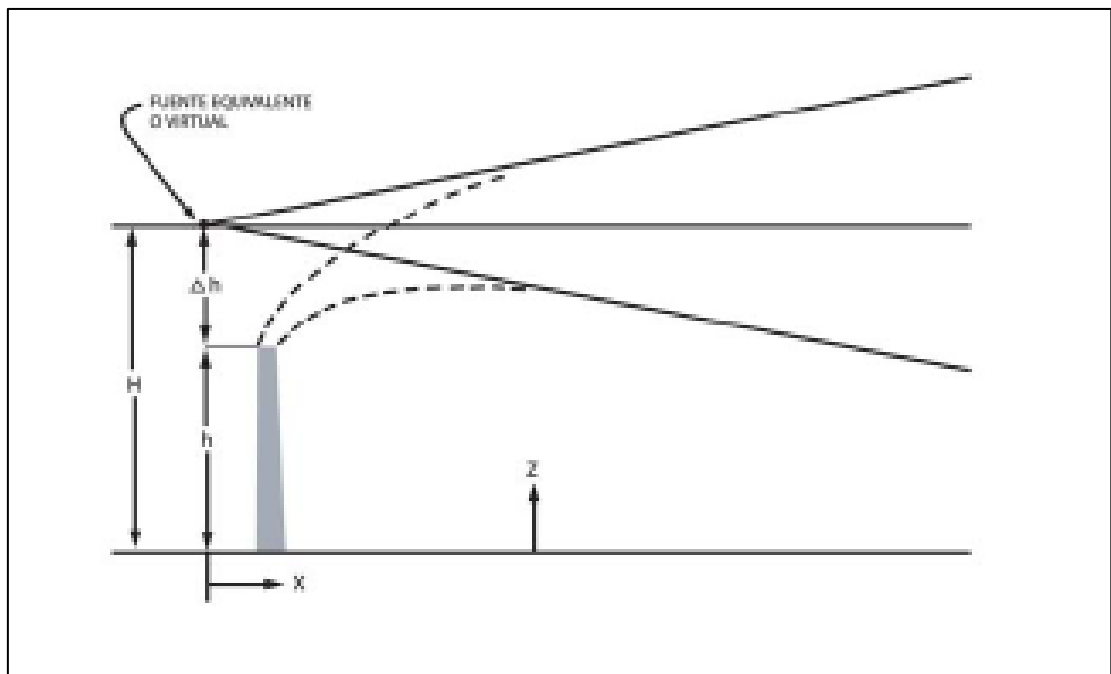
Esta altura se define como la altura total que va desde el nivel del suelo hasta el punto medio del penacho tal como se observa en la **FIGURA 4**.

Está representada con la siguiente fórmula:

$$H_{\text{Effec}} = h_s + \Delta h$$

Dónde:

- $H_{\text{Effec}}$  : Altura efectiva de la chimenea  
 $h_s$  : Altura de chimenea  
 $\Delta h$  : Altura de penacho



Fuente: Wark, Warner, 2012

**FIGURA 4: Altura Efectiva de chimenea**

**a) Altura de chimenea ( $h_s$ )**

Es la medida de la altitud física de la chimenea que va desde el suelo hasta el punto donde inicia la emisión de los contaminantes al ambiente.

**b) Altura de penacho ( $\Delta h$ )**

Elevación del penacho, que se precisa como la resta de la altura efectiva y la altura de la chimenea y es directamente proporcional al contenido calórico y a la velocidad de salida de la emisión e inversamente proporcional a la velocidad del viento. Y se define mediante la siguiente formula.

**Formulas:**

$$\Delta h = \frac{1.6 * e^{\frac{\ln(f_0)}{3}} * e^{\left(\frac{2 \ln(3.5 * X_0)}{3}\right)}}{\mu}$$

$$f_0 = 3.12 \times 0.785 \times V_s \times d^2 \times \left(\frac{T_s - T_a}{T_s}\right)$$

**Si  $f_0 > 5.5$  entonces:**

$$X_0 = 34e^{0.4 \ln(f_0)}$$

**Si  $f_0 < 5.5$  entonces**

$$X_0 = 14e^{0.625 \ln(f_0)}$$

**Dónde:**

- $\Delta h$  = altura del penacho (m)
- $T_s$  = Temperatura de salida del emisión (k°)
- $T_a$  = Temperatura ambiental (k°)
- $V_s$  = velocidad del viento (m/s)

## 5) Velocidad del viento

Definida con la velocidad del viento a la altura efectiva de la chimenea ( $H_{Effec}$ ) si no se dispone de dato exacto de la velocidad del viento se toma una velocidad referencial ( $\mu_{ref}$ ), a una altura referencial ( $h_{ref}$ ), se expresa con la siguiente formula.

$$\mu = \mu_{ref} \left( \frac{H_{Effec}}{h_{ref}} \right)^p$$

- $\mu$  : Velocidad del viento a la altura efectiva de la chimenea.  
 $\mu_{ref}$  : Velocidad del viento en la altura referencial.  
 $h_{ref}$  : Altura referencial donde se hizo la medición  
 $H$  : Altura efectiva de la chimenea.  
 $P$  : Coeficiente que se da en función a la estabilidad atmosférica del entorno en el que se mueve el viento, como se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 10: Coeficiente que se da en función a la estabilidad atmosférica**

<b>Categoría de Estabilidad</b>	<b>Exponente para Medio rural</b>	<b>Exponente para Medio Urbano</b>
<b>A, B</b>	0.07	0.15
<b>C</b>	0.10	0.20
<b>D</b>	0.15	0.25
<b>E</b>	0.35	0.40
<b>F</b>	0.55	0.60

Fuente: Wark, Warner, 2012

## **Software de modelación**

La EPA recomienda el uso de los siguientes Modelos de Dispersión para Calidad el Aire:

- ISC AERMOD (Industrial Source Complex Model)

La dispersión de aire incorporado basado en la estructura planetaria capa límite de turbulencia y los conceptos de escala, incluyendo el tratamiento tanto de fuentes superficiales y elevadas, y tanto terreno simple y complejo (EPA, 1995).

- BLP (Buoyant Line and Point Source Model)

BLP es un modelo de dispersión de la pluma de Gauss diseñado para manejar los problemas de modelado únicas asociadas con plantas de reducción de aluminio, y otras fuentes industriales, donde la subida y caída de flujo penacho efectos de fuentes de línea fijas son importantes (EPA, 1995).

- CALINE3

CALINE3 es un modelo de dispersión gaussiano de estado estacionario diseñado para determinar las concentraciones de contaminación del aire en los lugares de los receptores de la dirección del viento de las carreteras situadas en terreno relativamente sencillo (EPA, 1995).

- CTDMPLUS (Complex Terrain Dispersion Model Plus Algorithms for Instable Situations)

Terreno complejo de dispersión Modelo Plus algoritmos para situaciones inestables (CTDMPLUS) es un modelo de calidad refinada fuente puntual aire gaussiano para su uso en todas las condiciones de estabilidad para terrenos complejos (EPA, 1995).

- OCD (Offshore and Coastal Dispersion Model)

Es un modelo de Gauss línea recta desarrollado para determinar el impacto de las emisiones en alta mar a partir de fuentes puntuales, de área o línea de la calidad del aire de las regiones costeras. OCD incorpora el transporte sobre el agua penacho y dispersión, así como los cambios que se producen como el penacho cruza la línea de costa (EPA, 1995).

- CALPUFF

Modelo de dispersión de hojaldre de múltiples especies en estado no estacionario que simula los efectos de las condiciones meteorológicas de tiempo y espacio que varía en el transporte de la contaminación, transformación y eliminación. CALPUFF se puede aplicar en escalas de decenas a cientos de kilómetros (EPA, 1995).

Para estimar la dispersión del PM10 se utiliza un modelo de calidad de aire. Este modelo se basa en fórmulas matemáticas que describen el comportamiento de la emisión tomando en consideración la velocidad del aire, altura, humedad, temperatura y presión. El modelo empleado es aprobado por la agencia gubernamental de conservación del medio ambiente (U.S. EPA), quien presenta los lineamientos sobre los cuales se desarrollan las buenas prácticas en modelamiento. Estos lineamientos se encuentran presentados en la Guía de Modelos de Calidad de Aire (Guideline on Air Quality Model).

- SOFTWARE "R"

Es un modelo de dispersión gaussiano especializado e integrado para la manipulación de datos, cálculos de modelos y el desarrollo de gráficos. R es un conjunto integrado de instalaciones de software para la manipulación de datos, cálculo y monitor. Entre otras cosas, tiene:

- ✓ Una facilidad eficaz de manejo y almacenamiento de datos,
- ✓ Una serie de operadores para cálculos sobre matrices, en particular matrices,
- ✓ Una gran colección coherente e integrada de herramientas intermedias para el análisis de datos,
- ✓ Instalaciones gráficas para análisis de datos y visualización directamente en la computadora o en papel y
- ✓ Un lenguaje de programación bien desarrollado, simple y eficaz (llamado 'S') que incluye Condicionales, bucles, funciones recursivas definidas por el usuario e instalaciones

- de entrada y salida. (En efecto la mayoría de las funciones suministradas por el sistema están escritas en el lenguaje S.)
- ✓ El término "medio ambiente" pretende caracterizarlo como un sistema plenamente planificado y coherente, En lugar de una acumulación incremental de herramientas muy específicas e inflexibles, como suele serla con otro software de análisis de datos.
  - ✓ R es un vehículo para el desarrollo de nuevos métodos de análisis de datos interactivos. Tiene Desarrollado rápidamente, y ha sido ampliado por una gran colección de paquetes. Sin embargo, la mayoría los programas escritos en R son esencialmente efímeros, escritos para una sola pieza de análisis de datos.

### **Marco conceptual**

- Ambiente: Conjunto de todas las condiciones externas que influyen sobre la vida, el desarrollo y en última instancia, la supervivencia de un organismo (MINAM, 2005).
- Aspecto ambiental: Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente (MINAM, 2005).
- Barlovento: dirección o lugar de donde provienen o soplan los vientos (MINAM, 2005).
- Estabilidad atmosférica: condiciones atmosféricas (temperatura, velocidad del viento, grado de nubosidad, precipitaciones, brillo solar, etc.) que presentan un lugar determinado (Wark. Warner, 2012).
- Estándar de Calidad Ambiental (ECAs): 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 (MINAM,2005).



- Impacto ambiental: Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, total o parcialmente resultante de las actividades, productos o servicios de una organización (MINAM, 2005).
- Límites Máximos Permisibles (LMPs): es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio (MINAM, 2008)
- Medio ambiente: Entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones (MINAM, 2005).
- Monitorear: seguir periódicamente con mediciones la presencia de algún componente, en este caso la de un contaminante (MINAM, 2005).
- Muestreo: Comprende observaciones en la estación, mediciones de campo, toma de muestras, almacenamiento de las muestras, conservación, etiquetado, embalaje, transporte, y finalmente la logística. Un adecuado muestreo es sumamente importante para garantizar la representatividad de las muestras y seguridad de los resultados (UCV, 2011).
- Sotavento: dirección o lugar hacia donde se dirigen los vientos en un lugar.
- PPM: partes por millón. equivale por ejemplo, a un gramo en una tonelada (Wark. Warner, 2012).

- Población: en general es cualquier grupo de individuos, en epidemiología, número total de personas que habitan en un país, región o ciudad bajo estudio (UCV, 2011).
- Riesgo ambiental: posibilidad de lesión, enfermedad o muerte como consecuencia de la exposición a un factor ambiental peligroso (MINAM, 2005).
- Rosa de vientos: esquema o representación gráfica de las direcciones predominantes en un lugar (Wark. Warner, 2012).

### **Marco legal**

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. Para controlar las emisiones de agentes contaminantes se han creado los siguientes documentos:

- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire DS N° 003-2008-MINAM
- Los Límites Máximos Permisibles (LMP) para actividades específicas. DS N° 044-98-PCM.

## **1.4. Formulación de problema**

### **1.4.1. Problema general**

¿Qué zona está siendo afectada por la dispersión de material particulado proveniente de la actividad en la Zona Industrial mediante la aplicación del modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra año 2017?

### **1.4.2. Problema específico**

- ¿Cuál es la distancia de concentración máxima de la Zona Industrial mediante la aplicación del modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra en el año 2017?

- ¿Cuáles son las características meteorológicas de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017?
- ¿Cuáles son los parámetros de fuente emisora de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017?
- ¿La concentración máxima de PM-10 en la dirección del viento predominante es mayor a los ECAs en el distrito de Puente Piedra año 2017?

### **1.5. Justificación del estudio**

La presente investigación se basa en el deseo de poder identificar los aspectos e impactos de las industrias en la población e identificar las causas de dicha alteración de la composición del aire, que no solo afectan a la salud humana sino también a la visibilidad, vegetación, los bienes humanos y el medio ambiente global. Es así que el propósito de esta investigación no es eliminar la actividad al contrario es de continuar con las actividades industriales ya que es la fuente de sustento de muchas familias, el objetivo principal es mejorar la calidad del aire en las áreas urbanas controlando o minimizando la emisiones de contaminantes.

Así también proponer medidas de mitigación y/o reducción de emisiones de las industrias para ofrecer una mejor calidad de vida a las zonas aledañas.

Así mismo reducir las enfermedades respiratorias ya que esta está relacionada a la exposición a material particulado.

Según Wark, K.; Warner. Las partículas entran principalmente al cuerpo humano por las vías respiratorias y los daños al sistema respiratorio pueden presentarse directamente ya que se ha estimado que más del 50 % de las partículas entre 0.01 y 0.1  $\mu\text{m}$  que penetran a la cavidad pulmonar se depositan en ella (2012). Para lo cual es necesaria la concientización a las industrias de tomar medidas de reducción de emisiones.

**TABLA 11: Concentración promedio PM10**

EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE LA RED DE LIMA METROPOLITANA,											
2015											
(µg/ m <sup>3</sup> )											
Distrito	Ene	Feb	Mar	Abr	Jun	Jul	Ago	Set	Set	Nov	Dic
<b>Puente Piedra</b>	120.1	137.8	158.5	133.5	127.8	286.1	84.9	80.2	110.7	111.9	131.2

**Fuente:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI

**Nota:** Nivel referencial permisible de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 50µg/m<sup>3</sup>.

Es así que las concentraciones de material particulado están afectando a las zonas aledañas, no obstante el cuadro muestra concentraciones por encima de las ECAs y los puntos de monitoreo no están fundamentado en un modelo de dispersión y como tampoco en la dirección del viento para determinar el la distancia de concentración máxima del distrito de Puente Piedra.

## 1.6. Hipótesis

### 1.6.1. Hipótesis general ( $H_0 : \Theta \rightarrow \Theta$ )

La población ubicada al norte de la Zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017 está siendo afectada por la dispersión de material particulado (PM-10).

### 1.6.2. hipótesis específica

- La distancia de la concentración máxima se encuentra aproximadamente a 500 metros de la zona industrial del distrito de Puente Piedra en el año 2017.
- Las características meteorológicas de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017 son Velocidad de viento, dirección del viento y estabilidad atmosférica.

- Los parámetros de fuente emisora de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017 son altura de la chimenea, índice de emisión y flujo de emisión.
- La concentración máxima de PM-10 en la dirección del viento predominante excede a los ECAs en el distrito de Puente Piedra año 2017.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. General**

Determinar la población vulnerable del distrito de Puente Piedra afectada por la dispersión de material particulado proveniente de la actividad en la zona industrial aplicando el modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra en el año 2017.

### **1.7.2. Específicos**

- Determinar la distancia de concentración máxima de PM-10 emitidos por la Zona Industrial mediante la aplicación del modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra en el año 2017.
- Determinar las características meteorológicas de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017.
- Determinar los parámetros de fuente emisora de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017.
- Determinar si la concentración máxima de PM-10 en la dirección del viento predominante es mayor a los ECAs en el distrito de Puente Piedra año 2017.

## **II. METODO**

### **2.1. Diseño de investigación**

Para el desarrollo de la presente investigación se consideró observacional descriptiva ya que no se intervino en la población del estudio solo se centró en observar y cuantificar las emisiones de la muestra y la calidad del aire de la zonas aledañas.

Para esto se siguió las siguientes etapas, evaluación de problema, selección de muestra, validación de instrumentos, recopilación de datos, evaluación de datos, análisis de datos y su posterior evaluación de resultados.

### **2.2. Población, muestra y muestreo**

#### **2.2.1. Población:**

La población está dada por el sector industrial del distrito de Puente Piedra ubicada entre las Av. San Juan de Dios, Av. Las Vegas s/n. y la Av. Industrial del distrito de Puente Piedra.

#### **2.2.2. Muestra:**

La muestra, está constituido por las emisiones de material Particulado de 10 $\mu$ m (PM-10) mediante monitoreo Isocinetico de la empresa Sales y Derivados e Cobre S.A.

### **2.3. Método de análisis de datos**

- En el presente estudio se obtuvieron datos de ubicación del área de estudio mediante fichas de recolección de datos de campo, previamente validados (Ver Anexo 12), así se obtuvo las coordenada y posteriormente se georreferencio en ArcGis.
- Así también se recolecto datos de la fuente de emisión mediante la ficha de recolección de datos de campo, en la cual se tomó los

parámetros de índice de emisión que fue calculada a través de un informe de monitoreo isocinetico, altura de chimenea, diámetro de chimenea T° de salida del gas y coordenadas.

- Simultáneamente se obtuvieron datos del contaminante a estudiar en este caso el diámetro de material particulado (PM-10) y la velocidad de asentamiento mediante bibliografía.
- luego se recolecto datos de características meteorológicas del área de estudio mediante la ficha de recolección de datos meteorológicos en este caso se obtuvo datos de velocidad del viento predominante y dirección del viento; así también los datos de radiación solar las cual de obtuvo de la página oficial de la NASA disponible en línea.
- Posteriormente se analizaron los datos en forma de algoritmos para ser ingresados al software “R” realizar el modelado de la dispersión de contaminante.
- Seguidamente se elaboró un mapa de dispersión de contaminantes usando ArcGis.

**Tabla de Operacionalización de variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA O UNIDAD DE MEDICIÓN
<b>Dispersión de material particulado (independiente)</b>	Transporte de materias solidas o liquidas dispersas y arrastradas por el aire mayores a 0.0002 $\mu\text{m}$ y menores a 500 $\mu\text{m}$ . tiene una vida media en suspensión que va desde unos cuantos segundos a varios meses (cenapred 2014).	Ingreso de data al modelo al modelo de dispersión (velocidad del viento, dirección del viento, índice de emisión, altura de chimenea y velocidad de asentamiento)	Características meteorológicas	Velocidad del viento predominante	m/s
				Dirección de viento	N,S,E y O
				Radiación solar	cal/ $\text{cm}^2/\text{h}$
			Parámetros de fuente emisora	Índice de emisión de partículas	g/s
				Altura efectiva de emisión	m
			Características del contaminante	Velocidad de asentamiento.	(m/s)
Diámetro de partícula	( $\mu\text{m}$ )				
<b>Zona vulnerable (dependiente)</b>	Grupo de personas que se encuentran en estado de desprotección afectadas directamente e indirectamente por las emisiones de material particulado (minam 2014).	Se determinara mediante la aplicación del modelo de dispersión gaussiana y comparado con los estándares de calidad ambiental (ECAs).	Concentración de material particulado	Concentración de contaminantes (ECAs DS N° 003-2008-MINAM PM-10)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
			Área contaminada	Coordenadas UTM (determinado por el software "R")	$\text{m}^2$

**Fuente:** Elaboración propia, 2017



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Área de estudio

La empresa Sales y Derivados de cobre está dentro de la Zona Industrial, la cual se encuentra ubicado en la urbanización Industrial Las Vegas del el distrito de Puente Piedra en el departamento de Lima. El Material particulado proviene del proceso de fundido del cobre que se da en el horno que es alimentada a Aceite residual, para que luego sean llevados a las distintas áreas que necesitan la materia prima ya sea como sales o como metal. (Ver Anexo 08).

#### 3.2. Ubicación política

<b>Departamento de /región</b>	:	Lima
<b>Provincia</b>	:	Lima
<b>Distrito</b>	:	Puente Piedra
<b>Urbanización</b>	:	Las Vegas

#### Ubicación geográfica

Geográficamente el distrito de Puente Piedra está ubicada a 200.00 m.s.n.m con coordenadas UTM respectivas son las siguientes:

Coordenadas Norte : 8687826

Coordenadas Este : 0274788

#### 3.3. Calculo de Modelo Gaussiano para Deposición de Partículas de Chimeneas

$$C(x,0,0,H) = \frac{Q_p}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \frac{H - (V_t x / u)}{\sigma_z} \right]^2 \right\}$$

**Dónde:**

$Q_p$  : Tasa de emisión de partículas (g/s)

$\sigma_y, \sigma_z$  : Desviaciones estándar en las direcciones “y” y “z” respectivamente (m)

$\mu$  : Velocidad media de viento (m/s) en el sentido del eje x

$H$  : Altura efectiva de emisión (m)

$V_t$  : Velocidad de asentamiento constante que alcanza la partícula

Los gases emitidos por las chimeneas se mezclan con el aire ambiental que la pluma viaja se dispersa.

### 3.3.1 Datos del punto de emisión para el cálculo de ( $Q_p$ )

Combustible : Aceite Residual

#### Monitoreo de emisiones atmosféricas

Nombre de la industria : Sales y Derivados del Acero S.A

**TABLA 12: Características de chimenea**

Consumo de Combustible (kg/h)	50.00
Tiempo de Emisión (h/d)	<b>18</b>
Altura (m)	<b>20</b>
Diámetro (m)	<b>0.5</b>
Temperatura de la Fuente (°C)	<b>125.7</b>
Temperatura del Ambiente (°c)	<b>24.1</b>
Índice de Emisión (g/s)	<b>15</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

Los datos de la tabla 13. Se obtuvieron mediante fichas de campo que se consultaron en la industria al encargado del área.

### 3.3.2 Determinar la estabilidad atmosférica ( $\sigma_y$ y $\sigma_z$ )

Según la NASA El promedio de radiación solar neta en el distrito de puente piedra es de 5.435 KWh/m<sup>2</sup>/día (Ver ANEXO 5).

La unidad de radiación solar se expresan en cal /cm<sup>2</sup> o en KWh/m<sup>2</sup>, donde 1 cal/ cm<sup>2</sup>=0.0116 KWh/m<sup>2</sup>.

Es así se obtuvo 19.52 1 cal/ cm<sup>2</sup>/h. así se determinó que radiación es ligera pues es menor que 25 cal/ cm<sup>2</sup>/h.

**TABLA 13: Clase de estabilidad atmosférica**

Velocidad del viento (m/s)	Radiación solar			Horas de noche	
	Fuerte	Moderado	Débil	Fracción cubierta de nubes	
				≥1/2	≤1/2
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Fuente: De Nevers, 2010

Debido a que la velocidad del viento predominante es mayor a 3 m/s, la radiación solar incidente es 19.52 1 cal/ cm<sup>2</sup>/h. y esto es menor a 25 cal/ cm<sup>2</sup>/h, entonces se dedujo que el tipo de atmosfera es tipo “**C**” **Ligeramente Inestable.**

**Primero se determinó los coeficientes verticales ( $\sigma_z$ ) y horizontales ( $\sigma_y$ ) mediante el Software “R”:**

Para determinar los coeficientes verticales y horizontales se utilizó las siguientes condiciones:

- Tipo de zona (rural o urbana).
- Tipo de estabilidad atmosférica (A, B, C, D, E y F).
- Distancia en dirección al viento predominante (x)

Para ingresar dichas condiciones se configuro el software, de tal forma que se ingresaron las condiciones por códigos o algoritmos (Ver tabla 14).

**TABLA 14: Condiciones para el software “R”**

Condiciones	Nombre de las Condiciones para el Software “R”	Códigos de las Condiciones para el Software “R”	Unidades
Coeficiente Vertical ( $\sigma_z$ )	SigmaZ	-	m
Coeficiente Horizontal ( $\sigma_y$ )	SigmaY	-	m
Distancia en dirección al viento predominante	X	x<-c(valores)	m
Zona Rural ( $\sigma_z$ )	SigmaZr	1	adimensional
Zona Urbana ( $\sigma_z$ )	SigmaZu	2	adimensional
Zona Rural ( $\sigma_y$ )	SigmaYr	1	adimensional
Zona Urbana ( $\sigma_y$ )	SigmaYu	2	adimensional
Tipo de Estabilidad:	St	St	adimensional
Extremadamente Inestable(A)	1	st<-1	adimensional
Moderadamente Inestable(B)	2	st<-2	adimensional
Ligeramente Inestable(C)	3	st<-3	adimensional
Neutral(D)	4	st<-4	adimensional
Ligeramente Estable(E)	5	st<-5	adimensional
Moderadamente Estable(F)	6	st<-6	adimensional

**Fuente:** Elaboración Propia, 2017

**TABLA 15: Funciones de Sigma para Áreas Rurales**

<b>Grados de Estabilidad de Pasquill</b>	<b><math>\sigma_y</math> (m)</b>	<b><math>\sigma_z</math> (m)</b>
A	$0.22(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.20x$
B	$0.16(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.12x$
C	$0.11(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.08(x)(1+0.0002x)^{-0.5}$
D	$0.08(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.06(x)(1+0.0015x)^{-0.5}$
E	$0.06(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.03(x)(1+0.0003x)^{-1}$
F	$0.04(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.016(x)(1+0.0003x)^{-1}$

Fuente: Wark, Warner, 2012

**TABLA 16: Funciones de Sigma para Áreas Urbanas**

<b>Grados de Estabilidad de Pasquill</b>	<b><math>\sigma_y</math> (m)</b>	<b><math>\sigma_z</math> (m)</b>
A – B	$0.32(x)(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.24(x)(1+0.001x)^{0.5}$
C	$0.22(x)(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.20x$
D	$0.16(x)(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.14(x)(1+0.0003x)^{0.5}$
E – F	$0.11(x)(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.08(x)(1+0.00015x)^{0.5}$

Fuente: Wark, Warner, 2012

**Se determino el “Sigma de Z” con los siguientes algoritmos en el software “R”:**

En el software “R” se denomina al coeficiente de dispersion vertical como “SigmaZ” sus unidades estan en metros, esta funcion depende de: i) el tipo de “Zona”, si es Urbana (SigmaZu) o Rural (SigmaZr), es una condicion adimensional, ii) el grado de estabilidad atmosferica, el cual es representado en el software como “st”, tambien es adimensional, y iii) la distancia de concentracion con respecto a la direccion de viento predominante esta dada por “x”, su unidad esta en metros.

Para la configuración del software se ingreso las siguientes ecuaciones:

**Ecuación:**

```
>SigmaZ<-function(zona,st,x){if(zona==1){SigmaZr(st,x)}else
if(zona==2){SigmaZu(st,x)}}
```

**Interpretacion:**

>SigmaZ<-function(zona,st,x) : “Sigma Z” es una funcion de la “zona”, “st” y “x”.

La funcion dice que

{if(zona==1){SigmaZr(st,x)}else : Si “zona” es Rural es igual a 1, entonces la funcion sera “SigmaZr” Rural dependiente de “st” y “x”; pero

if(zona==2){SigmaZu(st,x)}} : Si “zona” es Urbana es igual a 2, entonces la funcion sera “SigmaZu” Urbana que tambien es dependiente de “st” y “x”

**Ecuaciones:**

Se ingresa al Software:	Estab.	SigmaZ Rural - $\sigma_z$ (m)
SigmaZr<-function(st,x) {if(st==1){0.20*x}else	A=1	0.20x
if(st==2){0.12*x}else	B=2	0.12x
if(st==3){0.08*x*((1+(0.0002*x))^-0.5)}else	C=3	0.08(x)(1+0.0002x) <sup>-0.5</sup>
if(st==4){0.06*x*((1+(0.0015*x))^-0.5)}else	D=4	0.06(x)(1+0.0015x) <sup>-0.5</sup>
if(st==5){0.03*x*((1+(0.0003*x))^-1)}else	E=5	0.03(x)(1+0.0003x) <sup>-1</sup>
if(st==6){0.016*x*((1+(0.0003*x))^-1)}	F=6	0.016(x)(1+0.0003x) <sup>-1</sup>

**Ecuaciones:**

Se ingresa al Software:	Estab.	SigmaZ Urbano - $\sigma_z$ (m)
SigmaZu<-function(st,x) {if(st==1){0.24*x*((1+(0.001*x))^(0.5))}else	A=1	0.24(x)(1+0.001x) <sup>0.5</sup>
if(st==2){0.24*x*((1+(0.001*x))^(0.5))}else	B=2	
if(st==3){0.20*x}else	C=3	0.20x
if(st==4){0.14*x*((1+(0.0003*x))^(0.5))}else	D=4	0.14(x)(1+0.0003x) <sup>0.5</sup>
if(st==5){0.08*x*((1+(0.00015*x))^(0.5))}else	E=5	0.08(x)(1+0.00015x) <sup>0.5</sup>
if(st==6){0.08*x*((1+(0.00015*x))^(0.5))}	F=6	

**Se ingresa al Software los siguientes valores:**

zona<-2	st<-3	x<-c(200,400,600,800,1000)
---------	-------	----------------------------

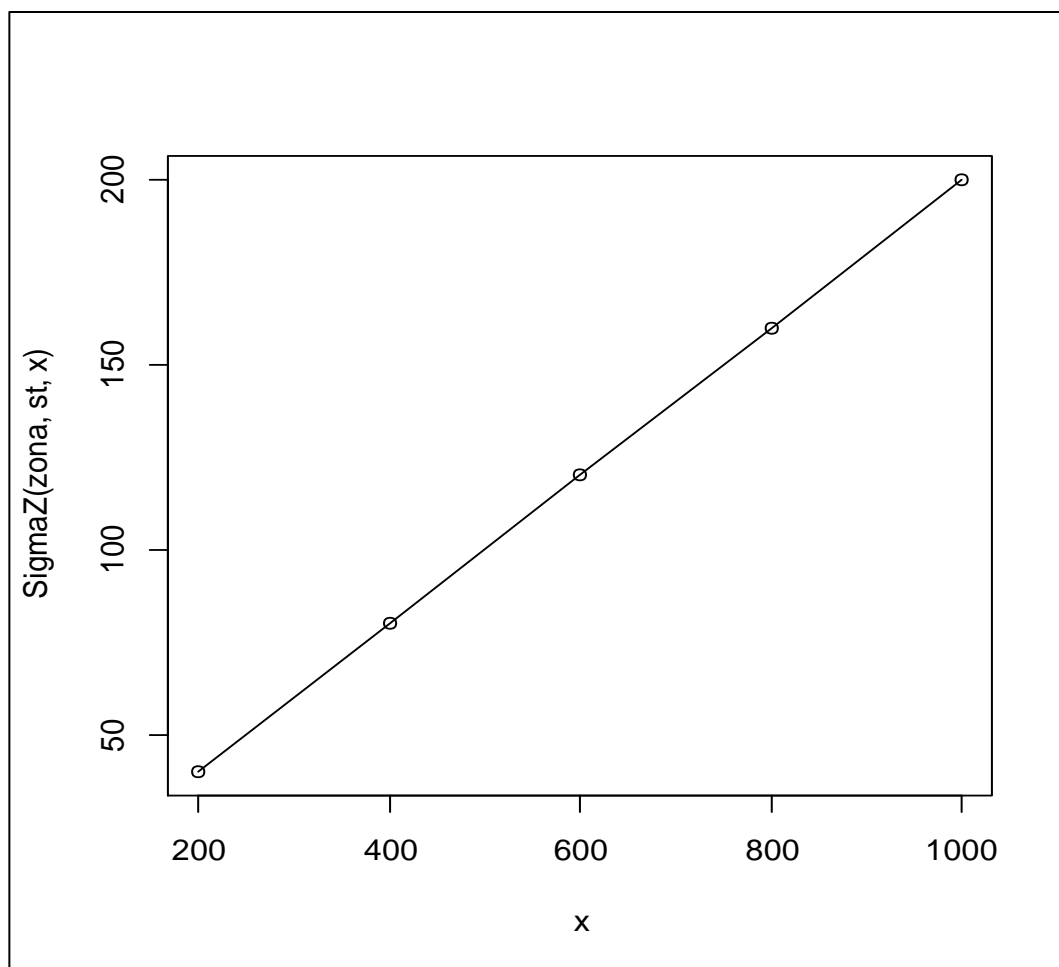
Para efectos de la presente investigación el tipo de Zona es Urbana (2), el grado de estabilidad es Tipo C (3) y para la distancia (x) se asume los valores de 200, 400, 600, 800 y 1000 metros, obteniendo como resultado para el valor de Sigma Z: 40, 80, 120, 160, 200 metros respectivamente. En el software aparecerá la siguiente notación:

SigmaZ(zona,st,x)  
[1] 40 80 120 160 200

Para obtener las gráficas respectivas se ejecuta las siguientes ecuaciones:

```
> plot(x,SigmaZ(zona,st,x))
> lines(x,SigmaZ(zona,st,x))
```

**TABLA 17: PASQUIL para determinar coeficiente vertical**



Fuente: Elaboración Propia, 2017

**Se determino el “Sigma de Y” con los siguientes algoritmos en el software “R”:**

De la misma manera se obtuvieron los datos de SigmaY, coeficiente horizontal, reemplazando SigmaZu por SigmaYu (Urbana) y SigmaZr por SigmaYr (Rural). Para la configuracion del software se ingreso las siguientes ecuaciones:

**Ecuación:**

```
SigmaY<-function(zona,st,x){if(zona==1){SigmaYr(st,x)}else  
if(zona==2){SigmaYu(st,x)}}
```



**Interpretacion:**

SigmaY<-function(zona,st,x) : “Sigma Y” es una funcion de la “zona”, “st” y “x”.

La funcion dice que

{if(zona==1){SigmaYr(st,x)}else : Si “zona“ es Rural es igual a 1, entonces la funcion sera “SigmaYr” Rural dependiente de “st” y “x”; pero

if(zona==2){SigmaYu(st,x)}} : Si “zona” es Urbana es igual a 2, entonces la funcion sera “SigmaYu” Urbana que tambien es dependiente de “st” y “x”

**Ecuaciones:**

Se ingresa al Software:	Estab.	SigmaY Rural – $\sigma_y$ (m)
SigmaYr<-function(st,x) {if(st==1){0.22*x*((1+(0.0001*x))^-0.5)}else	A=1	$0.22(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$
if(st==2){0.16*x*((1+(0.0001*x))^-0.5)}else	B=2	$0.16(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$
if(st==3){0.11*x*((1+(0.0001*x))^-0.5)}else	C=3	$0.11(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$
if(st==4){0.08*x*((1+(0.0001*x))^-0.5)}else	D=4	$0.08(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$
if(st==5){0.06*x*((1+(0.0001*x))^-0.5)}else	E=5	$0.06(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$
if(st==6){0.04*x*((1+(0.0001*x))^-0.5)}}}	F=6	$0.04(x)(1+0.0001x)^{-0.5}$

**Ecuaciones:**

Se ingresa al Software:	Estab.	SigmaY Urbano – $\sigma_y$ (m)
SigmaYu<-function(st,x) {if(st==1){0.32*x*((1+(0.0004*x))^-0.5)}else	A=1	$0.32(x)(1+0.0004x)^{-0.5}$
if(st==2){0.32*x*((1+(0.0004*x))^-0.5)}else	B=2	
if(st==3){0.22*x*((1+(0.0004*x))^-0.5)}else	C=3	$0.22(x)(1+0.0004x)^{-0.5}$
if(st==4){0.16*x*((1+(0.0004*x))^-0.5)}else	D=4	$0.16(x)(1+0.0004x)^{-0.5}$
if(st==5){0.11*x*((1+(0.0004*x))^-0.5)}else	E=5	$0.11(x)(1+0.0004x)^{-0.5}$
if(st==6){0.11*x*((1+(0.0004*x))^-0.5)}}}	F=6	

**Se ingresa al Software los siguientes valores:**

zona<-2	st<-3	x<-c(200,400,600,800,1000)
---------	-------	----------------------------

Para efectos de la presente investigación el tipo de Zona es Urbana (2), el grado de estabilidad es Tipo C (3) y para la distancia (x) se asume los valores de 200, 400, 600, 800 y 1000 metros, obteniendo como resultado para el valor de Sigma Y: 42.33902, 81.70595, 118.53950, 153.18834, 185.93394 metros respectivamente. En el software aparecerá la siguiente notación:

SigmaY(zona,st,x)

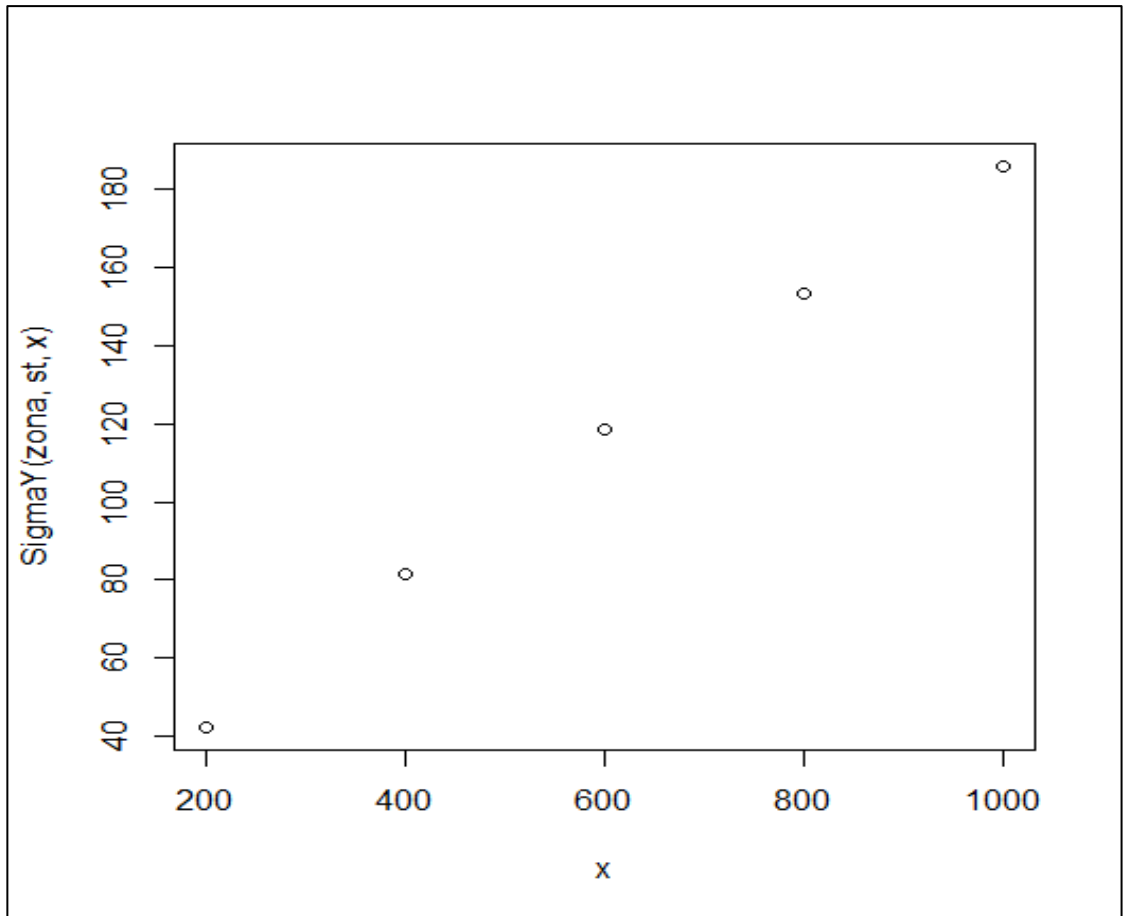
[1] 42.33902 81.70595 118.53950 153.18834 185.93394

Para obtener las gráficas respectivas se ejecuta las siguientes ecuaciones:

> plot(x,SigmaY(zona,st,x))

> lines(x,SigmaY(zona,st,x))

**TABLA 18: PASQUIL para determinar coeficiente horizontal**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2017

### 3.3.3 Dirección del viento

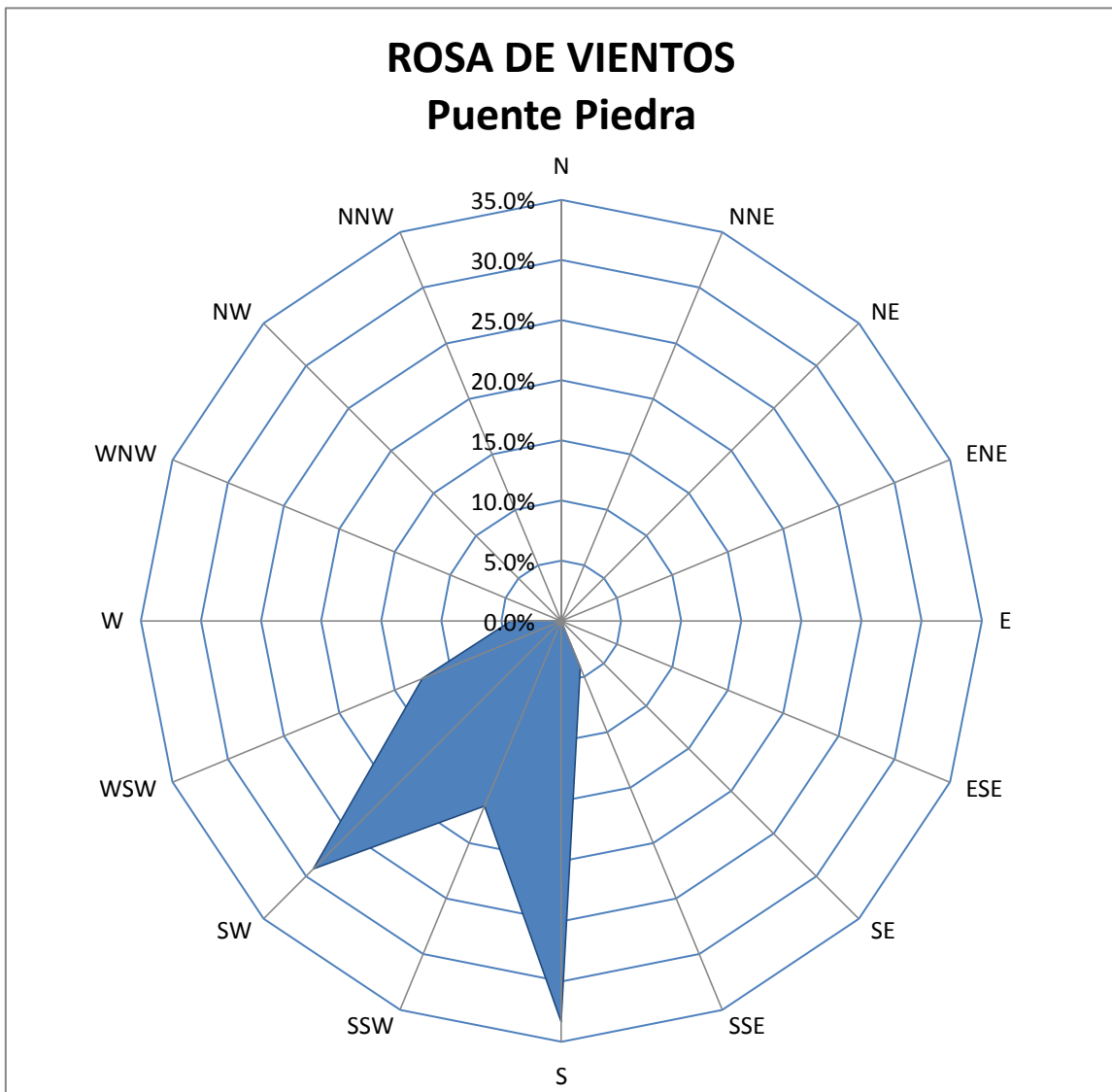
La dirección del viento fue medido mediante la estación meteorológica identificado como EM-01-CAT la cual estuvo ubicado en la Av. Los Crisantemos Mz. D Lt. 6. En el techo del colegio Saco Oliveros (ver ANEXO 07).

Cabe precisar que dicha estación meteorológica se encuentra calibrada. (Ver ANEXO 06).

IDENTIFICACION : EM-01-CAT

MARCA : DAVIS

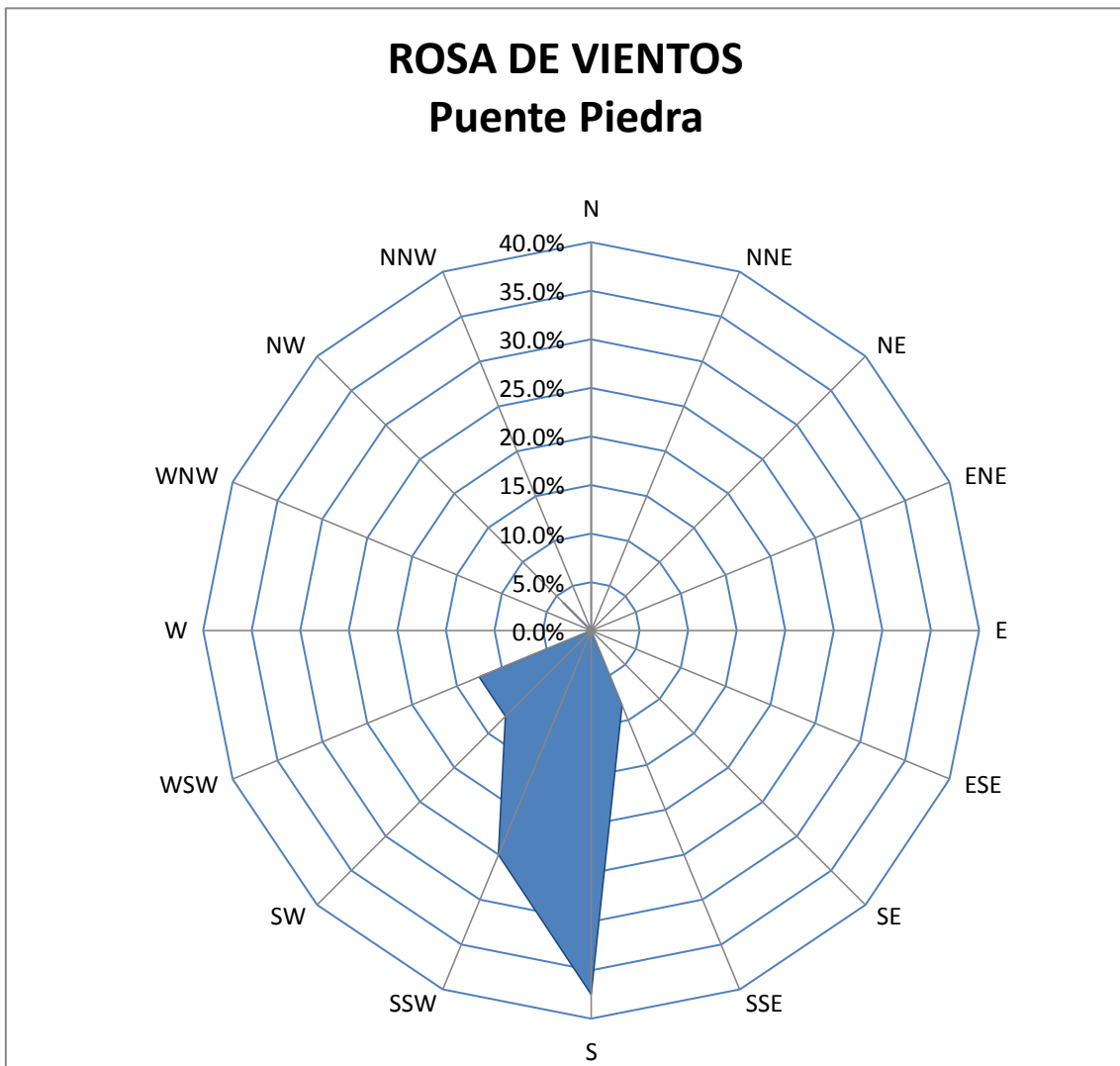
**FIGURA 5: Rosa de viento 24/04/17**



**Fuente:** Elaboración Propia 2017

Dirección del Viento		Unidad
S	33.3	%
SW	29.2	%
TEMPERATURA	24	°C
HUMEDAD	60.79	%
VELOCIDAD	3.4	m/s
P. ATMOSFERICA	101.33	Kpa

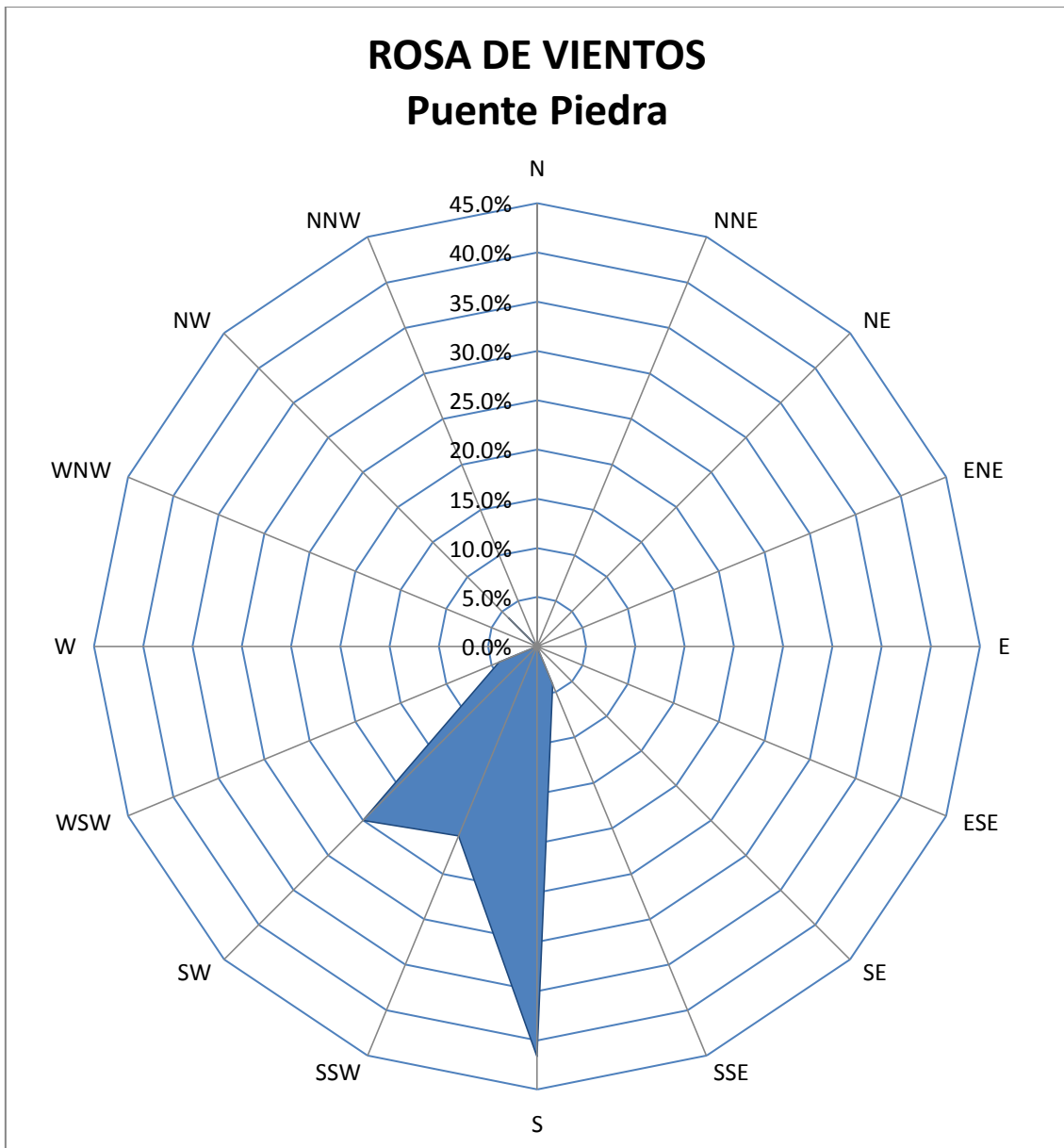
**FIGURA 6: Rosa de viento 29/04/17**



Fuente: Elaboración Propia 2017

Dirección del Viento		Unidad
S	37.5	%
SSW	25	%
TEMPERATURA	22	°C
HUMEDAD	67.13	%
VELOCIDAD	3.2	m/s
P. ATMOSFERICA	101.33	Kpa

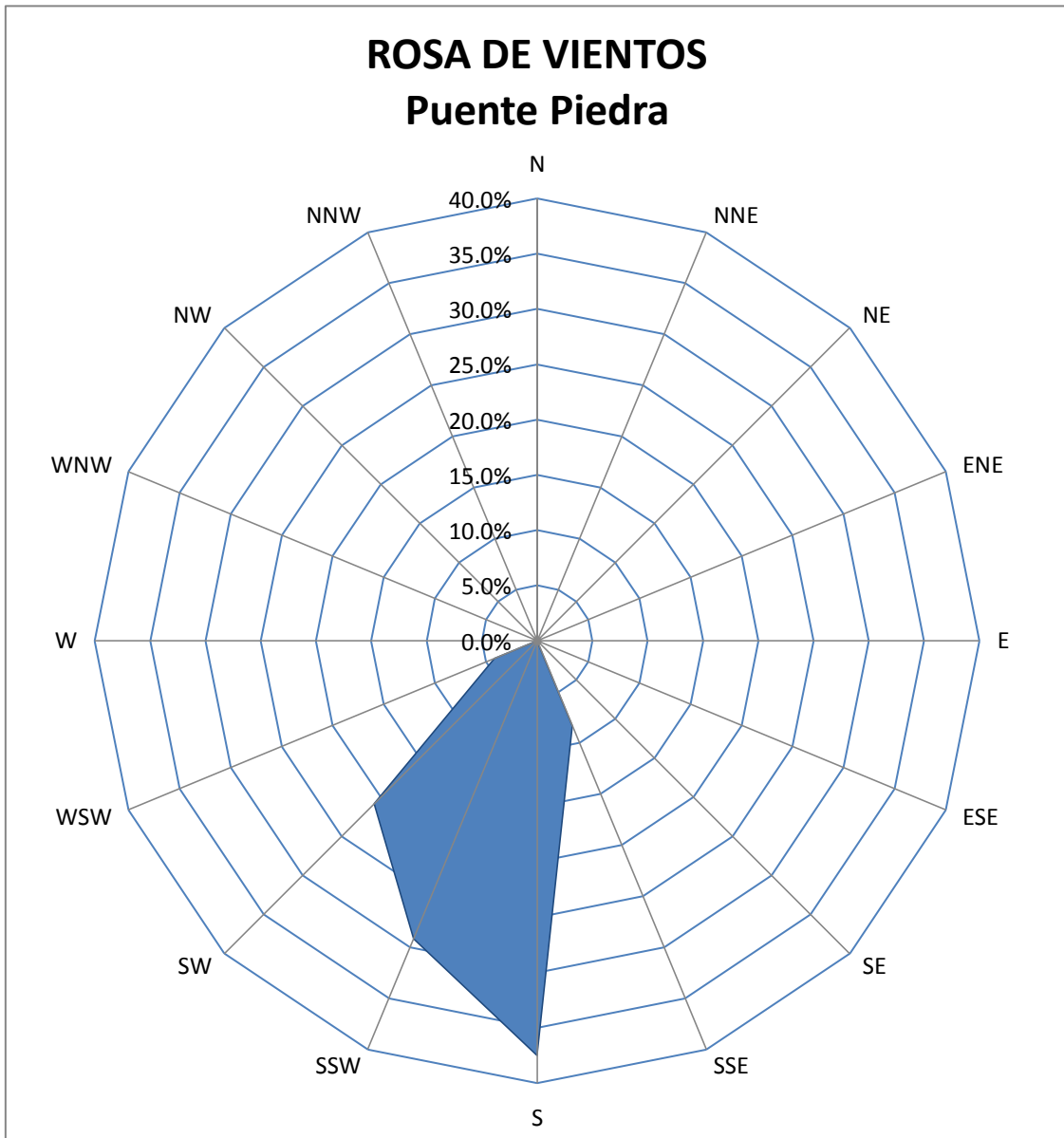
**FIGURA 7: Rosa de viento 06/05/17**



**Fuente:** Elaboración Propia 2017

Dirección del Viento	Unidad	
S	33.3	%
SW	29.2	%
TEMPERATURA	22.3	°C
HUMEDAD	64.5	%
VELOCIDAD	3.2	m/s
P. ATMOSFERICA	101.33	Kpa

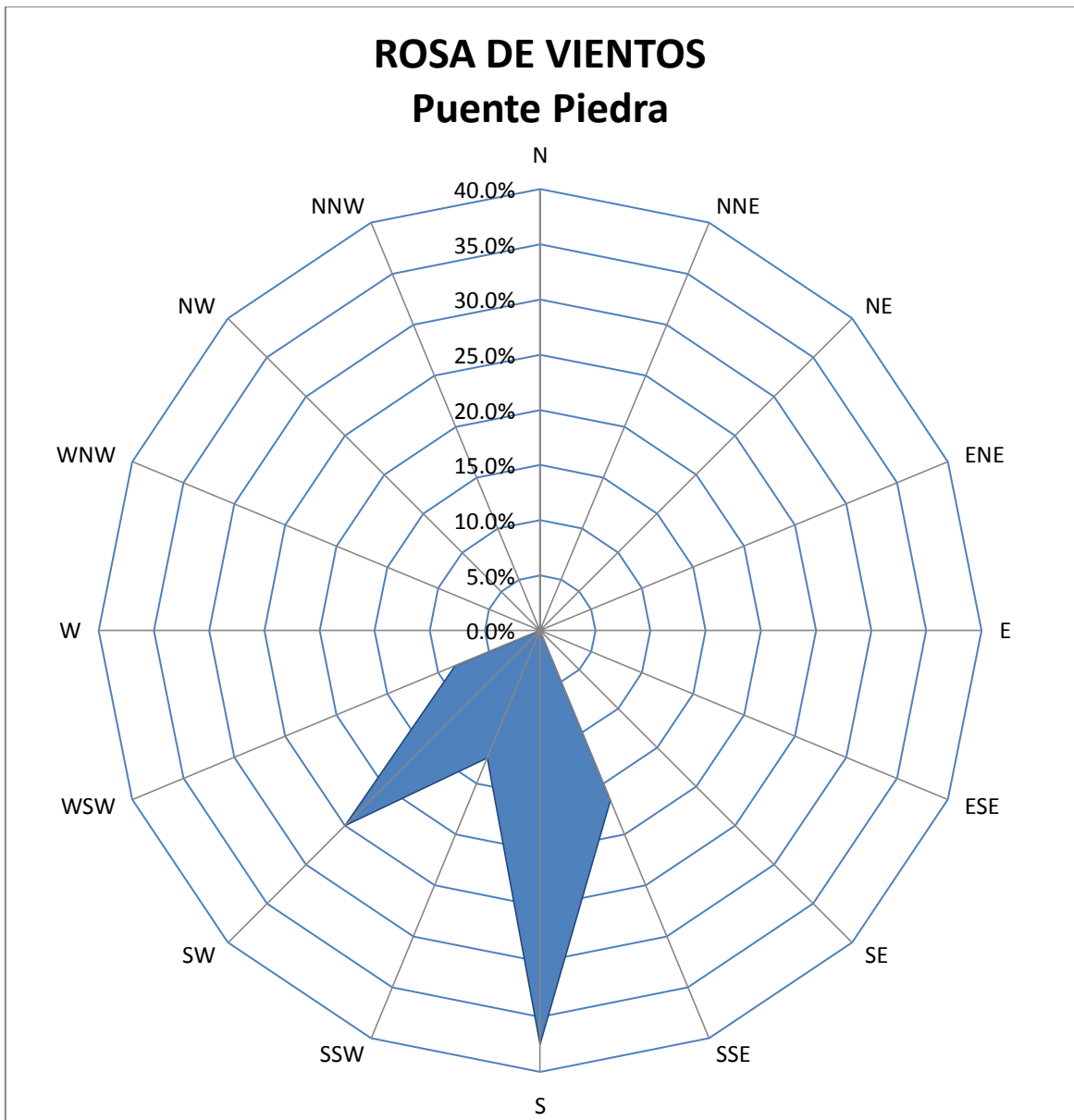
**FIGURA 8: Rosa de viento 14/05/17**



**Fuente:** Elaboración Propia 2017

Dirección del Viento	Unidad
S	33.3 %
SW	29.2 %
TEMPERATURA	22 °C
HUMEDAD	63.96 %
VELOCIDAD	3 m/s
P. ATMOSFERICA	101.33 Kpa

**FIGURA 9: Rosa de viento 21/05/17**



**Fuente:** Elaboración Propia 2017

Dirección del Viento	Unidad	
S	33.3	%
SW	29.2	%
TEMPERATURA	21.6	°C
HUMEDAD	67	%
VELOCIDAD	2.8	m/s
P. ATMOSFERICA	101.33	Kpa



### 3.3.4 Velocidad del viento ( $\mu$ )

La velocidad del viento se obtuvo mediante el monitoreo como una estación meteorológica para determinar el viento predominante. Fue 3.2 m/s pero mediante la siguiente fórmula se determina el la altura de la emisión.

$$\mu = \mu_{ref} \left( \frac{H_{Efec}}{h_{ref}} \right)^p$$

- $\mu$  : Velocidad del viento a la altura efectiva de la chimenea (m).
- $\mu_{ref}$  : velocidad del viento en la altura referencial (m/s).
- $h_{ref}$  : Altura referencial donde se hizo la medición (m)
- $H$  : Altura efectiva de la chimenea (m).
- $p$  : Coeficiente que se da en función a la estabilidad atmosférica del entorno en el que se mueve el viento, como se muestra en la siguiente.

#### Calculo de velocidad del viento de coeficiente (p)

Para determinar el coeficiente (p) en primera instancia se ponen las siguientes condiciones:

- Tipo de zona (rural o urbana).
- Tipo de estabilidad atmosférica (A, B, C, D, E y F).

Para ingresar dichas condiciones se configuro el software, de tal forma que se ingresaron las condiciones por códigos o algoritmos (Ver tabla 14).

El cual se ingresó al software "R":

```
P<-function(zona,st){if(zona==1){Pr(st)}else if(zona==2){Pu(st)}}
> Pr<-function(st){if(st==1){0.07}else if(st==2){0.07}else if(st==3){0.10}else
if(st==4){0.15}else if(st==5){0.35}else if(st==6){0.55}}
> Pu<-function(st){if(st==1){0.15}else if(st==2){0.15}else if(st==3){0.20}else
if(st==4){0.25}else if(st==5){0.30}else if(st==6){0.30}}
```

Luego de configurar las condiciones, se ingresaron los datos que determinan en este caso la zona (2) y tipo de estabilidad (3) (ver tabla 14).

```
> zona<-2
```

```
> st<-3
```

Seguidamente se ingresa el código:

```
> P(zona,st)
```

```
[1] 0.2
```

Para luego obtener el resultado

**Coefficiente: 0.2**

### **Calculo de velocidad viento a la altura Efectiva de la chimenea ( $\mu$ )**

Para determinar la velocidad del viento se ingresó la formula expresada en algoritmos.

Para esto se configura las condiciones para la velocidad del viento a la altura corregida ( $u_s$ ),

Se sabe que la velocidad del viento corregida es una función que depende de velocidad del viento de monitoreo ( $u_r$ ), altura de chimenea ( $h_s$ ), estabilidad atmosférica ( $st$ ), tipo de área ( $zona$ ), altura de monitoreo ( $z_r$ ) y coeficiente ( $p$ ).

```
us<-function(ur,hs,zr,st,zona){ur*((hs/zr)^P(zona,st))}
```

Una vez dada las condiciones seguidamente se ingresa los datos de velocidad del viento de monitoreo ( $u_r$ ), altura de chimenea ( $h_s$ ), estabilidad atmosférica ( $st$ ), tipo de área ( $zona$ ), altura de monitoreo ( $z_r$ ) y coeficiente ( $p$ ).

```

> ur<-3.11
> hs<-40.45
> zr<-16
> zona<-2
> st<-3

```

Y para obtener los resultados se ingresa los siguientes algoritmos

```

> us(ur,hs,zr,st,zona)
[1] 3.743864

```

**Velocidad del viento  $\mu= 3.74$  m/s**

### 3.3.5 Calculo de altura de Efectiva de penacho

**Dónde:**

La altura del penacho ( $\Delta h$ ) se obtuvo mediante las siguientes formulas:

Calculo de flujo de boyancia ( $f_o$ )

Reemplazar:

$$f_o = 9.8 \times V_s \times d^2 \times \left( \frac{T_s - T_a}{4T_s} \right)$$

```
Fb<-function(vs,ds,Ts,Ta){(9.8*vs*(ds^2)*(Ts-Ta))/(4*Ts)}
```

```
vs<-9.4
```

```
ds<-0.8
```

```
Ts<-423.2
```

```
Ta<-301.15
```

```
Fb(vs,ds,Ts,Ta)
```

```
[1] 4.250755
```

$$f_o = 9.8 \times 9.4 \times 0.8^2 \times \left( \frac{423.2 - 301.15}{4 \times 423.2} \right)$$

**Flujo de boyancia ( $f_o$ )= 4.25**

Calcular:

Cuando flujo de boyancia ( $f_o$ ) < 5.5

$$H_{Eff} = h_s + 21.425 \left( \frac{F_b^{0.75}}{u_s} \right)$$

Cuando flujo de boyancia ( $f_o$ ) > 5.5

$$H_{Eff} = h_s + 38.71 \left( \frac{F_b^{0.4}}{u_s} \right)$$

Calculando:

$$H_{Eff} = h_s + 21.425 \left( \frac{F_b^{0.75}}{u_s} \right)$$

Se ingresaron los datos al software "R"

```
he<-
```

```
function(hs,ds,vs,ur,zr,st,zona,Ts,Ta){if(st<=4){heun(vs,ds,Ts,Ta,ur,hs,zr,st,zona)}  
else if(st>4){hest(vs,ds,Ts,Ta,ur,hs,zr,st,zona)}}}
```

```
> heun<-
```

```
function(vs,ds,Ts,Ta,ur,hs,zr,st,zona){if(Fb(vs,ds,Ts,Ta)<55){hsl(hs,ds,vs,ur,zr,st,z  
ona)+(21.425*(Fb(vs,ds,Ts,Ta)^(0.75))/us(ur,hs,zr,st,zona))}else  
if(Fb(vs,ds,Ts,Ta)>=55){hsl(hs,ds,vs,ur,zr,st,zona)+(38.71*(Fb(vs,ds,Ts,Ta)^(0.6))/  
us(ur,hs,zr,st,zona))}}
```

```
> hest<-
```

```
function(vs,ds,Ts,Ta,ur,hs,zr,st,zona){hsl(hs,ds,vs,ur,zr,st,zona)+(2.6*((Fb(vs,ds,T  
s,Ta)/(us(ur,hs,zr,st,zona)*sp(st,Ta)))^(1/3)))}
```

```
> sp<-function(st,Ta){if(st==5){9.8*0.020/Ta}else if(st==6){9.8*0.035/Ta}}
```

```
> hs<-20
```

```
> ds<-0.8
```

```
> vs<-9.41
```

```

> ur<-3.11
> zr<-16
> st<-3
> zona<-2
> Ts<-423.2
> Ta<-301.15
> he(hs,ds,vs,ur,zr,st,zona,Ts,Ta)

[1] 40.38272

```

$$H_{Eff} = 20 + 21.425 \left( \frac{4.25^{0.75}}{3.11} \right)$$

**Altura de Efectiva de penacho = 40.38 m**

### 3.3.6 Concentración Máxima en la dirección del viento predominante

Esta concentración máxima está dada por la siguiente ecuación:

$$\sigma_z = 0.707 H$$

Dónde:

H : Altura efectiva (40.38 m)

Determinación del coeficiente de “ $\sigma_z$ ”:

$$\sigma_z = 0.707 * 82$$

$$\sigma_z = 28.6 \text{ m.}$$

Resultado de la concentración máxima será a los **448 metros**.

### 3.3.7 Velocidad de asentamiento de partículas menores a 10 µm

$$V_t = \frac{g \times (d_p)^2 \times \rho_p}{18 \times \mu} \times 3.6 \times 10^{-4}$$

#### Velocidad de asentamiento según la ley de Stokes

$$V_t = \frac{9.8 \times (10)^2 \times 1}{18 \times 0.067} \times 3.6 \times 10^{-4}$$

Con la cual se obtuvo que **0.0029 m/s**

#### Dónde:

**V<sub>t</sub>** : Velocidad de asentamiento (cm/s)

**g** : Aceleración de la gravedad (9.8)

**d<sub>p</sub>** : Diámetro de la partícula en metros (10 µm = 6.5x10<sup>-6</sup>m)

**ρ<sub>p</sub>** : Densidad de la partícula ( para 6.5 µm es de 1 )

**µ** : Viscosidad dinámica del fluido (en flujo laminar es semejante a la del agua que es de 0.045 lb/pie-h o 0.067 kg/m-h)

**(3.6 x 10<sup>-4</sup>)** : Este factor es un término que determina cierta cantidad de conversiones unitarias.

Como el PM-10 se define que son partículas menores a 10 µm

### 3.4. Simulación de contaminante aplicando la ecuación Gaussiano

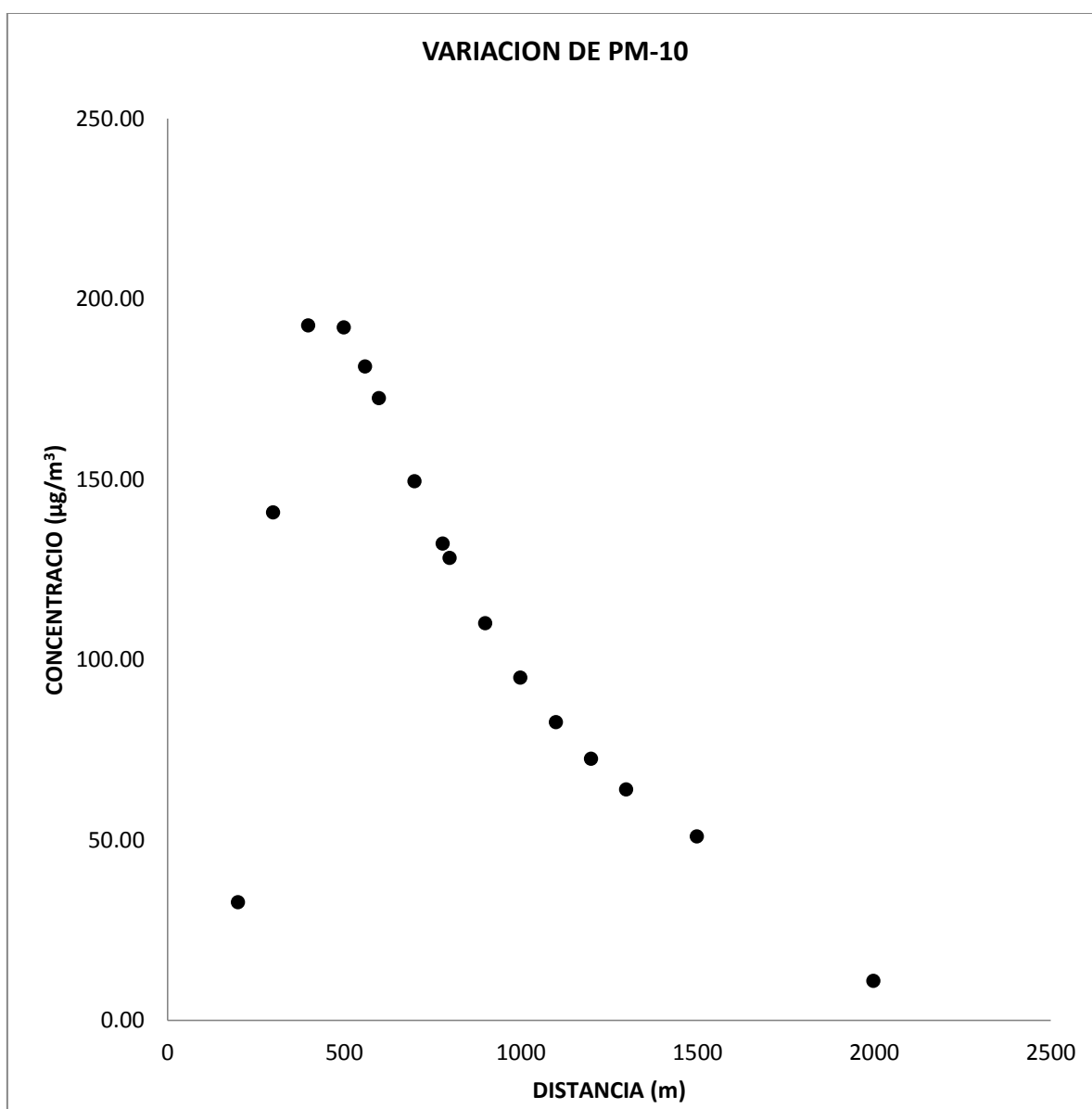
**TABLA 19: Resultado de la aplicación del modelación Gaussiano.**

<b>Desviación STD <math>\sigma Y</math> (m)</b>	<b>Desviación STD <math>\sigma Z</math> (m)</b>	<b>Distancia en el eje x (m)</b>	<b>Concentración X (<math>\mu g/m^3</math>)</b>
<b>25</b>	14	200	<b>32.54</b>
<b>36</b>	20	300	<b>140.68</b>
<b>46</b>	26	400	<b>192.49</b>
<b>56</b>	32	500	<b>191.97</b>
<b>62</b>	36	560	<b>181.15</b>
<b>66</b>	38	600	<b>172.34</b>
<b>75</b>	44	700	<b>149.26</b>
<b>83</b>	49	780	<b>132.03</b>
<b>85</b>	50	800	<b>128.02</b>
<b>95</b>	56	900	<b>109.92</b>
<b>104</b>	61	1000	<b>94.90</b>
<b>114</b>	67	1100	<b>82.52</b>
<b>123</b>	72	1200	<b>72.31</b>
<b>132</b>	78	1300	<b>63.84</b>
<b>150</b>	89	1500	<b>50.82</b>
<b>290</b>	234	2000	<b>10.84</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

Aplicando el modelo de dispersión del modelo Gaussiano para la variación de las partículas desde el foco de emisión hasta una distancia de 2000 metros.

**FIGURA 10: Variación de PM-10 con respecto a la distancia**



**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

En la figura 6 se observa que la dispersión de material particulado se muestra la mayor concentración en un rango de 400 a 900 metros en las cuales se realizaron los puntos de monitoreo.



### 3.5. Resultados de monitoreo de calidad de aire

Para el resultado de calidad de aire se realizaron monitoreos de PM-10 con los equipos TECORA BRAVO Y PARTIZOL en dos tiempos, la cual arrojaros los siguientes filtros y su respectivo peso inicial y final dados.

**TABLA 20: Resultado de pesos de filtro 21/04/17**

CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE FILTRO	$W_i$	$W_f$	$W_f - W_i$
0962-1	CC MAX-01	0.092207	0.097909	0.005702
0962-2	CC MAX-02	0.102638	0.107671	0.005033
0962-3	CA-01	0.106285	0.11035	0.004065
0962-4	CA-02	0.146660	0.150437	0.003777
0962-5	CA-03	0.091624	0.092454	0.000830
0962-6	CA-04	0.091857	0.092536	0.000679
0962-7	CA-05	0.092630	0.09501	0.002380
0962-8	CA-06	0.105341	0.108262	0.002921
0962-9	CA-07	0.093318	0.095797	0.002479

**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

**TABLA 21: Resultado de filtro de 29/05/17**

CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE FILTRO	$W_i$	$W_f$	$W_f - W_i$
1204-1	CC MAX-01	0.106320	0.112203	0.005883
1204-2	CC MAX-02	0.102455	0.1082	0.005745
1204-3	CA-01	0.098873	0.102531	0.003658
1204-4	CA-02	0.093639	0.096872	0.003233
1204-5	CA-03	0.094727	0.095451	0.000724
1205-6	CA-04	0.094245	0.094914	0.000669
1204-7	CA-05	0.093469	0.095841	0.002372
1204-8	CA-06	0.093901	0.096603	0.002702
1204-9	CA-07	0.092125	0.094682	0.002557

**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

## MÉTODO DE ANÁLISIS:

La determinación de pesos de los filtros de PM10, se realiza por gravimetría, determinando el peso constante antes y después del monitoreo, según:

“NTP 900.030” Calidad de Aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmosfera”.

Los resultados del material colectado se expresan en microgramos por metro cúbico de aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), a condiciones estándar, de temperatura y presión, esto es 19.30 °C y 101.30 Kpa.

Calculo de Volumen de muestreo:

$$V_m = \left( \frac{Q \times t}{1000} \right)$$

- V<sub>m</sub> : Volumen de muestreo (m<sup>3</sup>)  
Q : Caudal y/o flujo (16.7 L/min)  
t : Tiempo (1440 min)

Cálculos para presión y volumen estándar:

$$V_s = V_m \times \left( \frac{T^{\circ}_s}{P_s} \right) \times \left( \frac{P_m}{T^{\circ}_m} \right)$$

- V<sub>s</sub> : Volumen estándar (m<sup>3</sup>)  
V<sub>m</sub> : Volumen de muestreo (m<sup>3</sup>)  
T<sup>°</sup><sub>s</sub> : Temperatura ambiente estándar (19.30 °C)  
P<sub>s</sub> : Presión estándar (101.30 Kpa)  
T<sup>°</sup><sub>m</sub> : Temperatura de muestreo (°C)  
P<sub>m</sub> : Presión de muestreo (Kpa)

**TABLA 22: Cálculo de volumen estándar PM10 21/04/17**

<b>CODIGO DE LABORATORIO</b>	<b>Código Campo</b>	<b>Caudal de Muestreo (l/min)</b>	<b>Tiempo de Muestreo (min)</b>	<b>Volumen de Muestreo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Temperatura de Muestreo (°C)</b>	<b>Temperatura de Muestreo (°K)</b>	<b>Temperatura Standar (°K)</b>	<b>Presión de Muestreo (KPa)</b>	<b>Presión Standar (KPa)</b>	<b>Volumen Estándar (Nm<sup>3</sup>)</b>
0962-1	CCMAX-01	16.7	1440	24.0480	26.8	299.8	298	99.345	101.3	<b>23.4423</b>
0962-2	CCMAX-02	16.7	1440	24.0480	26.6	299.6	298	99.275	101.3	<b>23.4414</b>
0962-3	CA-01	16.7	1440	24.0480	26.1	299.1	298	99.335	101.3	<b>23.4948</b>
0962-4	CA-02	16.7	1440	24.0480	25.9	298.9	298	99.345	101.3	<b>23.5129</b>
0962-5	CA-03	16.7	1440	24.0480	26.1	299.1	298	99.315	101.3	<b>23.4901</b>
0962-6	CA-04	16.7	1440	24.0480	27.1	300.1	298	99.275	101.3	<b>23.4024</b>
0962-7	CA-05	16.7	1440	24.0480	26.8	299.8	298	99.285	101.3	<b>23.4281</b>
0962-8	CA-06	16.7	1440	24.0480	27.6	300.6	298	99.225	101.3	<b>23.3517</b>
0962-9	CA-07	16.7	1440	24.0480	26.9	299.9	298	99.275	101.3	<b>23.4180</b>

**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

TABLA 23: Cálculo de volumen estándar PM10 29/05/17

<b>CODIGO DE LABORATORIO</b>	<b>Código Campo</b>	<b>Caudal de Muestreo (l/min)</b>	<b>Tiempo de Muestreo (min)</b>	<b>Volumen de Muestreo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Temperatura de Muestreo (°C)</b>	<b>Temperatura de Muestreo (°K)</b>	<b>Temperatura Standar (°K)</b>	<b>Presión de Muestreo (KPa)</b>	<b>Presión Standar (KPa)</b>	<b>Volumen Estándar (Nm<sup>3</sup>)</b>
1204-1	CCMAX-01	16.7	1440	24.0480	26.10	299.1	298	99.345	101.3	<b>23.4972</b>
1204-2	CCMAX-02	16.7	1440	24.0480	26.30	299.3	298	99.275	101.3	<b>23.4649</b>
1204-3	CA-01	16.7	1440	24.0480	25.80	298.8	298	99.335	101.3	<b>23.5184</b>
1204-4	CA-02	16.7	1440	24.0480	25.20	298.2	298	99.345	101.3	<b>23.5681</b>
1204-5	CA-03	16.7	1440	24.0480	25.50	298.5	298	99.315	101.3	<b>23.5373</b>
1205-6	CA-04	16.7	1440	24.0480	24.60	297.6	298	99.275	101.3	<b>23.5990</b>
1204-7	CA-05	16.7	1440	24.0480	26.50	299.5	298	99.285	101.3	<b>23.4516</b>
1204-8	CA-06	16.7	1440	24.0480	26.30	299.3	298	99.225	101.3	<b>23.4531</b>
1204-9	CA-07	16.7	1440	24.0480	26.10	299.1	298	99.275	101.3	<b>23.4806</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2017

## RESULTADOS DE FILTROS

En concordancia de los procedimientos anteriormente descritos, se llevaron a cabo los trabajos de ensayo para la determinación de las concentraciones de material particulado de 10 micras (PM10).

**TABLA 24: Calculo de concentración de PM10 21/04/17**

CÓDIGO DE CAMPO	CÓDIGO DE CAMPO	$W_i$	$W_f$	$W_f - W_i$	Vstd	partículas ug/ m <sup>3</sup>
0962-1	CC MAX-01	0.092207	0.097909	0.005702	23.4423	243.24
0962-2	CC MAX-02	0.102638	0.107671	0.005033	23.4414	214.71
0962-3	CA-01	0.106285	0.11035	0.004065	23.4948	173.02
0962-4	CA-02	0.146660	0.150437	0.003777	23.5129	160.64
0962-5	CA-03	0.091624	0.092454	0.000830	23.4901	35.33
0962-6	CA-04	0.091857	0.092536	0.000679	23.4024	29.01
0962-7	CA-05	0.092630	0.09501	0.002380	23.4281	101.59
0962-8	CA-06	0.105341	0.108262	0.002921	23.3517	125.09
0962-9	CA-07	0.093318	0.095797	0.002479	23.4180	105.86

Fuente: Elaboración Propia, 2017

**TABLA 25: Cálculo de concentración de PM10 29/05/17**

CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE CAMPO	W <sub>i</sub>	W <sub>f</sub>	W <sub>f</sub> - W <sub>i</sub>	V <sub>s</sub>	Partículas ug/ m <sup>3</sup>
CC MAX-01	CC MAX-01	0.106320	0.112203	0.005883	23.4972	250.37
CC MAX-02	CC MAX-02	0.102455	0.10820	0.005745	23.4649	244.83
CA-01	CA-01	0.098873	0.102531	0.003658	23.5184	155.54
CA-02	CA-02	0.093639	0.096872	0.003233	23.5681	137.18
CA-03	CA-03	0.094727	0.095451	0.000724	23.5373	30.76
CA-04	CA-04	0.094245	0.094914	0.000669	23.5990	28.35
CA-05	CA-05	0.093469	0.095841	0.002372	23.4516	101.14
CA-06	CA-06	0.093901	0.096603	0.002702	23.4531	115.21
CA-07	CA-07	0.092125	0.094682	0.002557	23.4806	108.90

**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

Los cálculos de concentración se realizaron mediante la siguiente formula:

$$\frac{\mu g}{m^3} = \frac{(W_f - W_i)}{V_s} \times 10^6$$

μg/m<sup>3</sup> : concentración de contaminante

W<sub>i</sub> : peso inicial (g)

W<sub>f</sub> : peso final (g)

V<sub>s</sub> : volumen estándar (m<sup>3</sup>)

## RESULTADOS COMPARATIVOS CON EL ECA DE CALIDAD DE AIRE

Los resultados obtenidos en los parámetros fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM. Los resultados obtenidos se observan en el siguiente cuadro.

**TABLA 26: Comparación de resultados obtenidos de monitoreo y las ECAs**

Parámetros	Unidades	ECA Aire	21/04/17	29/05/17	CODIGO DE CAMPO
Partículas en Suspensión PM <sub>10</sub>	ug/m <sup>3</sup>	150	243.24	250.37	CC MAX-01
			214.71	244.83	CC MAX-02
			173.02	155.54	CA-01
			160.64	137.18	CA-02
			35.33	30.76	CA-03
			29.01	28.35	CA-04
			101.59	101.14	CA-05
			125.09	115.21	CA-06
			105.86	108.90	CA-07

Fuente: Elaboración Propia, 2017

**TABLA 27: Coordenadas y descripción del monitoreo de calidad de aire**

<b>CODIGO DE CAMPO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>ALT</b>	<b>DESCRIPCION</b>
CC MAX-01	8687402	274801	198	PATIO DE VIVIENDA
CC MAX-02	8687448	274771	205	TECHO DE VIVIENDA
CA-01	8687906.2	274081	199	CAMPO DE PORTIVO
CA-02	8688206.2	274081	198	TERRENO EN VENTA ZONA URBANA
CA-03	8688506.2	274081	201	TECHO DE VIVIENDA COLEGIO JARDIN
CA-04	8689006.2	274081	205	TECHO DE VIVIENDA
CA-05	8687848	274571	204	FRONTIS DE CAMPO DEPORTIVO
CA-06	8687806.2	274091	210	ENTRADA DE COLEGIO
CA-07	8687806.2	275001	205	CAMPO DE COCHERA

**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

### **3.6. Área afectada por la dispersión de Material Particulado por la Industria.**

El área vulnerable es de 392702.125 m<sup>2</sup> de la urbanización Las vegas de Puente Piedra.



#### IV. DISCUSIÓN

- A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis general que establece que la zona industrial está afectando zonas ubicada al norte de la zona industrial principalmente a la urbanización las Vegas del distrito Puente Piedra, resultados guardan relación con lo que sostiene María E Manzur, Graciela Benzal, Silvia N González (2012) en su tesis “Modelo de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos” ya que también establece como objetivo determinar la áreas vulnerables de la ciudad.
- A partir de los resultados obtenidos aceptamos la hipótesis específica ya las concentraciones máximas se encuentra entre los 400 a 500 metros así también las características atmosféricas intervienen dentro de la determinación de la área vulnerable, Estos resultados son acorde con lo que sostiene Lobo Rojas, Paola (2010) en su tesis “Modelamiento de Dispersión del Material Particulado PM-10 mediante Breeze” quien señala que las condiciones atmosféricas determinan la dispersión de contaminantes.
- A partir de los resultados se acepta la Hipótesis específicas que mencionan las características meteorologías del lugar de estudio y los parámetros de la fuente de emisión, Estos resultados son concuerdan con lo que sostiene Jaime Hernán Buitrago Arango (2003), quien indica que antes de hacer la modelación se debe evaluar las características meteorológicas y los parámetros de fuente emisora son necesarias para la modelación.
- A partir de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis que estipula que las características meteorológicas de zona industrial del distrito de Puente Piedra son Velocidad de viento, dirección del viento y estabilidad atmosférica estos resultados concuerdan con lo que sostiene Astudillo Romero (2012) en su tesis “Modelación de dispersión espacial de contaminante del aire en la ciudad de Cuenca” que señala que se debe identificar, recopilar, estimar, procesar y generar información

meteorológicas para su posterior aplicación al modelo de dispersión. Cabe recalcar que la modelación efectuada por este autor fue a nivel departamental.

- De acuerdo a los resultado el presente estudio se realizó para identificar área vulnerables puntual afectada por una industria mas no como lo sostiene Prato Sánchez, Daniel en tu tesis “Modelacion de la dispersión de material particulado en zona minera del Cesar, Colombia, usando fluent (CFD)” que usando una modelación dinámica fluidos computacional(CFD) logra modelar varios puntos de una región en simultaneo debido a que se realizó a una escala mayor con distrital y datos puntuales de la topografía ya el software se lo permite.
- El desarrollo del presente trabajo de investigación ha logrado evaluar la dispersión de PM-10, así mismo permite elaborar un mapa básico para de riesgo de contaminación de aire en el distrito de Puente Piedra partir de los resultados obtenidos.

## V. CONCLUSIÓN

- Se determinó que la distancia de concentración máxima de material particulado PM-10 emitidos por la Zona Industrial mediante la aplicación del modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra en el año 2017 fue de 480 metros con dirección al Norte.
- Se determinó que las características meteorológicas de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017, fueron dirección viento predominante provenientes de Sur, velocidad de viento promedio fue de 3.2 m/s, el promedio de radiación neta que se obtuvo fue de 19.52 1 cal/cm<sup>2</sup>/h y una estabilidad atmosférica Ligeramente inestable (C).
- Se Determinó los parámetros de fuente emisora de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017 que ingresaron al software fueron la altura de la chimenea (20 metros), diámetro de la chimenea (0.8 metros), T° de fuente (125.7 °C) e índice de emisión 15 g/s.
- Se concluyó que la concentración máxima de PM-10 en la dirección del viento predominante es mayor a los ECAs en el distrito de Puente Piedra año 2017 debido los resultados obtenido con el software a los 480 metros fue de 192.5 ug/m<sup>3</sup> y con los monitoreos de calidad de aire un promedio de 246.805 ug/m<sup>3</sup> superando los estándares de calidad ambientales que están establecidas en 150 ug/m<sup>3</sup>.
- La simulación en tiempo real para conocer el destino que puede tener las emisiones de un día en particular debe contar con la información meteorológica del día para su mejor efectividad.
- Es importante destacar que la información meteorológica que no corresponde al sitio en la que se encuentran las emisiones generaran errores de cálculo en la dispersión del material particulado PM-10.

- La efectividad del modelo de dispersión en la presente investigación se probó y se centró en determinar su dispersión para lo cual resulto efectivo según los monitoreos efectuados de PM-10 el cual muestra una similitud en cuanto a su identificar la distancia de concentración máxima

## VI. RECOMENDACIONES

- Se debe toma este modelo como base para nuevas investigaciones como inicio de otras investigaciones dentro del distrito de Puente Piedra para mejorar la calidad de vida de su población.
- Se debe tomar los datos de radiación solar del punto de estudio a base que nos proporcione datos más exactos para la determinación de estabilidad atmosférica.
- Las industrias del distrito Puente Piedra deberían elaborar una estrategia de control de emisiones de material particulado PM-10 de forma conjunta para minimizar sus impactos en las poblaciones aledañas a ella.
- Para mejorar dicha dispersión y tener mayor precisión se debería tomar los datos un periodo menor de los monitoreos isocineticos de material particulado PM-10 que son medidos en la fuente para ingresar al software.
- Esta trabajo investigación servir de base para otras investigaciones que estén enfocadas en la medición y control de la salud de los habitantes de la zona vulnerable.

## VII. REFERENCIAS

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, División de Toxicología. 2010. En línea: <http://www.ciemat.es/MCAportal/portal.do;jsessionid=DDFEE478D7580252F6F56BB6727DA106?IDM=56&NM=3>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Guía práctica sobre riesgos químicos. México. 2014. ISBN: 970-821-010-2
- De Nevers, N. Air Pollution Control Engineering. Second Edition. WAYERLAND PRESS. 2010. ISBN: 978-1-57766-674-5
- INCHE. Jorge L. gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones. 2004
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Fuentes de contaminación del aire [en línea]. secretaria nacional de medio ambiente y recursos naturales-MÉXICO - 2014, en línea: <http://www.inecc.gob.mx/calair-info/informacion-basica/537-calair-fuentes>.
- Raquel A., Silva et. Global premature mortality due to anthropogenic outdoor air pollution and the contribution of past climate change. Environmental research letters. 2013. vol 8. Num. 3. p. 034005.
- Red ambiental de Asturias, gobierno del principado de Asturias. en línea: <http://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=daca2ae109539210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=761ab1cc11b6a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n=http.lang=es>
- <http://www.troposfera.org/informacion-ambiental/documentacion/modelos-de-dispersion>.
- MANZUR, Benzal y Gonzalez. Archivos de Bioquímica, Química y Farmacia. Tomo XXII-Nº 2. Argentina: Tucumán. 2013. ISSN-2313-9757
- MINAM: La Ley General del Ambiente – LGA (Ley Nº 28611) artículos 31º y 32º. 2005, 2008.
- NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables EPA - U.S. Environmental Protection Agency, 1995
- Organización mundial de la salud (OMS) en línea: <http://www.who.int/es>, setiembre 2014.

- UNISDR Oficina de las naciones unidas para la reducción de riesgo de desastre. En línea <http://www.eird.org/americas>
- Universidad Cesar Vallejo (UCV). Manual de estadística. Lima, Perú. 2011. P, 216. ISBN: 978-9972-2566-1-5.
- Wark, K.; Warner. Contaminación del Aire. Origen y Control. LIMUSA S.A. 2012. ISBN:968-18-1954-3

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 01:** Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de PM-10

**Anexo 02:** Fotografías de área vulnerable

**Anexo 03:** Informes de Monitoreo

**Anexo 04:** Ficha de campo

**Anexo 05:** NASA meteorología de superficie y la energía solar

**Anexo 06:** Certificado de calibración de Estación Meteorológica

**Anexo 07:** Mapa de Ubicación de estación Meteorológica

**Anexo 08:** Mapa de Ubicación de Fuente Emisión

**Anexo 09:** Mapa de dispersión de Material Particulado (PM-10)

**Anexo 10:** Certificado de calibración de muestrador de partículas

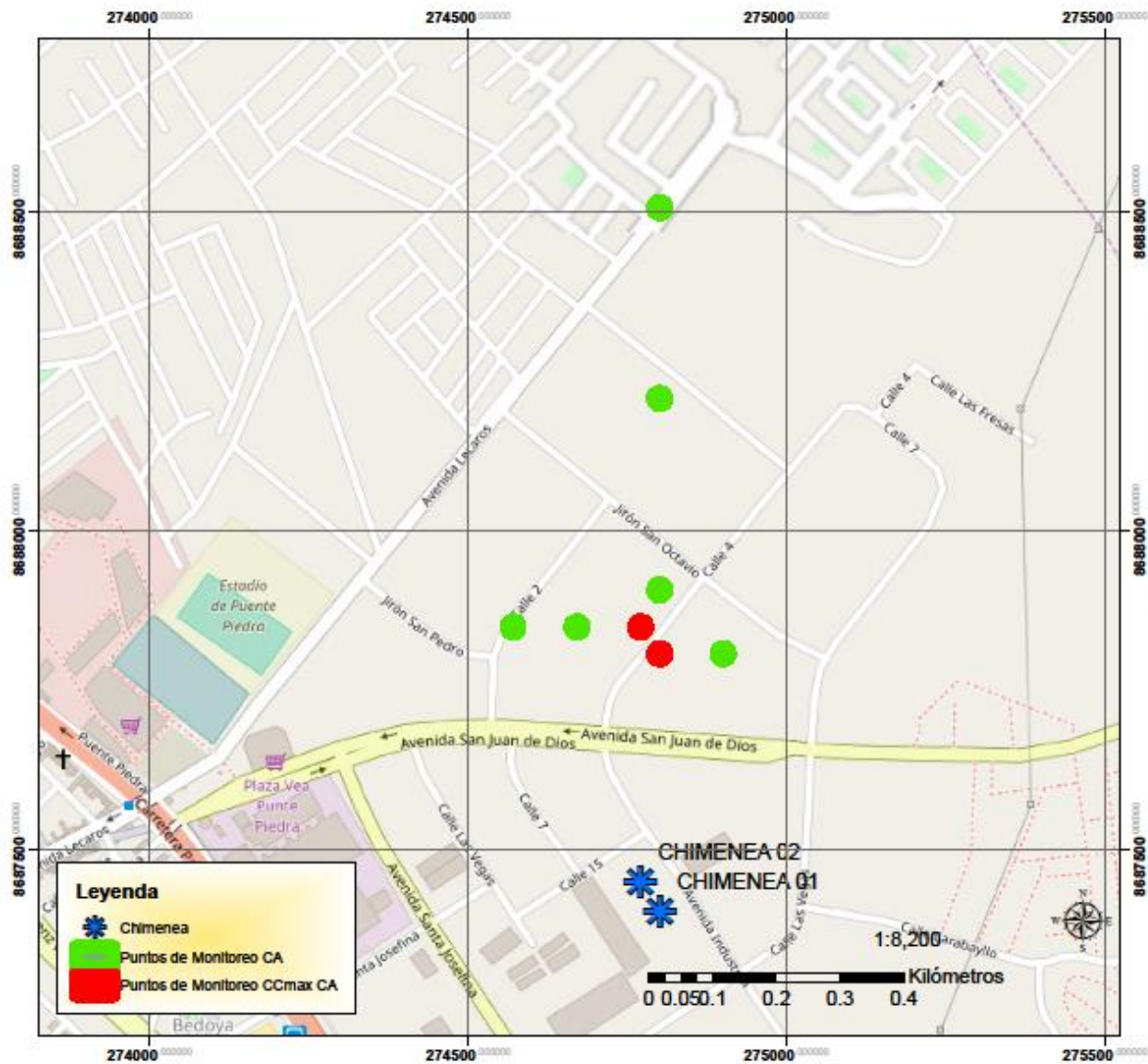
**Anexo 11:** Certificado de Calibración de balanza

**Anexo 12:** tabla de evaluación de expertos

**Anexo 13:** Matriz de consistencia



**Anexo 01:** Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de PM-10



**Leyenda**

-  Chimenea
-  Puntos de Monitoreo CA
-  Puntos de Monitoreo CCmax CA



Monitoreo de Calidad de Aire			
Departamento :	Lima	Elaborado por :	A.H.D.S.
Provincia :	Lima	Aprobado por :	A.H.D.S.
Dirección :	Puente Piedra	Fecha :	Oct. 2016
			M-04

**Anexo 02:** Fotografías de área vulnerable

**La imagen representa la venta de departamentos dentro de nuestra área vulnerable**



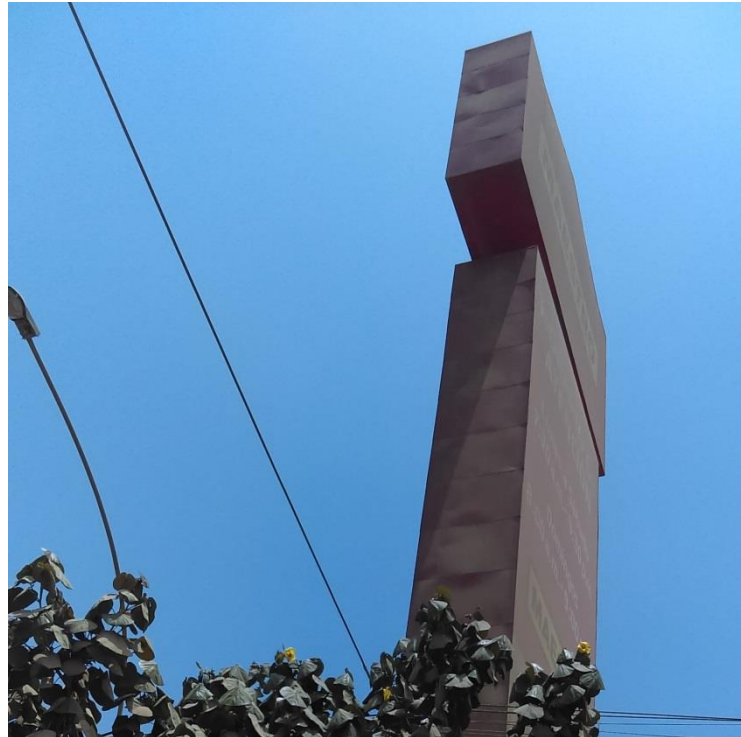
Fuente: Elaboración Propia, 2016

**Estos condominios están a la venta y se encuentra dentro del área afectado por la dispersión de PM-10**



Fuente: Elaboración Propia, 2016

## **Acumulación de material particulado en los paneles de publicidad**



Fuente: Elaboración Propia, 2016

## **Emisiones de contaminantes de la empresa Kimberly Clark**



Fuente: Elaboración Propia, 2016

## **Emisiones de una de las chimeneas de la empresa Kimberly Clark**





Fuente: Elaboración Propia, 2016

### **Emisión de la chimenea de la Empresa Sales y Derivados del Cobre**



Fuente: Elaboración Propia, 2016

**Anexo 03: Informes de Monitoreo**




## INFORME DE ENSAYO N° 0962-17

**Solicitante** : ALEX DEPAZ RAMOS  
**Dirección del Solicitante** : Mz. A Lote 31 Las Castellana del Norte - Puente Piedra  
**Atención** : Alex Depaz Ramos  
**Proyecto** : Monitoreo Ambiental  
**Lugar de Muestreo** : Distrito de Puente Piedra  
**Tipo de Muestra** : Aire  
**Fecha de Muestreo** : 21/04/17  
**Fecha de Recepción de Muestra** : 22/04/17  
**Fecha de Inicio de Análisis** : 22/04/17  
**Fecha de Término de Análisis** : 23/04/17

### CALIDAD DE AIRE

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Peso Inicial g	Peso Final g
0962-1	CC-MAX-01	0,092207	0,097909
0962-2	CC-MAX-02	0,102638	0,107671
0962-3	CA-1	0,106285	0,110350
0962-4	CA-2	0,146660	0,150437
0962-5	CA-3	0,091624	0,092454
0962-6	CA-4	0,091857	0,092536
0962-7	CA-5	0,092630	0,095010
0962-8	CA-6	0,105341	0,108262
0962-9	CA-7	0,093318	0,095797

- Muestra tomada por el cliente.
- La Fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.

  
**Ing. Pedro Torrel Talavera**  
CIP 144914  
Supervisor de Emisión de Informes  
de Ensayo C/CA  
**Lima, 26 de Abril de 2017.**



- Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.  
Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".  
Nota 3: La(s) muestra (s) y contra muestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.  
Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.  
Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".  
Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.  
Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.  
Nota 10: El superíndice "I" perteneciente al título de Informe de Ensayo se está considerando para los parámetros que no estén dentro del alcance de acreditación.

---oooOooo---

Página 1 de 1  
Revisión: 20

LB-F-14  
Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico  
Surquillo - Lima  
Teléfonos: 242-2696 / 444-8987  
web: www.labecoperu.com  
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com



## INFORME DE ENSAYO N° 1204-17

**Solicitante** : ALEX DEPAZ RAMOS  
**Dirección del Solicitante** : Mz. A Lote 31 Las Castellana del Norte - Puente Piedra  
**Atención** : Alex Depaz Ramos  
**Proyecto** : Monitoreo Ambiental  
**Lugar de Muestreo** : Distrito de Puente Piedra  
**Tipo de Muestra** : Aire  
**Fecha de Monitoreo** : 29/05/17  
**Fecha de Recepción de Muestra** : 29/05/17  
**Fecha de Inicio de Análisis** : 29/05/17  
**Fecha de Término de Análisis** : 30/05/17

### CALIDAD DE AIRE

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Peso Inicial g	Peso Final g
1204-1	CC-MAX-01	0,106320	0,112203
1204-2	CC-MAX-02	0,102455	0,108200
1204-3	CA-1	0,098873	0,102531
1204-4	CA-2	0,093639	0,096872
1204-5	CA-3	0,094727	0,095451
1204-6	CA-4	0,094245	0,094914
1204-7	CA-5	0,093469	0,095841
1204-8	CA-6	0,093901	0,096603
1204-9	CA-7	0,092125	0,094682

- Muestra tomada por el cliente.
- La Fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.

**Ing. Pedro Torrel Talavera**  
CIP 144914

Supervisor de Emisión de Informes  
de Ensayo C/CA

Lima, 01 de Junio de 2017.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".

Nota 3: La(s) muestra (s) y contra muestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.

Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".

Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.

Nota 10: El superíndice "I" perteneciente al título de Informe de Ensayo se está considerando para los parámetros que no estén dentro del alcance de acreditación.

---oooOooo---

Página 1 de 1  
Revisión: 20

LB-F-14  
Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico  
Surquillo - Lima  
Teléfonos: 242-2696 / 444-8987  
web: www.labecoperu.com  
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



## INFORME DE ENSAYO N° 2884-16

**Solicitante** : SALES Y DERIVADOS DEL COBRE S.A.  
**Dirección del Solicitante** : Calles 4 Mz. Lote B1, Urb. Industrial Las Vegas-Distrito de Puente Piedra-  
 Provincia de Lima  
**Atención** : Ing. Álvaro Fabio Bravo Quiroz  
**Proyecto** : SALES Y DERIVADOS DEL COBRE S.A.  
**Lugar de Muestreo** : Calles 4 Mz. Lote B1, Urb. Industrial Las Vegas-Distrito de Puente Piedra-  
 Provincia de Lima  
**Tipo de Muestra** : Emisiones  
**Fecha de Monitoreo** : 28-29/03/13  
**Fecha de Recepción de Muestra** : 12/10/2016  
**Fecha de Inicio de Análisis** : 13/10/2016  
**Fecha de Término de Análisis** : 14/10/2016

### CALIDAD DE AIRE

Código de laboratorio	Descripción de la muestra	Partículas PM-10 mg/m <sup>3</sup>
2884-1	1° corrida	3211.1 (i)
		3201.5 (ii)
		3091.7 (iii)
2884-2	2° corrida	3180.9 (i)
		3015.7 (ii)
		3260.4 (iii)
Límite de detección		0.1

Código de cliente	Descripción	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
GM-01	Chimenea de Horno G4	8687402	0274801
GM-02	Chimenea de Horno G4	8687448	0274771

- Concentración a condiciones de operación.
- Concentración a condiciones estándar (25°C, 1 atm)
- Concentración a condiciones normales BS (0°C, 1 atm)
- Condición de la muestra recepcionada y ensayada: En buen estado



# LABECO

ANALISIS AMBIENTALES S.C.R.L.

**Método de Análisis:**

Material particulado 10µm en emisiones atmosféricas: Emisiones atmosféricas. Determinación de emisiones de material particulado de fuentes estacionarias NTP 900.005.2001.

NC-PT-004 "Toma de muestra y transporte de ítems de ensayo",

NC-IT-018 "Toma de muestra de material particulado en fuentes estacionarias con equipo isocinético"



**Ing. Pedro Torrel Talavera**  
**CIP 144914.**  
**Supervisor de Emisión de Informes**  
**de Ensayo C/CA**

**Lima, 18 de Octubre de 2016.**

- Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
- Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".
- Nota 3: La(s) muestra(s) y contra muestras se mantendrán por un período de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
- Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el período de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.
- Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".
- Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.
- Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.

—oooOooo—

LB-F-14  
Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico  
Surquillo - Lima  
Teléfonos: 242-2696 / 444-8987  
web: [www.labecoperu.com](http://www.labecoperu.com)  
e-mail: [labeco@labecoperu.com](mailto:labeco@labecoperu.com), [labecoperu@gmail.com](mailto:labecoperu@gmail.com)

Página 2 de 2  
Revisión: 20

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**Anexo 04:** Ficha de campo

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS METEOROLÓGICOS**

descripcion del punto

Dirección:

FECHA	HORA	TEMPERATURA °C	RH%	DIR. VIENT	VEL. VIENT. (m/s)	PRESION (Kpa)
<b>PROM</b>						

Estacion EM : COORDENADAS:N xxxxxxx E xxxxx Punto: descripcion del punto

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO (PM-10)

LUGAR DE INSPECCION: DISTRITO: PROVINCIA: DEPARTAMENTO:									MODELO DEL EQUIPO:  CODIGO DEL EQUIPO:					
ESTACION	N° FILTRO	FECHA DE INICIO	HORA DE INICIO	FECHA FINAL	HORA FINAL	T° Amb. (°C)	P. Amb (Kpa)	FLUJO (L/min)	VOLUMEN ESTANDAR (m3)	COORDENADAS (UTM)			DIAMETRO DE PARTICULA	OBSERVACIONES
										N	E	ALTITUD (m.s.n.m)	PM 10	

OBSERVACIONES

Responsable de Monitoreo  Firma:  Nombre:	Recepcion:  Fecha:                      Hora: Nombre: Firma:
---	--

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE FUENTE EMISORA

LUGAR DE INSPECCION: DISTRITO: PROVINCIA: DEPARTAMENTO:											MODELO DEL EQUIPO:  CODIGO DEL EQUIPO:					
ESTACION	HORA DE MUESTREO		CARACTERISTICAS DE LA CHIMENEA					COORDENADAS (UTM)			CARACTERISTICAS DEL COMBUSTIBLE				TIPO/MODELO/MARCA	
	Hora Inicio	Hora Final	Altura Total (m)	Diametro (m)	ALTURA Pto. de Muestreo	T° de salida de gas	T° Amb	N	E	Altitud (m.s.n.m.)	Horas / Dia	Horas / Semana	TIPO DE COMBUSTIBLE	CANTIDAD CONSUMINDA (Gal/Dia)	TIPO	MODELO/MARCA

OBSERVACIONES:

Responsable de Monitoreo  Firma:  Nombre:	Recepcion:  Fecha:                      Hora: Nombre: Firma:
---	--

**Anexo 05:** NASA meteorología de superficie y la energía solar





NASA meteorología de superficie y la energía solar - Tablas disponibles



Latitud **-11.866** / Longitud **-77.07** fue elegido.

Información de la geometría

Elevación: 1058 metros  
tomadas de la  
NASA GEOS-4  
Modelo de Elevación

Límite norte  
-11  
Límite occidental -78      Centro de latitud -11.5      Límite oriental -77  
Longitud -77.5  
Límite sur  
-12

Los parámetros para la Cocina Solar:

La insolación mensual promediado incide sobre una superficie horizontal (kWh / m<sup>2</sup> / día)

Lat -11.866 Lon -77.07	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio de 22 años	7.14	7.15	7.04	6.33	4.93	3.39	3.24	3.58	4.32	5.29	6.01	6.80

[Definición de parámetros](#)

Promediado mensual Incidente del mediodía Insolation sobre una superficie horizontal (kW / m<sup>2</sup>)

Lat -11.866 Lon -77.07	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio de 22 años	0.91	0.92	0.92	0.84	0.66	0.45	0.43	0.47	0.56	0.69	0.75	0.86

[Definición de parámetros](#)

Mensual promediado Clear Sky insolación incide sobre una superficie horizontal (kWh / m<sup>2</sup> / día)

Lat -11.866 Lon -77.07	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio de 22 años	8.02	8.02	7.69	6.96	6.29	5.89	6.09	6.76	7.52	7.96	8.15	8.03

[Definición de parámetros](#)

Mensual promediado Cielo despejado Días (días)

Lat -11.866 Lon -77.07	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio de 22 años	2	2	4	5	3	1	0	0	0	0	1	1

[Definición de parámetros](#)

Parámetros para el dimensionamiento y señalador de paneles solares y para aplicaciones de energía solar térmica:

La insolación mensual promediado incide sobre una superficie horizontal (kWh / m<sup>2</sup> / día)

Lat -11.866 Lon -77.07	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual promedio
Promedio de 22 años	7.14	7.15	7.04	6.33	4.93	3.39	3.24	3.58	4.32	5.29	6.01	6.80	5.42

Diferencia mínima y máxima de mensual promediado insolación (%)

Lat -11.866 Lon -77.07	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínimo	-12	-14	-6	-11	-21	-17	-17	-19	-14	-13	-10	-9
Máximo	6	11	7	8	25	32	34	24	14	15	7	14

**Anexo 06:** Certificado de calibración de Estación Meteorológica



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° T-1930-2015**

Fecha de emisión: 2015-07-22

Expediente N°: 47891  
Pag 1 de 2

1. **Solicitante** : LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.R.L.
2. **Dirección** : Calle Víctor Alzamora N° 348 - Urb. Barrio Médico - Surquillo - Lima
3. **Instrumento calibrado** : **TERMOHIGRÓMETRO  
( ESTACIÓN METEOROLÓGICA )**
  - Marca / Fabricante** : DAVIS
  - Identificación** : EM-01-CAT (\*)
  - Serie** : AK130212098
  - Modelo** : Vantage PRO2
  - Alcance Temp.** : IN: 0 °C a 60 °C / OUT: -40 °C a 65 °C
  - Resolución** : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C
  - Alcance H.R.** : 1 % H.R. a 100 % H.R.
  - Resolución** : 1 % H.R.
  - Procedencia** : U.S.A.
  - Ubicación** : No indica
4. **Lugar de calibración** : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : Del 2015-07-20 al 2015-07-21
6. **Método de calibración**  
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 06 "Procedimiento de Calibración de Termohigrómetros de METROIL S.A.C.
7. **Trazabilidad**  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INDECOPI - SNM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-354	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,5 %H.R. a 2 %H.R.	LT-158-2015 / INDECOPI - SNM
IT-357	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,3 %H.R. a 1,9 %H.R.	LT-035-2015 / INDECOPI - SNM
IT-355	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,5 %H.R. a 2 %H.R.	LT-159-2015 / INDECOPI - SNM
IT-183	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,1 °C	T-0544-2015 / METROIL S.A.C.
IT-184	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,1 °C	T-0552-2015 / METROIL S.A.C.

CHRISTIAN ASTUVILCA VALENTIN  
Jefe del Laboratorio 1

**METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.**

**Oficina (Ventas - Recepción - Entrega):** Av. Venezuela 2040 - Lima - Lima Central Telf.: (511) 713-9066 / 713-9080 Nextel: 109\*8846 RPM: # 999048181  
**Consulta Técnica:** Central Telf.: 713-9070 / 713-9071 RPM: \*481579 Nextel: 832\*3234 - **E-mail:** ventas@metroil.com.pe / **web:** www.metroil.com.pe



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INDECOPI - SNA CON REGISTRO N° LC-001**



Registro N° LC-001

Certificado de Calibración N° T-1930-2015  
Pag. 2 de 2

**8. Condiciones de calibración**

Temperatura ambiental: Inicial : 21,5 °C Final : 22,5 °C  
Humedad ambiental : Inicial : 59,8 % H.R. Final : 61,2 % H.R.

**9. Resultados**

**PARA EL TERMÓMETRO INTERNO (Tipo IN)**

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN TERMÓMETRO (°C)	TCV TERMÓMETRO (°C)	INCERTIDUMBRE TERMÓMETRO (°C)
15,2	-0,2	15,0	0,4
25,1	-0,1	25,0	0,4
29,7	0,3	30,0	0,4

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

**PARA EL HIGRÓMETRO (Tipo IN)**

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE (%H.R.)
40	0,0	40,0	3,1
63	-3,0	60,0	3,4
88	-3,0	85,0	3,1

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k = 2$  que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.



FIN DEL DOCUMENTO

**METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.**

**Oficina (Ventas - Recepción - Entrega):** Av. Venezuela 2040 - Lima - Lima Central Telf.: (511) 713-9066 / 713-9080 Nextel: 109\*8846 RPM: # 999048181  
**Consulta Técnica:** Central Telf.: 713-9070 / 713-9071 RPM: \*481579 Nextel: 832\*3234 - **E-mail:** ventas@metroil.com.pe / **web:** www.metroil.com.pe





**METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.**  
 Av. Venezuela 2040 Urb. Ces Lima Cercado - Lima - Lima  
 Central Telef.: (511) 713-9080 Entel.: 403\*8131 RPM: # 999 072 424  
 Consulta Técnica: Central 713-9080 Anexo 118 RPM: \*481579 Entel: 832\*3234  
 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CP-0167-2015**

EXP: 47891

Fecha de emisión: 2015 - 06 - 30

Página 1 de 2

1. SOLICITANTE : LABECO ANALISIS AMBIENTALES S.R.L.  
 DIRECCIÓN : Calle Víctor Alzamora N° 348 - Urb. Barrio Médico - Surquillo - Lima.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: BAROTERMOMHIGRÓMETRO

Marca : DAVIS  
 Modelo : 6152  
 Alcance de Indicación : 540 hPa a 1 10 hPa  
 División Mínima : 0,1 hPa  
 Código de Identif. : EM-01-CAT  
 N° de Serie : AK130212098  
 Procedencia : U.S.A.  
 Tipo : Digital

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN  
 Calibrado el 2015 - 06 - 26 en el Laboratorio de Presión de METROIL.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN  
 La calibración se efectuó por comparación con patrones debidamente Calibrados.

5. TRAZABILIDAD  
 Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del SNM-INDECOPI.  
 Se utilizó un patrón con código de identificación:  
 IP-076 con Certificado de Calibración N° LFP-075-2014 del SNM-INDECOPI.

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN:  
 Temperatura Ambiental: Inicial : 22,8 °C Humedad Relativa : Inicial : 77,0 %H.R.  
 Final : 23,0 °C Final: 75,9 %H.R.

7. OBSERVACIONES
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
  - La incertidumbre de la medición es calculada con un factor de cobertura K=2 para un nivel de confianza aproximado del 95%.
  - La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

  
 LUCIO ASTETE SORIANO  
 Jefe de Laboratorio 2



Este documento lo ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI - SNA

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROIL S.A.C.





# METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela 2040 Urb. Ces Lima Cercado - Lima - Lima  
Central Telef.: (511) 713-9080 Entel.: 403\*8131 RPM: # 999 072 424  
Consulta Técnica: Central 713-9080 Anexo 118 RPM: \*481579 Entel: 832\*3234  
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado N° CP-0167-2015  
Página 2 de 2

## 8. RESULTADOS

Indicación Barómetro a Calibrar (hPa)	Indicación Instrumento Intrumento Patrón (hPa)	Error (hPa)
850,0	848,7	1,3
950,0	948,8	1,2
1 100,0	1 099,1	0,9

Incertidumbre de la Medición : 0,1 hPa

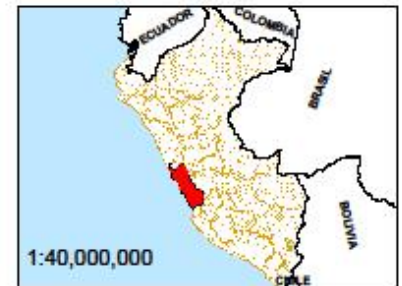
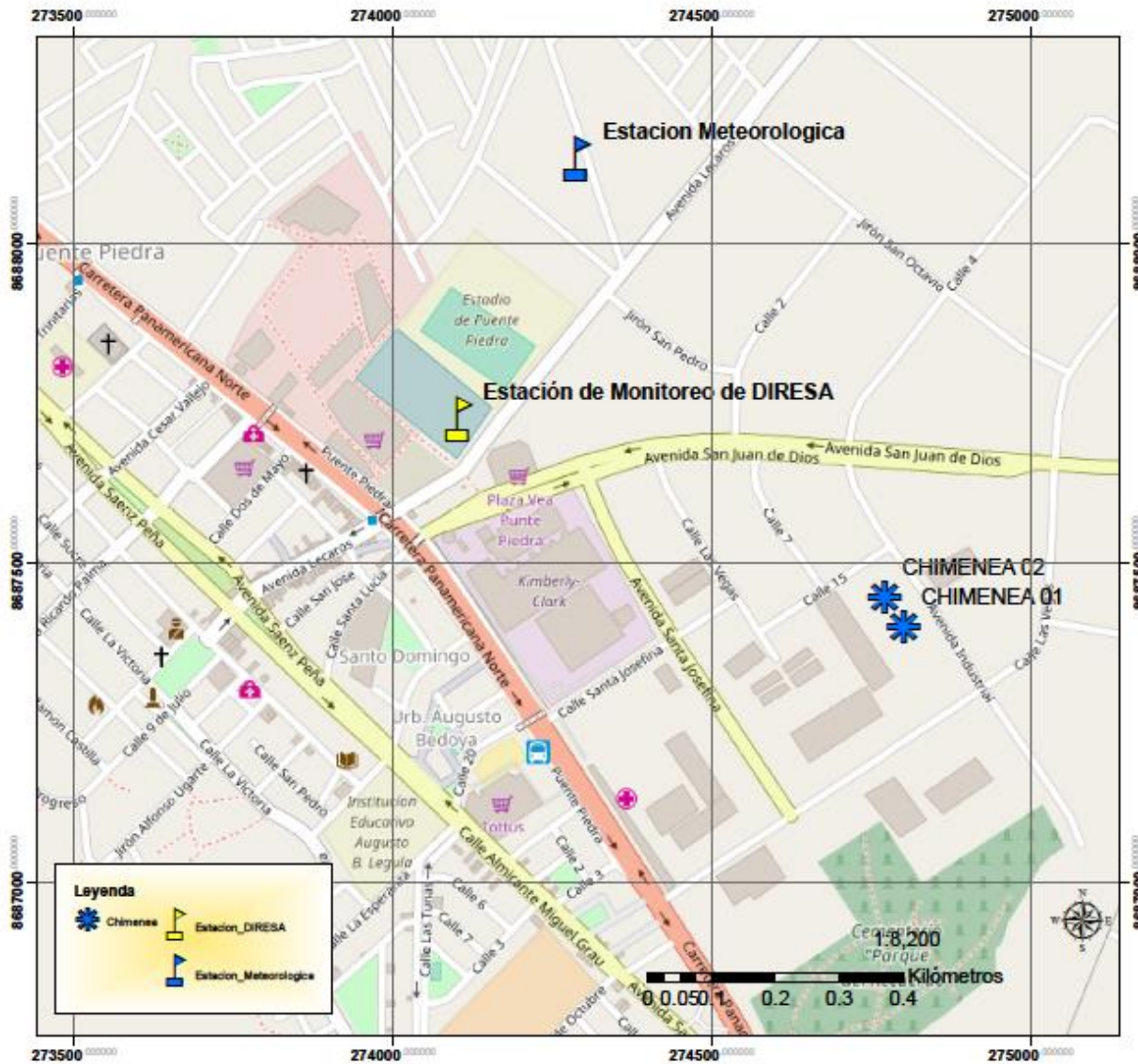
FIN DEL DOCUMENTO



Este documento lo ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI - SNA

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROIL S.A.C.

**Anexo 07:** Mapa de Ubicación de estación Meteorológica



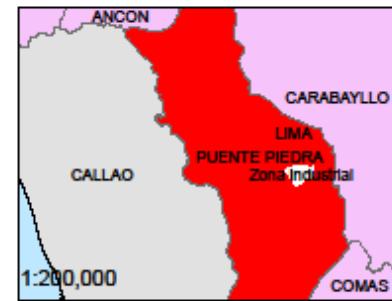
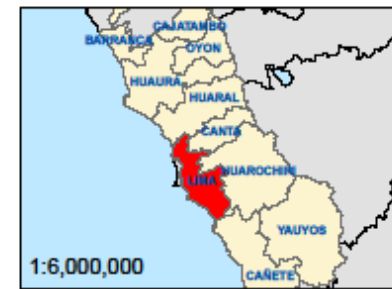
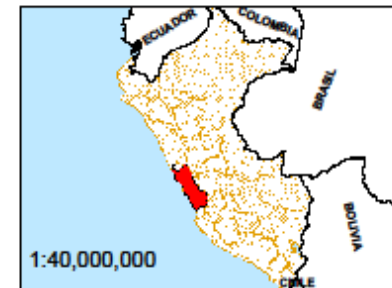
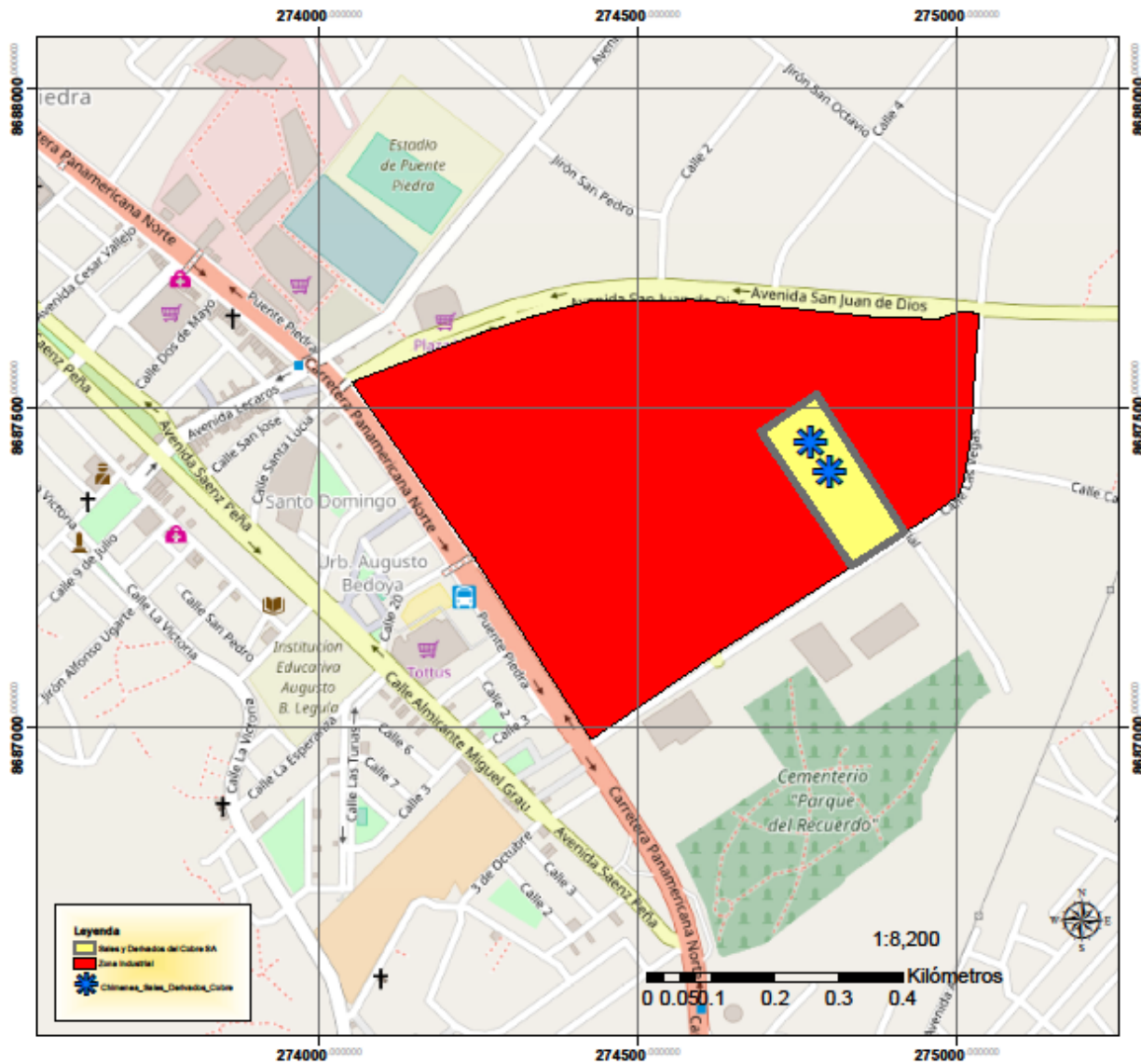
**Leyenda**

- Chimenea
- Estacion\_DIRESA
- Estacion\_Meteorologica

Mapa: Ubicación de Estación Meteorológica			
Departamento :	Lima	Elaborado por :	A.H.D.R.
Provincia :	Lima	Aprobado por :	A.H.D.R.
Distrito :	Puente Piedra	Fecha :	Oct.2016

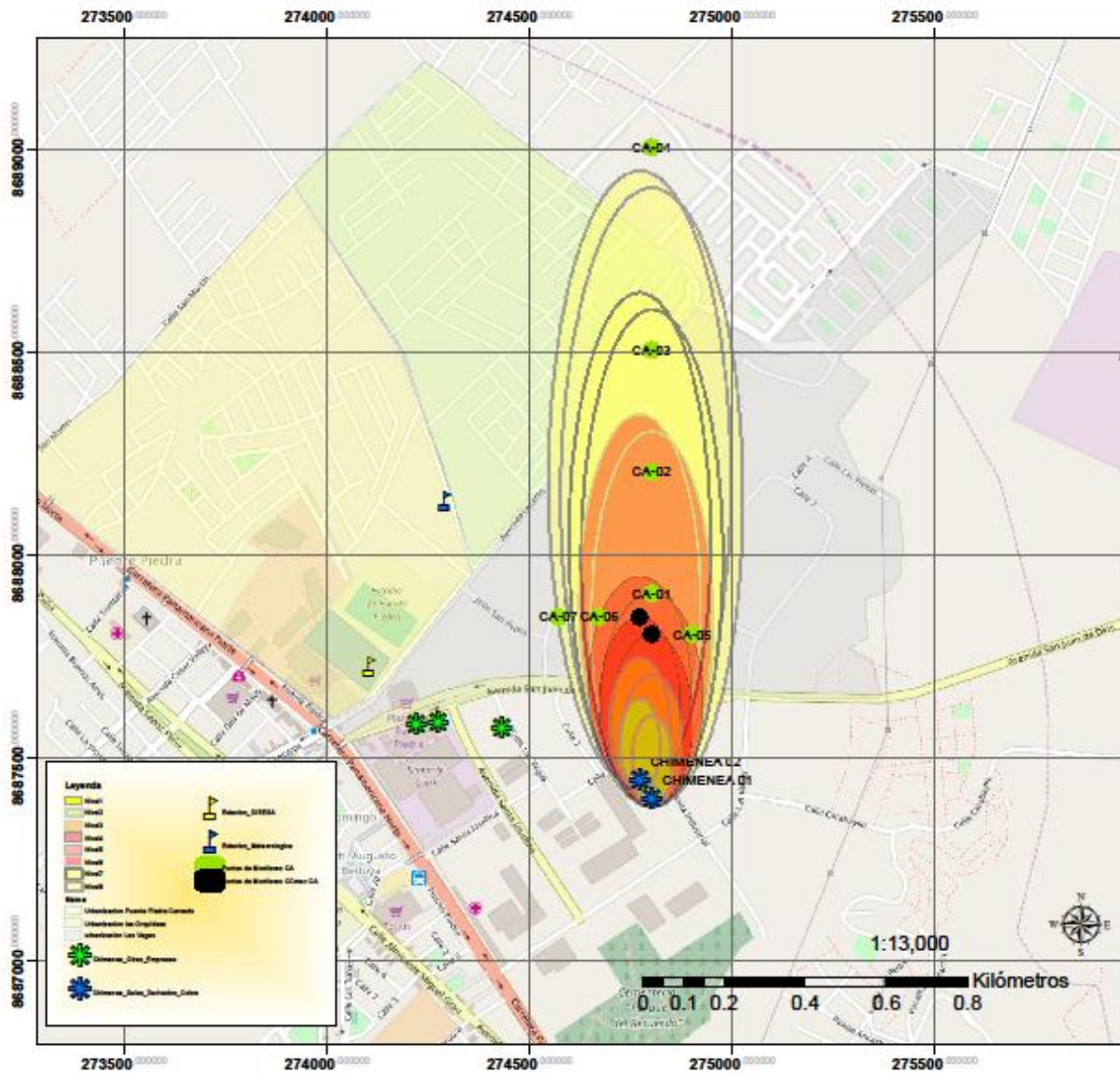


**Anexo 08:** Mapa de Ubicación de Fuente Emisión



Mapa:		Ubicación de Fuentes Emisoras		
Departamento :	Lima	Elaborado por :	A.H.D.R.	Mapa:
Provincia :	Lima	Aprobado por :	A.H.D.R.	M-02
Distrito :	Puente Piedra	Fecha :	Oct.2016	

**Anexo 09:** Mapa de dispersión de Material Particulado (PM-10)



Mapa: Monitoreo de Emisiones Atmosféricas			
Departamento :	Lima	Elaborado por :	A.H.D.R.
Provincia :	Lima	Aprobado por :	A.H.D.R.
Distrito :	Puerto Piedra	Fecha :	Oct. 2016

Mapa: M-01

**Anexo 10:** Certificado de calibración de muestreador de partículas PM-10

**INFORME DE CALIBRACIÓN Nº LAB-016-2017**

Página 1 de 2  
Fecha de Emisión: 18-05-2017

**1. SOLICITANTE :** LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.  
**DIRECCIÓN :** Calle Víctor Alzamora Nº 348 – Urbanización Barrio Médico - Surquillo

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MUESTREADOR DE PARTÍCULAS**

Marca : Rupprecht & Patashnick CO.INC.  
Modelo : Partisol - FRM 2000 H  
Alcance de Indicación : 5 L/min a 18 L/min  
División Mínima : 0.1 L/min  
Código de Identif. : PM-16-CAT  
Nº de Serie : 200FA202579805  
Procedencia : USA

**3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**  
Calibrado el 2017-05-18 en el Laboratorio.

**4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación con patrones debidamente Calibrados.

**5. TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad al patrón Trazable al NIST  
Se utilizó un patrón con código de identificación:  
TE-01-CAT con certificado de Calibración 77BGI-0001 de BGI Incorporated

Fabricante	Descripción	Nº de producto	Fecha de caducidad
BGI INSTRUMENTS	TETRACAL Flujo: 0.1 a 30 L/min Temperatura: -30 a 55 °C Presión: 400 a 800 kPa	Nº Serie: 000881	feb-18

**6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental	Inicial:	22.6 °C
	Final:	23 °C
Humedad Relativa	Inicial:	73.4 %
	Final:	72.6 %
Presión	Inicial:	749 mmHg
	Final:	749 mmHg

  
TEC. ALEJANDRO SALIZAR GOICOCHEA  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

  
ROBERTO CAMPOS CORREA  
SUPERVISOR DE MONITOREO

LB-F-192

REV. 00



**INFORME DE CALIBRACIÓN Nº LAB-016-2017**

Página 2 de 2

Fecha de Emisión: 18-05-2017

**7. REGISTRO DE LECTURAS**

**PARA EL FLUJÓMETRO**

INDICACIÓN DE FLUJOMETRO (L/min)	CORRECCIÓN (L/min)	FCV (L/min)	INCERTIDUMBRE (°C)
15.0	-0.02	14.98	0.02
16.7	-0.03	16.67	0.02
18.0	-0.02	17.98	0.02

Flujo Convencionalmente Verdadero (FCV) = Indicación del Flujoómetro + Corrección

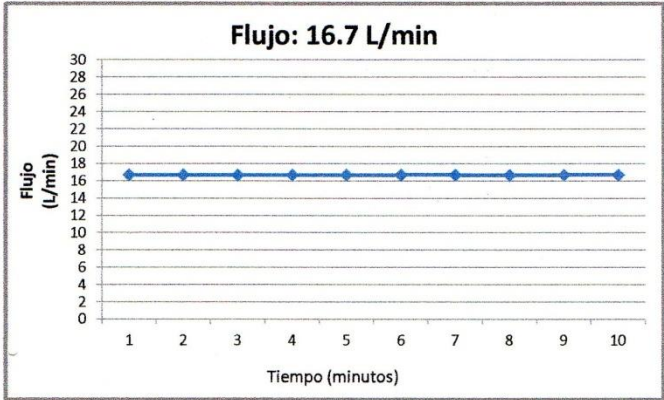
**8. CONCLUSIONES**

- Este instrumento ha sido calibrado en términos del estándar recomendado por el fabricante (Rupprecht & Patashnick CO. INC de USA).
- En las condiciones iniciales y finales el instrumento presenta estabilidad de flujo y temperatura.
- Este instrumento se encuentra dentro de las especificaciones establecidas.
- La periodicidad de la calibración está en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición y es de 1 año.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura K=2 que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aprox. 95%.

LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.	HOJA DE CÁLCULO
--------------------------------------	-----------------

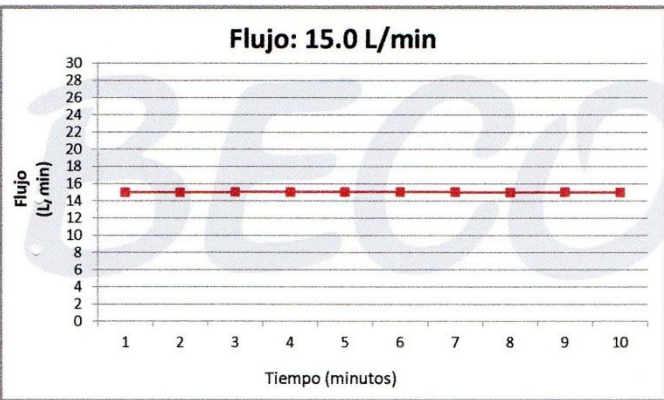
### DATOS DE CALIBRACIÓN

Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
18/05/2017	16.69	1
18/05/2017	16.69	2
18/05/2017	16.68	3
18/05/2017	16.69	4
18/05/2017	16.69	5
18/05/2017	16.7	6
18/05/2017	16.7	7
18/05/2017	16.68	8
18/05/2017	16.7	9
18/05/2017	16.7	10



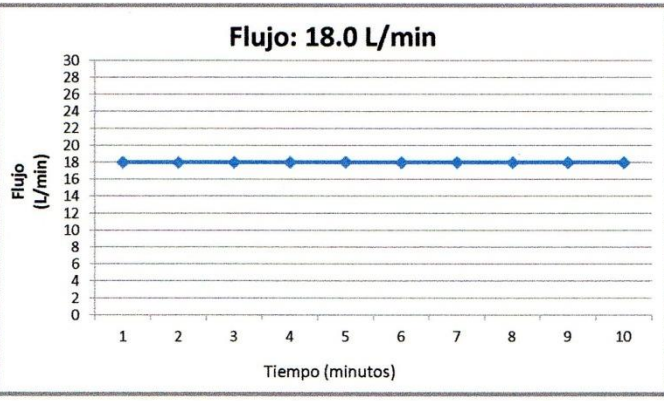
Responsable:	Varianza	0.0001
Alejandro Salizar	prom	16.69
Goicochea	Sesgo	0.01
PM-16-CAT	Incertidumbre	0.02

Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
18/05/2017	15.00	1
18/05/2017	15.00	2
18/05/2017	15.01	3
18/05/2017	15.01	4
18/05/2017	15.02	5
18/05/2017	15.02	6
18/05/2017	15.01	7
18/05/2017	15.00	8
18/05/2017	15.01	9
18/05/2017	15.00	10



Responsable:	Varianza	0.0001
Alejandro Salizar	prom	15.01
Goicochea	Sesgo	0.01
PM-16-CAT	Incertidumbre	0.02

Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
18/05/2017	18.01	1
18/05/2017	18.01	2
18/05/2017	18.00	3
18/05/2017	18.02	4
18/05/2017	18.02	5
18/05/2017	17.99	6
18/05/2017	17.99	7
18/05/2017	18.00	8
18/05/2017	18.01	9
18/05/2017	18.01	10



Responsable:	Varianza	0.0001
Alejandro Salizar	prom	18.01
Goicochea	Sesgo	0.01
PM-16-CAT	Incertidumbre	0.02

**Nota:** Útese este formato para el registro de en datos de validación, incertidumbre, evaluación de la competencia del personal u otros necesarios para la realización de cálculos matemáticos y/o estadísticos por el sistema de calidad.



**INFORME DE CALIBRACIÓN N° LAB-017-2017**

Página 1 de 2

Fecha de Emisión: 19-05-2017

**1. SOLICITANTE :** LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.  
**DIRECCIÓN :** Calle Víctor Alzamora N° 348 – Urbanización Barrio Médico - Surquillo

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MUESTREADOR DE PARTÍCULAS**

Marca : Rupprecht & Patashnick CO.INC.  
Modelo : Partisol - FRM 2000 H  
Alcance de Indicación : 5 L/min a 18 L/min  
División Mínima : 0.1 L/min  
Código de Identif. : PM-17-CAT  
N° de Serie : 200FA202689806  
Procedencia : USA

**3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

Calibrado el 2017-05-19 en el Laboratorio.

**4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación con patrones debidamente Calibrados.


**5. TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad al patrón Trazable al NIST  
Se utilizó un patrón con código de identificación:  
TE-01-CAT con certificado de Calibración 07BGI-0001 de BGI Incorporated

Fabricante	Descripción	N° de producto	Fecha de caducidad
BGI INSTRUMENTS	TETRACAL Flujo: 0.1 a 30 L/min Temperatura: -30 a 55 °C Presión: 400 a 800 kPa	N° Serie: 000881	feb-18

**6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental Inicial: 24.2 °C  
Final: 23.8 °C  
Humedad Relativa Inicial: 69.6 %  
Final: 70.2 %  
Presión Inicial: 749 mmHg  
Final: 749 mmHg

  
TEC. ALEJANDRO SÁLIZAR GOICOCHEA  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

  
ROBERTO CAMPOS CORREA  
SUPERVISOR DE MONITOREO

**INFORME DE CALIBRACIÓN Nº LAB-017-2017**

Página 2 de 2  
Fecha de Emisión: 19-05-2017

**7. REGISTRO DE LECTURAS**

**PARA EL FLUJÓMETRO**

INDICACIÓN DE FLUJOMETRO (L/min)	CORRECCIÓN (L/min)	FCV (L/min)	INCERTIDUMBRE (°C)
15.0	-0.02	14.98	0.02
16.7	-0.03	16.67	0.01
18.0	-0.02	17.98	0.02
Flujo Convencionalmente Verdadero (FCV) = Indicación del Fluviómetro + Corrección			

**8. CONCLUSIONES**

- Este instrumento ha sido calibrado en términos del estándar recomendado por el fabricante (Rupprecht & Patashnick CO. INC de USA).
- En las condiciones iniciales y finales el instrumento presenta estabilidad de flujo y temperatura.
- Este instrumento se encuentra dentro de las especificaciones establecidas.
- La periodicidad de la calibración está en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición y es de 1 año.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura K=2 que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aprox. 95%.

LB-F-192

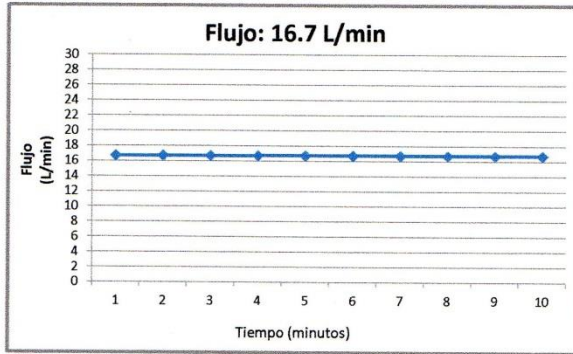
REV. 00

LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.	HOJA DE CÁLCULO
--------------------------------------	-----------------

### DATOS DE CALIBRACIÓN

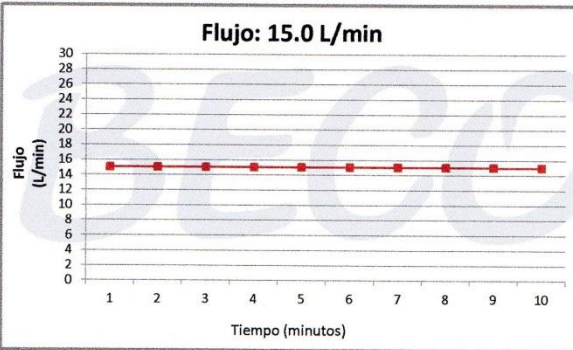
Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
19/05/2017	16.69	1
19/05/2017	16.69	2
19/05/2017	16.69	3
19/05/2017	16.7	4
19/05/2017	16.7	5
19/05/2017	16.7	6
19/05/2017	16.71	7
19/05/2017	16.71	8
19/05/2017	16.71	9
19/05/2017	16.7	10

Responsable:	<b>Varianza</b>	0.0001
Alejandro Salizar	prom	16.70
Goicochea	Sesgo	0.00
PM-17-CAT	Incertidumbre	0.02



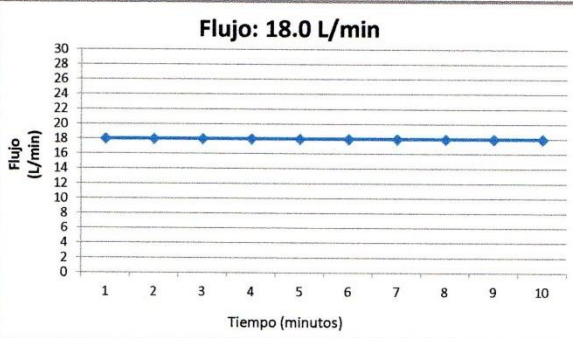
Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
19/05/2017	15.01	1
19/05/2017	15.02	2
19/05/2017	15.02	3
19/05/2017	15.01	4
19/05/2017	15.01	5
19/05/2017	15.01	6
19/05/2017	15.02	7
19/05/2017	15.01	8
19/05/2017	15.01	9
19/05/2017	15.00	10

Responsable:	<b>Varianza</b>	0.0000
Alejandro Salizar	prom	15.01
Goicochea	Sesgo	0.01
PM-17-CAT	Incertidumbre	0.03



Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
19/05/2017	18.00	1
19/05/2017	18.01	2
19/05/2017	18.01	3
19/05/2017	18.00	4
19/05/2017	18.00	5
19/05/2017	17.99	6
19/05/2017	17.99	7
19/05/2017	17.99	8
19/05/2017	18.00	9
19/05/2017	18.00	10

Responsable:	<b>Varianza</b>	0.0001
Alejandro Salizar	prom	18.00
Goicochea	Sesgo	0.00
PM-17-CAT	Incertidumbre	0.01



Nota: Úsese este formato para el registro de en datos de validación, incertidumbre, evaluación de la competencia del personal u otros necesarios para la realización de cálculos matemáticos y/o estadísticos por el sistema de calidad.



**INFORME DE CALIBRACIÓN N° LAB-007-2017**

Página 1 de 2  
Fecha de Emisión: 08-05-2017

1. SOLICITANTE : LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.  
DIRECCIÓN : Calle Víctor Alzamora N° 348 – Urbanización Barrio Médico - Surquillo

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MUESTREADOR DE PARTÍCULAS

Marca : TCR TECORA  
Modelo : Bravo M Plus  
Alcance de Indicación : 0.15 L/min a 35 L/min  
División Mínima : 0.1 L/min  
Código de Identif. : PM-05-CAT  
N° de Serie : 015290  
Procedencia : ITALIA

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado el 2017-05-08 en el Laboratorio.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación con patrones debidamente Calibrados.

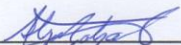
5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad al patrón Trazable al NIST  
Se utilizó un patrón con código de identificación:  
TE-01-CAT con certificado de Calibración 07BGI-0001 de BGI Incorporated

Fabricante	Descripción	N° de producto	Fecha de caducidad
BGI INSTRUMENTS	TETRACAL Flujo: 0.1 a 30 L/min Temperatura: -30 a 55 °C Presión: 400 a 800 kPa	N° Serie: 000881	feb-18

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental Inicial: 23.8 °C  
Final: 24.2 °C  
Humedad Relativa Inicial: 71.3 %  
Final: 69.7 %  
Presión Inicial: 750 mmHg  
Final: 750 mmHg

  
TEC. ALEJANDRO SALIZAR GOICOCHEA  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS



  
ROBERTO CAMPOS CORREA  
SUPERVISOR DE MONITOREO

LB-F-192

REV. 00

**INFORME DE CALIBRACIÓN Nº LAB-007-2017**

Página 2 de 2  
Fecha de Emisión: 08-05-2017

**7. REGISTRO DE LECTURAS**

**PARA EL FLUJÓMETRO**

INDICACIÓN DE FLUJOMETRO (L/min)	CORRECCIÓN (L/min)	FCV (L/min)	INCERTIDUMBRE (°C)
15.0	-0.02	14.98	0.03
16.7	-0.03	16.67	0.04
18.0	-0.02	17.98	0.03

Flujo Convencionalmente Verdadero (FCV) = Indicación del Fluómetro + Corrección

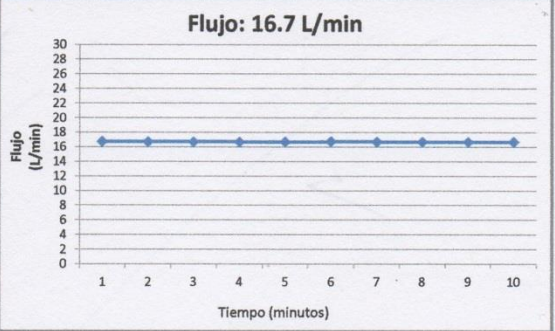
**8. CONCLUSIONES**

- Este instrumento ha sido calibrado en términos del estándar recomendado por el fabricante (TCR Tecora S.R.L. de Italia).
- En las condiciones iniciales y finales el instrumento presenta estabilidad de flujo y temperatura.
- Este instrumento se encuentra dentro de las especificaciones establecidas.
- La periodicidad de la calibración está en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición y es de 1 año.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura K=2 que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aprox. 95%.



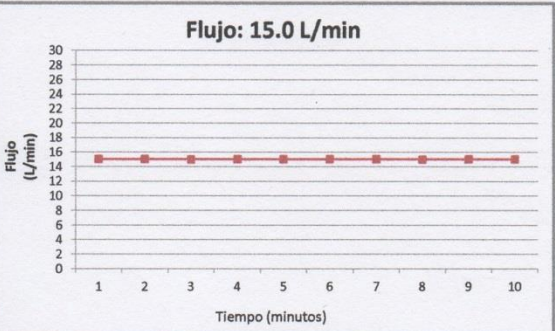
<b>DATOS DE CALIBRACIÓN</b>
-----------------------------

Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
08/05/2017	16.73	1
08/05/2017	16.72	2
08/05/2017	16.71	3
08/05/2017	16.72	4
08/05/2017	16.7	5
08/05/2017	16.73	6
08/05/2017	16.71	7
08/05/2017	16.69	8
08/05/2017	16.69	9
08/05/2017	16.72	10



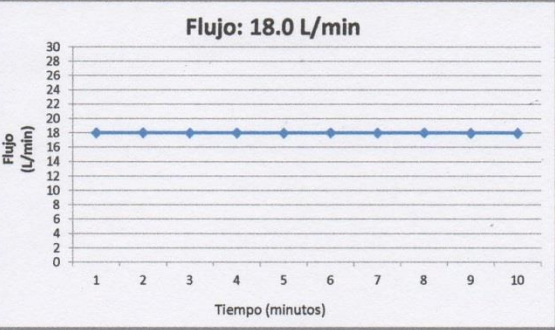
Responsable: Alejandro Salizar Goicochea PM-05-CAT	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Varianza</td><td>0.0002</td></tr> <tr><td>prom</td><td>16.71</td></tr> <tr><td>Sesgo</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>Incertidumbre</td><td>0.04</td></tr> </table>	Varianza	0.0002	prom	16.71	Sesgo	0.01	Incertidumbre	0.04
Varianza	0.0002								
prom	16.71								
Sesgo	0.01								
Incertidumbre	0.04								

Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
08/05/2017	15.01	1
08/05/2017	15.02	2
08/05/2017	15.00	3
08/05/2017	15.01	4
08/05/2017	15.03	5
08/05/2017	15.02	6
08/05/2017	15.01	7
08/05/2017	15.00	8
08/05/2017	15.02	9
08/05/2017	15.02	10



Responsable: Alejandro Salizar Goicochea PM-05-CAT	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Varianza</td><td>0.0001</td></tr> <tr><td>prom</td><td>15.01</td></tr> <tr><td>Sesgo</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>Incertidumbre</td><td>0.03</td></tr> </table>	Varianza	0.0001	prom	15.01	Sesgo	0.01	Incertidumbre	0.03
Varianza	0.0001								
prom	15.01								
Sesgo	0.01								
Incertidumbre	0.03								

Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
08/05/2017	18.01	1
08/05/2017	18.02	2
08/05/2017	18.01	3
08/05/2017	18.00	4
08/05/2017	18.01	5
08/05/2017	18.02	6
08/05/2017	18.02	7
08/05/2017	18.02	8
08/05/2017	18.01	9
08/05/2017	18.01	10



Responsable: Alejandro Salizar Goicochea PM-05-CAT	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Varianza</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>prom</td><td>18.01</td></tr> <tr><td>Sesgo</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>Incertidumbre</td><td>0.03</td></tr> </table>	Varianza	0.0000	prom	18.01	Sesgo	0.01	Incertidumbre	0.03
Varianza	0.0000								
prom	18.01								
Sesgo	0.01								
Incertidumbre	0.03								

Nota: Útese este formato para el registro de en datos de validación, incertidumbre, evaluación de la competencia del personal u otros necesarios para la realización de cálculos matemáticos y/o estadísticos por el sistema de calidad.

**INFORME DE CALIBRACIÓN Nº LAB-013-2017**

Página 1 de 2

Fecha de Emisión: 15-05-2017

**1. SOLICITANTE :** LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.  
**DIRECCIÓN :** Calle Víctor Alzamora Nº 348 – Urbanización Barrio Médico - Surquillo

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MUESTREADOR DE PARTÍCULAS**

Marca : TCR TECORA  
Modelo : Bravo  
Alcance de Indicación : 0.15 L/min a 35 L/min  
División Mínima : 0.1 L/min  
Código de Identif. : PM-13-CAT  
Nº de Serie : 1305480  
Procedencia : ITALIA

**3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

Calibrado el 2017-05-15 en el Laboratorio.

**4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación con patrones debidamente Calibrados.


**5. TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad al patrón Trazable al NIST  
Se utilizó un patrón con código de identificación:  
TE-01-CAT con certificado de Calibración 07BGI-0001 de BGI Incorporated

Fabricante	Descripción	Nº de producto	Fecha de caducidad
BGI INSTRUMENTS	TETRACAL Flujo: 0.1 a 30 L/min Temperatura: -30 a 55 °C Presión: 400 a 800 kPa	Nº Serie: 000881	feb-18

**6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental Inicial: 24.5 °C  
Final: 24.1 °C  
Humedad Relativa Inicial: 72.5 %  
Final: 71.4 %  
Presión Inicial: 750 mmHg  
Final: 750 mmHg

  
TEC. ALEJANDRO SÁLIZAR GOICOCHEA  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS



  
ROBERTO CAMPOS CORREA  
SUPERVISOR DE MONITOREO

**INFORME DE CALIBRACIÓN N° LAB-013-2017**

Página 2 de 2  
Fecha de Emisión: 15-05-2017

**7. REGISTRO DE LECTURAS**

**PARA EL FLUJÓMETRO**

INDICACIÓN DE FLUJOMETRO (L/min)	CORRECCIÓN (L/min)	FCV (L/min)	INCERTIDUMBRE (°C)
15.0	-0.02	14.98	0.03
16.7	-0.03	16.67	0.02
18.0	-0.02	17.98	0.02

Flujo Convencionalmente Verdadero (FCV) = Indicación del Fluómetro + Corrección

**8. CONCLUSIONES**

- Este instrumento ha sido calibrado en términos del estándar recomendado por el fabricante (TCR Tecora S.R.L. de Italia).
- En las condiciones iniciales y finales el instrumento presenta estabilidad de flujo y temperatura.
- Este instrumento se encuentra dentro de las especificaciones establecidas.
- La periodicidad de la calibración está en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición y es de 1 año.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura K=2 que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aprox. 95%.

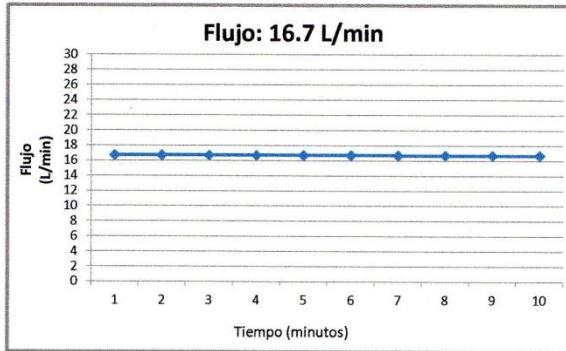


LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.	HOJA DE CÁLCULO
--------------------------------------	-----------------

**DATOS DE CALIBRACIÓN**

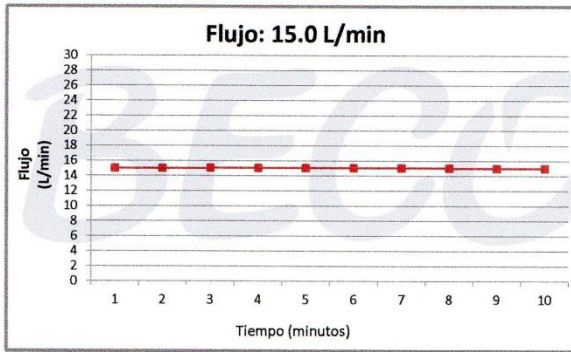
Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
15/05/2017	16.70	1
15/05/2017	16.70	2
15/05/2017	16.70	3
15/05/2017	16.72	4
15/05/2017	16.72	5
15/05/2017	16.71	6
15/05/2017	16.71	7
15/05/2017	16.69	8
15/05/2017	16.69	9
15/05/2017	16.71	10

Responsable:	Varianza	0.0001
Alejandro Salizar	prom	16.71
Goicochea	Sesgo	0.01
PM-13-CAT	Incertidumbre	0.02



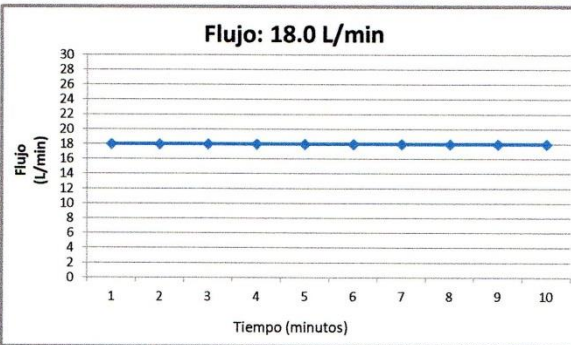
Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
15/05/2017	15.00	1
15/05/2017	15.00	2
15/05/2017	15.02	3
15/05/2017	15.02	4
15/05/2017	15.01	5
15/05/2017	15.01	6
15/05/2017	15.02	7
15/05/2017	15.02	8
15/05/2017	15.00	9
15/05/2017	15.00	10

Responsable:	Varianza	0.0001
Alejandro Salizar	prom	15.01
Goicochea	Sesgo	0.01
PM-13-CAT	Incertidumbre	0.03



Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
15/05/2017	17.99	1
15/05/2017	17.99	2
15/05/2017	18.01	3
15/05/2017	18.01	4
15/05/2017	18.01	5
15/05/2017	18.00	6
15/05/2017	18.00	7
15/05/2017	18.01	8
15/05/2017	18.01	9
15/05/2017	18.01	10

Responsable:	Varianza <sup>2</sup>	0.0001
Alejandro Salizar	prom	18.00
Goicochea	Sesgo	0.00
PM-13-CAT	Incertidumbre	0.02



Nota: Úsese este formato para el registro de en datos de validación, incertidumbre, evaluación de la competencia del personal u otros necesarios para la realización de cálculos matemáticos y/o estadísticos por el sistema de calidad.

**INFORME DE CALIBRACIÓN Nº LAB-013-2017**

Página 1 de 2

Fecha de Emisión: 15-05-2017

**1. SOLICITANTE :** LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.  
**DIRECCIÓN :** Calle Víctor Alzamora Nº 348 – Urbanización Barrio Médico - Surquillo

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MUESTREADOR DE PARTÍCULAS**

Marca : TCR TECORA  
Modelo : Bravo  
Alcance de Indicación : 0.15 L/min a 35 L/min  
División Mínima : 0.1 L/min  
Código de Identif. : PM-13-CAT  
Nº de Serie : 1305480  
Procedencia : ITALIA

**3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

Calibrado el 2017-05-15 en el Laboratorio.

**4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación con patrones debidamente Calibrados.

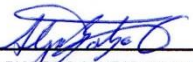
**5. TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad al patrón Trazable al NIST  
Se utilizó un patrón con código de identificación:  
TE-01-CAT con certificado de Calibración 07BGI-0001 de BGI Incorporated

Fabricante	Descripción	Nº de producto	Fecha de caducidad
BGI INSTRUMENTS	TETRACAL Flujo: 0.1 a 30 L/min Temperatura: -30 a 55 °C Presión: 400 a 800 kPa	Nº Serie: 000881	feb-18

**6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental Inicial: 24.5 °C  
Final: 24.1 °C  
Humedad Relativa Inicial: 72.5 %  
Final: 71.4 %  
Presión Inicial: 750 mmHg  
Final: 750 mmHg

  
TEC. ALEJANDRO SÁLIZAR GOICOCHEA  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS



  
ROBERTO CAMPOS CORREA  
SUPERVISOR DE MONITOREO

**INFORME DE CALIBRACIÓN N° LAB-013-2017**

Página 2 de 2  
Fecha de Emisión: 15-05-2017

**7. REGISTRO DE LECTURAS**

**PARA EL FLUJÓMETRO**

INDICACIÓN DE FLUJOMETRO (L/min)	CORRECCIÓN (L/min)	FCV (L/min)	INCERTIDUMBRE (°C)
15.0	-0.02	14.98	0.03
16.7	-0.03	16.67	0.02
18.0	-0.02	17.98	0.02

Flujo Convencionalmente Verdadero (FCV) = Indicación del Fluómetro + Corrección

**8. CONCLUSIONES**

- Este instrumento ha sido calibrado en términos del estándar recomendado por el fabricante (TCR Tecora S.R.L. de Italia).
- En las condiciones iniciales y finales el instrumento presenta estabilidad de flujo y temperatura.
- Este instrumento se encuentra dentro de las especificaciones establecidas.
- La periodicidad de la calibración está en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición y es de 1 año.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura K=2 que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aprox. 95%.

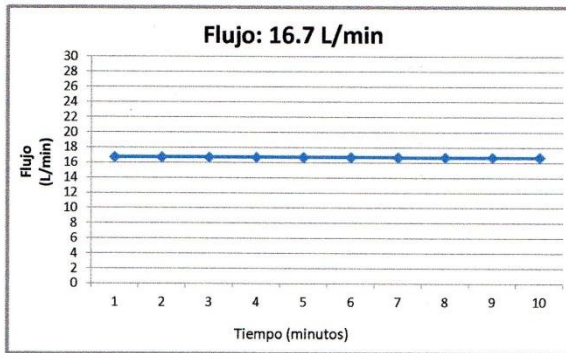


LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.	HOJA DE CÁLCULO
--------------------------------------	-----------------

### DATOS DE CALIBRACIÓN

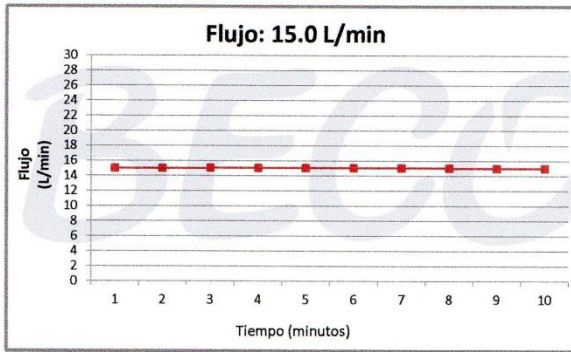
Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
15/05/2017	16.70	1
15/05/2017	16.70	2
15/05/2017	16.70	3
15/05/2017	16.72	4
15/05/2017	16.72	5
15/05/2017	16.71	6
15/05/2017	16.71	7
15/05/2017	16.69	8
15/05/2017	16.69	9
15/05/2017	16.71	10

Responsable:	<b>Varianza</b>	0.0001
Alejandro Salizar	<b>prom</b>	16.71
Goicochea	<b>Sesgo</b>	0.01
PM-13-CAT	<b>Incertidumbre</b>	0.02



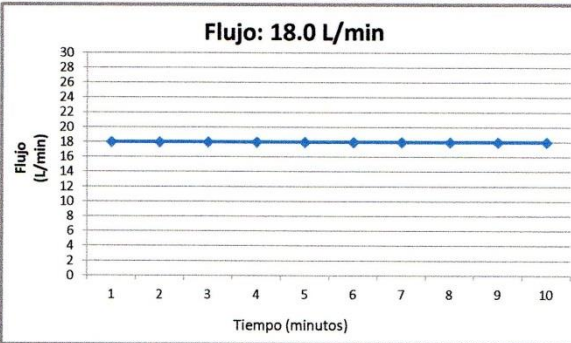
Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
15/05/2017	15.00	1
15/05/2017	15.00	2
15/05/2017	15.02	3
15/05/2017	15.02	4
15/05/2017	15.01	5
15/05/2017	15.01	6
15/05/2017	15.02	7
15/05/2017	15.02	8
15/05/2017	15.00	9
15/05/2017	15.00	10

Responsable:	<b>Varianza</b>	0.0001
Alejandro Salizar	<b>prom</b>	15.01
Goicochea	<b>Sesgo</b>	0.01
PM-13-CAT	<b>Incertidumbre</b>	0.03



Fecha	Flujo (L/min)	Tiempo (min)
15/05/2017	17.99	1
15/05/2017	17.99	2
15/05/2017	18.01	3
15/05/2017	18.01	4
15/05/2017	18.01	5
15/05/2017	18.00	6
15/05/2017	18.00	7
15/05/2017	18.01	8
15/05/2017	18.01	9
15/05/2017	18.01	10

Responsable:	<b>Varianza</b>	0.0001
Alejandro Salizar	<b>prom</b>	18.00
Goicochea	<b>Sesgo</b>	0.00
PM-13-CAT	<b>Incertidumbre</b>	0.02



**Nota:** Úsese este formato para el registro de en datos de validación, incertidumbre, evaluación de la competencia del personal u otros necesarios para la realización de cálculos matemáticos y/o estadísticos por el sistema de calidad.

**Anexo 11 : Certificado de Calibracion de balanza**



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LC - 808



# Certificado de Calibración

## Calibration Certificate

Nº BD17-C-0016

<b>Cliente:</b> <i>Customer</i>	<b>LABECO ANALISIS AMBIENTALES</b> <b>SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA</b>	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). KOSSODO S.A.C. - División de Metrología mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrologías a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p>This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). KOSSODO S.A.C. - Metrology Division supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry. In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</p>
<b>Dirección:</b> <i>Address</i>	Cal. Victor Alzamora N° 348 Urb. Barrio Medico (Lima/Lima/Surquillo)	
<b>Objeto calibrado:</b> <i>Calibrated object</i>	Balanza Electrónica	
<b>Marca:</b> <i>Brand</i>	METTLER	
<b>Modelo:</b> <i>Model</i>	MT5	
<b>Número de Serie:</b> <i>Serial Number</i>	M86891	
<b>Identificación:</b> <i>Identification</i>	MA59SBT (**)	
<b>Lugar de Calibración:</b> <i>Place of Calibration</i>	Laboratorio de Química - Área de Balanzas	
<b>Orden de Trabajo:</b> <i>Service Work</i>	OT-0170000	
<b>Fecha de Calibración:</b> <i>Date of Calibration</i>	2017-01-23	
<b>Fecha de Emisión:</b> <i>Date of Issue</i>	2017-01-27	

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**

*Technical characteristics of the object calibrated*

<b>Capacidad Máxima (Max):</b> <i>Maximum Capacity</i>	5,1 g	<b>Cap. Mínima (Mín):</b> <i>Minimum load</i>	0,001 g (*)	<b>Número de Divisiones (n):</b> <i>Number of Scale Intervals</i>	5100
<b>División de escala real (d):</b> <i>Division from real scale</i>	0,000001 g	<b>División de verificación de escala (e):</b> <i>Division verification of scale</i>	0,001 g (*)	<b>Clase de Exactitud:</b> <i>Accuracy Class</i>	1 (*)

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

*Calibration Method*

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones; siguiendo el procedimiento P-CAL-01 "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático"(Versión 00) basado en el PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) del SNM-INDECOPI; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la recomendación internacional OIML-R-76:2006.

Calibration was performed by direct comparison between the indications of the scale reading and the loads applied by standard weights, following the procedure P-CAL-01 "Calibration Procedure non-automatic scales" (Version 00) based on PC-011 "Procedure for the calibration of non-automatic scales class I and II" (Edition 04) of the SNM-INDECOPI, this procedure meets the test performed on non-automatic scales agree to the international recommendation OIML-R-76: 2006.



Director de Metrología  
*Metrology Director*

Ernesto Rodríguez Morón

Supervisor de Laboratorio  
*Laboratory Supervisor*

Samuel Quispe Nahuinscope

N° BD17-C-0016

**PATRONES UTILIZADOS**

*Standards Used*

Nombre del Patrón <i>Standard name</i>	Código del patrón <i>Standard code</i>	N° de Certificado <i>certificate number</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Juego de Pesas de 1 mg a 200 g / E2	PTB-STE2-06	PE16-C-0882	KOSSODO S.A.C

**INSPECCIÓN VISUAL**

*Visual inspection*

Nivelación: <i>Leveling</i>	Tiene	Plataforma: <i>Flat</i>	Tiene	Oscilación libre : <i>Free oscillation</i>	Tiene	Display <i>Display</i>	Tiene
Ajuste de cero: <i>Zero Adjust</i>	Tiene	Sistema de traba: <i>locking system</i>	No tiene	Escala: <i>Scale</i>	No tiene	Cursor: <i>Cursor</i>	No tiene

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

*measurement results*

**RESULTADOS ANTES DEL AJUSTE**

*Results before adjust*

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.  
*Before the adjust of the instrument, I was found the following results for two loads values.*

Valor Nominal <i>Nominal value</i> (g)	Carga <i>load</i> (g)	Indicación <i>Indication</i> (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	2,000010	2,000022
Aprox. al 100 % de la cap. max.	4,9999760	5,000026

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

*Repeatability Test*

Temperatura Inicial: <i>Initial Temperature</i>	26,0 °C	Humedad Inicial: <i>Initial Humidity</i>	70 %	Presión Inicial: <i>Initial Pressure</i>	1000 mbar
Temperatura Final: <i>Final Temperature</i>	26,1 °C	Humedad Final: <i>Final Humidity</i>	71 %	Presión Final: <i>Final Pressure</i>	1000 mbar

Serie 1-Aproximadamente 50% Máx. <i>Series 1 - Approximately 50% Max.</i>				Serie 2-Aproximadamente 100% Máx. <i>Series 2 - Approximately 100% Max.</i>			
N° Pesada <i>Weighting N°</i>	Indicación / <i>Indication</i> g	ΔL <i>ΔL</i> g	E <i>E</i> g	N° Pesada <i>Weighting N°</i>	Indicación / <i>Indication</i> g	ΔL <i>ΔL</i> g	E <i>E</i> g
1	2,000017	-	0,0000160	1	5,000004	-	0,0000280
2	2,000017	-	0,0000160	2	5,000003	-	0,0000270
3	2,000017	-	0,0000160	3	5,000004	-	0,0000280
4	2,000017	-	0,0000160	4	5,000005	-	0,0000290
5	2,000017	-	0,0000160	5	5,000003	-	0,0000270
6	2,000016	-	0,0000150	6	5,000006	-	0,0000300
7	2,000016	-	0,0000150	7	5,000005	-	0,0000290
8	2,000016	-	0,0000150	8	5,000004	-	0,0000280
9	2,000017	-	0,0000160	9	5,000003	-	0,0000270
10	2,000016	-	0,0000150	10	5,000004	-	0,0000280
Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>			0,000010 g	Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>			0,000030 g
EMP			0,001 g	EMP			0,001 g

N° BD17-C-0016

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Test Eccentricity

Temperatura Inicial: 26,1 °C Humedad Inicial: 71 % Presión Inicial: 1000 mbar  
*Initial Temperature* *Initial Humidity* *Initial Pressure*  
 Temperatura Final: 26,1 °C Humedad Final: 71 % Presión Final: 1000 mbar  
*Final Temperature* *Final Humidity* *Final Pressure*



Circular



Rectangular



Triangular

Posición Location	Carga Load	Indicación Indication	$\Delta L$ $\Delta L$	E E	Carga Load	Indicación Indication	$\Delta L$ $\Delta L$	E E	Ec Ee
N°	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1		0,000000	-	0,0000000		2,000017	-	0,0000160	0,000160
2		0,000000	-	0,0000000		2,000016	-	0,0000150	0,000150
3	0,0000000	0,000000	-	0,0000000	2,0000010	2,000016	-	0,0000150	0,000150
4		0,000000	-	0,0000000		2,000016	-	0,0000150	0,000150
5		0,000000	-	0,0000000		2,000016	-	0,0000150	0,000150
									EMP EMP
									0,001 g

ENSAYO DE PESAJE

Weighing test

Temperatura Inicial: 26,1 °C Humedad Inicial: 71 % Presión Inicial: 1000 mbar  
*Initial Temperature* *Initial Humidity* *Initial Pressure*  
 Temperatura Final: 26,1 °C Humedad Final: 71 % Presión Final: 1000 mbar  
*Final Temperature* *Final Humidity* *Final Pressure*

Carga (L) Load(L)	Indicación I Indication I	$\Delta L$ $\Delta L$	E E	Ec Ee	Indicación Indication	$\Delta L$ $\Delta L$	E E	Ec Ee	E.M.P EMP
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
0,0000000	0,000000	-	0,0000000						0,001 g
0,0010030	0,001004	-	0,0000010	0,0000010	0,001029	-	0,0000260	0,0000260	0,001 g
0,0200030	0,020009	-	0,0000060	0,0000060	0,020036	-	0,0000330	0,0000330	0,001 g
0,0500060	0,050011	-	0,0000050	0,0000050	0,050038	-	0,0000320	0,0000320	0,001 g
0,1000000	0,100004	-	0,0000040	0,0000040	0,100031	-	0,0000310	0,0000310	0,001 g
0,5000050	0,500019	-	0,0000140	0,0000140	0,500040	-	0,0000350	0,0000350	0,001 g
1,0000050	1,000030	-	0,0000250	0,0000250	1,000044	-	0,0000390	0,0000390	0,001 g
2,0000010	2,000031	-	0,0000300	0,0000300	2,000035	-	0,0000340	0,0000340	0,001 g
3,0000060	3,000048	-	0,0000420	0,0000420	3,000051	-	0,0000450	0,0000450	0,001 g
4,0000040	4,000040	-	0,0000360	0,0000360	4,000044	-	0,0000400	0,0000400	0,001 g
5,0999760	5,100063	-	0,0000870	0,0000870	5,100063	-	0,0000870	0,0000870	0,001 g

L Carga colocada sobre la balanza  
*L Load placed on the balance*  
 I Indicación de la balanza  
*I Balance display*  
 E Error encontrado  
*E Error found*

Ec Error Corregido  
*Ee Error corrected*  
 $\Delta L$  Carga incrementada  
 *$\Delta L$  Increased load*  
 E.M.P Error Máximo Permitido  
*EMP Maximum Error Permitted*



N° BD17-C-0016

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

*Expanded uncertainty and corrected reading*

Incetidumbre expandida de medición

*Expanded measurement uncertainty*

$$U_R = 2 \cdot \sqrt{0,000000000062 \text{ g}^2 + 0,0000000000051 \text{ R}^2}$$

Lectura Corregida

*Corrected reading*

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000014 \text{ R}$$

R : Indicación de lectura de la balanza (g)

*R : Reading indication of the balance*

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

*Measurement Uncertainty*

La incertidumbre de medición calculada ( $U$ ), ha sido determinada a partir de la incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95%.

*The calculated uncertainty of measurement ( $U$ ), has been determined from the combined Standard Uncertainty of Measurement multiplied by the coverage factor  $k=2$ . This value has been calculated for a confidence level approximate of 95 %*

OBSERVACIONES

*Notes*

(\*) El Valor de "e", capacidad mínima y clase de exactitud están de acuerdo a la NMP-003 "Instrumentos de pesaje de Fundamentación no Automático"

*(\*) The value of "e", minimum capacity and accuracy class are according to the NMP-003 "Instruments of non-automatic weighing"*

(\*\*) Código indicado en la balanza.

*(\*\*) Code indicated in the balance.*

El coeficiente de variación térmica es 0,000001 °C<sup>-1</sup> según el manual de la balanza.

*The coefficient of thermal variation is 0,000001 °C<sup>-1</sup> according to the manual of the balance.*

Se ajustó la balanza antes de la calibración.

*The balance was adjusted before calibration.*

NOTAS

*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración.

KOSSODO S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

*The values indicated in this document are only valid for the conditions of the instrument during calibration. KOSSODO S.A.C. takes no responsibility for any damages caused by bad use of the calibrated object.*

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

*A copy of this document will be in the electronic device in the laboratory for 4 years at least.*

La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.

*The version in english of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in spanish must be considered.*



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INDECOPI - SNA CON REGISTRO N° LC-001**



Registro N° LC-001

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° T-1930-2015**

Fecha de emisión: 2015-07-22

Expediente N° : 47891  
Pag 1 de 2

1. **Solicitante** : LABECO ANÁLISIS AMBIENTALES S.R.L.
2. **Dirección** : Calle Victor Alzamora N° 348 - Urb. Barrio Médico - Surquillo - Lima
3. **Instrumento calibrado** : **TERMOHIGRÓMETRO  
( ESTACIÓN METEOROLÓGICA )**  
  
**Marca / Fabricante** : DAVIS  
**Identificación** : EM-01-CAT (\*)  
**Serie** : AK130212098  
**Modelo** : Vantage PRO2  
**Alcance Temp.** : IN: 0 °C a 60 °C / OUT: -40 °C a 65 °C  
**Resolución** : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C  
**Alcance H.R.** : 1 % H.R. a 100 % H.R.  
**Resolución** : 1 % H.R.  
**Procedencia** : U.S.A.  
**Ubicación** : No indica
4. **Lugar de calibración** : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : Del 2015-07-20 al 2015-07-21
6. **Método de calibración**  
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 06 "Procedimiento de Calibración de Termohigrómetros de METROIL S.A.C.
7. **Trazabilidad**  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INDECOPI - SNM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-354	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,5 %H.R. a 2 %H.R.	LT-158-2015 / INDECOPI - SNM
IT-357	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,3 %H.R. a 1,9 %H.R.	LT-035-2015 / INDECOPI - SNM
IT-355	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,5 %H.R. a 2 %H.R.	LT-159-2015 / INDECOPI - SNM
IT-183	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,1 °C	T-0544-2015 / METROIL S.A.C.
IT-184	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,1 °C	T-0552-2015 / METROIL S.A.C.

CHRISTIAN ASTUVILCA VALENTIN  
Jefe del Laboratorio 1

**METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.**

Oficina (Ventas - Recepción - Entrega): Av. Venezuela 2040 - Lima - Lima Central Telf.: (511) 713-9066 / 713-9080 Nextel: 109\*8846 RPM: # 999048181  
 Consulta Técnica: Central Telf.: 713-9070 / 713-9071 RPM: \*481579 Nextel: 832\*3234 - E-mail: ventas@metroil.com.pe / web: www.metroil.com.pe



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INDECOPI - SNA CON REGISTRO N° LC-001**



Certificado de Calibración N° T-1930-2015  
Pag. 2 de 2

**8. Condiciones de calibración**

Temperatura ambiental: Inicial : 21,5 °C Final : 22,5 °C  
 Humedad ambiental : Inicial : 59,8 % H.R. Final : 61,2 % H.R.

**9. Resultados**

**PARA EL TERMÓMETRO INTERNO (Tipo IN)**

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN TERMÓMETRO (°C)	TCV TERMÓMETRO (°C)	INCERTIDUMBRE TERMÓMETRO (°C)
15,2	-0,2	15,0	0,4
25,1	-0,1	25,0	0,4
29,7	0,3	30,0	0,4

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

**PARA EL HIGRÓMETRO (Tipo IN)**

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE (%H.R.)
40	0,0	40,0	3,1
63	-3,0	60,0	3,4
88	-3,0	85,0	3,1

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k = 2$  que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO



**METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.**

Oficina (Ventas - Recepción - Entrega): Av. Venezuela 2040 - Lima - Lima Central Telf.: (511) 713-9066 / 713-9080 Nextel: 109\*8846 RPM: # 999048181  
 Consulta Técnica: Central Telf.: 713-9070 / 713-9071 RPM: \*481579 Nextel: 832\*3234 - E-mail: ventas@metroil.com.pe / web: www.metroil.com.pe





# METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela 2040 Urb. Ces Lima Cercado - Lima - Lima  
Central Telef.: (511) 713-9080 Entel.: 403\*8131 RPM: # 999 072 424  
Consulta Técnica: Central 713-9080 Anexo 118 RPM: \*481579 Entel: 832\*3234  
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CP-0167-2015

EXP: 47891  
Fecha de emisión: 2015 - 06 - 30  
Página 1 de 2

1. SOLICITANTE : LABECO ANALISIS AMBIENTALES S.R.L.  
DIRECCIÓN : Calle Víctor Alzamora N° 348 - Urb. Barrio Médico - Surquillo - Lima.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: BAROTERMOHIGRÓMETRO  
Marca : DAVIS  
Modelo : 6152  
Alcance de Indicación : 540 hPa a 1 10 hPa  
División Mínima : 0,1 hPa  
Código de Identif. : EM-01-CAT  
N° de Serie : AK130212098  
Procedencia : U.S.A.  
Tipo : Digital

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN  
Calibrado el 2015 - 06 - 26 en el Laboratorio de Presión de METROIL.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN  
La calibración se efectuó por comparación con patrones debidamente Calibrados.

5. TRAZABILIDAD  
Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del SNM-INDECOPI.  
Se utilizó un patrón con código de identificación:  
IP-076 con Certificado de Calibración N° LFP-075-2014 del SNM-INDECOPI.

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN:  
Temperatura Ambiental: Inicial : 22,8 °C Humedad Relativa : Inicial : 77,0 %H.R.  
Final : 23,0 °C Final : 75,9 %H.R.

7. OBSERVACIONES  
• Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".  
• La incertidumbre de la medición es calculada con un factor de cobertura K=2 para un nivel de confianza aproximado del 95%.  
• La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

  
LUCIO ASTETE SORIANO  
Jefe de Laboratorio 2  


Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI - SNA

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROIL S.A.C.





# METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela 2040 Urb. Ces Lima Cercado - Lima - Lima  
Central Telef.: (511) 713-9080 Entel.: 403\*8131 RPM: # 999 072 424  
Consulta Técnica: Central 713-9080 Anexo 118 RPM: \*481579 Entel: 832\*3234  
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado N° CP-0167-2015  
Página 2 de 2

## 8. RESULTADOS

Indicación Barómetro a Calibrar ( hPa )	Indicación Instrumento Instrumento Patrón ( hPa )	Error ( hPa )
850,0	848,7	1,3
950,0	948,8	1,2
1 100,0	1 099,1	0,9

Incertidumbre de la Medición : 0,1 hPa

FIN DEL DOCUMENTO



Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI - SNA

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROIL S.A.C.



**SWISS-CORP AG S.A.C.**

N° DOC : SC IT 147 02 2016

**R.U.C. 20522975673**

Jr. Bolognesi N° 125 Of.1201 Miraflores

LIMA, PERÚ

FECHA: 26-may-16

TF. (+ 511) 705-3400

**INFORME TÉCNICO**

<b>MODELO</b> ETREX-H
<b>N° DE SERIE</b> 16Q162799
<b>CLIENTE</b> LABECO ANALISIS AMBIENTALES SRL
<b>N° DE GUIA DE RECEPCIÓN</b> 145-04-16

DETALLE
Se recibió equipo en condiciones regulares de uso, incluyendo lazo de mano y pilas. Se procedió a realizar pruebas iniciales de funcionamiento y equipo respondió normalmente. Se procedió a conectar equipo a PC y se realizó un back up de la información del equipo. Se restauró Sistema y reconfiguró con parámetros y valores de Fábrica. Se desconectó y para las siguientes pruebas se utilizaron pilas de control. Se realizaron pruebas de funcionamiento y posicionamiento GPS sin tener mayor inconveniente. Se conectó nuevamente a PC y se traslado la información de la PC al equipo. Se revisó que la información se haya trasladado correctamente y se realizaron pruebas finales de funcionamiento y posicionamiento GPS. Equipo opera normalmente. Se entrega equipo en óptimas condiciones con accesorios lazo de mano y pilas de cliente.

Dpto. Soporte Técnico y Atención al Cliente  
 SWISS-CORP AG s.a.c.  
[dealer.support@garmin.com.pe](mailto:dealer.support@garmin.com.pe) / [support@garmin.com.pe](mailto:support@garmin.com.pe)

## **Anexo 12: Tabla de Evaluación de Expertos**

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto LAHUEA ALBUJAR NATHALIE

Título/grados:

Ph. D..... ( )

Doctor ..... ( )

Magister..... ( )

Licenciado ..... ( )

Ingeniero..... (X)

Universidad que labora:

.....

Fecha: 26/11/2014

Título del proyecto de investigación

**Modelamiento de la dispersión de Material Particulado de la industria textil Camones S.A. en el distrito de Puente Piedra mediante la aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la población vulnerable en el año 2015**

Instrumento de medición pertenece a las variables

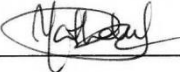
“Dispersión de material particulado”, “población vulnerable”

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con “X” en las columnas de SI o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems indicando sus observaciones y/o sugerencias con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre las variables mencionadas



ITEMS	PREGUNTAS	APRECIA		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se menciona las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilita el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La relación de las preguntas son de sentido coherente?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición, se relacionan con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitara el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Del instrumento de medición son entendibles sus alternativas de respuesta?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeta a estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es clara precisa y sencilla para que contesten y de esta manera obtener los datos requerido?	X		
	TOTAL	11		

Sugerencias: El tema del proyecto de tesis debe ser más específico, la bibliografía debe ser de acuerdo a los estándares de referencia. Profundizar investigaciones similares. En el texto hablar en tercera persona, evitar hablar en primera persona.  
Firma del experto:

  
Nathalie Kahwa Albuja.

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto Aylos H. Mario del Carmen

Título/grados:

Ph. D..... ( )

Doctor ..... ( )

Magister ..... ( )

Licenciado..... ( )

Ingeniero .....

Universidad que labora:

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Fecha: 24.11.2014

Título del proyecto de investigación

**Modelamiento de la dispersión de Material Particulado de la industria textil Camones S.A. en el distrito de Puente Piedra mediante la aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la población vulnerable en el año 2015**

Instrumento de medición pertenece a las variables

“Dispersión de material particulado”, “población vulnerable”

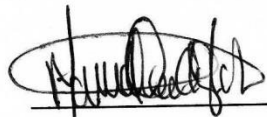
Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con “X” en las columnas de SI o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems indicando sus observaciones y/o sugerencias con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre las variables mencionadas

ITEMS	PREGUNTAS	APRECIA		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se menciona las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilita el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La relación de las preguntas son de sentido coherente?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición, se relacionan con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitara el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Del instrumento de medición son entendibles sus alternativas de respuesta?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeta a estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es clara precisa y sencilla para que contesten y de esta manera obtener los datos requerido?	X		
	TOTAL			

Sugerencias: .....

.....

Firma del experto:

  
 CIP 55149  
 MARIN DEL ROSARIO  
 SUÑAS H.

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto BORDA LUNA BENJAMIN ERICSON

Título/grados:

Ph. D..... ( )

Doctor ..... ( )

Magister..... (X)

Licenciado ..... ( )

Ingeniero..... ( )

Universidad que labora:

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO / UNIVERSIDAD PRIVADA DE ARAUCO

Fecha: 25/11/2014

Título del proyecto de investigación

**Modelamiento de la dispersión de Material Particulado de la industria textil Camones S.A. en el distrito de Puente Piedra mediante la aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la población vulnerable en el año 2015**

Instrumento de medición pertenece a las variables

“Dispersión de material particulado”, “población vulnerable”

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con “X” en las columnas de SI o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems indicando sus observaciones y/o sugerencias con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre las variables mencionadas

ITEMS	PREGUNTAS	APRECIA		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se menciona las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilita el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La relación de las preguntas son de sentido coherente?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición, se relacionan con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitara el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Del instrumento de medición son entendibles sus alternativas de respuesta?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeta a estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es clara precisa y sencilla para que contesten y de esta manera obtener los datos requerido?	X		
TOTAL		11		

Sugerencias: *Es recomendable profundizar el problema de la investigación además de centrarse a lo específico el estudio enfocándolo solo a material particular de PPHo.*

Firma del experto:

*[Firma]*  
 Ing. Benjamín Borda Luna

## **Anexo 13** Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
Variable	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General
Dispersión de material particulado (independiente)	¿Qué zona está siendo afectada por la dispersión de material particulado proveniente de la actividad en la Zona Industrial mediante la aplicación del modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra año 2017?	Determinar la población vulnerable del distrito de Puente Piedra afectada por la dispersión de material particulado proveniente de la actividad en la zona industrial aplicando el modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra en el año 2017	La población ubicada al norte de la Zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017 está siendo afectada por la dispersión de material particulado (PM-10).
	Problema específico N°1	Objetivo específico N°1	Hipótesis específico N°1
	¿Cuál es la distancia de concentración máxima de la Zona Industrial mediante la aplicación del modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra en el año 2017?	Determinar la distancia de concentración máxima de PM-10 emitidos por la Zona Industrial mediante la aplicación del modelo gaussiano de dispersión en el distrito de Puente Piedra en el año 2017	La distancia de la concentración máxima se encuentra aproximadamente a 500 metros de la zona industrial del distrito de Puente Piedra en el año 2017.
	Problema específico N°2	Problema específico N°2	Problema específico N°2
	¿Cuáles son las características meteorológicas de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017?	Determinar las características meteorológicas de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017	Las características meteorológicas de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017 son Velocidad de viento, dirección del viento y estabilidad atmosférica
Zona vulnerable (dependiente)	Problema específico N°3	Problema específico N°3	Problema específico N°3
	¿Cuáles son los parámetros de fuente emisora de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017?	Determinar los parámetros de fuente emisora de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2017	Los parámetros de fuente emisora de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra año 2016 son altura de la chimenea, índice de emisión y flujo de emisión.
	Problema específico N°4	Problema específico N°4	Problema específico N°4
	¿La concentración máxima de PM-10 en la dirección del viento predominante es mayor a los ECAs en el distrito de Puente Piedra año 2017?	Determinar si la concentración máxima de PM-10 en la dirección del viento predominante es mayor a los ECAs en el distrito de Puente Piedra año 2017	La concentración máxima de PM-10 en la dirección del viento predominante excede a los ECAs en el distrito de Puente Piedra año 2017

**Fuente:** Elaboración propia, 2017



Yo, Elmer Benites Alfaro, docente de la Facultad de Ingeniería...y Escuela Profesional de Ing. Ambiental, de la Universidad César Vallejo Lima Norte..(precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"...Modelamiento de dispersión de material particulado mediante la aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la zona de vulnerabilidad del sector industrial de Puente Piedra, 2017" ....., del (de la) estudiante Alex Herlyn DEPAZ RAMOS., constato que la investigación tiene un índice de similitud de 2.3% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha, Los Olivos 15 de julio del 2017

  
.....  
Firma  
Elmer Benites Alfaro  
DNI: ...07867259.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TÍTULO**

"Modelamiento de dispersión de material particulado mediante la Aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la zona vulnerable del sector Industrial de Puente Piedra 2017"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**  
Alex Herlyn Depaz Ramos

**ASESOR:**  
Dr. Ing. Elmer Benites Alfaro

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

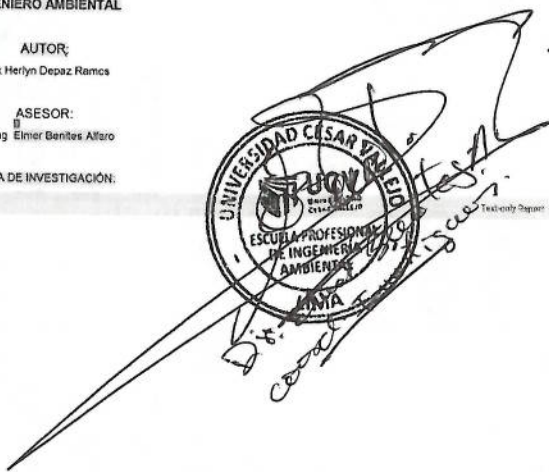
Resumen de coincidencias

**23 %**

Ver fuentes en inglés (Beta)

Condiciones

1	Enciclopedia Universal	3 %
2	www.mingob.pe	3 %
3	www.digital.univallejo.edu.pe	2 %
4	www.univallejo.edu.pe	1 %
5	www.univallejo.edu.pe	1 %
6	www.univallejo.edu.pe	1 %
7	www.univallejo.edu.pe	1 %
8	www.univallejo.edu.pe	1 %
9	www.univallejo.edu.pe	1 %
10	www.univallejo.edu.pe	1 %
11	www.univallejo.edu.pe	1 %





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

Digitalización  
de Tesis

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Alex Herlyn Depaz Ramos con DNI N° 44804927 domiciliado (a) en  
Asoc. Viv. La Castellana Del Norte Mz. A Lt. 31

ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2017 del programa ...INGENIERÍA  
AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 6700237563 de la Escuela de  
Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Habiendo sido revisado mi tesis por mi asesor, Elmer Benites Alfaro,  
con DNI 7867259, quien constato con el Programa TURNITIN la originalidad  
de la investigación, solicito la digitalización de mi tesis.

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de  
justicia.

Lima, 18 de Julio de 2018



Elmer Benites Alfaro  
Coord. Investigación

Alex Herlyn Depaz Ramos





# FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

## 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Depaz Ramos Alex Herlyn  
D.N.I. : 44804927  
Domicilio : Asoc. Viv. La Castellana Del Norte Mz. A Lt. 31  
Teléfono : Fijo : Móvil : 972700862  
E-mail : adepazr@gmail.com

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería  
Escuela : Ingeniería Ambiental  
Carrera : Ingeniería Ambiental  
Título : Ingeniero Ambiental

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

## 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Depaz Ramos Alex Herlyn

Título de la tesis:

Modelamiento de dispersión de material particulado mediante la Aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la zona vulnerable del sector industrial de Puente Piedra 2017.

Año de publicación : 2017

## 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Alex Herly Depaz Ramos

Fecha : 10 de Julio del 2018