

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

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



**“DETERMINACIÓN DE LA DISPERSIÓN GEOGRÁFICA DE LOS
GASES NO_x, CO, SO₂ Y PARTÍCULAS (PM₁₀), EMITIDOS POR UNA
CENTRAL TÉRMICA APLICANDO EL MODELO AERMOD”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ESPINOZA CRUZ, CRISTHIAN JOSE

Villa El Salvador

2018

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de suficiencia profesional a la memoria de mi abuelo, Hugo Cruz Cuadrado.

AGRADECIMIENTO

Al Ph. D Ing. Odón Román Sánchez Ccoyllo por brindarme su apoyo, interés y compromiso para la elaboración de este trabajo; en especial por sus aportes y asesorías tanto a nivel profesional como personal.

A mi madre, Rosario Cruz, por ser uno de los pilares para poder desarrollarme como persona, por sus enseñanzas y sobre todo por la paciencia que me tiene. La amo mucho y espero que este orgullosa de mí.

A mi padre, José Espinoza, por ser el otro pilar para poder desarrollarme como persona, por sus enseñanzas, paciencia y sobre todo la confianza. Lo amo mucho y espero que este orgulloso de mi.

A mi hermano Joseph, por ser un amigo incondicional, por demostrarme que se puedo lograr mucho con pocas cosas, por ensayarme y compartir experiencias.

Un Agradecimiento muy especial a la Estudiante Lindsay Ríos ya que, sin su ayuda, este trabajo no se habría realizado en el tiempo estimado, y por su apoyo y por ser parte de mi vida. Muchas gracias.

A todas las personas que participaron en los muestreos y análisis, contribuyendo en la realización de este trabajo, muchas gracias por su valiosa colaboración.

A toda mi familia sin excepción, ya que siempre estuvieron pendiente de mi de alguna u otra manera, muchas gracias.

A todos mis compañeros de pregrado y amigos, porque de alguna forma u otra forma aprendí algo de ustedes.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	3
1.2. Justificación del Problema	4
1.3. Delimitación del Proyecto	5
1.3.1. Teórica	5
1.3.2. Temporal.....	5
1.3.3. Espacial	5
1.4. Formulación del Problema.....	5
1.4.1. Problema General.....	5
1.4.2. Problemas específicos.....	6
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedes de la Investigación	7
2.2. Bases Teóricas.....	14
2.2.1. Atmósfera	14
2.2.2. Contaminación atmosférica	17
2.2.3. Altura de mezcla	17
2.2.4. Fuentes de emisiones.....	18

2.2.5.	Principales contaminantes atmosféricos producidos por una central térmica	19
2.2.6.	Meteorología de la contaminación del aire	20
2.2.7.	Modelos de dispersión	26
2.2.8.	Modelo de dispersión AERMOD	28
2.2.9.	Estándares de calidad ambiental para aire	29
2.3.	Definición de términos básicos	30

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL OBJETIVO DE TRABAJO DE

SUFICIENCIA

3.1.	Determinación de las concentraciones de NO _x , CO, SO ₂ y Partículas (PM ₁₀)	34
3.1.1.	Descripción y ubicación de la fuente de emisión	34
3.1.2.	Determinación de las concentraciones de NO _x y CO.....	35
3.1.3.	Determinación de la concentración de SO ₂	36
3.1.4.	Determinación de partículas (PM ₁₀)	36
3.1.5.	Resultados y discusión	37
3.2.	Determinación de la meteorología de la zona de estudio	39
3.2.1.	Resultados y discusión	40
3.3.	Evaluación los niveles de inmisión de los gases NO _x , CO y SO ₂ y partículas (PM ₁₀) producidos por la central térmica.....	43
3.3.1.	Datos meteorológicos	43
3.3.2.	Datos de los receptores	44
3.3.3.	Datos de la fuente de emisión	45

3.3.4. Resultados y discusión	45
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	59
Anexo 1: Mapas de la distribución geográfica de las emisiones generadas por la chimenea TG-34 Central Térmica Ventanilla.....	59
Anexo 2: Descripción meteorológica de la zona de estudio.....	63
Anexo 3: Fotografías de monitoreo de las emisiones de la chimenea TG-34 y meteorología de la Central Térmica Ventanilla.....	66
Anexo 4: Archivos o datos de entrada del procesador AERMOD	69
Anexo 5: Archivos o datos de entrada del procesador AERMET	71
Anexo 6: Resultados del procesador AERMOD.....	72
Anexo 7: Informe de ensayo del laboratorio acreditado	74
Anexo 8: Winchas de resultado del equipo TESTO 350	78
Anexo 9: Certificados de calibración del equipo TESTO 350.....	79
Anexo 10: Certificados de calibración del equipo isocinético método 5 y método 6.....	81
Anexo 11: Certificados de equipo meteorológico automático	86
Anexo 12: Cadena de custodia	91
Anexo 13: Certificado de acreditación de laboratorio.....	92

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la atmosfera	16
Figura 2. Diagrama de la altura de mezcla	18
Figura 3. Inversión por subsidencia en altura	24
Figura 4. Inversión de tierra con formación de niebla	24
Figura 5. Rosa de viento en Wrplot.....	26
Figura 6. Frecuencia, velocidad y dirección del viento durante el monitoreo realizado a la empresa Enel Generación Perú S.A.A.....	42
Figura 7. Frecuencia, velocidad y dirección del viento durante el monitoreo realizado a la empresa Enel Generación Perú S.A.A. georeferenciado en Google Earth	42
Figura 8. Datos meteorológicos procesados en formato ALL (.ALL).....	43
Figura 9. Representación de la malla de receptores.....	44
Figura 10. Diagrama de dispersión de NO _x , 10 de mayo del 2017.....	46
Figura 11. Diagrama de dispersión de CO, 10 de mayo del 2017.....	47
Figura 12. Diagrama de dispersión de SO ₂ , 10 de mayo del 2017	48
Figura 13. Diagrama de dispersión de PM ₁₀ , 10 de mayo del 2017.....	49
Figura 14. Mapa de distribución geográfica de los Óxidos Nitrógenos (NO _x) ..	59
Figura 15. Mapa de distribución geográfica del Monóxido de Carbono (CO)...	60
Figura 16. Mapa de distribución geográfica del Dióxido de Azufre (SO ₂)	61
Figura 17. Mapa de distribución geográfica de Partículas (PM ₁₀)	62
Figura 18. Comportamiento de la temperatura (°C)	63
Figura 19. Comportamiento de la velocidad de viento (m/s)	63
Figura 20. Comportamiento de la humedad relativa (%).....	64

Figura 21. Comportamiento de la radiación solar (w/m2).....	64
Figura 22. Comportamiento de la precipitación (mm)	65
Figura 23. Monitoreo de PM ₁₀ y SO ₂ con el equipo isocinético	66
Figura 24. Vista cerrada del monitoreo de PM ₁₀ y SO ₂ con el equipo isocinético	66
Figura 25. Monitoreo simultaneo de emisiones con el equipo isocinético y analizador automático de gases (TESTO 350)	67
Figura 26. Vista cerrada del monitoreo simultaneo de emisiones con el equipo isocinético y analizador automático de gases (TESTO 350)	67
Figura 27. Monitoreo de la meteorología en la zona de estudio.....	68
Figura 28. Archivos o datos de entrada AERMOD de NO _x	69
Figura 29. Archivos o datos de entrada AERMOD de CO	69
Figura 30. Archivos o datos de entrada AERMOD de SO ₂	70
Figura 31. Archivos o datos de entrada AERMOD de PM ₁₀	70
Figura 32. Archivo meteorológico en el procesador AERMET	71
Figura 33. Archivo de radio sondeo en el procesador AERMET	71
Figura 34. Resultados del procesador AERMOD - NO _x	72
Figura 35. Resultados del procesador AERMOD – CO	72
Figura 36. Resultados del procesador AERMOD – SO ₂	73
Figura 37. Resultados del procesador AERMOD – PM ₁₀	73

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire	29
Tabla 2 Características generales de la fuente de emisión.....	34
Tabla 3 Características del Equipo Analizador de Gases de Emisión.....	36
Tabla 4 Resultado de las concentraciones de NO _x , CO, SO ₂ , Partículas PM ₁₀ de la Chimenea TG-34 - Central Térmica Ventanilla.....	38
Tabla 5 Resultado de la concentración de emisiones (mg/Nm ³) a condiciones normales (T = 0 °C y P = 1 atm) al 15 % de Oxígeno	38
Tabla 6 Descripción de la estación meteorológica	39
Tabla 7 Resultados obtenidos de la estación meteorológica procesados en Microsoft Excel.....	41

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de medidas de control para prevenir o limitar la contaminación del aire es ahora un asunto de nivel mundial; el estudio y vigilancia de la calidad de aire es un tema muy importante, ya que la contaminación atmosférica representa un importante riesgo para la salud pública; según el Organismo Mundial de la Salud (OMS, 2016), la contaminación atmosférica contribuye mucho a las enfermedades cerebrovasculares, cánceres de pulmón, asma, etc.

La gestión ambiental de una industria o empresa, debe de incluir como responsabilidad social y ambiental, estudios de la calidad de aire, estudios de sus emisiones gaseosas o atmosféricas y los posibles lugares de deposición de estos contaminantes.

El desarrollo de este trabajo permitirá conocer el desplazamiento de partículas y gases emitidos por una central térmica, ubicada en el distrito de Ventanilla, mediante el modelo AERMOD de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), y así poder evaluar las concentraciones de los contaminantes en las zonas de deposición, y verificar si se cumplen los estándares de calidad ambiental.

Para llevar a cabo el modelamiento de dispersión de los contaminantes, se realizó un estudio meteorológico en la zona, con un equipo automático de marca Davis y el procesamiento de los datos obtenidos se realizaron en los programas Microsoft Excel y Wrplot.

También se efectuó monitoreos en la fuente de emisión (TG-34), de la central térmica de la empresa Enel Generación Perú S.A.A, evaluando y analizando los parámetros de NO_x, CO, SO₂ y Partículas PM₁₀ con los métodos del EPA, CTM-030, método 6 y método 5 respectivamente.

Todos estos datos fueron incluidos en el programa Aermod y Aermid, para demostrar la variabilidad y la dispersión de los contaminantes en el aire. La modelación de los parámetros medidos generó mapas de dispersión de los contaminantes, los cuales mostraron las zonas receptoras de mayor influencia.

Con este estudio se determinó que la medición de las emisiones de NO_x, CO, SO₂ y Partículas PM₁₀ provenientes de la central térmica y la modelación de ellas, son herramientas de gran ayuda para la gestión ambiental de la empresa y así seguir con su compromiso con el cuidado del ambiente.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

La contaminación del aire se ha marcado en los países de desarrollo intermedio, convirtiéndose en un problema ambiental en los últimos años (Blanco, 2003).

Según el Organismo Mundial de la Salud (OMS, 2018), afirma en un comunicado de prensa, que la salud guarda relación directa con la salud del medio en que vivimos. En conjunto, los riesgos ambientales ligados al aire, el agua y los productos químicos acaban con la vida de 12,6 millones personas al año.

En América Latina y el Caribe, por lo menos 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire por encima de los recomendados por la OMS. (Cifuentes et al, 2005)

En el Perú, el crecimiento económico que en los últimos años, demanda una mayor uso de energía, recursos y servicios por parte del crecimiento poblacional e industrias, significando la liberación de

contaminantes del aire y gases que alteran la calidad del aire afectando la salud de la población expuesta, produce daños en el ambiente (flora, fauna y ecosistemas) y el deterioro de bienes como los edificios, monumentos y otras estructuras.

En los ambientes urbanos la contaminación del aire es producido principalmente por la quema de combustibles fósiles, el transporte, la generación de energía, el proceso industrial, la utilización de combustible de mala calidad, la capacidad limitada de gestión de la calidad de aire, etc. (Green y Sánchez, 2013, p.2)

1.2. Justificación del Problema

Esta investigación se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la aplicación del modelo Gaussiano AERMOD recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América, que en este caso, simula la dispersión de los contaminantes en el aire (óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono y partículas PM_{10}) y su deposición, generados por una central térmica.

Además, esta investigación le servirá a la central térmica Enel Generación Perú S.A.A, como referencia para tomar medidas de prevención, si es que la organización lo considera necesario, en la Gestión Ambiental de la Calidad de Aire con el objetivo de lograr un equilibrio ambiental y no afectar la salud de la población.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

El presente estudio tiene como finalidad, determinar y representar cartográficamente la dispersión geográfica de los gases y partículas emitidas por una chimenea de la Central Térmica Ventanilla de Enel Generación Perú S.A.A. mediante el modelo de dispersión Aermod de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), el cual se basa en la ecuación gaussiana.

1.3.2. Temporal

El presente estudio se realizó los días 09 y 10 de mayo del 2017, operando todas las turbinas con total normalidad, para que los resultados sean confiables.

1.3.3. Espacial

La Central Térmica Ventanilla de la empresa Enel Generación Perú S.A.A, se encuentra ubicada en la provincia constitucional del Callao, en el distrito de Ventanilla.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿Cómo es la distribución geográfica de los gases NO_x, CO, SO₂ y partículas (PM₁₀), vertidos a la atmosfera por las actividades de una central térmica?

1.4.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las concentraciones NO_x, CO, SO₂ y partículas (PM₁₀), emitidas por chimeneas de la central térmica?

¿Cuál es la meteorología de la zona donde se encuentra la central térmica?

¿Cuáles de los gases NO_x, CO, SO₂ y partículas (PM₁₀), emitidas por la chimenea, que sobrepasan la normativa nacional de calidad de aire en las zonas receptoras?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la distribución geográfica de los gases NO_x, CO, SO₂ y partículas (PM₁₀), vertidos en la atmósfera por las actividades de la central térmica mediante la herramienta AERMOD para conocer los sitios que tengan mayor riesgo potencial de verse afectado por las emisiones de la organización.

1.5.2. Objetivos Específicos

Determinar la concentración de los gases de NO_x, CO, SO₂ y partículas (PM₁₀), emitidas por chimeneas de la central térmica.

Determinar la meteorología de la zona donde se encuentra establecida la central térmica.

Evaluar los niveles de inmisión de los gases NO_x, CO, SO₂ y partículas (PM₁₀) emitidas por la central térmica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedes de la Investigación

Casquete (2017), realizó la investigación: *Aplicación del modelo Aermod View para la evaluación de la dispersión geográfica de los contaminantes emitidos por las actividades de fundición de plomo*, en la Universidad de Guayaquil para optar el grado académico de Magister en Gestión Ambiental. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Los resultados más confiables de las emisiones atmosféricas, fueron las que se realizaron directo en la chimenea, para los contaminantes de monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas totales.

La zona geográfica de mayor concentración y sedimentación se registran sedimentación muy cercana a la fuente, esto se debe al efecto building que genera una zona de alta turbulencia donde la velocidad de transporte tiende a 0.

Las curvas de iso-concentración permiten determinar que a medida que el contaminante es desplazado por el aire y se aleja de fuente, su

concentración disminuye a concentraciones muy por debajo de la normativa a partir de los 40 metros de distancia de la zona de mayor concentración.

Es muy importante mencionar que los modelos de dispersión permiten simular el comportamiento del contaminante durante su inmisión en el ambiente en el peor escenario de operación; sin embargo, los valores obtenidos fueron calculados mediante información conocida de la fuente y del área de influencia del proyecto, por lo tanto, los resultados obtenidos sólo deben ser tomados como una estimación y no como aproximación de la realidad.

Vidal y Pérez (2017), realizaron la investigación: *Estimación de la dispersión de contaminantes Atmosféricos emitidos por una industria papelera mediante el modelo Aermom*, en la Universidad Santiago de Cali. La investigación llegó a las siguientes conclusiones generales:

Los parámetros meteorológicos (velocidad y dirección del viento), han influenciado en la distribución de los contaminantes evaluados, además la inestabilidad atmosférica ha permitido que estos tengan la capacidad de dilución al ser descargados al ambiente.

Aermom es recomendable para sitios con inestabilidad atmosférica y de corta longitud (<5 km), siendo útil y de fácil manejo; teniendo limitación al no poder simular contaminantes secundarios.

Contreras, Carrera, Meneses y López (2016), realizaron la investigación: *Evaluación de la calidad del aire de la generación eléctrica de los grupos electrógenos en la provincia de Sancti Spíritus*. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Se obtuvo las concentraciones de los contaminantes mediante factores de emisión, de los grupos de generados de energía, los cuales fueron CO, CO₂, NO_x y SO₂.

Con el modelo AERMOD se realizó la evaluación de la calidad de aire de las zonas cercanas y el desplazamiento de los contaminantes, obteniendo que los gases NO_x, SO₂ y CO₂ fueron los que alcanzaron mayor impacto, sobrepasando los valores de la NC 1020:2014.

El estudio pudo evidenciar el deterioro de la calidad de aire en cada uno de los territorios de estudio.

Arrieta (2016), realizó la investigación: *Dispersión de material particulado (PM₁₀), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos*. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Los parámetros inciden en la dispersión de los contaminantes atmosféricos en la velocidad y dirección del viento, además también depende de la turbulencia del aire y la morfología de la zona.

La estimación realizada con el modelo AERMOD, presento similitudes con las rosas de vientos y la predominancia del viento resultante, además arrojó que la concentración de PM₁₀ no supera los niveles de la norma comparada.

Los mapas generados por el AERMOD, permitieron definir las zonas críticas de concentración del parámetro analizado, las cuales se encuentran aproximadamente a 200 metros de las fuentes de emisión, el cual está condicionado por la velocidad de viento, dirección y características de la zona.

Sánchez y Wilcken (2016), realizaron la investigación: *Evaluación de tres modelos de micro-escala (AERMOD, CALINE4 y R-LINE) en su aplicación a las vías principales de la ciudad de Bogotá*, en la Universidad de la Salle. La investigación llegó a las siguientes conclusiones generales:

Los parámetros que más influyen en la distribución de los contaminantes, son la velocidad del viento y dirección del viento.

El modelo AERMOD presenta más ventajas frente a los modelos R-LINE y CALINE4 tomando en cuenta las condiciones geográficas, meteorológicas y físicas de la ciudad de Bogotá.

R-LINE es el modelo que se recomienda para la evaluación de los gases contaminantes CO y NO_x proveniente de fuentes móviles para las vías principales de la ciudad.

Perdiz (2016), realizó la investigación: *Modelado y simulación de la dispersión de contaminantes en la pluma de una chimenea por el método de dispersión gaussiano*, en la Universidad Nacional de Trujillo, para optar el grado de Maestro en Ingeniería Química Ambiental. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Cualquier simulación matemática de un fenómeno tan complejo como es la dispersión atmosférica obtiene resultados aproximados, sin embargo, estos resultados son el instrumento más válido para la planificación y adopción de medidas correctoras ya que con ellos se identifican zonas con mayor y menor incidencia de contaminación atmosférica.

La aplicación desarrollada permite obtener el cálculo de posibles concentraciones de contaminantes presentes en una pluma de chimenea para una amplia variedad de escenarios.

Sibaja (2014), realizó la investigación: *Aplicación del modelo AERMOD para determinar los niveles de calidad de aire para contaminantes atmosféricos, en la Universidad Nacional Campus Omar Dengo de Costa Rica*, para optar el grado de Maestría en Ciencias con Énfasis en Gestión y Estudios Ambientales. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

El programa AERMOD puede utilizarse como herramienta para poder mejorar la dilución de las emisiones de la chimenea, al cambiar parámetros como la temperatura de los gases, la altura de la chimenea, la posición de los focos de emisión, entre otros; y con esto disminuir el impacto que se puede generar sobre un área específica.

La radiación solar, puede influir en las estimaciones del programa AERMOD, además de la velocidad y dirección del viento.

Atmósferas con características del tipo levemente inestable o estable, tendrán mayores variaciones en las simulaciones y en los cálculos del programa AERMOD, por lo que los estudios con una atmósfera con baja radiación solar, alta nubosidad y baja velocidad del viento, tendrá errores y desviaciones mayores a los que se presentarían con una atmósfera inestable.

Merino (2014), realizó la siguiente investigación: *Evaluación de la dispersión de los contaminantes atmosféricos CO, SO₂ y NO_x producto del desarrollo de actividades industriales del Cantón Rumiñahui provincia de*

Pichincha, en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Ecuador, La investigación llevo a las siguientes conclusiones:

A mayor distancia de la fuente de emisión, las concentraciones de los gases bajan gradualmente, por factores meteorológicos.

Los resultados de la simulación con AERMOD, son de alta confiabilidad a pesar que no se considera factores externos (topografía de la zona).

Los resultados de la simulación por AERMOD, en la concentración de NO_x y SO₂, sobrepasaron la norma del TULSMA para calidad de aire.

Gibson, Kundu y Satish (2013), realizaron la siguiente investigación: *Dispersion model evaluation of PM_{2.5}, NO_x, and SO₂ from point and major line sources in Nova Scotia, Canada using AERMOD Gaussian plume air dispersion model*, en la Universidad Dalhousie de Canadá. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

El modelo Aermod obtuvo resultados cercanos en comparación a los resultados de campo en promedio anual y mensual, pero con respecto hora por hora (SO₂) no estuvo cercano, probablemente los resultados de la meteorología que inciden en las condiciones precisas del cuerpo receptor.

El resultado de PM_{2.5} demostró la poca capacidad del modelo, esto podría ser por la influencia de polvo y de las emisiones de vehículos, la cual se debe considerar como datos de entrada en el AERMOD.

Para el NO_x, el modelo también ha demostrado deficiencia en sus resultados comparados, por motivo que no se consideraron las fuentes de contaminación (principales carreteras).

Silva y Arcos (2011), realizaron la siguiente investigación: *Aplicación del programa AERMOD para modelar dispersión de PM₁₀ emitido por equipos de calefacción a leña en la ciudad de Constitución*, la investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Para poder determinar con mayor aproximación la carga de PM₁₀ en la comuna, es necesario incorporar en la modelación mediante AERMOD, un mayor número de fuentes emisoras de material particulado.

La aplicación del modelo AERMOD en Chile, se requiere de una base de datos de monitoreo de emisiones de equipos de calefacción a leña.

La tasa máxima de emisión de equipos de calefacción a leña necesaria para no sobrepasar los 150 µg/m³ en concentraciones de 24 horas es de 7.5 g/h, de acuerdo a lo establecido en la norma DS N°59/98 para período invernal en la ciudad de Constitución. Este valor concuerda con el límite máximo de emisión de 7.5 g/h permitido para estufas nuevas certificadas según EPA.

Piñeros y Rodríguez (2008), realizaron la siguiente investigación: *Aplicación del modelo ISC AERMOD para determinar los niveles de incumplimiento de la norma de calidad del aire para material particulado (PM₁₀), en el sector industrial de patio bonito en el Municipio de Nemocon (Cundinamarca)*, en la Universidad de la Salle de Bogotá para optar el Título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, la investigación llegó a las siguientes conclusiones:

El modelo AERMOD, evidenciaron que fue un software muy complejo, debido a los datos horarios de los parámetros meteorológicos y las

características específicas de cada fuente de emisión analizada, debido a que se basa en la ecuación de Gauss, la cual ajusta plenamente a las fuentes y calcula datos independientes para cada una de ellas.

La contaminación atmosférica producida por la producción de ladrillo, depende básicamente del combustible utilizado, las tecnologías de fabricación, tipos de hornos, condiciones climáticas, sistemas de control.

El material particulado para 10 micras, son riesgosas para la salud, porque se encuentran por encima de las normas diarias, y pueden contribuir a problemas pulmonares y cardiovasculares.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Atmósfera

La atmosfera es una capa compuesta por una mezcla de gases, principalmente por el nitrógeno y oxígeno molecular, con cantidades mínimas de otros gases, que rodea al planeta, cerca del 99 % de su composición se encuentran en los 30 km cercanos a la superficie (Camilloni y Vera, 2007, p. 3).

La estructura vertical de la atmosfera, está dividida en cuatro capas en función a la variación de temperatura, las cuales son las siguientes:

Troposfera:

Es la capa más baja, comprende desde la superficie hasta una altitud de 12 km aproximadamente, presenta gradiente negativo por

ese motivo la temperatura disminuye desde los 15 °C hasta los -56 °C, ocurriendo en esta zona gran fenómenos meteorológicos.

Estratosfera:

Es la capa que continua después de la troposfera hasta una altitud aproximada de 50 km, presenta una gradiente positiva, la temperatura aumenta a mayor altura, impidiendo que masas de aire fría estén por encima de las masas de aire caliente

Mesosfera:

Comprende desde los 50 km hasta una altitud de 85 km, con un gradiente negativo, cuya temperatura varía desde -2 °C hasta -92 °C aproximadamente.

Termosfera:

Se extiende de los 85 km hasta una altitud de 500 km, gradiente de temperatura positiva, hasta una temperatura de 1200 °C (Doménech, 2000, p.116)

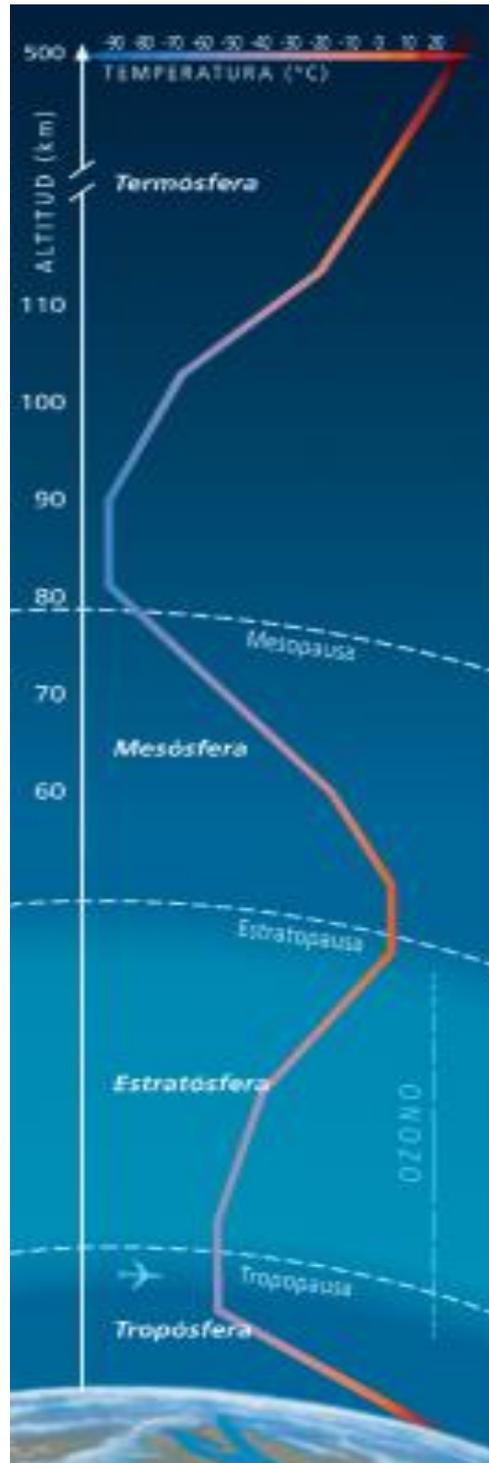


Figura 1. Estructura de la atmósfera (Camilloni y Vera, 2007, p. 4)

2.2.2. Contaminación atmosférica

Según Carnicer (2007), la contaminación atmosférica se denomina cuando existen sustancias y formas energía con niveles de concentración superiores, afectando la calidad, causando daños a las personas y bienes.

Según la OMS (2016), la contaminación del aire está asociada a la carga de morbilidad derivada de enfermedades cardiovasculares, cáncer al pulmón e infecciones pulmonares.

2.2.3. Altura de mezcla

La altura de la capa de mezcla se define como la altura en la atmósfera hasta donde los contaminantes alcanzan a ser mezclados y dispersados. Entre más alta sea la altura de la capa de mezcla, habrá un mayor volumen para realizar la dilución de los contaminantes. Esta altura depende de la rugosidad superficial, de la velocidad del viento y de la radiación solar, entre otros factores (Sibaja, 2014, p. 10).

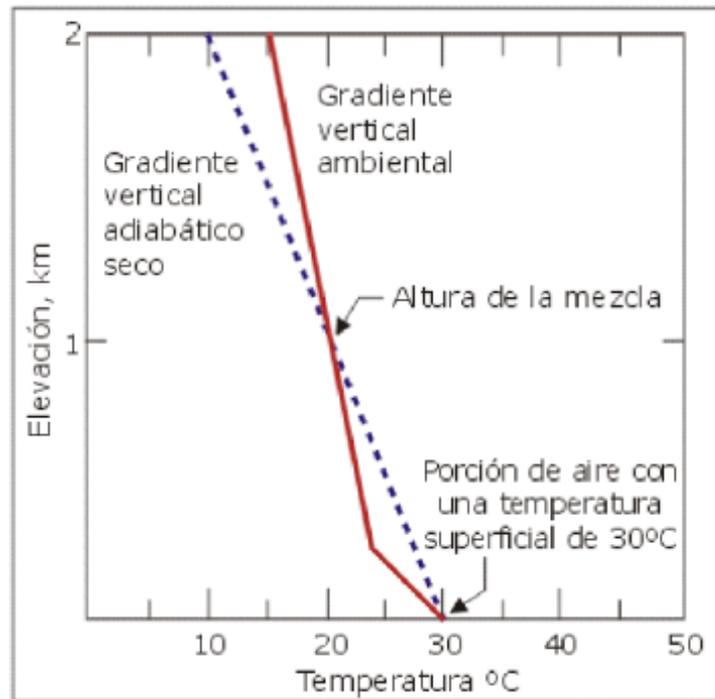


Figura 2. Diagrama de la altura de mezcla (CEPIS, 2012)

2.2.4. Fuentes de emisiones

Según la Agencia de Protección Ambiental de OHIO (EPA-OHIO, 2017), las fuentes de contaminación atmosféricas se pueden clasificar de la siguiente manera:

Fuentes fijas puntuales:

Se denominan a las fuentes estacionarias que se encuentran ubicadas en una zona geográfica determinada, por ejemplo, actividades industriales.

Fuentes áreas:

Se denominan a las fuentes pequeñas, numerosas y dispersas, agrupándose con fuentes similares, por ejemplo, chumeas de pollerías, restaurantes, etc.

Fuentes móviles:

Se denominan a las fuentes que se encuentran en movimiento, por ejemplo, vehículos motorizados, aviones, ferrocarriles embarcaciones, etc.

2.2.5. Principales contaminantes atmosféricos producidos por una central térmica

Las emisiones principales que se genera en el proceso de una central térmica generadora de energía producido por la combustión de combustibles, es el dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) y partículas (López, 2007, p. 29).

Dióxido de azufre:

Principalmente proviene de la combustión de combustibles que contienen azufre y de la fusión de metales no ferrosos, Después de la emisión, se dispersa en el aire reaccionando con otras sustancias; por último, se deposita en un cuerpo receptor, que pueden ser plantas, el océano, el hombre, etc. (Parker, 2001, p. 42)

Óxidos de nitrógeno:

El nitrógeno forma ocho óxidos diferentes, el interés principal en la contaminación de aire, son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2), contribuye al calentamiento global y destrucción posible de la capa de ozono; en concentración altas son fuertes irritantes de las vías respiratorias (De Nerver, 1998, p. 403-405)

Monóxido de carbono:

El monóxido de carbono es un gas incoloro, no irrita, sin olor, producido por la combustión incompleta de combustibles, en concentraciones altas puede ser fatal, puede hacer daño al corazón, pulmones y el cerebro; hasta puede inducir al aborto en personas embarazadas (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2012)

Dióxido de Carbono:

El dióxido de carbono es un gas incoloro, proveniente de la combustión completa de los combustibles, en las últimas décadas el CO₂ global ha aumentado significativamente, es uno de los principales gases de efecto invernadero, además ser uno de los principales gases emitidos por generadoras eléctricas (De Never, 1998, p- 483-485)

Material particulado (polvo):

El humo emitido por la combustión de combustibles, contienen polvo fino, hollín, cenizas y una mezcla de gases. El polvo puede contener metales pesados, afectando el crecimiento de las plantas, salud de las personas y animales (Parker, 2001, p. 49).

2.2.6. Meteorología de la contaminación del aire

Los fenómenos meteorológicos y la actividad química que suceden en la atmosfera, influyen que el comportamiento de los contaminantes seas inestables (Doménech, 2000, p.115)

2.2.6.1. Temperatura en la superficie terrestre

La temperatura se define como la como la cualidad que determina la dirección del flujo calorífico entre dos cuerpos de diferentes temperaturas, el cuerpo más caliente sede calor al cuerpo más frío, hasta que ocurra el equilibrio térmico. (Cuadrat y Pita, 2011, p. 41).

Los factores que regulan la temperatura en la superficie terrestre son los siguientes:

Altitud:

Determina la radiación incidente en el límite superior de la atmosfera a lo largo de las distintas épocas del año.

La transparencia atmosférica:

Determina el balance de radiación del lugar al condicionar tanto las pérdidas de energía por absorción y reflexión, los componentes más importantes son la nubosidad y el vapor de agua, convirtiéndose en factores clave de la temperatura.

La naturaleza de la superficie:

Cada tipo de superficie influye e impone su propia temperatura debido a las diferentes formas de la reflexión de la radicación, por ejemplo, superficies marinas, superficie de nevados y superficies forestales.

Las circulaciones atmosféricas y oceánicas:

Las masas de aire como las de agua, transportan con ellas su calor en sus desplazamientos y los transmiten a los lugares que los recorren, por lo tanto los lugares visitados por masas de aires frías y corrientes marinas frías van a experimentar un descenso de temperatura y su fuese al revés el caso, experimentarían un aumento de temperatura.

La altura sobre el nivel de mar:

Mientras mayor sea la altura menor serán las temperaturas.

La topografía:

La posición topográfica de un lugar condiciona la radiación solar que inciden sobre él y origina importantes matices térmicos locales, además son obstáculos para la circulación del aire, dándose movimientos verticales de este, y generando cambios en la temperatura en la masa del aire (Cuadrat y Pita, 2011, p. 74-77).

2.2.6.2. Humedad relativa

La humedad relativa es la relación de la humedad atmosférica entre la humedad de saturación, la humedad relativa disminuye con la altura (De Nevers, 1998, p.98-99).

2.2.6.3. Inversión térmica

La presencia de inversión térmica favorece a las condiciones de estabilidad e impide el movimiento vertical de las masas de aire (contaminantes).

Inversiones por subsidencia en altura:

Es debida al calentamiento adiabático de las capas intermedias de la atmosfera provocado por el movimiento descendente del aire, este fenómeno natural puede resultar muy peligroso, ya que pueden provocar peligrosas situaciones de contaminación, porque los polvos o humos industriales no se elevan y se acumulan en la superficie.

Inversión por estratificación del aire junto al suelo:

La temperatura del aire cerca de la superficie, está influenciada por las variaciones diarias de radiación, experimentando la gradiente cambios en su comportamiento, esto se da durante la noche, cuando la perdida de calor del suelo por radiación terrestre enfría también el aire en contacto con él y origina una inversión térmica (Cuadrat y Pita, 2011, p. 118-119).

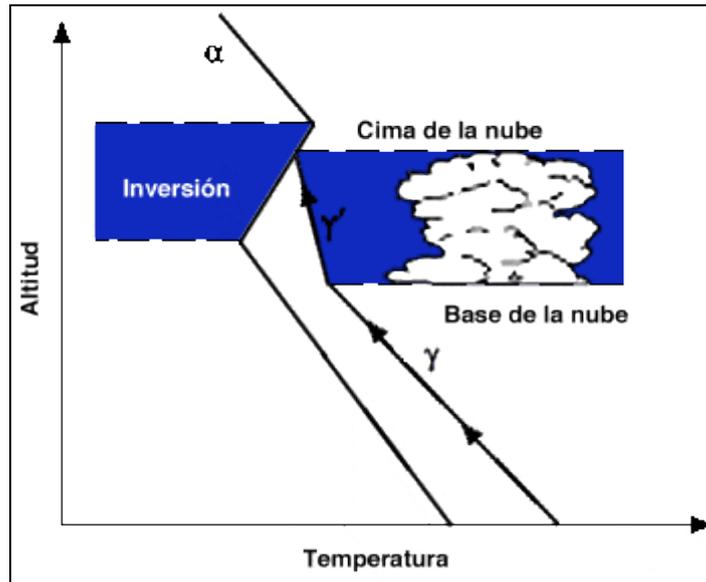


Figura 3. Inversión por subsidencia en altura (Cuadrat y Pita, 2011, p. 119)

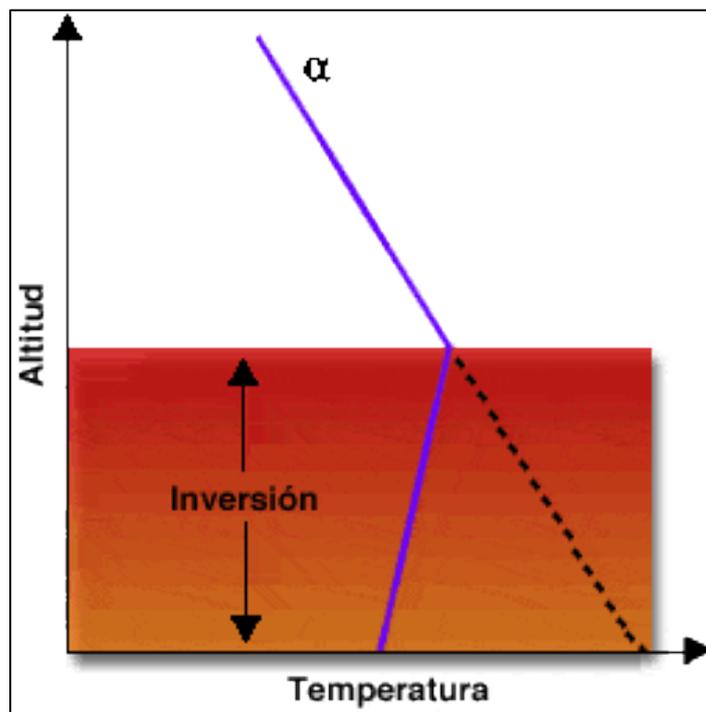


Figura 4. Inversión de tierra con formación de niebla (Cuadrat y Pita, 2011, p.

119)

2.2.6.4. Viento y dispersión de contaminantes

La dispersión de contaminantes en la atmosfera está asociada principalmente por las fluctuaciones de velocidad y dirección del viento (Parker, 2011, p.131).

El viento se denomina al flujo general del aire sobre la superficie, este se produce por sistemas de presión a gran escala, la fuerza y dirección del viento en cualquier punto están determinados por la posición, intensidad y movimiento de estos sistemas, adicionalmente hay factores locales que inciden a la dirección y velocidad del viento, tales como la presencia del mar o tierra, montañas o grandes ciudades (Parker, 2011, p.131).

Los cambios de velocidad y dirección de viento pueden expresarse gráficamente en forma de rosa de vientos, estas rosas se obtienen de las estaciones meteorológicas, mostrando la estadística meteorológica; la rosa de viento consiste en una serie de líneas que parten del centro de un círculo y apunta en la dirección que el viento sopla (Parker, 2011, p.131-132).

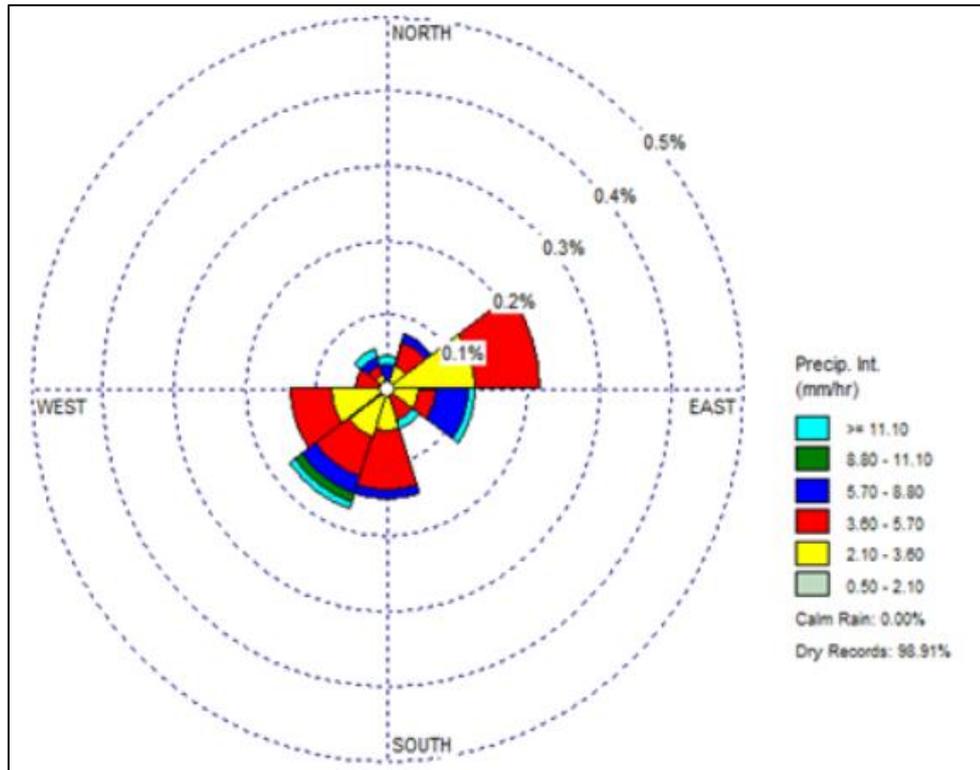


Figura 5. Rosa de viento en Wplot (Thé, Thé y Johnson, 2016, p. 21)

2.2.7. Modelos de dispersión

Permite predecir las concentraciones que resultaría de cualquier conjunto especificado de emisiones de contaminantes, para distintas condiciones meteorológicas, en cualquier lugar, periodo y con confianza total en la predicción; todos los modelos son simplificaciones de la realidad, basados en el balance de la materia (De Nevers, 1998, p.177).

Modelos Gaussianos: Son usados para estimar el impacto de los contaminantes no reactivos utilizando la ecuación gaussiana.

$$x = \frac{Q}{2 \Pi \sigma_y \sigma_z u} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2} \left\{ e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2} + e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2} \right\}$$

Donde:

x = Concentración del contaminante a nivel del suelo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Q = Masa emitida por unidad de tiempo (g/s)

σ_y = Coeficiente de dispersión horizontal (m)

σ_z = Coeficiente de dispersión vertical (m)

u = Velocidad del viento (m/s)

y = Distancia en dirección horizontal (m)

z = Distancia en dirección vertical (m)

H = Altura efectiva de la chimenea (m) (CEPIS et al, 2002)

http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/meteoro/frame_m.html

Modelos estadísticos:

Se emplean cuando la información científica sobre los procesos químicos y físicos de una fuente están incompletos o son vagos, están basados en técnicas estadísticas efectuando un análisis de distribución de frecuencias (CEPIS et al, 2002)

Modelos numéricos:

Según Sibaja, los modelos matemáticos de simulación del comportamiento de los contaminantes en la atmósfera se han utilizado desde el siglo anterior y son útiles en la estimación de la calidad del aire, en aquellas zonas donde no se dispone de una red de vigilancia de contaminación atmosférica, o en aquellas zonas donde el registro no sea suficiente.

2.2.8. Modelo de dispersión AERMOD

El Comité de Mejora del Modelo Regulatorio de la Sociedad Meteorológica Americana / Agencia de Protección Ambiental (AERMIC) se formó para introducir conceptos de modelado de última generación en los modelos de calidad del aire de la EPA. A través de AERMIC, se introdujo un sistema de modelado, AERMOD, que incorporó la dispersión de aire basada en la estructura de turbulencia de capa límite planetario y conceptos de escala, incluido el tratamiento de fuentes superficiales y elevadas, y el terreno simple y complejo.

Hay dos procesadores de datos de entrada que son componentes reguladores del sistema de modelado AERMOD: AERMET, un preprocesador de datos meteorológicos que incorpora dispersión de aire basada en estructura de turbulencia de capa límite planetaria y conceptos de escala, y AERMAP, un preprocesador de datos de terreno que incorpora terrenos complejos usando USGS Datos digitales de elevación. Otros componentes no reglamentarios de este sistema incluyen: AERSCREEN, una versión de detección de AERMOD; AERSURFACE, un preprocesador de características de superficie, y BPIP PRIM, un programa de dimensiones de múltiples edificios que incorpora los procedimientos técnicos de GEP para aplicaciones PRIME (EPA, 2015).

2.2.9. Estándares de calidad ambiental para aire

Los estándares de calidad ambiental (ECA) establecen concentraciones de sustancias presentes en el ambiente que no van a generar daño a la salud y el ambiente.

Según el artículo 2 del D.S 003-2017-MINAM, los ECA para aire, son aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Tabla 1 *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire*

Parámetros	Período	Valor [µg/m ³]
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000
	8 horas	10000
Ozono (O ₃)	8 horas	100
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5
	Anual	0,5
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150

Fuente: D.S 003-2017-MINAM

2.3. Definición de términos básicos

Altura de capa de mezcla: Altura máxima a la cual una porción de aire puede ascender. En un diagrama adiabático, punto en el cual el gradiente vertical adiabático de la porción de aire se intersecta con el gradiente vertical ambiental. Ésta capa es proporcional a la dilución de los contaminantes atmosféricos.

Altura efectiva de la chimenea: Suma de la altura física de la chimenea y la elevación de la pluma.

Ambiente: Todo lo que nos rodea o conjunto de todas las condiciones externas que influyen sobre la vida, desarrollo y supervivencia de los organismos.

Anemómetro: Instrumento para medir la velocidad de viento y dirección.

Antropogénico: Se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.

Calibración: Proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar).

Caudal: Cantidad de fluido o gas que pasa por una determinada área en una unidad de tiempo.

Celdas electroquímicas: Sensores adecuados para determinar el contenido de un determinado gas, basando en el principio de la valoración potenciométrica sensible a los iones.

Combustión: Proceso de oxidación de compuestos orgánicos en presencia de oxígeno, acompañado de liberación de calor.

Contaminante: Forma de materia o energía presente en un medio al que no pertenece, o bien, se encuentre por encima de su concentración natural en un medio no contaminado.

Contaminantes Primarios: Contaminante emitido en la atmosfera a partir de una fuente identificable, por ejemplo, CO, NO_x, SO₂, y partículas.

Dióxido de Azufre: Es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre.

Elevación de la pluma: Distancia desde la parte superior de la chimenea hasta línea central horizontal de la pluma. La elevación de la pluma depende de las características de la chimenea y de los gases del efluente.

Emisión: Salida de los contaminantes al ambiente a partir de una fuente fija o móvil.

Estándares de Calidad Ambiental: indicadores de calidad ambiental, con la finalidad de fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y salud humana.

Exposición: Interacción entre un agente toxico y un sistema biológico. Contacto de un agente químico con los limites exteriores del organismo. Cantidad de un agente químico o físico particular que llega al receptor.

Fuentes de emisión: Todas aquellas capaces de emitir contaminantes a la atmosfera, pudiendo tener un origen natural o antropogénico.

Inmisión: Se trata de la concentración que alcanza un contaminante emitido por un foco emisor (expresado en peso en una unidad de volumen), que se encuentra en el ambiente exterior, al nivel del suelo y al que está expuesto los seres vivos.

Isocinetismo: Es la relación existente entre el valor de la velocidad promedio de succión en el muestreo de emisiones por un ducto o chimenea y el valor de la velocidad promedio del gas en el ducto o chimenea durante el tiempo de muestreo.

Límites Máximos Permisibles: 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.

Monitoreo: Es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento a las emisiones o inmisiones del proceso.

Monóxido de carbono: Gas producido por la combustión incompleta de carbón o e sustancias orgánicas. Se producen como contaminantes en las ciudades.

Óxidos Nitrógenos: Gases producidos por oxidación a altas temperaturas del nitrógeno del aire.

Peligro: Acción, fuente o circunstancia que puede generar riesgo o posibles daños a la salud.

Pluviómetro: Instrumento para medir la cantidad de lluvia.

Partes por millón (ppm): Es una unidad de medida con la que se mide la concentración, refiriéndose a la cantidad de unidades de una determinada sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

Rosa de viento: Herramienta que nos proporciona información de las direcciones de viento, velocidad y porcentaje de concurrencia.

Veleta del anemómetro: Pieza de metal en forma de flecha, utilizado para indicar la dirección del viento.

Viento: Movimiento del aire causado por las diferencias de presiones barométricas.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL OBJETIVO DE TRABAJO DE SUFICIENCIA

3.1. Determinación de las concentraciones de NO_x, CO, SO₂ y Partículas (PM₁₀)

3.1.1. Descripción y ubicación de la fuente de emisión

La fuente de emisión en estudio pertenece a la central térmica Enel Generación Perú S.A.A, ubicada en el distrito de Ventanilla, la cual presenta las siguientes características:

Tabla 2 Características generales de la fuente de emisión

Característica	Descripción
Marca / Nombre de la fuente	Siemens / TG 34
Año de fabricación	1996
Tipo de combustible	Gas natural
Altura (m)	50
Diámetro (m)	5
Coordenadas UTM WGS 84	269359E, 8679684N
Altitud (m.s.n.m)	135

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Determinación de las concentraciones de NO_x y CO

Las mediciones de los gases de emisión (NO_x y CO), se efectuaron en base al principio de celdas electroquímicas de acuerdo a la directriz CTM-030 - *Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers* de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), utilizándose el analizador de gases de combustión marca TESTO 350.

Este equipo consta de una bomba de vacío, una sonda, un tubo de secado y una consola analizadora de los gases, la cual posee celdas electroquímicas. Para el muestreo, el equipo se ensambló y se elevó hasta el punto establecido. Se procedió a poner en contacto la sonda con los gases, introduciendo la misma en el puerto de muestreo presente en la chimenea. Luego se enciende la bomba de vacío, haciendo pasar una determinada masa de aire por el secador del equipo y luego por las celdas electroquímicas, por medio de las cuales el equipo automáticamente realiza la cuantificación de los gases presentes en el flujo de aire muestreado.

En la siguiente tabla se detalla las características del equipo analizador de gases TESTO 350.

Tabla 3 *Características del Equipo Analizador de Gases de Emisión*

Parámetro	Principio	Resolución	Rango
Monóxido de carbono	Celdas electroquímicas	1 ppm	0 – 10000 ppm
Óxido de nitrógeno	Celdas electroquímicas	1 ppm	0 – 4000 ppm

Adaptado de Manual de instrucciones Testo 350 – Analizador de gases de combustión p.

14

3.1.3. Determinación de la concentración de SO₂

Se realizó en paralelo, la medición del SO₂ en base al Método 6 de la EPA; siendo este procedimiento descrito en el “*Code of Federal Regulations*”, Título 40, Parte 60 de la USEPA”. Este método consiste en extraer una muestra de gas a flujo constante desde un punto en la chimenea, separando el SO₂ y SO₃, incluyendo la fracción de niebla ácida. Luego la fracción de SO₂ es medida por medio del método de titulación de Torio y Bario.

3.1.4. Determinación de partículas (PM₁₀)

La determinación de partículas se realizó empleando el Método 5 de la EPA, cuyos puertos de muestreo están de acuerdo a lo establecido en el Método 1 USEPA. El Método 5 se encuentra descrito en el “*Code of Federal Regulations*”, Parte 40, Título 60 de la USEPA, y basado en el principio de muestreo isocinético, que consiste en extraer la muestra a igual velocidad del flujo de gas al interior de la chimenea, de manera que la extracción de partículas de

la fuente de emisión se deposite en un filtro de fibra de vidrio mantenido a una temperatura del rango de 120 +/- 14 °C (248 +/- 25 °F). La masa de las partículas, el cual incluye cualquier material que condense a la temperatura de filtración es determinada gravimétricamente después de extraer el agua sin mezclar. El equipo isocinético empleado es de la marca Graseby.

3.1.5. Resultados y discusión

Los muestreos se realizaron el 10 de Mayo del 2017, en la turbina de marca Siemens TG-34, de la empresa Enel Generación Perú S.A.A.; con los resultados obtenidos se procedió a la corrección de los mismos a un 15 % de oxígeno, cálculos en base a temperatura y presión normal ($T = 0\text{ °C}$ y $P = 1\text{ atm}$), de acuerdo con establecido con la normativa de comparación Manual de Prevención y Control de la Contaminación (Guía para Plantas Térmicas). Banco Mundial. Junio 1998.

El estudio realizado en la chimenea TG-34, se obtuvieron concentraciones de NO_x , SO_2 , CO y de partículas (PM_{10}) por debajo de los límites máximos permisibles ($\text{NO}_x = 125\text{ mg/Nm}^3$ y $\text{PM}_{10} = 50\text{ mg/Nm}^3$) establecidos por el Banco Mundial en Junio de 1998, en el Manual de Prevención y Control de la Contaminación (Guía para Plantas Térmicas).

Para hallar la concentración de NO_x y el CO se realizaron tres corridas, los resultados se pueden visualizar en el Anexo 8, lo cual se

realizó un promedio aritmético de las tres corridas; los resultados de SO₂ y partículas (PM₁₀) se puede visualizar en el informe de ensayo del laboratorio acreditado por INACAL en el Anexo 7.

A continuación, apreciaremos la Tabla 4 donde se detalla los resultado de las concentraciones de NO_x, CO, SO₂, Partículas PM₁₀, obtenidos por el equipo TESTO 350 S, el método EPA-5 y el método EPA-6 y en la Tabla 5 muestran los resultados de las concentraciones de emisiones (mg/Nm³) a condiciones normales (T = 0°C y P = 1 atm) al 15 % de Oxígeno, con su respectiva comparación con la norma internacional.

Tabla 4 *Resultado de las concentraciones de NO_x, CO, SO₂, Partículas PM₁₀ de la Chimenea TG-34 - Central Térmica Ventanilla*

Fuentes de Emisión	Combustible	Fecha de Medición	Carga Operativa (MWH)	Temperatura de salida de los gases (°C)	SO ₂ (mg/m ³)	NO _x (ppm)	CO (ppm)	O ₂ (%)	PM ₁₀ (mg/m ³)
TG-34	Gas Natural	10.05.2017	112.5	94.3	3.4	26.37	14.33	15.42	4.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 *Resultado de la concentración de emisiones (mg/Nm³) a condiciones normales (T = 0 °C y P = 1 atm) al 15 % de Oxígeno*

Fuentes de Emisión	Tiempo Emisión (h/día)	Flujo de salida de los gases (Nm ³ /s)	Velocidad de salida de los gases (m/s)	Partículas PM ₁₀ al 15% de Oxígeno (mg/Nm ³)	SO ₂ al 15% de Oxígeno (mg/Nm ³)	NO _x al 15% de Oxígeno (mg/Nm ³)	CO al 15% de Oxígeno (mg/Nm ³)	O ₂ al 15% de Oxígeno (%)
TG-34	19.57	72.49	5	4.84	3.66	58.16	19.28	15
Limite Banco Mundial Julio 1998 Manual de Prevención y Control de la Contaminación (Guía para Plantas Térmicas)				50	2000	125	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.2. Determinación de la meteorología de la zona de estudio

El registro de los parámetros meteorológicos se realizó con la estación portátil implementada con sensores y registradores marca Davis Vantage Pro 2 con serie AP150617006 (1464), el certificado de calibración se encuentra en el Anexo 11.

La estación meteorológica registró valores horarios de temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad, dirección de viento y precipitación en la Central Térmica. En el Tabla 6 se presenta la descripción del equipo empleado.

Tabla 6 Descripción de la estación meteorológica

Marca del Equipo	Modelo	Rango de Medición	Exactitud	Resolución
Davis	Vantage Pro 2 Plus	Temperatura -45 a 65 °C	+/- 0,5 °C	0,1 °C
		Presión 880 a 1080 mBar	+/- 1,7 mBar	0,1 mBar
		Humedad 0 – 100 %	+/- 5%	1%
		Velocidad de vientos 0 a 282 kph	+/- 5%	0,1 kph
		Dirección de vientos Incrementos de 1° ó 10°	+/- 7°	1°
		Radiación solar 0 – 1800 W/m2	+/- 5%	1 W/m2

Adaptado de Manual de instrucciones Davis Vantage Pro 2 Plus p. 88-90

Los datos meteorológicos fueron descargados a una computadora y procesados en el software Microsoft Excel, ordenando los datos de acuerdo a lo exigido para el procesamiento con el software Wrplot para la obtención de la rosa de viento y Aermet.

3.2.1. Resultados y discusión

Durante el monitoreo realizado el 09 y 10 de mayo del 2017, la temperatura osciló entre los 20.3 °C a 23.4 °C, con un promedio de 23.4 °C. La humedad relativa varió entre 57 % a 88.0% teniendo un promedio de 70.3 %. Se contó con una radiación promedio de 219 w/m², teniendo como una máxima radiación de 815 w/m². No se contaron con lluvias durante el monitoreo.

Según los datos procesados en Wrplot, la dirección de viento predominante durante el monitoreo fue Suroeste (SO), con una velocidad promedio de 2.2 m/s, teniendo como velocidad máxima de 4.5 m/s y una mínima de 0.9 m/s.

En la siguiente tabla, se detalla los datos procesados en Microsoft Excel, obtenidos de la consola de la estación de metrológica.

Tabla 7 Resultados obtenidos de la estación meteorológica procesados en Microsoft Excel

Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento (°)	Dirección del viento	Radiación (W/m2)	Precipitación (mm)
9/05/2017	1:00 p. m.	23.0	75	2.70	248	WSW	815	0
9/05/2017	2:00 p. m.	22.7	74	2.20	248	WSW	623	0
9/05/2017	3:00 p. m.	21.8	77	3.10	248	WSW	451	0
9/05/2017	4:00 p. m.	23.3	72	2.20	225	SW	337	0
9/05/2017	5:00 p. m.	25.3	61	2.70	225	SW	243	0
9/05/2017	6:00 p. m.	24.1	64	3.10	180	S	40	0
9/05/2017	7:00 p. m.	24.1	65	2.20	180	S	0	0
9/05/2017	8:00 p. m.	24.2	65	2.20	180	S	0	0
9/05/2017	9:00 p. m.	23.8	66	2.20	180	S	0	0
9/05/2017	10:00 p. m.	23.4	67	0.90	180	S	0	0
9/05/2017	11:00 p. m.	22.7	70	1.30	180	S	0	0
10/05/2017	12:00 a. m.	22.4	71	2.20	180	S	0	0
10/05/2017	1:00 a. m.	22.6	70	1.30	180	S	0	0
10/05/2017	2:00 a. m.	22.1	74	1.30	158	SSE	0	0
10/05/2017	3:00 a. m.	21.6	76	1.30	135	SE	0	0
10/05/2017	4:00 a. m.	20.6	86	1.30	180	S	0	0
10/05/2017	5:00 a. m.	20.3	88	1.30	180	S	0	0
10/05/2017	6:00 a. m.	21.0	83	1.80	113	ESE	0	0
10/05/2017	7:00 a. m.	22.4	75	2.70	113	ESE	23	0
10/05/2017	8:00 a. m.	24.4	69	1.80	180	S	229	0
10/05/2017	9:00 a. m.	25.2	64	1.80	203	SSW	402	0
10/05/2017	10:00 a. m.	26.5	60	3.10	225	SW	578	0
10/05/2017	11:00 a. m.	27.1	58	4.50	225	SW	708	0
10/05/2017	12:00 p. m.	27.5	57	4.50	225	SW	806	0

Fuente: Elaboración propia

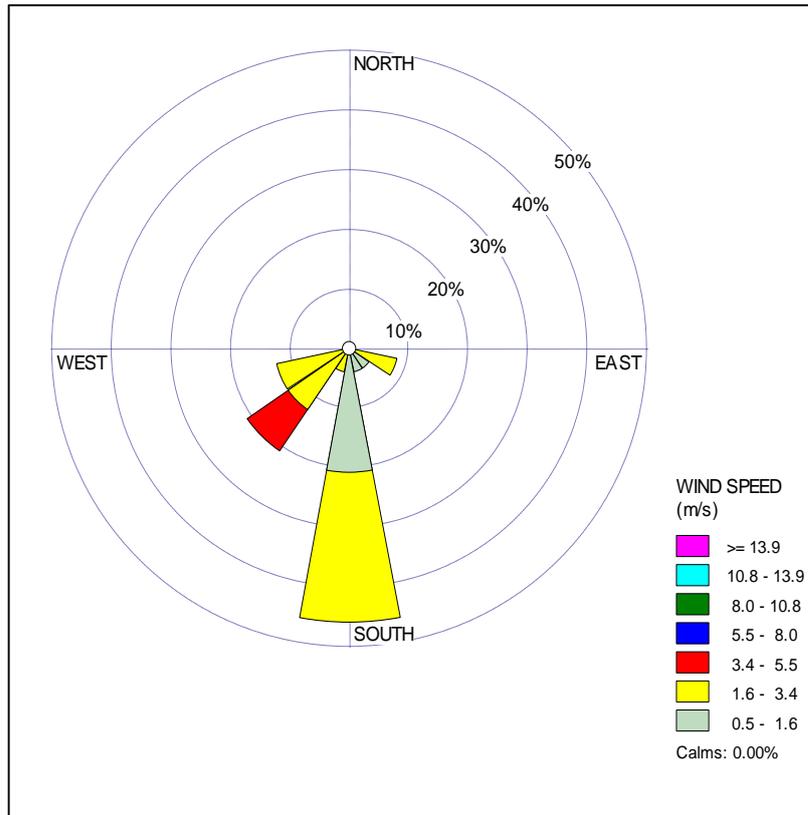


Figura 6. Frecuencia, velocidad y dirección del viento durante el monitoreo realizado a la empresa Enel Generación Perú S.A.A. (Fuente: Elaboración propia)



Figura 7. Frecuencia, velocidad y dirección del viento durante el monitoreo realizado a la empresa Enel Generación Perú S.A.A. georeferenciado en Google Earth (Fuente: Elaboración propia)

3.3. Evaluación los niveles de inmisión de los gases NO_x, CO y SO₂ y partículas (PM₁₀) producidos por la central térmica.

Para realizar la evaluación de los niveles de inmisión de los gases y partículas emitidas por la chimenea TG-34 de la central térmica ubicado en el distrito de ventanilla, se utilizó el programa AERMOD, el cual se tuvo que disponer y alimentar con los siguientes datos de entrada.

3.3.1. Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos obtenidos como ya se mencionó anteriormente, fueron descartados a una computadora y transformado en formato ALL (.ALL), para ser leídos por el programa Aermet.

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
99999	2017	5	9	1	9999	9999	1010	23.0	12.8	075	991	248	2.7	11.3	1372	20009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	2	9999	9999	1010	22.7	12.8	074	991	248	2.2	11.3	1524	20009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	3	9999	9999	1010	21.8	12.2	077	990	248	3.1	11.3	2438	20009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	4	9999	9999	1010	23.3	12.2	072	990	225	2.2	11.3	3353	20009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	5	9999	9999	1010	25.3	8.3	061	992	225	2.7	11.3	975	20009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	6	9999	9999	1010	24.1	7.2	064	994	180	3.1	11.3	1311	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	7	9999	9999	1010	24.1	3.3	065	995	180	2.2	11.3	1676	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	8	9999	9999	0909	24.2	.0	065	997	180	2.2	11.3	1829	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	9	9999	9999	0505	23.8	-3.9	066	1000	180	2.2	16.1	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	10	9999	9999	0000	23.4	-3.3	067	1001	180	0.9	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	11	9999	9999	0101	22.7	-5.0	070	1002	180	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	12	9999	9999	0101	22.4	-6.1	071	1002	180	2.2	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	13	9999	9999	0404	22.6	-8.3	070	1003	180	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	14	9999	9999	0606	22.1	-8.9	074	1004	158	1.3	32.2	1981	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	15	9999	9999	0505	21.6	-10.0	076	1005	135	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	16	9999	9999	0202	20.6	-9.4	086	1006	180	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	17	9999	9999	0000	20.3	-8.9	088	1007	180	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	18	9999	9999	0000	21.0	-8.3	083	1009	113	1.8	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	19	9999	9999	0000	22.4	-8.3	075	1010	113	2.7	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	20	9999	9999	0000	24.4	-8.3	069	1010	180	1.8	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	21	9999	9999	0000	25.2	-7.8	064	1011	203	1.8	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	22	9999	9999	0000	26.5	-7.8	060	1012	225	3.1	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	23	9999	9999	0000	27.1	-7.8	058	1013	225	4.5	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	24	9999	9999	0000	27.5	-7.2	057	1014	225	4.5	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	99999	99999	99999	0	0

Figura 8. Datos meteorológicos procesados en formato ALL (.ALL) (Fuente: Elaboración propia)

3.3.2. Datos de los receptores

Los receptores son los puntos (coordenadas y altitud) en los que se quiere calcular la concentración de los parámetros (NO_x , SO_2 , CO y partículas PM_{10}) a nivel de suelo. El conjunto de todos estos puntos se les llama malla. Para el presente estudio se elaboró una malla en los alrededores de la fuente de emisión. La malla tuvo una dimensión de 12 km x 12 km de largo.

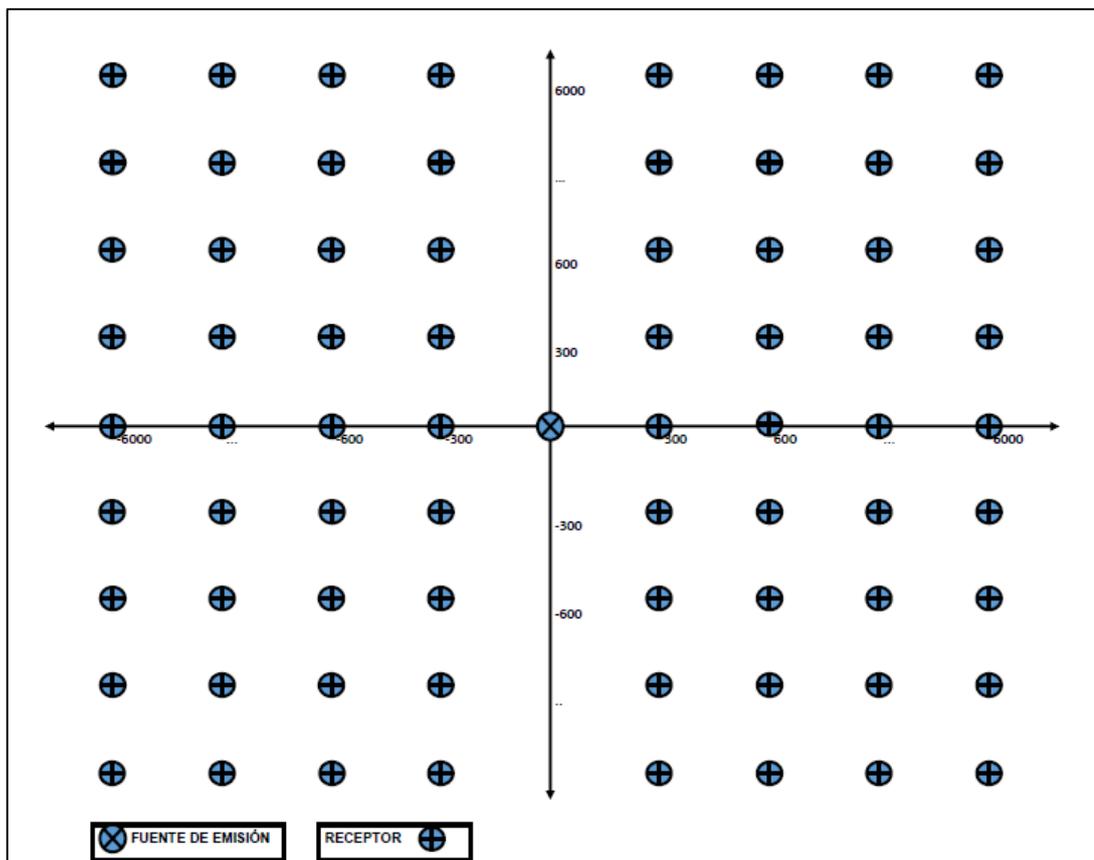


Figura 9. Representación de la malla de receptores (Fuente: Elaboración propia)

3.3.3. Datos de la fuente de emisión

Los datos de entrada sobre la fuente de emisión, fueron la altura de la chimenea, el diámetro de chimenea, el tipo y la concentración del contaminante que se desea evaluar, la velocidad de salida de los gases, la temperatura de salida de los gases, tipo de terreno y las coordenadas de ubicación de la fuente.

3.3.4. Resultados y discusión

La representación de resultados se expresa en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de cada uno de los parámetros de estudio, y los resultados son representados mediante isocintas, realizado por cálculos estadísticos mediante la ayuda del programa ArcGis en el cual se ejecuta con el método Natural Breaks (Jenks), luego fueron georeferenciados al Google Earth para fines didácticos.

Al realizar el procesamiento de los datos para cada parámetro evaluado, arrojados por el modelo AERMOD y llevados a los programas ArcGis y Google Earth, se obtuvo los diagramas de dispersión de las emisiones, las cuales se encuentran en la figura 10, en la figura 11, en la figura 12 y en la figura 13; en donde la concentración promedio más alta, alcanzados en una hora, se encuentran a 0.6 km de la fuente de emisión, con concentraciones de $4.0858 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Óxidos de Nitrógeno (NO_x), $1.3555 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Monóxido de Carbono (CO), $0.2614 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Dióxido de Azufre (SO_2) y $0.3389 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Partículas (PM_{10}).

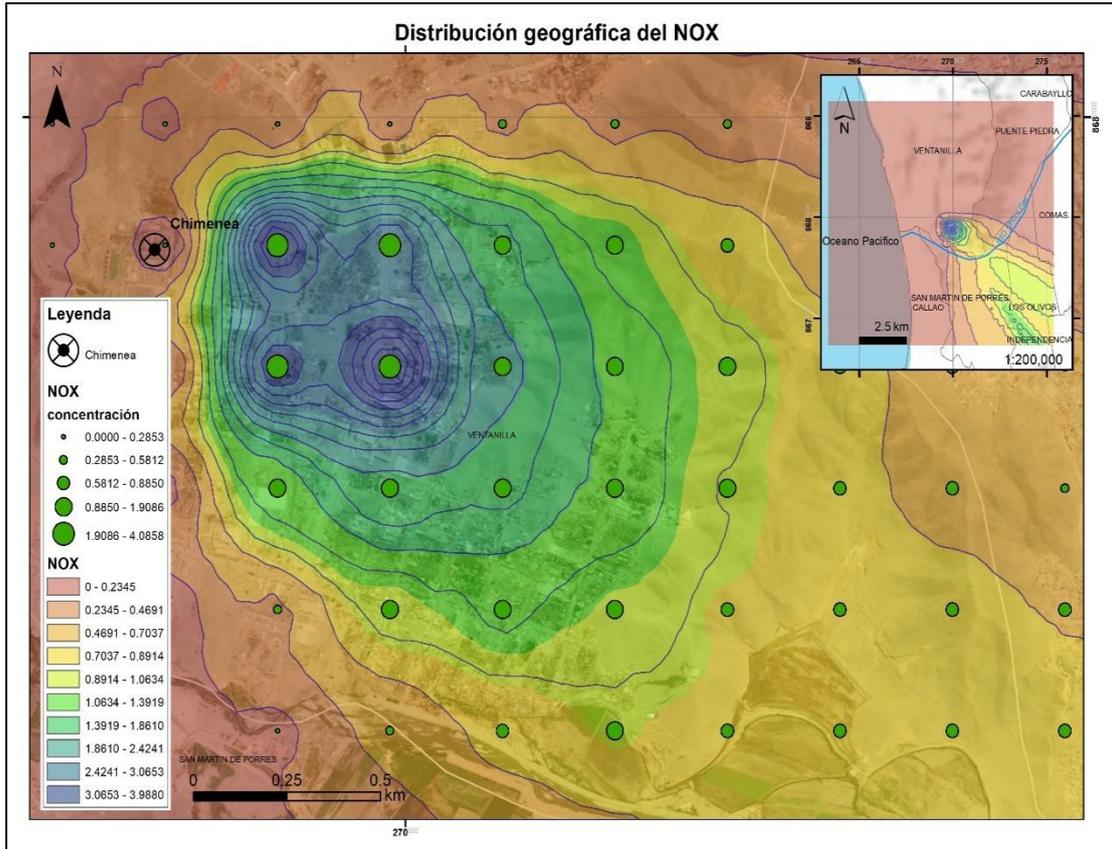


Figura 10. Diagrama de dispersión de NO_x, 10 de mayo del 2017 (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 10 se observa que la dispersión de los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) tiene una dirección al sureste (SE) de la chimenea; además se aprecia que a una distancia aproximada de 1.5 km de la fuente de emisión, las concentraciones de NO_x varían de 0.0 µg/m³ a 0.5914 µg/m³, tal y como se muestran en las isolíneas.

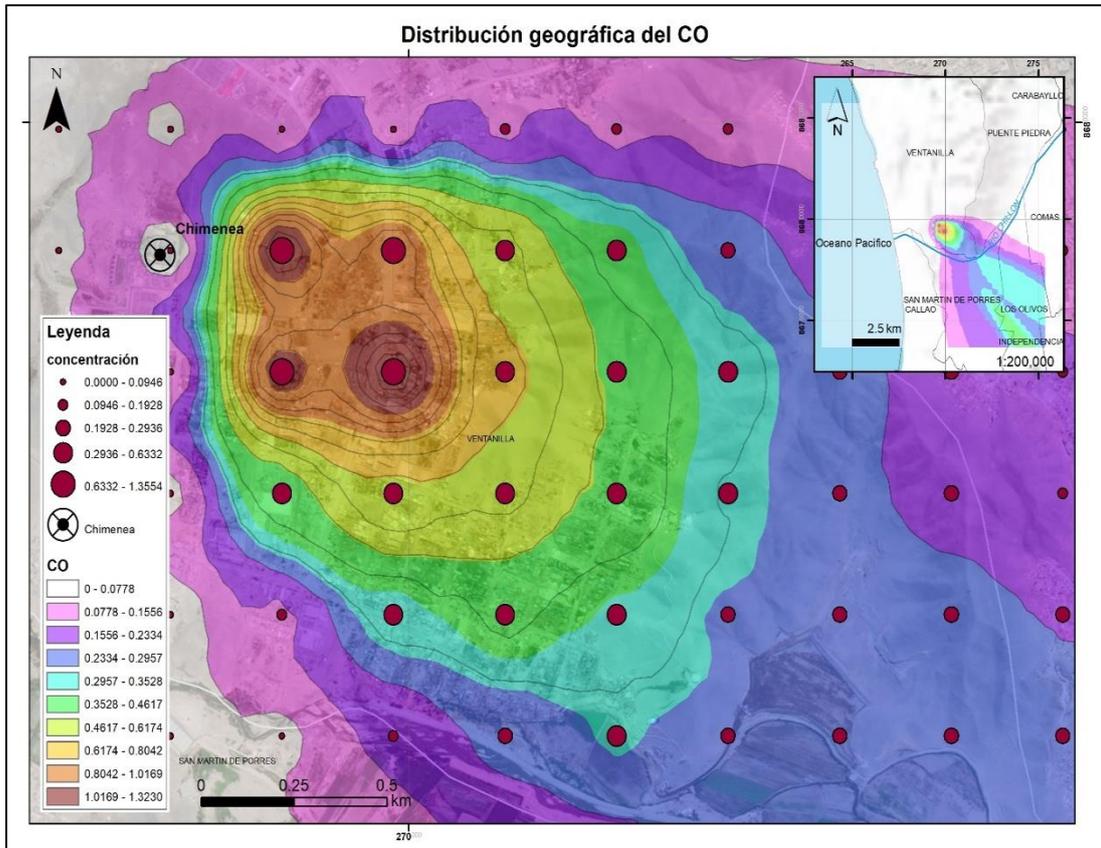


Figura 11. Diagrama de dispersión de CO, 10 de mayo del 2017 (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 11 se observa que la dispersión del Monóxido de Carbono (CO) tiene una dirección al sureste (SE) de la chimenea; además se aprecia que a una distancia aproximada de 1.7 km de la fuente de emisión, las concentraciones de CO varían de 0.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 0.2957 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tal y como se muestran en las isolíneas.

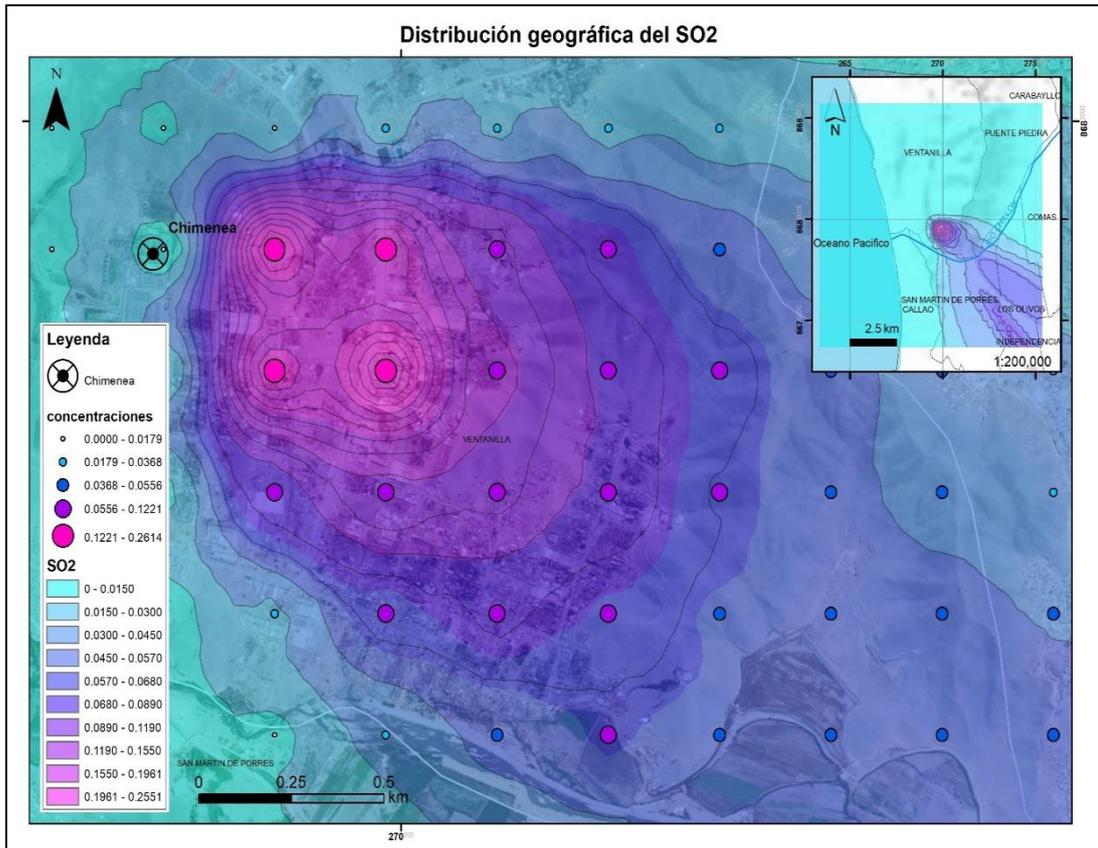


Figura 12. Diagrama de dispersión de SO₂, 10 de mayo del 2017 (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 12 se observa que la dispersión del Dióxido de Azufre (SO₂) tiene una dirección al sureste (SE) de la chimenea; además se aprecia que a una distancia aproximada de 1.8 km de la fuente de emisión, las concentraciones de SO₂ varían de 0.0 µg/m³ a 0.057 µg/m³, tal y como se muestran en las isolíneas.

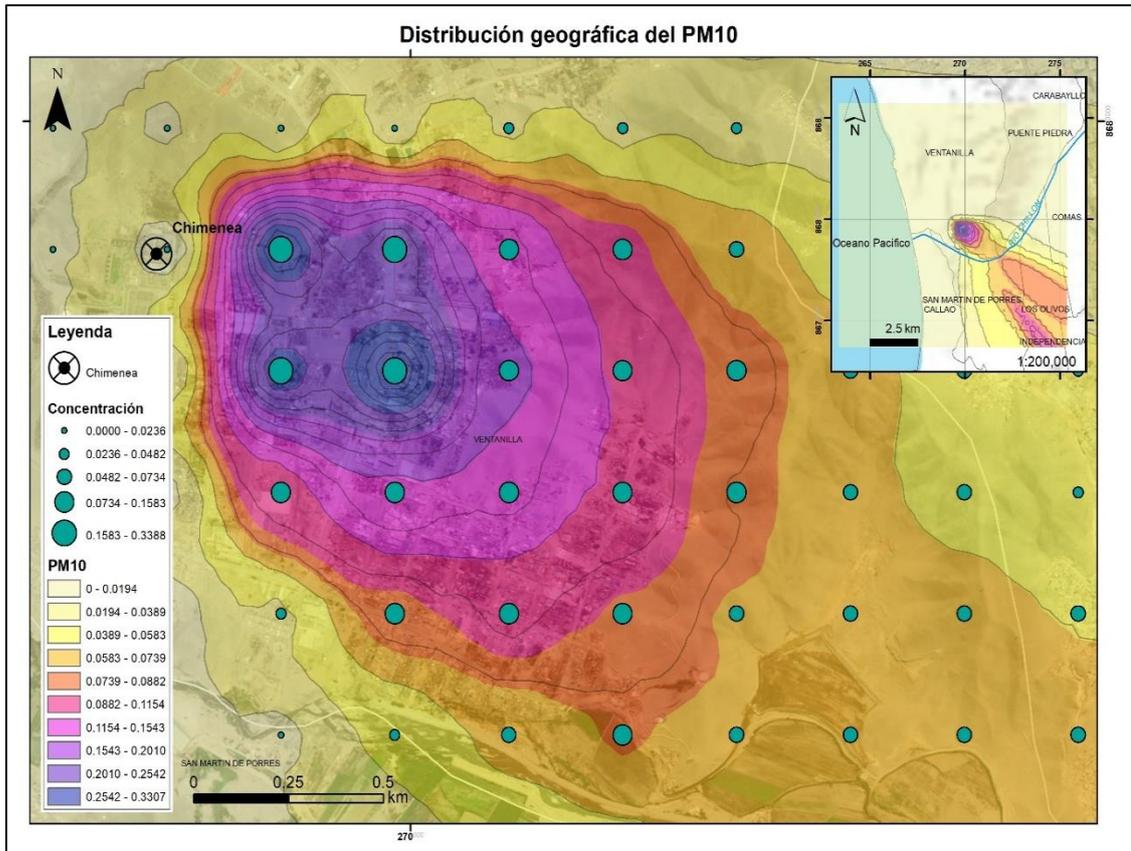


Figura 13. Diagrama de dispersión de PM₁₀, 10 de mayo del 2017 (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 13 se observa que la dispersión de las Partículas (PM₁₀) tiene una dirección al sureste (SE) de la chimenea; además se aprecia que a una distancia aproximada de 1.7 km de la fuente de emisión, las concentraciones de PM₁₀ varían de 0.0 µg/m³ a 0.0739 µg/m³, tal y como se muestran en las isolíneas.

La dirección de la dispersión de los gases y partículas nos arrojó al sureste de la chimenea, totalmente contrario a la dirección de viento predominante registrado en la estación meteorología tomado en tierra (suroeste), esto se dio por la influencia de la dirección predominante tomada por radio sonda, la cual nos brinda datos

meteorológicos desde la superficie hasta la estratosfera y como es el comportamiento de la atmósfera.

En los puntos receptores de los gases y partículas, las concentraciones en ningún momento superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, establecidos en el D.S 003.-2017-MIMAN.

CONCLUSIONES

El método utilizado en la determinación de NO_x y CO fue de acuerdo a la directriz CTM-030 - *Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers* de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), utilizando un analizador de gases de combustión automático TESTO 350, obteniendo una concentración de 58.16 mg/Nm³ de NO_x y 19.28 mg/Nm³ de CO; para la determinación de SO₂ se realizó mediante el Método 6 de la EPA, *Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources*, obteniendo como resultado una concentración de 3.66 mg/Nm³; y la concentración de partículas (PM₁₀) mediante el Método 5 de la EPA, *Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary Sources*, cuya concentración fue de 4.84 mg/Nm³.

La rosa de viento arrojó como resultado, una dirección de viento predominante al suroeste (SO), con un rango de velocidad entre 0.9 m/s a 4.5 m/s y una velocidad promedio de 2.2 m/s; además la temperatura varió entre los 20.3 °C a 23.4 °C, con un promedio de 23.4 °C, la humedad relativa

varió entre 57 % a 88.0% con un promedio de 70.3 % y una radiación promedio de 219 w/m² sin registro de precipitaciones.

La simulación de dispersión realizada por el software AERMOD, mostraron que los niveles de concentración de los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂) y Partículas (PM₁₀) emitidas por chimenea TG-34 de la central térmica Ventanilla, no sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, establecidos en el D.S 003.-2017-MIMAN; y que la concentración promedio más alta, alcanzados en una hora, se encuentran a 0.6 km de la fuente de emisión.

RECOMENDACIONES

Este estudio podría contribuir a la gestión ambiental de la calidad de aire de la Empresa Enel Generaciones S.A.A, haciendo más fuerte su responsabilidad ambiental y social establecida en su misión institucional.

Es preferible que se realice la simulación con el software AERMOD, con datos de monitoreo de emisiones y meteorológicos por varios meses, ya que el comportamiento de la atmosfera varía en ciertas temporadas del año, para tener resultados más precisos.

Un estudio realizado con datos anteriores (concentración de emisiones, meteorología y datos de la fuente de emisión), podría compararse con los resultados obtenidos, visualizar el comportamiento de las concentraciones de las emisiones en el ambiente y verificar si anteriormente no perjudicaba a los puntos receptores.

Para validar los resultados arrojados por el modelo AERMOD, se recomienda ejecutar un monitoreo de calidad de aire en las coordenadas donde existe mayor nivel de concentración de los gases y partículas de estudio.

Se recomienda a las autoridades de los diferentes sectores, establecer como un requisito legal para el funcionamiento de diferentes industrias, un estudio de la simulación de sus emisiones mediante modelos de dispersión validados, para saber si van a afectar o causar un impacto significativo al ambiente o a la salud.

Después de haber ejecutado el modelo AERMOD, el cual representa en forma confiable la dispersión de los contaminantes de chimeneas industriales, se recomienda utilizar la última versión del software, ya que se facilitaría el ingreso de la información.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (Junio de 2012). Resumen de Salud Pública. Estados Unidos. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.pdf
- Arrieta, A. (Julio - Diciembre de 2016). Dispersión de material particulado (PM10), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 43 - 54.
- Blanco, L. (Octubre de 2003). *Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda*. (G. U. Grupo Especializado en Aire, Ed.) Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/blancol.pdf>
- Camilloni, I., & Vera, C. (2007). *Ciencias Naturales: La Atmósfera*. Brasil.
- Carnicer, J. (2007). *Contaminación Atmosférica*.
- Casquete, J. (2017). *Aplicación del modelo Aermod View para la evaluación de la dispersión geográfica de los contaminantes atmosféricos emitidos por las actividades de fundición de plomo*. Tesis previo a la obtención del título de magister en gestión ambiental, Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- CEPIS. (2002). *Conceptos básicos sobre la meteorología de la contaminación del aire*. Lima, Perú. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/meteoro/frame_m.html
- Cifuentes, L., Krupnick, A., O'Ryan, R., & Toman, M. (Octubre de 2005). *Urban air quality and human health in Latin America and the Caribbean*. Washington, D.C., Estados Unidos. Obtenido de <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/5/22145/Cifuentes%20et%20al.%20reporte%20-%20IADB.pdf>

- Contreras, H., Carrera, W., Meneses, E., & López, I. (24 de Octubre de 2016). Evaluación de la calidad del aire de la generación eléctrica de los grupos electrógenos en la provincia de Sancti Spiritus. *Revista Cubana de Meteorología*, 22(2), 126-140.
- Cuadrat, J., & Pita, F. (2011). *Climatología*. Madrid, España: Ediciones Cátedra.
- Davis Instruments Corp. (29 de Mayo de 2012). *Manual de la consola*. Hayward. Obtenido de http://www.davisnet.com/product_documents/weather/manuals/07395-240_IM_06312.pdf
- De Nerves, N. (1998). *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. España: MC Graw Hill.
- Doménech, X. (2000). *El impacto ambiental de los residuos*. Madrid, España: Miraguano, S.A Ediciones. Obtenido de <https://es.slideshare.net/SashaMendietaMilla/quimica-ambiental-el-impacto-ambiental-de-los-residuos-xavier-domenech>
- Gibson, M., Kundu, S., & Satish, M. (21 de Febrero de 2013). Dispersion model evaluation of PM2.5, NOx, and SO2 from point and major line sources in Nova Scotia, Canada using AERMOD Gaussian plume air dispersion model. *Atmospheric Pollution Research*, 4(2013), 157-167. doi:10.5094/APR.2013.016
- Green, J., & Sánchez, S. (Mayo de 2013). La calidad del aire en América Latina: Una visión panorámica. (Edición 2012). Washington, D.C, Estados Unidos.
- Lopez, C. (2007). *Diagnóstico de las centrales termoelectricas en colombia y evaluación de alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la norma de emisión de fuentes fijas*. Tesis para optar por el título de Ingeniera Ambiental y Sanitario, Universidad La Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.
- Merino, R. (2014). *Evaluación de la dispersión de los contaminantes atmosféricos CO, SO2 y NOx producto del desarrollo de actividades industriales del Cantón Rumiñahui provincia de Pichincha*. Tesis para la obtención del título de Ingeniería en Biotecnología, Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la vida y la Agricultura, Sangolquí.

- Ministerio del Ambiente. (7 de Junio de 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. *Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM*. Perú.
- Ohio Environmental Protection Agency. (2017). *Emission Inventory System*. Columbus. Obtenido de <http://epa.ohio.gov/dapc/aqmp/eiu/eis.aspx#126027053-mobile-sources>
- Organización Mundial de la Salud. (Setiembre de 2016). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Obtenido de Notas Descriptivas: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Organizacion Mundial de la Salud. (10 de Enero de 2018). Importante acuerdo de colaboración entre el ONU Medio Ambiente y la OMS sobre los riesgos sanitarios de origen ambiental. Obtenido de Comunicado de Prensa: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2018/environmental-health-collaboration/es/>
- Parker, A. (2001). *Contaminación del aire por la industria*. Barcelona, España: Reverté S.A.
- Perdiz, J. (2016). *Modelado y simulación de la dispersión de contaminantes en la pluma de una chimenea por el método de dispersión gaussiano, en la Universidad Nacional de Trujillo*. Tesis para optar el grado de maestro en mención en Ingeniería Química Ambiental, Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Postgrado, Trujillo.
- Piñeros, L., & Rodriguez, D. (2008). *Aplicación del modelo ISC AERMOD para determinar los niveles de incumplimiento de la norma de calidad del aire para material particulado (PM10), en el sector industrial de patio bonito en el Municipio de Nemocon (Cundinamarca)*. Tesis para optar el grado de título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Bogota D.C.
- Sánchez, D., & Wilcken, D. (2016). *Evaluación de tres modelos de micro-escala (AERMOD, CALINE4 y R-LINE) en su aplicación a las vías principales de la ciudad de Bogotá*. Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Bogota D.C.

- Sibaja, J. (2014). *Aplicación del modelo Aermód para determinar los niveles de calidad de aire para contaminantes atmosféricos*. Tesis para optar el grado de Maestría en gestión y estudios ambientales, Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Química, Heredia.
- Silva, A., & Arcos, D. (28 de Abril de 2011). Aplicación del programa AERMOD para modelar dispersión de PM10 emitido por equipos de calefacción a leña en la ciudad de Constitución,. *Obras y Proyectos*, 4-10.
- Testo S.A. (s.f.). Manual de Instrucciones: Testo 350 - Analizador de gases de combustión. España. Obtenido de <https://media.testo.com/media/7e/44/8ed9dd44e6e2/testo-350-Manual-de-instrucciones.pdf>
- Thé, J., Thé, C., & Johnson, M. (2016). *Wrplot View User Guide*. Waterloo, Canada: Lakes Environmental Software.
- United States Environmental Protection Agency , EPA. (2015). Obtenido de <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models>
- Vidal, O., & Pérez, A. (08 de Noviembre de 2017). Estimación de la dispersión de contaminantes Atmosféricos emitidos por una industria papelera mediante el modelo Aermód. *Revista Ingeniería*, 23(1), 31 - 47.

ANEXOS

Anexo 1: Mapas de la distribución geográfica de las emisiones generadas por la chimenea TG-34 Central Térmica Ventanilla.

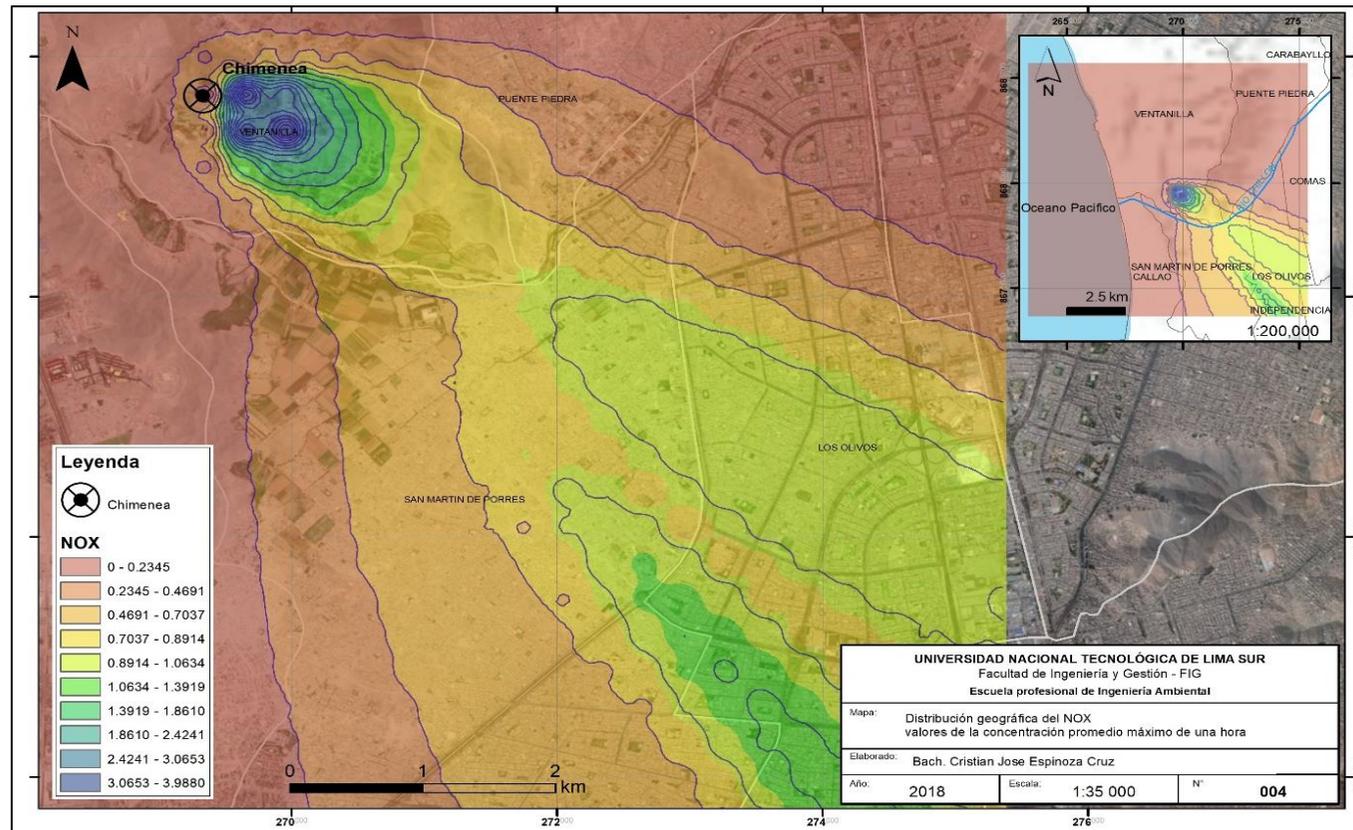


Figura 14. Mapa de distribución geográfica de los Óxidos Nitrógenos (NO_x) (Fuente: Elaboración propia)

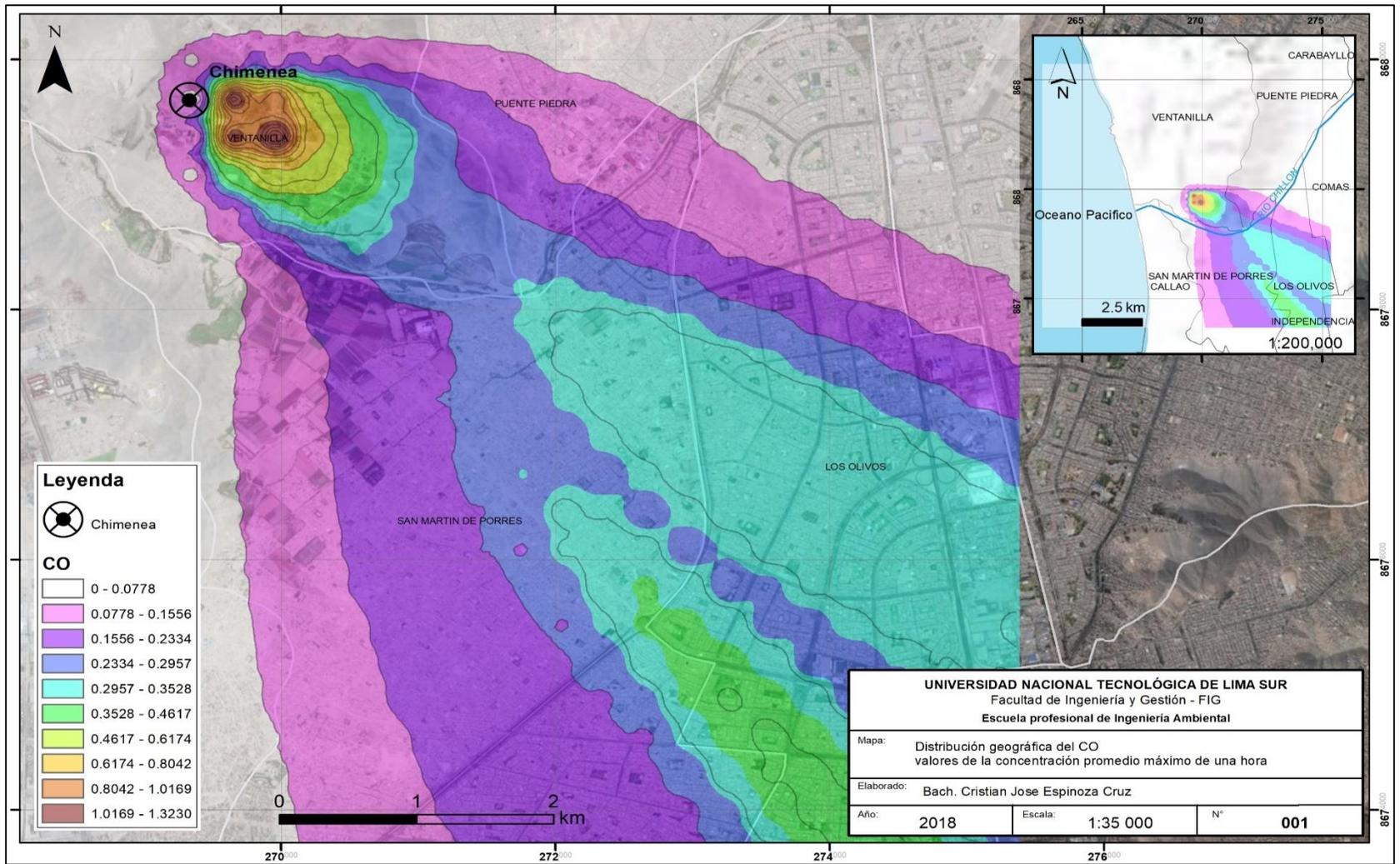


Figura 15. Mapa de distribución geográfica del Monóxido de Carbono (CO) (Fuente: Elaboración propia)

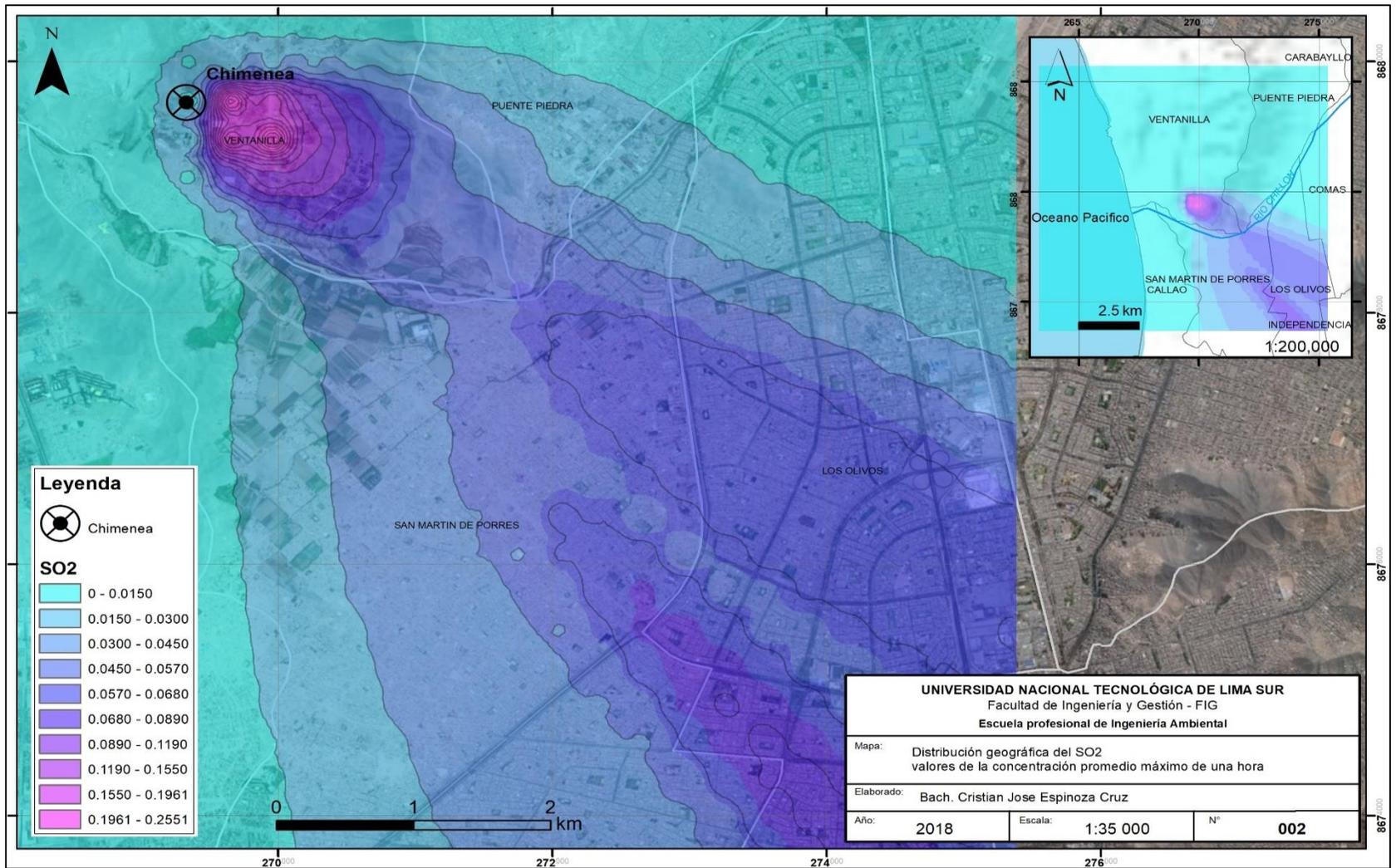


Figura 16. Mapa de distribución geográfica del Dióxido de Azufre (SO₂) (Fuente: Elaboración propia)

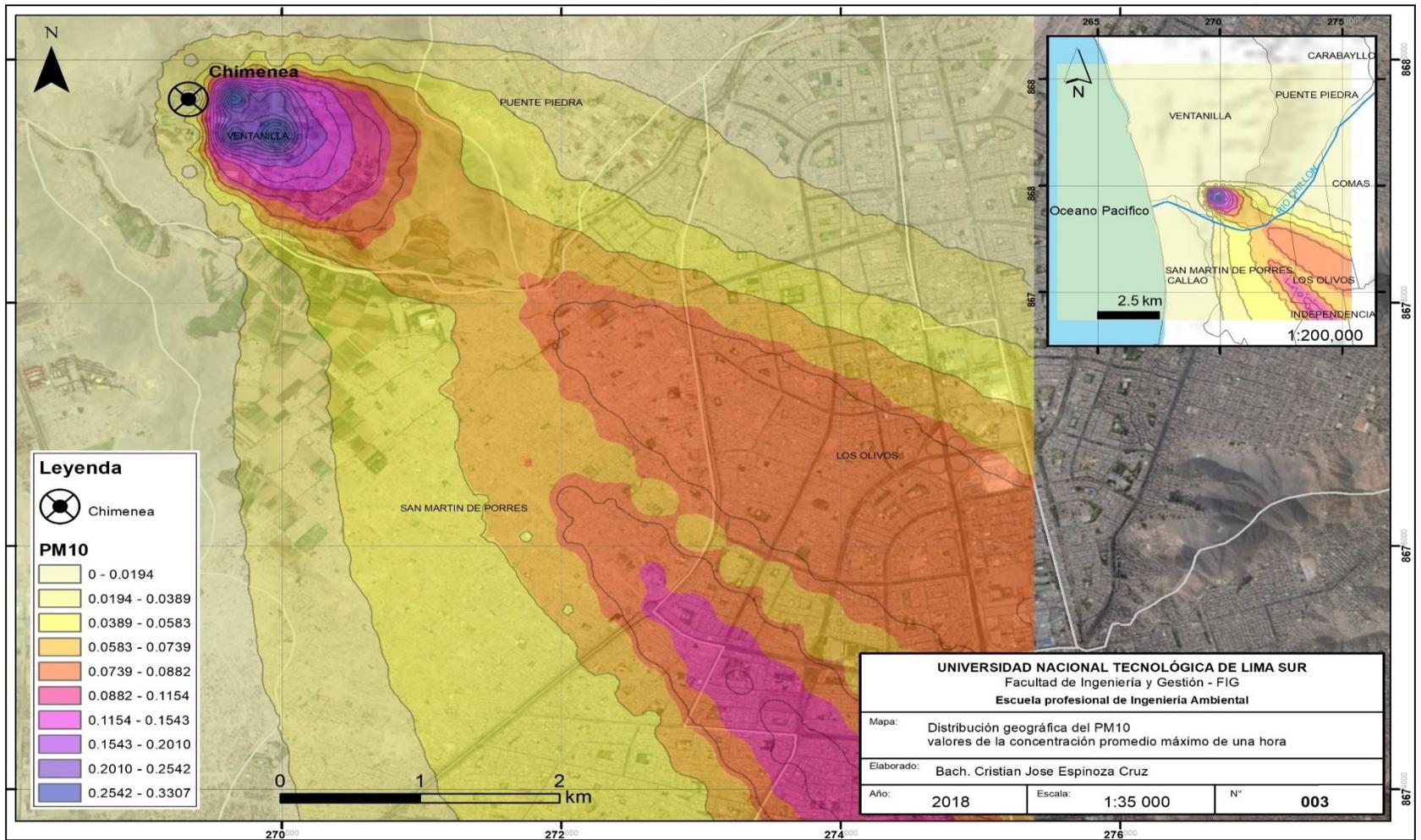


Figura 17. Mapa de distribución geográfica de Partículas (PM₁₀) (Fuente: Elaboración propia)

Anexo 2: Descripción meteorológica de la zona de estudio

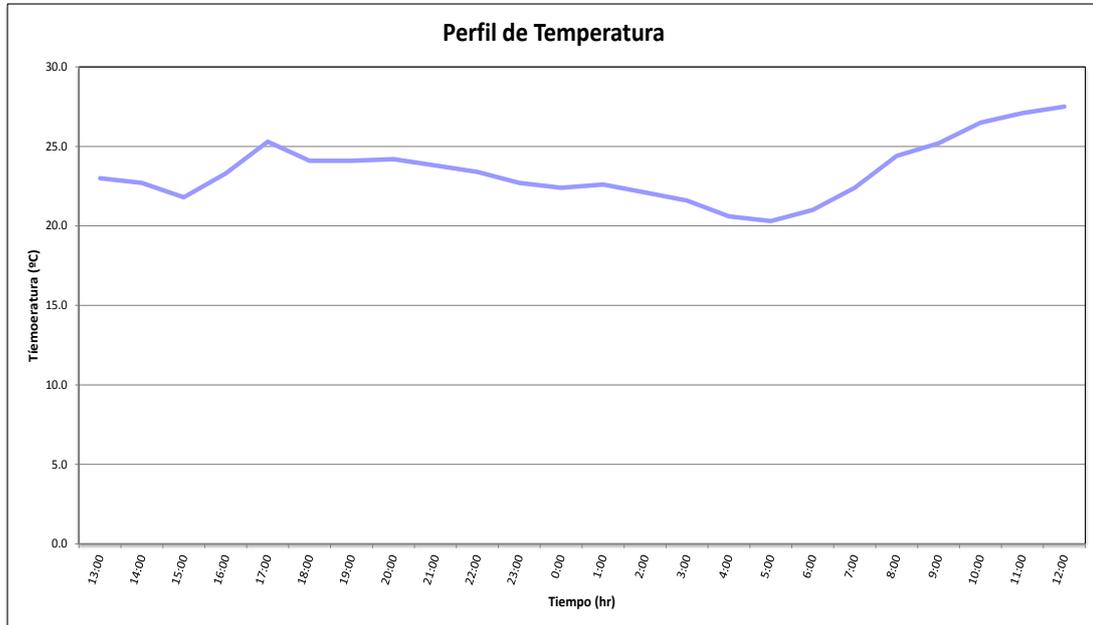


Figura 18. Comportamiento de la temperatura (°C) (Fuente: Elaboración propia)

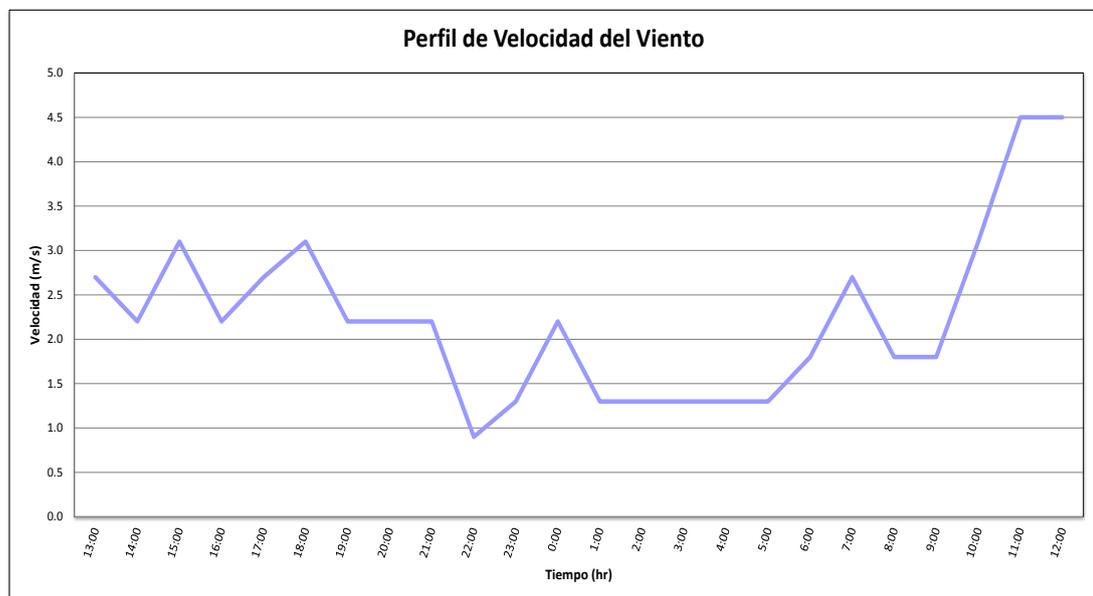


Figura 19. Comportamiento de la velocidad de viento (m/s) (Fuente: Elaboración propia)

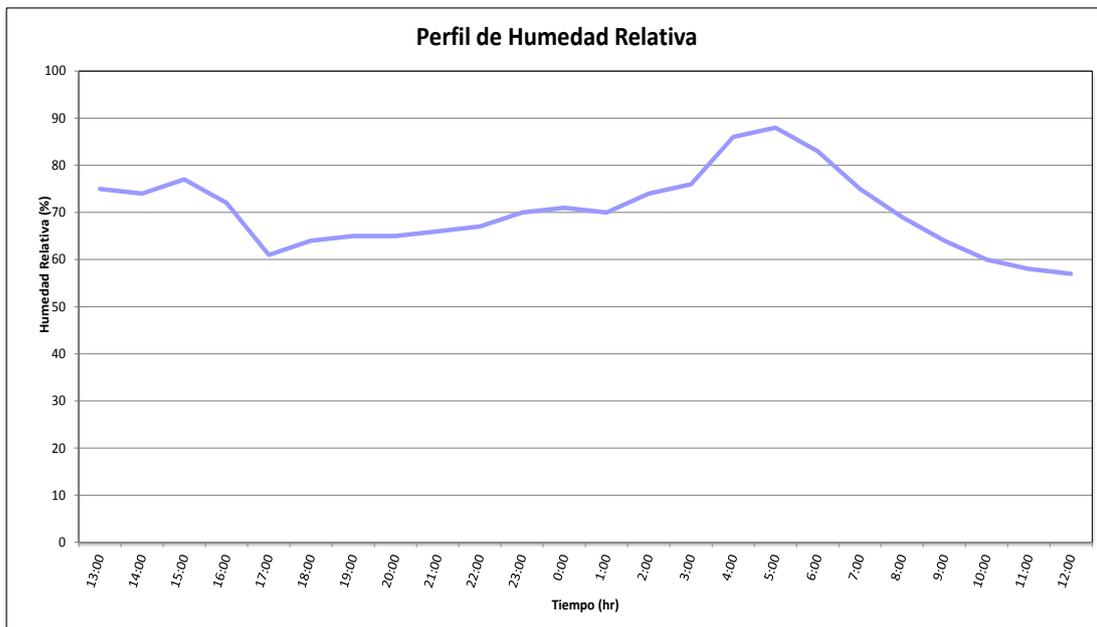


Figura 20. Comportamiento de la humedad relativa (%) (Fuente: Elaboración propia)

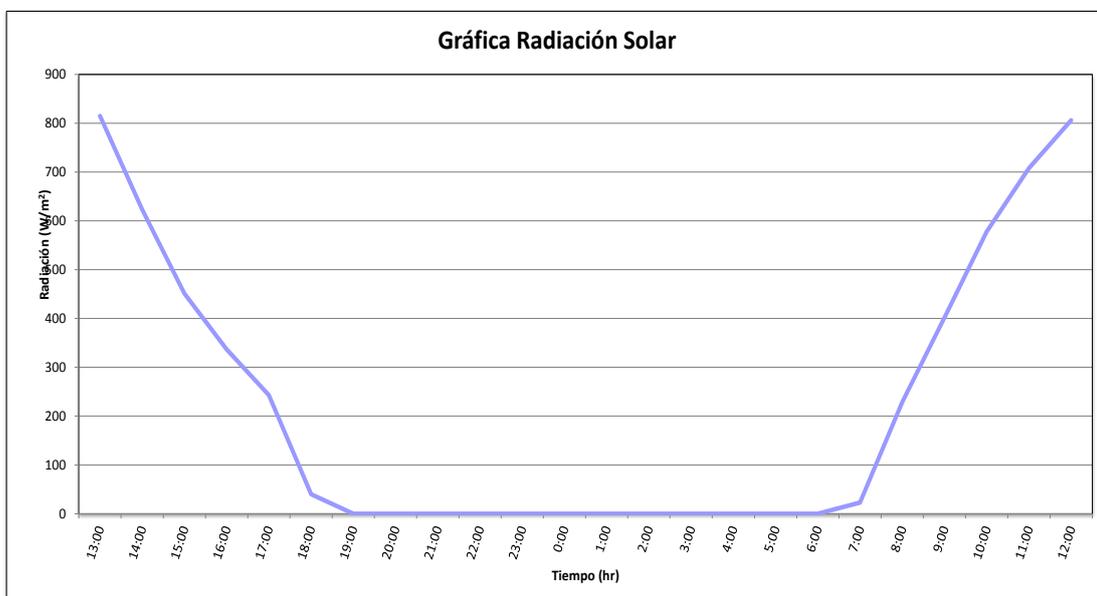


Figura 21. Comportamiento de la radiación solar (w/m2) (Fuente: Elaboración propia)

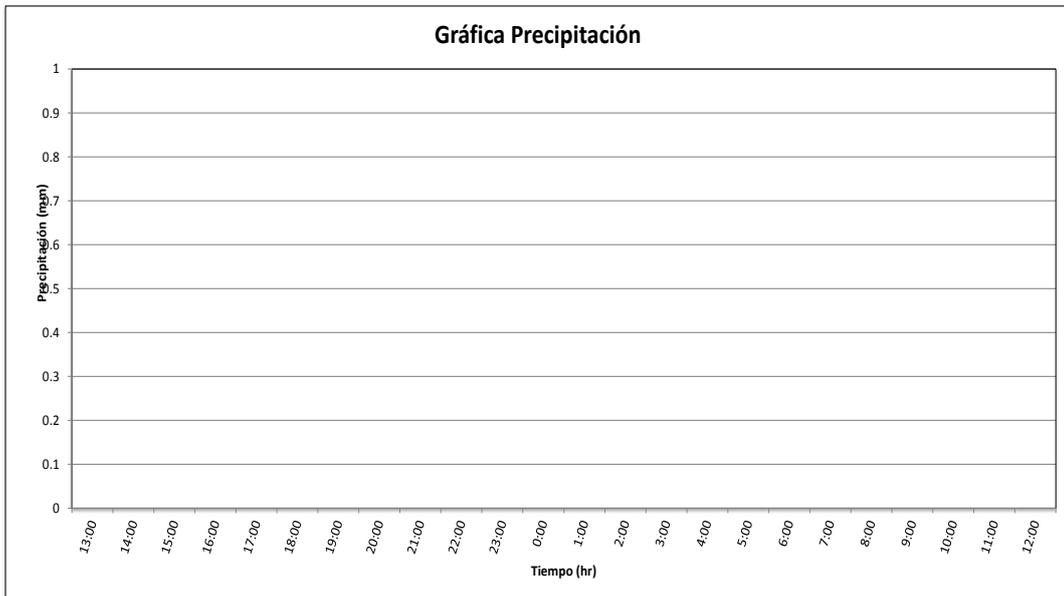


Figura 22. Comportamiento de la precipitación (mm) (Fuente: Elaboración propia)

Anexo 3: Fotografías de monitoreo de las emisiones de la chimenea TG-34 y meteorología de la Central Térmica Ventanilla

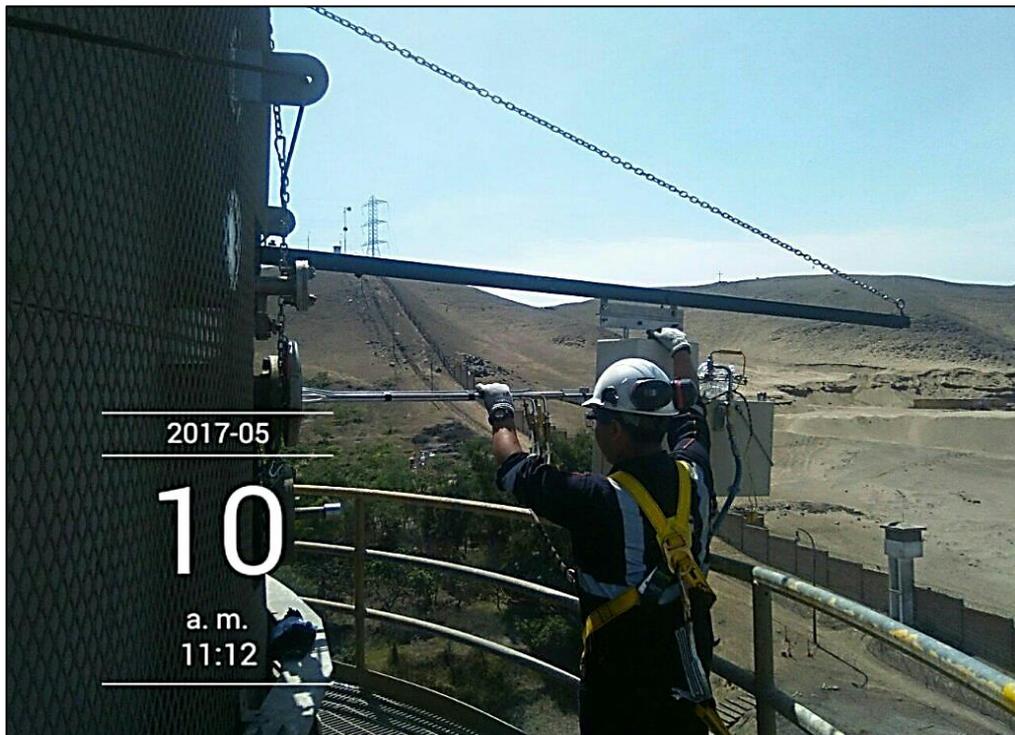


Figura 23. Monitoreo de PM₁₀ y SO₂ con el equipo isocinético (Fuente: Elaboración propia)



Figura 24. Vista cerrada del monitoreo de PM₁₀ y SO₂ con el equipo isocinético (Fuente: Elaboración propia)



Figura 25. Monitoreo simultaneo de emisiones con el equipo isocinético y analizador automático de gases (TESTO 350) (Fuente: Elaboración propia)

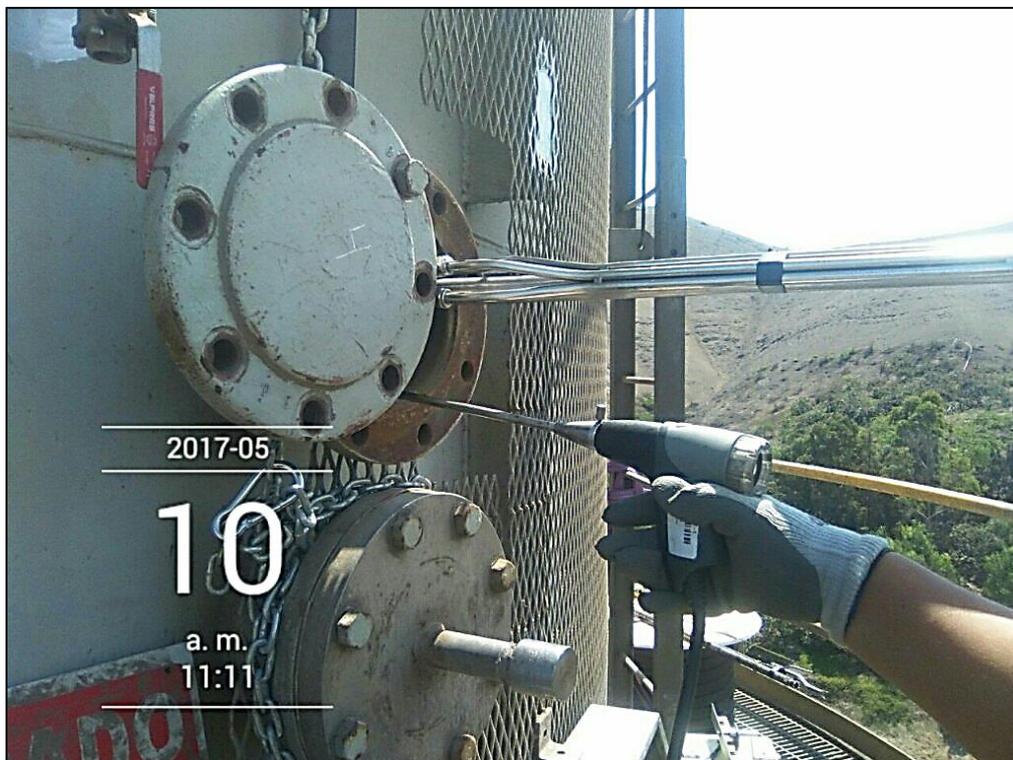


Figura 26. Vista cerrada del monitoreo simultaneo de emisiones con el equipo isocinético y analizador automático de gases (TESTO 350) (Fuente: Elaboración propia)



Figura 27. Monitoreo de la meteorología en la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Anexo 4: Archivos o datos de entrada del procesador AERMOD

```

** To run the example, copy the AERTEST.INP file to AERMOD.INP and type:
**
** AERMOD
**
** The results for this example problem are provided in file AERMOD.OUT.
** SOURCE IDs: DEFINING SOURCE GROUPS ***
-----
SRCGROUP ID          SOURCE IDs
-----
CO STARTING
TITLEONE Enel en Ventanilla NOX
MODELOPT CONC ELEV
AVERTIME 1 24
POLLUTID NOX
RUNORNOT RUN
ERRORFIL ERRORS.OUT
**MODELOPTS: CONC ELEV RURAL
CO FINISHED
*** GRIDDED RECEPTOR NETWORK SUMMARY ***
SO STARTING
ELEVUNIT METERS
** Central termica Enel
**
** LOCATION STACK1 POINT 269359.3 8679684.0 135.0
**
** Point Source QS HS TS VS DS
** Parameters:
SRCPARAM STACK1 4.22 50.00 368. 05.0 5.
263359.0, 263659.0, 263959.0, 264259.0, 264559.0, 264859.0, 265159.0, 265459.0, 265759.0, 266059.0,
266359.0, 266659.0, 266959.0, 267259.0, 267559.0, 267859.0, 268159.0, 268459.0, 268759.0, 269059.0,
269359.0, 269659.0, 269959.0, 270259.0, 270559.0, 270859.0, 271159.0, 271459.0, 271759.0, 272059.0,
272359.0, 272659.0, 272959.0, 273259.0, 273559.0, 273859.0, 274159.0, 274459.0, 274759.0, 275059.0,
275359.0,
SRCGROUP ALL
SO FINISHED
*** X-COORDINATES OF GRID ***
(METERS)
RE STARTING
RE GRIDCARD unte STA
XYINC 263359 41 300 8673684 41 300
RE GRIDCARD unte END
8673684.0, 8673984.0, 8674284.0, 8674584.0, 8674884.0, 8675184.0, 8675484.0, 8675784.0, 8676084.0, 8676384.0,
8676684.0, 8676984.0, 8677284.0, 8677584.0, 8677884.0, 8678184.0, 8678484.0, 8678784.0, 8679084.0, 8679384.0,
8679684.0, 8679984.0, 8680284.0, 8680584.0, 8680884.0, 8681184.0, 8681484.0, 8681784.0, 8682084.0, 8682384.0,
8682684.0, 8682984.0, 8683284.0, 8683584.0, 8683884.0, 8684184.0, 8684484.0, 8684784.0, 8685084.0, 8685384.0,
8685684.0,
*** Y-COORDINATES OF GRID ***
(METERS)

```

Figura 28. Archivos o datos de entrada AERMOD de NO_x

```

** To run the example, copy the AERTEST.INP file to AERMOD.INP and type:
**
** AERMOD
**
** The results for this example problem are provided in file AERMOD.OUT.
** SOURCE IDs: DEFINING SOURCE GROUPS ***
-----
SRCGROUP ID          SOURCE IDs
-----
CO STARTING
TITLEONE Enet en Ventanilla CO
MODELOPT CONC ELEV
AVERTIME 1 8
POLLUTID CO
RUNORNOT RUN
ERRORFIL ERRORS.OUT
**MODELOPTS: CONC ELEV RURAL
CO FINISHED
*** GRIDDED RECEPTOR NETWORK SUMMARY ***
SO STARTING
ELEVUNIT METERS
** Central termica Enel
**
** LOCATION STACK1 POINT 269359.3 8679684.0 135.0
**
** Point Source QS HS TS VS DS
** Parameters:
SRCPARAM STACK1 1.40 50.00 368. 05.0 5.
263359.0, 263659.0, 263959.0, 264259.0, 264559.0, 264859.0, 265159.0, 265459.0, 265759.0, 266059.0,
266359.0, 266659.0, 266959.0, 267259.0, 267559.0, 267859.0, 268159.0, 268459.0, 268759.0, 269059.0,
269359.0, 269659.0, 269959.0, 270259.0, 270559.0, 270859.0, 271159.0, 271459.0, 271759.0, 272059.0,
272359.0, 272659.0, 272959.0, 273259.0, 273559.0, 273859.0, 274159.0, 274459.0, 274759.0, 275059.0,
275359.0,
SRCGROUP ALL
SO FINISHED
*** X-COORDINATES OF GRID ***
(METERS)
RE STARTING
RE GRIDCARD unte STA
XYINC 263359 41 300 8673684 41 300
RE GRIDCARD unte END
8673684.0, 8673984.0, 8674284.0, 8674584.0, 8674884.0, 8675184.0, 8675484.0, 8675784.0, 8676084.0, 8676384.0,
8676684.0, 8676984.0, 8677284.0, 8677584.0, 8677884.0, 8678184.0, 8678484.0, 8678784.0, 8679084.0, 8679384.0,
8679684.0, 8679984.0, 8680284.0, 8680584.0, 8680884.0, 8681184.0, 8681484.0, 8681784.0, 8682084.0, 8682384.0,
8682684.0, 8682984.0, 8683284.0, 8683584.0, 8683884.0, 8684184.0, 8684484.0, 8684784.0, 8685084.0, 8685384.0,
8685684.0,
*** Y-COORDINATES OF GRID ***
(METERS)

```

Figura 29. Archivos o datos de entrada AERMOD de CO

```

** To run the example, copy the AERTEST.INP file to AERMOD.INP and type:
**
** AERMOD
**
** The results for this example problem are provided in file AERMOD.OUT.
*** SOURCE IDs DEFINING SOURCE GROUPS ***
-----
SRCGROUP ID          SOURCE IDs
-----
CO STARTING
TITLEONE Enet en Ventanilla SO2
MODELOPT CONC ELEV
AVERTIME 1 24
POLLUTID SO2
RUNORNOT RUN
ERRORFIL ERRORS.OUT
CO FINISHED
*** GRIDDED RECEPTOR NETWORK SUMMARY ***
SO STARTING
ELEVUNIT METERS
** Central termica Enel
**
** X-COORDINATES OF GRID ***
(METERS)
LOCATION STACK1 POINT 269359.3 8679684.0 135.0
** Point Source QS HS TS VS DS 263359.0, 263659.0, 263959.0, 264259.0, 264559.0, 264859.0, 265159.0, 265459.0, 265759.0, 266059.0,
** Parameters: -----
SRCPARAM STACK1 0.27 50.00 368. 05.0 5.
266359.0, 266659.0, 266959.0, 267259.0, 267559.0, 267859.0, 268159.0, 268459.0, 268759.0, 269059.0,
269359.0, 269659.0, 269959.0, 270259.0, 270559.0, 270859.0, 271159.0, 271459.0, 271759.0, 272059.0,
272359.0, 272659.0, 272959.0, 273259.0, 273559.0, 273859.0, 274159.0, 274459.0, 274759.0, 275059.0,
275359.0,
SRCGROUP ALL
SO FINISHED
*** Y-COORDINATES OF GRID ***
(METERS)
RE STARTING
8673684.0, 8673984.0, 8674284.0, 8674584.0, 8674884.0, 8675184.0, 8675484.0, 8675784.0, 8676084.0, 8676384.0,
8676684.0, 8676984.0, 8677284.0, 8677584.0, 8677884.0, 8678184.0, 8678484.0, 8678784.0, 8679084.0, 8679384.0,
8679684.0, 8679984.0, 8680284.0, 8680584.0, 8680884.0, 8681184.0, 8681484.0, 8681784.0, 8682084.0, 8682384.0,
8682684.0, 8682984.0, 8683284.0, 8683584.0, 8683884.0, 8684184.0, 8684484.0, 8684784.0, 8685084.0, 8685384.0,
8685684.0,
RE GRIDCART unte STA
XYINC 263359 41 300 8673684 41 300
RE GRIDCART unte END

```

Figura 30. Archivos o datos de entrada AERMOD de SO₂

```

** To run the example, copy the AERTEST.INP file to AERMOD.INP and type:
**
** AERMOD
**
** The results for this example problem are provided in file AERMOD.OUT.
*** SOURCE IDs DEFINING SOURCE GROUPS ***
-----
SRCGROUP ID          SOURCE IDs
-----
CO STARTING
TITLEONE Enet en Ventanilla
MODELOPT CONC ELEV
AVERTIME 1 24
POLLUTID PM10
RUNORNOT RUN
ERRORFIL ERRORS.OUT
CO FINISHED
*** GRIDDED RECEPTOR NETWORK SUMMARY ***
SO STARTING
ELEVUNIT METERS
** Central termica Enel
**
** X-COORDINATES OF GRID ***
(METERS)
LOCATION STACK1 POINT 269359.3 8679684.0 135.0
** Point Source QS HS TS VS DS 263359.0, 263659.0, 263959.0, 264259.0, 264559.0, 264859.0, 265159.0, 265459.0, 265759.0, 266059.0,
** Parameters: -----
SRCPARAM STACK1 0.35 50.00 368. 05.0 5.
266359.0, 266659.0, 266959.0, 267259.0, 267559.0, 267859.0, 268159.0, 268459.0, 268759.0, 269059.0,
269359.0, 269659.0, 269959.0, 270259.0, 270559.0, 270859.0, 271159.0, 271459.0, 271759.0, 272059.0,
272359.0, 272659.0, 272959.0, 273259.0, 273559.0, 273859.0, 274159.0, 274459.0, 274759.0, 275059.0,
275359.0,
SRCGROUP ALL
SO FINISHED
*** Y-COORDINATES OF GRID ***
(METERS)
RE STARTING
8673684.0, 8673984.0, 8674284.0, 8674584.0, 8674884.0, 8675184.0, 8675484.0, 8675784.0, 8676084.0, 8676384.0,
8676684.0, 8676984.0, 8677284.0, 8677584.0, 8677884.0, 8678184.0, 8678484.0, 8678784.0, 8679084.0, 8679384.0,
8679684.0, 8679984.0, 8680284.0, 8680584.0, 8680884.0, 8681184.0, 8681484.0, 8681784.0, 8682084.0, 8682384.0,
8682684.0, 8682984.0, 8683284.0, 8683584.0, 8683884.0, 8684184.0, 8684484.0, 8684784.0, 8685084.0, 8685384.0,
8685684.0,
RE GRIDCART unte STA
XYINC 263359 41 300 8673684 41 300
RE GRIDCART unte END

```

Figura 31. Archivos o datos de entrada AERMOD de PM₁₀

Anexo 5: Archivos o datos de entrada del procesador AERMET

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
99999	2017	5	9	1	9999	9999	1010	23.0	12.8	075	991	248	2.7	11.3	1372	20009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	2	9999	9999	1010	22.7	12.8	074	991	248	2.2	11.3	1524	20009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	3	9999	9999	1010	21.8	12.2	077	990	248	3.1	11.3	2438	20009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	4	9999	9999	1010	23.3	12.2	072	990	225	2.2	11.3	3353	20009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	5	9999	9999	1010	25.3	8.3	061	992	225	2.7	11.3	975	20009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	6	9999	9999	1010	24.1	7.2	064	994	180	3.1	11.3	1311	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	7	9999	9999	1010	24.1	3.3	065	995	180	2.2	11.3	1676	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	8	9999	9999	0909	24.2	.0	065	997	180	2.2	11.3	1829	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	9	9999	9999	0505	23.8	-3.9	066	1000	180	2.2	16.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	10	9999	9999	0000	23.4	-3.3	067	1001	180	0.9	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	11	9999	9999	0101	22.7	-5.0	070	1002	180	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	12	9999	9999	0101	22.4	-6.1	071	1002	180	2.2	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	13	9999	9999	0404	22.6	-8.3	070	1003	180	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	14	9999	9999	0606	22.1	-8.9	074	1004	158	1.3	32.2	1981	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	15	9999	9999	0505	21.6	-10.0	076	1005	135	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	16	9999	9999	0202	20.6	-9.4	086	1006	180	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	17	9999	9999	0000	20.3	-8.9	088	1007	180	1.3	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	18	9999	9999	0000	21.0	-8.3	083	1009	113	1.8	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	19	9999	9999	0000	22.4	-8.3	075	1010	113	2.7	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	20	9999	9999	0000	24.4	-8.3	069	1010	180	1.8	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	21	9999	9999	0000	25.2	-7.8	064	1011	203	1.8	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	22	9999	9999	0000	26.5	-7.8	060	1012	225	3.1	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	23	9999	9999	0000	27.1	-7.8	058	1013	225	4.5	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
99999	2017	5	9	24	9999	9999	0000	27.5	-7.2	057	1014	225	4.5	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	1	9999	9999	0000	-1.7	-6.7	069	1014	290	2.6	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	2	9999	9999	0000	-1.1	-6.7	066	1015	320	2.1	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	3	9999	9999	0000	-1.7	-7.2	066	1015	310	2.1	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	4	9999	9999	0000	-2.2	-7.2	069	1015	000	.0	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	5	9999	9999	0000	-3.9	-6.7	081	1015	000	.0	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	6	9999	9999	0000	-3.9	-6.7	081	1016	000	.0	16.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	7	9999	9999	0201	-5.0	-6.7	088	1016	140	2.1	16.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	8	9999	9999	0401	-4.4	-6.1	088	1017	000	.0	11.3	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	9	9999	9999	0501	-2.2	-4.4	085	1016	000	.0	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	10	9999	9999	0701	2.8	-5.6	055	1017	330	2.1	32.2	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	11	9999	9999	0500	5.0	-6.1	045	1017	170	2.1	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0
13722	1990	1	2	12	9999	9999	0700	6.1	-6.7	040	1017	200	4.1	24.1	77777	00009999	99999	99999	99999	0	0

Figura 32. Archivo meteorológico en el procesador AERMET

254	12	9	MAY	2017	13	1145	5	6020	4391	46	-164	99999	99999	254	11	10	MAY	2017	13	1124	6	869	13737	99999	99999	355	144
1	99999	84628	12.005	77.12W	13	1145	5	5250	5482	-47	-70	99999	99999	1	99999	84628	12.005	77.12W	13	1124	5	840	17565	-779	-889	99999	99999
2	200	500	936	142	99999	3	6	5247	5486	99999	99999	30	5	2	200	632	900	131	99999	3	6	823	17678	99999	99999	295	175
3		SP1M			99999	ms	4	5000	5880	-61	-78	25	57	3		SP1M			99999	ms	5	795	17878	-794	-904	99999	99999
9	10110	13	188	171	180	21	5	4920	6005	-73	-84	99999	99999	9	10130	13	226	178	85	57	6	781	17983	99999	99999	250	232
5	10100	21	228	168	99999	99999	6	4863	6096	99999	99999	35	46	5	10120	22	238	178	99999	99999	4	700	18610	-764	-914	250	113
5	10090	30	228	168	99999	99999	5	4830	6148	-77	-97	99999	99999	4	10000	123	224	154	115	57	6	666	18897	99999	99999	250	103
4	10000	106	218	171	170	36	5	4760	6261	-77	-126	99999	99999	5	9970	149	220	150	99999	99999	5	651	19030	-739	-919	99999	99999
6	9772	304	99999	99999	135	21	6	4675	6400	99999	99999	10	62	6	9792	304	99999	99999	125	21	5	637	19158	-695	-915	99999	99999
5	9750	323	188	160	99999	99999	5	4540	6626	-105	-135	99999	99999	5	9680	403	220	160	99999	99999	6	632	19202	99999	99999	240	113
6	9433	609	99999	99999	155	41	5	4510	6677	-107	-157	99999	99999	6	9454	609	99999	99999	210	5	5	630	19224	-697	-917	99999	99999
4	9250	778	172	150	190	15	6	4494	6705	99999	99999	25	57	4	9250	800	194	154	270	26	6	601	19507	99999	99999	220	82
5	9230	796	172	151	99999	99999	5	4470	6746	-87	-337	99999	99999	6	9128	914	99999	99999	295	26	5	586	19658	-665	-905	99999	99999
6	9104	914	99999	99999	320	31	5	4380	6903	-83	-413	99999	99999	6	8809	1219	99999	99999	325	57	6	571	19812	99999	99999	270	87
5	8940	1069	212	122	99999	99999	6	4319	7010	99999	99999	65	87	6	8502	1524	99999	99999	315	67	5	554	19996	-675	-905	99999	99999
5	8890	1117	212	112	99999	99999	6	4151	7315	99999	99999	80	82	4	8500	1526	158	131	325	57	6	543	20116	99999	99999	280	62
4	8500	1508	186	106	335	72	4	4000	7600	-139	-349	50	57	6	8200	1828	99999	99999	340	62	6	517	20421	99999	99999	280	36
5	8340	1678	176	127	99999	99999	6	3989	7620	99999	99999	65	67	5	8170	1859	144	114	99999	99999	4	500	20620	-637	-907	310	93
6	8186	1828	99999	99999	350	62	5	3870	7849	-159	-319	99999	99999	5	8060	1973	146	120	99999	99999	6	491	20726	99999	99999	340	57
5	8060	1960	168	18	99999	99999	6	3831	7924	99999	99999	30	57	5	7990	2046	152	110	99999	99999	6	468	21031	99999	99999	290	118
5	7930	2098	162	62	99999	99999	6	3677	8229	99999	99999	65	46	6	7908	2133	99999	99999	330	82	5	456	21186	-617	-897	99999	99999
6	7897	2133	99999	99999	335	72	5	3480	8639	-213	-533	99999	99999	5	7870	21											

Anexo 6: Resultados del procesador AERMOD

Y-COORD (METERS)	** CONC OF NOX IN MICROGRAMS/M**3 **				
	263359.00	263659.00	X-COORD (METERS) 263959.00	264259.00	264559.00
8685684.0	0.10537 (17050904)	0.10718 (17050904)	0.10898 (17050904)	0.11076 (17050904)	0.11251 (17050904)
8685384.0	0.10718 (17050904)	0.10908 (17050904)	0.11097 (17050904)	0.11284 (17050904)	0.11467 (17050904)
8685084.0	0.10898 (17050904)	0.11097 (17050904)	0.11294 (17050904)	0.11490 (17050904)	0.11682 (17050904)
8684784.0	0.11076 (17050904)	0.11284 (17050904)	0.11490 (17050904)	0.11694 (17050904)	0.11895 (17050904)
8684484.0	0.11251 (17050904)	0.11467 (17050904)	0.11682 (17050904)	0.11895 (17050904)	0.12104 (17050904)
8684184.0	0.11422 (17050904)	0.11646 (17050904)	0.11870 (17050904)	0.12091 (17050904)	0.12308 (17050904)
8683884.0	0.11588 (17050904)	0.11821 (17050904)	0.12052 (17050904)	0.12281 (17050904)	0.12506 (17050904)
8683584.0	0.11748 (17050904)	0.11989 (17050904)	0.12228 (17050904)	0.12464 (17050904)	0.12695 (17050904)
8683284.0	0.11901 (17050904)	0.12149 (17050904)	0.12396 (17050904)	0.12639 (17050904)	0.12876 (17050904)
8682984.0	0.12046 (17050904)	0.12301 (17050904)	0.12554 (17050904)	0.12803 (17050904)	0.13045 (17050904)
8682684.0	0.12182 (17050904)	0.12444 (17050904)	0.12703 (17050904)	0.12957 (17050904)	0.13203 (17050904)
8682384.0	0.12308 (17050904)	0.12575 (17050904)	0.12839 (17050904)	0.13098 (17050904)	0.13344 (17050904)
8682084.0	0.12423 (17050904)	0.12695 (17050904)	0.12964 (17050904)	0.13225 (17050904)	0.13475 (17050904)
8681784.0	0.12526 (17050904)	0.12803 (17050904)	0.13075 (17050904)	0.13339 (17050904)	0.13589 (17050904)
8681484.0	0.12617 (17050904)	0.12898 (17050904)	0.13172 (17050904)	0.13437 (17050904)	0.13687 (17050904)
8681184.0	0.12695 (17050904)	0.12979 (17050904)	0.13255 (17050904)	0.13521 (17050904)	0.13769 (17050904)
8680884.0	0.12760 (17050904)	0.13045 (17050904)	0.13323 (17050904)	0.13589 (17050904)	0.13844 (17050904)
8680584.0	0.12810 (17050904)	0.13097 (17050904)	0.13376 (17050904)	0.13642 (17050904)	0.13887 (17050904)
8680284.0	0.12847 (17050904)	0.13135 (17050904)	0.13414 (17050904)	0.13680 (17050904)	0.13923 (17050904)
8679984.0	0.12869 (17050904)	0.13157 (17050904)	0.13437 (17050904)	0.13702 (17050904)	0.13944 (17050904)
8679684.0	0.12876 (17050904)	0.13165 (17050904)	0.13445 (17050904)	0.13710 (17050904)	0.13951 (17050904)
8679384.0	0.12869 (17050904)	0.13157 (17050904)	0.13437 (17050904)	0.13702 (17050904)	0.13944 (17050904)
8679084.0	0.12847 (17050904)	0.13135 (17050904)	0.13414 (17050904)	0.13680 (17050904)	0.13923 (17050904)
8678784.0	0.12810 (17050904)	0.13097 (17050904)	0.13376 (17050904)	0.13642 (17050904)	0.13887 (17050904)
8678484.0	0.12760 (17050904)	0.13045 (17050904)	0.13323 (17050904)	0.13589 (17050904)	0.13836 (17050904)
8678184.0	0.12695 (17050904)	0.12979 (17050904)	0.13255 (17050904)	0.13521 (17050904)	0.13769 (17050904)
8677884.0	0.12617 (17050904)	0.12898 (17050904)	0.13172 (17050904)	0.13437 (17050904)	0.13687 (17050904)
8677584.0	0.12526 (17050904)	0.12803 (17050904)	0.13075 (17050904)	0.13339 (17050904)	0.13589 (17050904)
8677284.0	0.12423 (17050904)	0.12695 (17050904)	0.12964 (17050904)	0.13225 (17050904)	0.13475 (17050904)
8676984.0	0.12308 (17050904)	0.12575 (17050904)	0.12839 (17050904)	0.13098 (17050904)	0.13344 (17050904)

Figura 34. Resultados del procesador AERMOD - NO_x

Y-COORD (METERS)	** CONC OF CO IN MICROGRAMS/M**3 **				
	263359.00	263659.00	X-COORD (METERS) 263959.00	264259.00	264559.00
8685684.0	0.03496 (17050904)	0.03556 (17050904)	0.03616 (17050904)	0.03675 (17050904)	0.03733 (17050904)
8685384.0	0.03556 (17050904)	0.03619 (17050904)	0.03681 (17050904)	0.03743 (17050904)	0.03804 (17050904)
8685084.0	0.03615 (17050904)	0.03681 (17050904)	0.03747 (17050904)	0.03812 (17050904)	0.03876 (17050904)
8684784.0	0.03675 (17050904)	0.03743 (17050904)	0.03812 (17050904)	0.03880 (17050904)	0.03946 (17050904)
8684484.0	0.03733 (17050904)	0.03804 (17050904)	0.03876 (17050904)	0.03946 (17050904)	0.04015 (17050904)
8684184.0	0.03789 (17050904)	0.03864 (17050904)	0.03938 (17050904)	0.04011 (17050904)	0.04083 (17050904)
8683884.0	0.03844 (17050904)	0.03922 (17050904)	0.03998 (17050904)	0.04074 (17050904)	0.04149 (17050904)
8683584.0	0.03897 (17050904)	0.03977 (17050904)	0.04057 (17050904)	0.04135 (17050904)	0.04212 (17050904)
8683284.0	0.03948 (17050904)	0.04031 (17050904)	0.04112 (17050904)	0.04193 (17050904)	0.04272 (17050904)
8682984.0	0.03996 (17050904)	0.04081 (17050904)	0.04165 (17050904)	0.04248 (17050904)	0.04328 (17050904)
8682684.0	0.04041 (17050904)	0.04128 (17050904)	0.04214 (17050904)	0.04298 (17050904)	0.04380 (17050904)
8682384.0	0.04083 (17050904)	0.04172 (17050904)	0.04260 (17050904)	0.04345 (17050904)	0.04428 (17050904)
8682084.0	0.04121 (17050904)	0.04212 (17050904)	0.04301 (17050904)	0.04387 (17050904)	0.04470 (17050904)
8681784.0	0.04156 (17050904)	0.04247 (17050904)	0.04338 (17050904)	0.04425 (17050904)	0.04508 (17050904)
8681484.0	0.04186 (17050904)	0.04279 (17050904)	0.04370 (17050904)	0.04458 (17050904)	0.04541 (17050904)
8681184.0	0.04212 (17050904)	0.04306 (17050904)	0.04397 (17050904)	0.04486 (17050904)	0.04568 (17050904)
8680884.0	0.04233 (17050904)	0.04328 (17050904)	0.04420 (17050904)	0.04508 (17050904)	0.04590 (17050904)
8680584.0	0.04250 (17050904)	0.04345 (17050904)	0.04438 (17050904)	0.04526 (17050904)	0.04607 (17050904)
8680284.0	0.04262 (17050904)	0.04358 (17050904)	0.04450 (17050904)	0.04538 (17050904)	0.04619 (17050904)
8679984.0	0.04269 (17050904)	0.04365 (17050904)	0.04458 (17050904)	0.04546 (17050904)	0.04626 (17050904)
8679684.0	0.04272 (17050904)	0.04367 (17050904)	0.04460 (17050904)	0.04548 (17050904)	0.04628 (17050904)
8679384.0	0.04269 (17050904)	0.04365 (17050904)	0.04458 (17050904)	0.04546 (17050904)	0.04626 (17050904)
8679084.0	0.04262 (17050904)	0.04358 (17050904)	0.04450 (17050904)	0.04538 (17050904)	0.04619 (17050904)
8678784.0	0.04250 (17050904)	0.04345 (17050904)	0.04438 (17050904)	0.04526 (17050904)	0.04607 (17050904)
8678484.0	0.04233 (17050904)	0.04328 (17050904)	0.04420 (17050904)	0.04508 (17050904)	0.04590 (17050904)
8678184.0	0.04212 (17050904)	0.04306 (17050904)	0.04397 (17050904)	0.04486 (17050904)	0.04568 (17050904)
8677884.0	0.04186 (17050904)	0.04279 (17050904)	0.04370 (17050904)	0.04458 (17050904)	0.04541 (17050904)
8677584.0	0.04156 (17050904)	0.04247 (17050904)	0.04338 (17050904)	0.04425 (17050904)	0.04508 (17050904)
8677284.0	0.04121 (17050904)	0.04212 (17050904)	0.04301 (17050904)	0.04387 (17050904)	0.04470 (17050904)
8676984.0	0.04083 (17050904)	0.04172 (17050904)	0.04260 (17050904)	0.04345 (17050904)	0.04428 (17050904)

Figura 35. Resultados del procesador AERMOD - CO

Y-COORD (METERS)	** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3				
	X-COORD (METERS)				
	263359.00	263659.00	263959.00	264259.00	264559.00
8685684.0	0.00674 (17050904)	0.00686 (17050904)	0.00697 (17050904)	0.00709 (17050904)	0.00720 (17050904)
8685384.0	0.00686 (17050904)	0.00698 (17050904)	0.00710 (17050904)	0.00722 (17050904)	0.00734 (17050904)
8685084.0	0.00697 (17050904)	0.00710 (17050904)	0.00723 (17050904)	0.00735 (17050904)	0.00747 (17050904)
8684784.0	0.00709 (17050904)	0.00722 (17050904)	0.00735 (17050904)	0.00748 (17050904)	0.00761 (17050904)
8684484.0	0.00720 (17050904)	0.00734 (17050904)	0.00747 (17050904)	0.00761 (17050904)	0.00774 (17050904)
8684184.0	0.00731 (17050904)	0.00745 (17050904)	0.00759 (17050904)	0.00774 (17050904)	0.00787 (17050904)
8683884.0	0.00741 (17050904)	0.00756 (17050904)	0.00771 (17050904)	0.00786 (17050904)	0.00800 (17050904)
8683584.0	0.00752 (17050904)	0.00767 (17050904)	0.00782 (17050904)	0.00797 (17050904)	0.00812 (17050904)
8683284.0	0.00761 (17050904)	0.00777 (17050904)	0.00793 (17050904)	0.00809 (17050904)	0.00824 (17050904)
8682984.0	0.00771 (17050904)	0.00787 (17050904)	0.00803 (17050904)	0.00819 (17050904)	0.00835 (17050904)
8682684.0	0.00779 (17050904)	0.00796 (17050904)	0.00813 (17050904)	0.00829 (17050904)	0.00845 (17050904)
8682384.0	0.00787 (17050904)	0.00805 (17050904)	0.00821 (17050904)	0.00838 (17050904)	0.00854 (17050904)
8682084.0	0.00795 (17050904)	0.00812 (17050904)	0.00829 (17050904)	0.00846 (17050904)	0.00862 (17050904)
8681784.0	0.00801 (17050904)	0.00819 (17050904)	0.00837 (17050904)	0.00853 (17050904)	0.00869 (17050904)
8681484.0	0.00807 (17050904)	0.00825 (17050904)	0.00843 (17050904)	0.00860 (17050904)	0.00876 (17050904)
8681184.0	0.00812 (17050904)	0.00830 (17050904)	0.00848 (17050904)	0.00865 (17050904)	0.00881 (17050904)
8680884.0	0.00816 (17050904)	0.00835 (17050904)	0.00852 (17050904)	0.00869 (17050904)	0.00885 (17050904)
8680584.0	0.00820 (17050904)	0.00838 (17050904)	0.00856 (17050904)	0.00873 (17050904)	0.00888 (17050904)
8680284.0	0.00822 (17050904)	0.00840 (17050904)	0.00858 (17050904)	0.00875 (17050904)	0.00891 (17050904)
8679984.0	0.00823 (17050904)	0.00842 (17050904)	0.00860 (17050904)	0.00877 (17050904)	0.00892 (17050904)
8679684.0	0.00824 (17050904)	0.00842 (17050904)	0.00860 (17050904)	0.00877 (17050904)	0.00893 (17050904)
8679384.0	0.00823 (17050904)	0.00842 (17050904)	0.00860 (17050904)	0.00877 (17050904)	0.00892 (17050904)
8679084.0	0.00822 (17050904)	0.00840 (17050904)	0.00858 (17050904)	0.00875 (17050904)	0.00891 (17050904)
8678784.0	0.00820 (17050904)	0.00838 (17050904)	0.00856 (17050904)	0.00873 (17050904)	0.00888 (17050904)
8678484.0	0.00816 (17050904)	0.00835 (17050904)	0.00852 (17050904)	0.00869 (17050904)	0.00885 (17050904)
8678184.0	0.00812 (17050904)	0.00830 (17050904)	0.00848 (17050904)	0.00865 (17050904)	0.00881 (17050904)
8677884.0	0.00807 (17050904)	0.00825 (17050904)	0.00843 (17050904)	0.00860 (17050904)	0.00876 (17050904)
8677584.0	0.00801 (17050904)	0.00819 (17050904)	0.00837 (17050904)	0.00853 (17050904)	0.00869 (17050904)
8677284.0	0.00795 (17050904)	0.00812 (17050904)	0.00829 (17050904)	0.00846 (17050904)	0.00862 (17050904)
8676984.0	0.00787 (17050904)	0.00805 (17050904)	0.00821 (17050904)	0.00838 (17050904)	0.00854 (17050904)

Figura 36. Resultados del procesador AERMOD – SO₂

Y-COORD (METERS)	** CONC OF PM10 IN MICROGRAMS/M**3				
	X-COORD (METERS)				
	263359.00	263659.00	263959.00	264259.00	264559.00
8685684.0	0.00874 (17050904)	0.00889 (17050904)	0.00904 (17050904)	0.00919 (17050904)	0.00933 (17050904)
8685384.0	0.00889 (17050904)	0.00905 (17050904)	0.00920 (17050904)	0.00936 (17050904)	0.00951 (17050904)
8685084.0	0.00904 (17050904)	0.00920 (17050904)	0.00937 (17050904)	0.00953 (17050904)	0.00969 (17050904)
8684784.0	0.00919 (17050904)	0.00936 (17050904)	0.00953 (17050904)	0.00970 (17050904)	0.00987 (17050904)
8684484.0	0.00933 (17050904)	0.00951 (17050904)	0.00969 (17050904)	0.00987 (17050904)	0.01004 (17050904)
8684184.0	0.00947 (17050904)	0.00966 (17050904)	0.00984 (17050904)	0.01003 (17050904)	0.01021 (17050904)
8683884.0	0.00961 (17050904)	0.00980 (17050904)	0.01000 (17050904)	0.01019 (17050904)	0.01037 (17050904)
8683584.0	0.00974 (17050904)	0.00994 (17050904)	0.01014 (17050904)	0.01034 (17050904)	0.01053 (17050904)
8683284.0	0.00987 (17050904)	0.01008 (17050904)	0.01028 (17050904)	0.01048 (17050904)	0.01068 (17050904)
8682984.0	0.00999 (17050904)	0.01020 (17050904)	0.01041 (17050904)	0.01062 (17050904)	0.01082 (17050904)
8682684.0	0.01010 (17050904)	0.01032 (17050904)	0.01054 (17050904)	0.01075 (17050904)	0.01095 (17050904)
8682384.0	0.01021 (17050904)	0.01043 (17050904)	0.01065 (17050904)	0.01086 (17050904)	0.01107 (17050904)
8682084.0	0.01030 (17050904)	0.01053 (17050904)	0.01075 (17050904)	0.01097 (17050904)	0.01118 (17050904)
8681784.0	0.01039 (17050904)	0.01062 (17050904)	0.01084 (17050904)	0.01106 (17050904)	0.01127 (17050904)
8681484.0	0.01046 (17050904)	0.01070 (17050904)	0.01092 (17050904)	0.01114 (17050904)	0.01135 (17050904)
8681184.0	0.01053 (17050904)	0.01076 (17050904)	0.01099 (17050904)	0.01121 (17050904)	0.01142 (17050904)
8680884.0	0.01058 (17050904)	0.01082 (17050904)	0.01105 (17050904)	0.01127 (17050904)	0.01148 (17050904)
8680584.0	0.01062 (17050904)	0.01086 (17050904)	0.01109 (17050904)	0.01131 (17050904)	0.01152 (17050904)
8680284.0	0.01065 (17050904)	0.01089 (17050904)	0.01113 (17050904)	0.01135 (17050904)	0.01155 (17050904)
8679984.0	0.01067 (17050904)	0.01091 (17050904)	0.01114 (17050904)	0.01136 (17050904)	0.01157 (17050904)
8679684.0	0.01068 (17050904)	0.01092 (17050904)	0.01115 (17050904)	0.01137 (17050904)	0.01157 (17050904)
8679384.0	0.01067 (17050904)	0.01091 (17050904)	0.01114 (17050904)	0.01136 (17050904)	0.01157 (17050904)
8679084.0	0.01065 (17050904)	0.01089 (17050904)	0.01113 (17050904)	0.01135 (17050904)	0.01155 (17050904)
8678784.0	0.01062 (17050904)	0.01086 (17050904)	0.01109 (17050904)	0.01131 (17050904)	0.01152 (17050904)
8678484.0	0.01058 (17050904)	0.01082 (17050904)	0.01105 (17050904)	0.01127 (17050904)	0.01148 (17050904)
8678184.0	0.01053 (17050904)	0.01076 (17050904)	0.01099 (17050904)	0.01121 (17050904)	0.01142 (17050904)
8677884.0	0.01046 (17050904)	0.01070 (17050904)	0.01092 (17050904)	0.01114 (17050904)	0.01135 (17050904)
8677584.0	0.01039 (17050904)	0.01062 (17050904)	0.01084 (17050904)	0.01106 (17050904)	0.01127 (17050904)
8677284.0	0.01030 (17050904)	0.01053 (17050904)	0.01075 (17050904)	0.01097 (17050904)	0.01118 (17050904)
8676984.0	0.01021 (17050904)	0.01043 (17050904)	0.01065 (17050904)	0.01086 (17050904)	0.01107 (17050904)

Figura 37. Resultados del procesador AERMOD – PM₁₀

Anexo 7: Informe de ensayo del laboratorio acreditado



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1707571

ENEL GENERACION PERU S.A.A.

CAL. CESAR LOPEZ ROJAS NRO. 201 URB. MARANGA SEPTIMA ETAPA

ENV / MO-344031-064

PROCEDENCIA : C.T. Ventanilla

Fecha de Recepción SGS : 10-05-2017 18:50

Muestreo Realizado Por : Personal de Operaciones de SGS

Estación de Muestreo

TG - 34

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 18/05/2017

Brígida R. Huamán Sanchez
C.I.P. 171520
Coordinador de Calidad de Laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1707571**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TG- 34
FECHA DE MUESTREO					10/05/2017
HORA DE MUESTREO					11:00:00
MATRIZ					EMISIONES
PRODUCTO DESCRITO COMO					EMISIONES GASEOSAS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Generales					
Material Particulado Estandar	EASE_EPA5	mg/m ³	1.5	4.5	<4.5
Material Particulado Normal	EASE_EPA5	mg/m ³	1.5	4.5	<4.5
Material Particulado Operacional	EASE_EPA5	mg/m ³	1.5	4.5	<4.5
Dióxido de Azufre Estandar	EASE_EPA6	mg/m ³	1.2	3.4	<3.4
Dióxido de Azufre Normal	EASE_EPA6	mg/m ³	1.2	3.4	<3.4
Dióxido de Azufre Operacional	EASE_EPA6	mg/m ³	1.2	3.4	<3.4



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1707571**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	Fecha de Análisis	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery
Dióxido de Azufre Estandar	mg/m ³	3.4	10/05/2017	<3.4	0%	102%
Dióxido de Azufre Normal	mg/m ³	3.4	10/05/2017	<3.4	0%	102%
Dióxido de Azufre Operacional	mg/m ³	3.4	10/05/2017	<3.4	0%	102%
Material Particulado Estandar	mg/m ³	4.5	10/05/2017	<4.5	0%	100%
Material Particulado Normal	mg/m ³	4.5	10/05/2017	<4.5	0%	100%
Material Particulado Operacional	mg/m ³	4.5	10/05/2017	<4.5	0%	100%



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1707571**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EASE_EPA5	Callao	Material Particulado	EPA CFR 40, Part 60, Appendix A, Method 5 : 1999. Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary Sources.
EASE_EPA6	Callao	Dioxido de Azufre	EPA CFR 40, Part 60, Appendix A, Method 6 : 1999. Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources.

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

SGS del Perú SAC Laboratorios está acreditado por INACAL - DA conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se encuentra en www.inacal.gob.pe.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Anexo 8: Winchas de resultado del equipo TESTO 350



ENEL GENERACION PERU SAA
CENTRAL TÉRMICA VENTANILLA
 UNIDAD: TG 34 CARGA: 112.5 mw
 FECHA: 10 DE Mayo del 2017

MEDICION N° 1

testo 350 Box #3
V1.09 02141830/USA

SGS DEL PERU S. A. C.
ENVIRONMENT SERVICES
ENEL GENERACION PERU SAA

Protocolo
Situación:
TG 34 / 112.5MW
CT VENTANILLA

Combustible: Gas Nat.
CO2Máx: 11.7 %

10.05.2017 11:01:33

Duración 00:00:01

95.4 °C PdC Temp. PDC's	34.1 °C Temp. Amb.
16.04 % O2	2.74 % CO2
15 ppm CO	26 ppm NO
1.6 ppm NO2	27.6 ppm NOx
1 ppm SO2	82.9 % REN
289.4 % Aire ext.	17.1 % qA
1.24 l/min Caudal bom.	

OPE 857 T/ 2999

MEDICION N° 2

testo 350 Box #3
V1.09 02141830/USA

SGS DEL PERU S. A. C.
ENVIRONMENT SERVICES
ENEL GENERACION PERU SAA

Protocolo
Situación:
TG 34 / 112.5MW
CT VENTANILLA

Combustible: Gas Nat.
CO2Máx: 11.7 %

10.05.2017 11:19:17

Duración 00:00:01

93.9 °C PdC Temp. PDC's	33.8 °C Temp. Amb.
15.14 % O2	3.24 % CO2
14 ppm CO	23 ppm NO
2.2 ppm NO2	25.2 ppm NOx
1 ppm SO2	84.1 % REN
231.1 % Aire ext.	15.9 % qA
1.01 l/min Caudal bom.	

OPE 857 T/ 2999

MEDICION N° 3

testo 350 Box #3
V1.09 02141830/USA

SGS DEL PERU S. A. C.
ENVIRONMENT SERVICES
ENEL GENERACION PERU SAA

Protocolo
Situación:
TG 34 / 112.5MW
CT VENTANILLA

Combustible: Gas Nat.
CO2Máx: 11.7 %

10.05.2017 11:36:10

Duración 00:00:01

93.6 °C PdC Temp. PDC's	33.4 °C Temp. Amb.
15.07 % O2	3.28 % CO2
14 ppm CO	24 ppm NO
2.3 ppm NO2	26.3 ppm NOx
1 ppm SO2	84.2 % REN
227.2 % Aire ext.	15.8 % qA
1.00 l/min Caudal bom.	

OPE 857 T/ 2999



Anexo 9: Certificados de calibración del equipo TESTO 350



INFORME DE CALIBRACIÓN N° 0051-2017

Descripción: Analizador de Gases **N° de Documento:** 0051-2017
Modelo: Testo 350 **N° de Serie:** 02141830
Cliente: S.G.S DEL PERÚ S.A.C. **Fabricante:** Testo AG.

Este instrumento ha sido calibrado en términos del estándar recomendado por el fabricante (Testo AG de Alemania) y con patrones establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA). Este instrumento se encuentra dentro de las especificaciones establecidas.

Especificaciones del Fabricante: **Otros:** _____

La documentación y procedimientos establecidos para la realización de las calibraciones se encuentran en nuestros archivos y están disponibles para su revisión.

Temperatura: 35.5 °C **Fecha de Calibración:** 06/03/2017
Humedad Relativa: 27.4 % **Lugar de Calibración:** Instruments Lab SAC
Intervalo de Calibración: Doce (12) meses **Fecha de Vencimiento:** Marzo 2018

Nota: Cualquier valor de Desviación Permitida que se encuentre fuera del rango establecido implica una necesidad de cambio del accesorio evaluado.

Este documento solo se aplica al instrumento indicado líneas arriba y no deberá ser reproducido, sin la autorización escrita aprobada por nuestra empresa.

Los estándares siguientes fueron usados como referencia para esta calibración:

Fabricante	Descripción	N° de Producto	Estándar	Fecha de Caducidad
PRAXAIR S.A.	Gas Patrón:	Lote: 1010109857	Certificado	Enero 2020
	14.99 % O ₂	Código: 60000638		
	999 ppm CO	Certificado: 17/000022		
AIRGAS	Gas Patrón:	Parte N°: E02NI99E33A07YC	EPA Protocol	Octubre 2024
	299.4 ppm NO	Referencia N°: 82-124578390-1		
AIRGAS	Balance Nitrógeno	Cilindro N°: FF524029	Certificado	Octubre 2019
	Gas Patrón:	Parte N°: X02A199C33A0X4C		
	95.06 ppm NO ₂	Referencia N°: 82-124578394-1		
AIRGAS	Balance Air	Cilindro N°: FF524015	Certificado	Octubre 2024
	Gas Patrón:	Parte N°: E02NI99E33A1P0C		
	1002 ppm SO ₂	Referencia N°: 82-124578395-1		
AIRGAS	Balance Nitrógeno	Cilindro N°: FF524043	Certificado	Marzo 2019
	Gas Patrón:	Parte N°: E02NI99E33A0098		
	300.3 ppm H ₂ S	Referencia N°: 82-124541107-1		
AIRGAS	Balance Air	Cilindro N°: FF56142	Certificado	Noviembre 2019
	Gas Patrón:	Parte N°: X02A199C33A6469		
	5000 ppm HC	Referencia N°: 160-400809103-1		
AIRGAS	Balance Air	Cilindro N°: FF56516	Certificado	Noviembre 2019

INSTRUMENTS LAB S.A.C.

JHONATAN PEREZ VASQUEZ
JEFE DE SERVICIO TECNICO

Jr. Arturo Castillo 2425 - Lima 01 - ☎ 51 - 1 - 3803086

Pág. 1 de 2

INFORME DE CALIBRACIÓN N° 0051-2017

Descripción: Analizador de Gases **N° de Documento:** 0051-2017
Modelo: Testo 350 **N° de Serie:** 02141830
Cliente: S.G.S DEL PERÚ S.A.C. **Fabricante:** Testo AG.

1. CONDICIONES INICIALES

SENSOR	REFERENCIA	VALOR MEDIDO	DESVIACIÓN PERMITIDA
O ₂	14.99 %	14.89 %	± 0.20 %
CO	999 ppm	993 ppm	± 50 ppm
NO	299.4 ppm	301 ppm	± 15 ppm
NO ₂	95.06 ppm	81.9 ppm	± 5 ppm
SO ₂	1002 ppm	1025 ppm	± 50 ppm
H ₂ S	303.3 ppm	298.9 ppm	± 15 ppm
HC	5000 ppm	5199 ppm	± 400 ppm

2. CONDICIONES FINALES

SENSOR	REFERENCIA	VALOR MEDIDO	DESVIACIÓN PERMITIDA
O ₂	14.99 %	14.89 %	± 0.20 %
CO	999 ppm	993 ppm	± 50 ppm
NO	299.4 ppm	301 ppm	± 15 ppm
NO ₂	95.06 ppm	95.4 ppm	± 5 ppm
SO ₂	1002 ppm	1025 ppm	± 50 ppm
H ₂ S	303.3 ppm	298.9 ppm	± 15 ppm
HC	5000 ppm	5199 ppm	± 400 ppm

3. CONCLUSIONES

- ✓ En las condiciones iniciales el sensor de Dióxido de Nitrogeno muestra valores fuera del rango recomendado por el fabricante. Se realizaron ajustes para mejorar la precisión.
- ✓ El Instrumento está en buenas condiciones operativas.

Anexo 10: Certificados de calibración del equipo isocinético método 5 y método 6



Certificado de Calibración

Perú
LF - 1072017

10992

Pág. 1 de 2

1 Cliente : SGS DEL PERU S.A.C.

2 Dirección : Av. Elmer Faucett 3348 Prov. Const. del Callao - Callao

3 Datos del Instrumento

Instrumento de medición : Muestreador Isocinético

Marca : Environmental Supply Company

Modelo : C-5000

Serie consola : 2229

Código Interno : No indica

4 Lugar de Calibración : Laboratorio de flujo de aire - Green Group PE S.A.C.

5 Fecha de Calibración : 2017-03-29

6 Condiciones Ambientales :

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%hr)	Presión atmosférica (mbar)
Inicial	26,0	52,3	992,8
Final	25,6	49,2	989,9

7 Trazabilidad

Patrón	Código Interno	NºLote/Certificado	F. Vencimiento
Calibrador Termocuplas	GGP-11	LE-723-2015	2017-11-04
Set de Oríficos Críticos	GGP-17	1747	2017-09-21
Barómetro	GGP-02	CP 0160 2015	2017-06-23
Termómetro	GGP-02	T-1613-2015	2017-06-22

8 Método de Calibración.
Calibración fue realizada de acuerdo a lo establecido en el método EPA 5.

9 Resultado de Medición.

Registros de Temperatura en Consola

Patrón	Posiciones y Lecturas					
	Stack	Probe	Filter	Dryer	Aux 5	Aux 6
20° C	20	21	21	20	21	21
60° C	61	60	60	60	60	60
100° C	101	101	101	101	100	101
200° C	201	201	200	200	201	201
300° C	302	301	301	301	301	301
400° C	403	403	403	403	403	403
500° C	504	503	503	503	503	503
600° C	604	604	604	604	604	604

10 Observaciones:

- 1) La variación del factor de calibración "Y" no debe exceder del ±2%.
- 2) El rango de aceptación para el ΔH es 46,7 ± 6,4mmH2O.
- 3) De las pruebas se obtiene que el factor de calibración "Y" es de 0,996 y el ΔH@ es 49,3 mmH2O.
- 4) Número de serie del DGM: 16086068.
- 5) La Incertidumbre para el ΔH@ es 0,8 mmH2O
- 6) La Incertidumbre para el "Y" 0,004

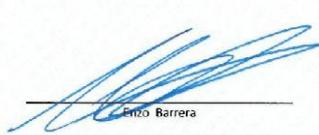
Los resultados emitidos son válidos solo para el Instrumento y sensor adecuado, en el momento de la calibración.
El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión

2017-03-31

Jefe de Laboratorio

Calibración



Enzo Barrera



FO-[LC-PR-01]-03

Av. Aviación 4210 - Surquillo
Central: 560-8134 / 273-3550
www.greengroup.com.pe

EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY

APEX INSTRUMENTS METHOD 16 POST-TEST CONSOLE CALIBRATION

USING WET-TEST METER

SGS COD : 2095 (OPE-1199-T)

3-POINT METRIC UNITS (N° 18012017-02)

Meter Console Information	
Console Model Number	MC-623-V
Console Serial Number	1211007
DGM Model Number	2012-006331
DGM Serial Number	KG-2

Calibration Conditions			
Date	Time	18-ene-17	10:00
Barometric Pressure		757	mm Hg
Calibration Technician		EDWIN CCENTE	
Calibration Meter Gamma		1.0000	unitless

Factors/Conversions		
Std Temp	294	K
Std Press	760	mm Hg
K ₁	0.387	

Calibration Data									
Run Time	Metering Console					Calibration Meter			
Elapsed	Pression	Volume Initial	Volume Final	Outlet Temp Initial	Outlet Temp Final	Volume Initial	Volume Final	Outlet Temp Initial	Outlet Temp Final
(t)	(P _m)	(V _{m1})	(V _{m2})	(t _{m1})	(t _{m2})	(V _w)	(V _w)	(t _w)	(t _w)
min	mm H ₂ O	m ³	m ³	°C	°C	m ³	m ³	°C	°C
5.00	100.0	0.000	19.998	22	22	0.000	20.601	22	22
5.00	70.0	0.000	16.554	22	22	0.000	16.739	22	22
6.00	50.0	0.000	15.751	22	22	0.000	16.110	22	22
7.00	35.0	0.000	14.598	22	22	0.000	14.819	22	22
12.00	15.0	0.000	12.500	22	22	0.000	12.570	22	22

Results								
1				Dry Gas Meter				
Dry Gas Meter		Calibration Meter		Calibration Factor		Flowrate	ΔH @	
Value	Variation	Value	Variation	Value	Variation	Std & Corr	.0212 m ³ /min	Variation
(V _{meas})	(Q _{meas})	(V _w)	(Q _w)	(Y)	(ΔY)	(Q _{meas/corr})	(ΔH@)	(ΔΔH@)
m ³	m ³ /min	m ³	m ³ /min			m ³ /min	mm H ₂ O	
20.044	4.009	20.440	4.088	1.020	0.006	4.088	0.003	0.000
16.544	3.309	16.608	3.322	1.004	-0.010	3.322	0.003	0.000
15.712	2.619	15.984	2.664	1.017	0.004	2.664	0.003	0.000
14.540	2.077	14.703	2.100	1.011	-0.002	2.100	0.004	0.001
12.427	1.036	12.472	1.039	1.004	-0.010	1.039	0.006	0.003
				1.014	Y Average		0.003	ΔH@ Average

Note: For Calibration Factor Y, the ratio of the reading of the calibration meter to the dry gas meter, acceptable tolerance of individual values from the average is +0.02.

Note: For ΔH₀, orifice pressure differential that equates to 0.75cfm (0.0212m³/min) at standard temperature and pressure, acceptable tolerance of individual values from the average is +0.2inches (5.1mm) H₂O.

I certify that the above Dry Gas Meter was calibrated in accordance with USEPA Methods, CFR 40 Part 60, using the Precision Wet Test Meter # 11AE6, which in turn was calibrated using the American Bell Prover # 3785, certificate # F107, which is traceable to the National Bureau of Standards (N.I.S.T.).

Signature

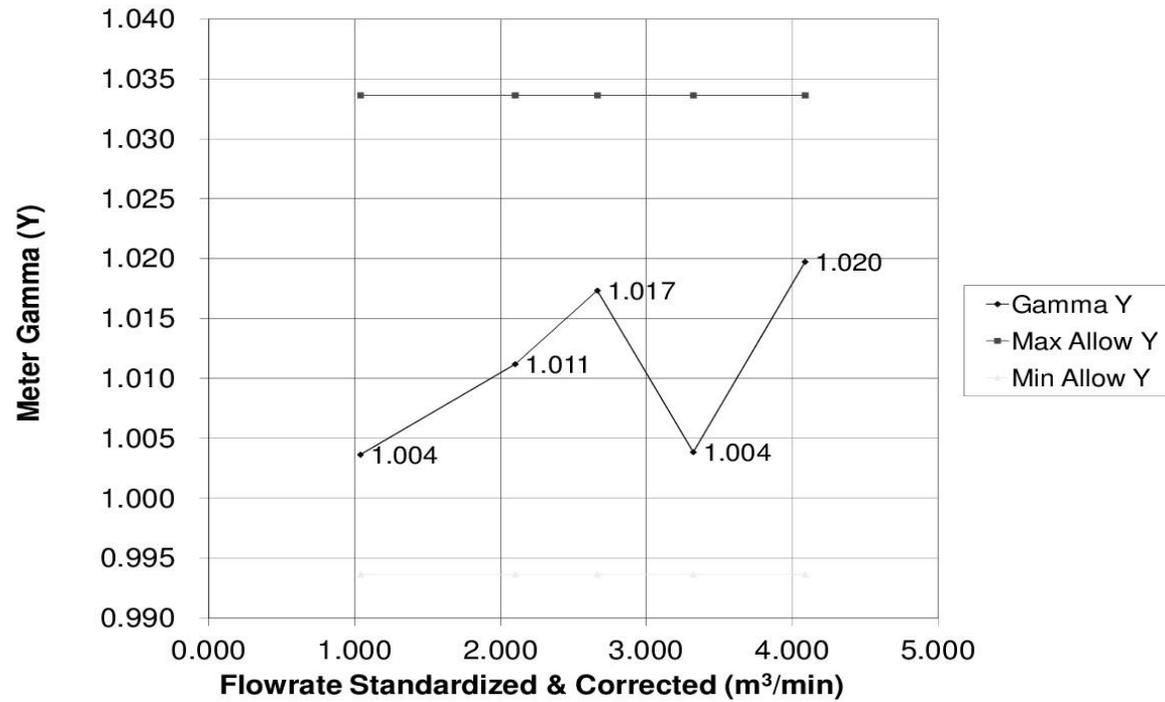


Date : 20-ene-17

Calibration Date: 1-18-2017

Calibration Technician: EDWINCENTE

Meter Gamma vs Flowrate



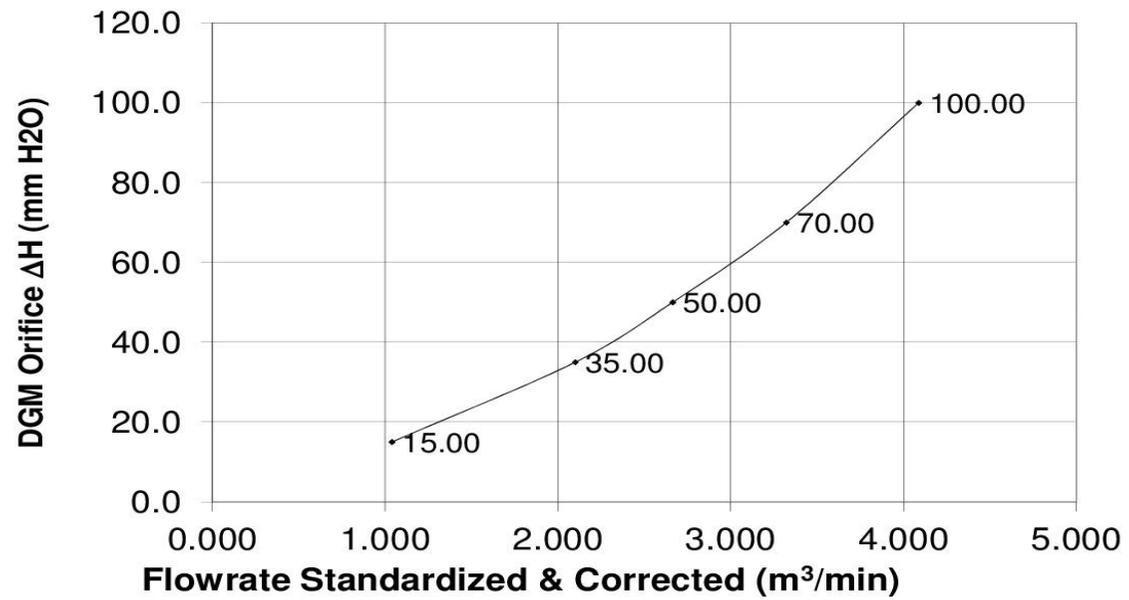
Console Serial: 1211007

Console Model: MC-623-V

Calibration Date: 1-18-2017

Calibration Technician: EDWINCCENTE

Meter Pressure vs Flowrate



Console Serial: 1211007

Console Model: MC-623-V

Anexo 11: Certificados de equipo meteorológico automático



Certificado de Calibración

LM - 0062017

Pág. 1 de 1

- 1 Cliente : SGS DEL PERU S.A.C.
- 2 Dirección : Av. Elmer Faucett 3348 Prov. Const. del Callao - Callao
- 3 Datos del Instrumento

. Instrumento de medición : Estación meteorológica	. N° de serie de consola : AP150817008
. Marca : Davis Instruments	. N° de serie de módulo : AP150817007
. Modelo : Vantage Pro2	. Intervalo de Indicación : -40 °C a 65 °C
. Identificación : 1484	. Resolución : 0,1 °C
- 4 Lugar de calibración : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE S.A.C.
- 5 Fecha de calibración : 2017-01-09
- 6 Método de calibración

La calibración se realizó por comparación del instrumento con patrones trazables según "Procedimiento TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad" del CEM-España.
- 7 Condiciones de calibración

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%hr)	Presión atmosférica (mbar)
Inicial	25,2	50,5	994,5
Final	24,7	53,1	994,6
- 8 Trazabilidad

Patrón usado	Código interno	N° de Certificado	F. Vencimiento
Termómetro Patrón	GGP-47	T-574-2016	2017-09-20
Termómetro Patrón	GGP-49	T-572-2016	2017-09-20
- 9 Resultados de medición

T.C.V. (°C)	Indicación del instrumento (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
10,2	10,3	-0,1	0,6
20,3	20,2	0,1	0,6
30,2	30,3	-0,1	0,6

Temperatura Convencionalmente Verdadera (T.C.V.) = Indicación del instrumento + Corrección.
- 10 Observaciones
 - a) Se introdujo por completo el sensor en la cavidad del medio isoterma.
 - b) El tiempo mínimo de estabilización de temperatura fue de 30 minutos para cada punto.
 - c) Antes de la calibración no se realizó ningún ajuste.
 - d) La precisión del instrumento es : $\pm 0,5$ °C

Fecha de Emisión

2017-01-12

Jefe de Laboratorio de calibración



Enzo Barrera



FO-[LC-PR-01]-03

Av. Aviación 4210 - Surquillo
Central: 560-6134 / 273-3550
www.greengroup.com.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

- 1 Cliente : SGS DEL PERU S.A.C.
- 2 Dirección : Av. Elmer Faucett 3348 Prov. Const. del Callao- Callao
- 3 Datos del Instrumento
- | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|
| . Instrumento de medición | : Estación meteorológica | . N° de serie de consola | : AP150617006 |
| . Marca | : Davis Instruments | . N° de serie de módulo | : AP150617007 |
| . Modelo | : Vantage Pro2 | . Intervalo de Indicación | : 1 %hr a 100 %hr |
| . Identificación | : 1464 | . Resolución | : 1 %hr |
- 4 Lugar de calibración : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE S.A.C
- 5 Fecha de calibración : 2017-01-09
- 6 Método de calibración

La calibración se realizó por comparación del instrumento con patrones trazables según "Procedimiento TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad" del CEM-España.

7 Condiciones Ambientales.

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%hr)	Presión atmosférica (mbar)
Inicial	25,5	48,8	994,5
Final	25,1	51,4	994,6

8 Trazabilidad

Patrón usado	Código Interno	N° Certificado	F. Vencimiento
Higrómetro Patrón	GGP-47	T-574-2016	2017-09-20
Higrómetro Patrón	GGP-49	T-572-2016	2017-09-20

9 Resultados de medición

H.C.V. (%hr)	Indicación del Instrumento (%hr)	Corrección (%hr)	Incertidumbre (%hr)
42,3	47	-4,7	2,4
58,4	63	-4,6	2,8
82,9	86	-3,1	2,9

Humedad Convencionalmente Verdadera (H.C.V.) = Indicación del instrumento + Corrección.

10 Observaciones

- Se introdujo por completo el sensor en la cavidad del medio isotermo.
- El tiempo mínimo de estabilización de humedad fue de 30 minutos para cada punto.
- Antes de la calibración no se realizó ningún ajuste.
- La precisión del instrumento es: ± 3 %hr

- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.



Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de calibración

2017-01-12

Enzo Barrera

FO-[LC-PR-01]-03

1 Cliente : SGS DEL PERU S.A.C.
2 Dirección : Av. Elmer Faucett 3348 Prov. Const. del Callao - Callao

3 Datos del Instrumento

. Instrumento de medición : Estación meteorológica . N° de serie de consola : AP150617006
. Marca : Davis Instruments . N° de serie de módulo : AP150617007
. Modelo : Vantage Pro2 . Intervalo de Indicación : 1 m/s a 80 m/s
. Identificación : 1464 . Resolución : 0,4 m/s

4 Lugar de Calibración: : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE S.A.C.

6 Fecha de Calibración: : 2017-01-11

8 Condiciones Ambientales :

	Temperatura °C	Humedad relativa %hr	Presión atmosférica mbar
Inicial	24,7	47,3	994,5
Final	25,1	49,8	994,5

7 Trazabilidad

Patrón usado	Código Interno	N° Certificado	F. Vencimiento
Anemómetro digital	GGP-01	201510101138	2017-10-10

8 Método de Calibración.

La calibración fue realizada mediante el método de comparación con patrón de referencia certificado ubicado en el túnel de viento y generando diferentes velocidades en distintos intervalos de tiempo.

9 Resultado de Medición.

VELOCIDAD DE VIENTO

Patrón (m/s)	Instrumento (m/s)	Corrección (m/s)	Incertidumbre (m/s)
1,08	0,9	0,18	0,23
2,08	1,8	0,28	0,23
3,22	3,1	0,12	0,23
4,20	4,0	0,20	0,23
5,31	4,9	0,41	0,23

DIRECCIÓN DE VIENTO

Patrón (°)	Instrumento (°)	Corrección (°)
0	0	0
90	90	0
180	180	0
270	270	0

10 Observaciones:

- a) La precisión del instrumento para velocidad de viento es de $\pm 5\%$ del valor de la lectura o ± 1 m/s (la que sea mayor) y $\pm 3^\circ$ para dirección de viento, según manual del fabricante.
b) Las lecturas de dirección de viento fueron efectuadas girando manualmente la veleta del sensor de viento a los puntos cardinales indicados.

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y anemómetro calibrado, en el momento de la calibración
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

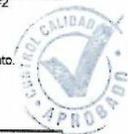
Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de
Calibración

2017-01-12

Enb Barrera

FO-[LC-PR-01]-03



- 1 Cliente : SGS DEL PERU S.A.C. Pág.1 de 1
 2 Dirección : Av. Elmer Faucett 3348 Prov. Const. del Callao - Callao
 3 Datos del Instrumento
 . Instrumento de medición : Estación meteorológica . N° de serie de consola : AP150617006
 . Marca : Davis Instruments . N° de serie de módulo : AP150617007
 . Modelo : Vantage Pro2
 . Código Interno : 1464
 4 Lugar de Calibración : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE S.A.C.
 5 Fecha de Calibración : 2017-01-11
 6 Condiciones Ambientales :

	Temperatura °C	Humedad relativa %hr	Presión Atmosférica mbar
Inicial	25,1	48,7	994,5
Final	25,5	50,2	994,6

7 Trazabilidad

Patrón	Código Interno	N° Lote/Certificado	F. Vencimiento
Bomba Peristáltica	GGP-03	SGTF-004-2015	2017-03-18
Barómetro	GGP-02	CP-0160-2015	2017-06-23

8 Método de Calibración.

- *Calibración fue realizada mediante el método de comparación con patrón de referencia certificado.
- *Las lecturas fueron efectuadas utilizando diferentes volúmenes de agua y a una velocidad de lluvia constante de 20 mm/h.

9 Resultado de Medición

PLUVIOMETRÍA

Valor Nominal (in)	Patrón (in)	Instrumento (in)	Corrección (in)
0,19	0,19	0,19	0,0
0,38	0,38	0,38	0,0

Rango : 0 in a 257,99 in.
Resolución: 0,01 in.

Precisión: ± 4%

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Patrón (mbar)	Instrumento (mbar)	Corrección (mbar)
994,7	994,8	-0,1

Rango: 540 mbar a 1100 mbar
Resolución: 0,1 mbar

Precisión: ± 1 mbar

10 Observaciones:

- .Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor adecuado, en el momento de la calibración
- .Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.
- .El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Calibración

2017-01-12

Erizo Barrera



1 Cliente : SGS DEL PERU S.A.C.
2 Dirección : Av. Elmer Faucett 3348 Prov. Const. del Callao - Callao

3 Datos del Instrumento

.Instrumento de medición :	Estación meteorológica	.N° Serie de consola :	AP150617006
.Marca :	Davis Instruments	.N° Serie de módulo :	AP150617007
.Modelo :	Vantage Pro2	.N° Serie del sensor :	A150616A005
.Código Interno :	1464	.Rango :	0 W/m ² a 1800 W/m ²
		.Resolución :	1 W/m ²

4 Lugar de Calibración: : Laboratorio de Meteorología - Green Group PE SAC.

5 Fecha de Calibración: : 2017-01-11

6 Condiciones Ambientales :

	Temperatura	Humedad relativa	Presión Atmosférica
Inicial	25,3 °C	48,3 %H.R.	994,4 mbar
Final	24,9 °C	50,1 %H.R.	994,3 mbar

7 Trazabilidad.

Patrón	Código Interno	N° Lote/Certificado	F. Vencimiento
Sensor de Radiación Solar	GGP-39	PY89257	2017-06-10

8 Método de Calibración.

*Calibración fue realizada mediante el método de comparación con patrón de referencia certificado, generando radiación solar y luz visible.

REPORTE DE PRUEBAS DE RADIACIÓN SOLAR

Patrón (W/m ²)	Instrumento (W/m ²)	Corrección (W/m ²)
360	314	46
529	473	56
1257	1202	55

9 Observaciones:

a) La precisión del sensor es de $\pm 5\%$ de la escala completa.

.Los resultados emitidos son válidos solo para el Instrumento y sensor adecuado, en el momento de la calibración.

.Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del instrumento.

.El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sellos carecen de validez.

.El instrumento no permite hacer un ajuste del parámetro de Radiación Solar, por tal caso tomar medidas tomando en cuenta el error del instrumento.

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Calibración

2017-01-12

Enzo Barrera

FO-[LC-PR-01]-03



Anexo 13: Certificado de acreditación de laboratorio

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, **OTORGA** la presente Renovación de la Acreditación a:

SGS DEL PERÚ S.A.C.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: Av. Elmer Faucett 3348, Urb. Industrial Bocanegra, distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao

Fecha de Renovación: 28 de diciembre de 2013
Fecha de Vencimiento: 28 de diciembre de 2017

Registro N° LE – 002
Fecha de emisión: 07 de setiembre de 2015
DA-acr-01P-02M Ver. 00


Augusto Mello Romero
Director - Dirección de Acreditación

