

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

“EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CENTRAL TERMICA DE VENTANILLA”

TESIS PARA OPTAR
TÍTULO PROFESIONAL INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR
GUZMAN VASQUEZ JHOSTHINS JONATHAN YURI

ASESOR
Mg. CARMEN VENTURA BARRERA

JURADO
DR. ALVA VELASQUEZ MIGUEL
DR. ARGUEDAS MADRID CESAR JORGE
MG. ROJAS LEÓN GLADYS
ING. SANCHEZ CARRERA DANTE PEDRO

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

Mi tesis es dedicada de manera especial a mi madre Rosario Vásquez Velarde, quien es la fuente principal para la construcción de mi vida profesional, sentando en mí la base de responsabilidad, respeto y deseos de superación.

A mi padre Yuri Guzmán Moreyra por todo su apoyo, comprensión y los recursos necesarios para estudiar. Forjando quien soy como persona. Mis valores, mis principios, mi carácter y mi perseverancia.

Todos mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluyen este.

Gracias también a mi hermana Rosario Guzmán Vásquez, por darme aliento y motivación en todo lo que emprendo y avanzo. Espero ser un modelo a seguir para ella.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a Dios por bendecirme con la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres: Yuri y Rosario, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A la Universidad Nacional Federico Villarreal que me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables y el enriquecimiento profesional.

Agradezco a mis informantes el Dr. Miguel Alva Velásquez, Ing. Dante Sánchez Carrera, Mg. Gladys Rojas León y Mg., Rogelia Guillen León.

A mi asesora Mg. Carmen Ventura Barrera, por todo su apoyo brindado asimismo transmitir todo su conocimiento para la elaboración en la tesis.

INDICE

AGRADECIMIENTO	iii
INDICE.....	iv
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1 Descripción del Problema.....	2
1.1.2 Formulación del Problema.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivo Especifico	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5 HIPOTESIS	4
II. MARCO TEORICO.....	5
2.1 BASES TEORICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN	5
2.1.1 Marco Legal.....	7
2.1.2 Definiciones de Terminos.....	9
III. METODOS	15
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	15
3.2 AMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL.....	15
3.2.1 Ámbito Temporal	15
3.2.2 Ámbito Espacial	17
3.3 VARIABLES	21
3.3.1 Dependiente	21
3.3.2 Independiente.....	21
3.4 POBLACION Y MUESTRA.....	21
3.5 INSTRUMENTOS	22
3.6 PROCEDIMIENTOS	22
3.6.1 Muestreo de Material Particulado – Pm 10	23
3.6.2 Muestreo de Material Particulado – Pm 2.5	28
3.6.3 Muestreo de Analizadores Continuos.....	33
3.7 ANALISIS DE DATOS	36
3.7.1 Material Particulado Menor A 10 Micras (Pm10).....	36
3.7.2 Material Particulado Menor A 2.5 Micras (Pm2.5).....	39

3.7.3 Dióxido de Azufre (SO ₂)	41
3.7.4 Monóxido de Carbono (CO).....	44
3.7.5 Ozono (O ₃).....	46
3.7.6 Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	49
IV. RESULTADOS.....	53
V. DISCUSIONES DE RESULTADOS	55
VI. CONCLUSIONES	58
VII. RECOMENDACIONES.....	60
VIII. REFERENCIAS	61
IX. ANEXOS	63

INDICE DE MAPA

Mapa 1. Ubicación del área de estudio	18
Mapa 2. Monitoreo de calidad del aire	19

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Decreto Supremo N°007-2001-PCM y su modificatorio N°003-2008-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Aire	8
Tabla 2. Decreto Supremo N°003-2017-MINAN, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias	9
Tabla 3. Estación Barlovento Interno	16
Tabla 4. Estación Sotavento Interno	16
Tabla 5. Variable Dependiente	21
Tabla 6. Variable Independiente	21
Tabla 7. Método de análisis basado en el Decreto Supremo N° 003 – 2017 – MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias	35
Tabla 8. Decreto Supremo N°003-2017-MINAN, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.....	35
Tabla 9. Concentración de Material Particulado de 10 micras (PM10).....	37
Tabla 10. Concentración de Material Particulado de 10 micras (PM1--0).....	38
Tabla 11. Concentración de Material Particulado de 2.5 micras (PM2.5).....	39
Tabla 12. Concentración de Material Particulado de 2.5 micras (PM2.5).....	40
Tabla 13. Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂)	42
Tabla 14. Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂)	43
Tabla 15. Concentración de Monóxido de carbono (CO).....	44
Tabla 16. Concentración de Monóxido de carbono (CO).....	45
Tabla 17. Concentración de Ozono (O ₃).....	47
Tabla 18. Concentración de Ozono (O ₃).....	48
Tabla 19. Concentración de Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	50
Tabla 20. Concentración de Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	51
Tabla 21. Resultados estación Barlovento interno.....	53
Tabla 22. Resultados estación sotavento interno	54
Tabla 23. Concentración de material particulado PM 10	56
Tabla 24. Concentración de material particulado PM 10	56
Tabla 25. Concentración de material particulado PM 2.5	57
Tabla 26 . Concentración de material particulado PM 2.5	57

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Central Térmica Ventanilla	17
Figura 2. Estación Sotavento	20
Figura 3. Estación Barlovento.....	20
Figura 4. High Vol – partes externas	25
Figura 5. High Vol – partes interas	25
Figura 6. High Vol – partes internas	26
Figura 7. Low Vol – Partes Externas	30
Figura 8. Low vol – partes internas	31
Figura 9. Analizador continuo – modelo Teledyne T101	34
Figura 10. Concentración de PM 10 – Estación Barlovento Interno	37
Figura 11. Concentración de PM 10 – Estación Sotavento Interno	38
Figura 12. Concentración de PM 2.5 – Estación Barlovento Interno	40
Figura 13. Concentración de PM 2.5 – Estación Sotavento Interno	41
Figura 14. Concentración de SO ₂ – Estación Barlovento Interno	42
Figura 15. Concentración de SO ₂ – Estación Sotavento Interno	43
Figura 16. Concentración de CO – Estación Barlovento Interno	45
Figura 17. Concentración de CO – Estación Sotavento Interno	46
Figura 18. Concentración de O ₃ – Estación Barlovento Interno.....	48
Figura 19. Concentración de O ₃ – Estación Sotavento Interno	49
Figura 20. Concentración de NO ₂ – Estación Barlovento Interno.....	51
Figura 21. Concentración de NO ₂ – Estación Barlovento Interno.....	52

RESUMEN

La presente tesis titulada "Evaluación de la calidad del aire en la Central Térmica Ventanilla" tiene como objetivo principal evaluar y determinar la calidad ambiental del aire que es emitida por la empresa ubicada en Ventanilla.

Los objetivos específicos se detallan a continuación:

- a) Monitorear y evaluar las concentraciones de material particulado (PM10 y PM2.5) y gases vertidos por la Central Térmica de Ventanilla (H_2S/SO_2 , CO, NO_2 y O_3).
- b) Analizar los resultados (mensuales por 1 año) y comparar con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para determinar la calidad de aire.
- c) Determinar los picos más altos y bajos de concentración de material particulado y gases en la Central Térmica de Ventanilla (mes/ día).

Para realizar el presente trabajo de investigación la metodología que se utilizó es descriptiva, porque se obtuvieron diferentes variables (parámetros) y de tipo cuantitativo, que serán comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para determinar la calidad ambiental del aire.

Para asegurar la calidad y veracidad de los resultados se tuvo en cuenta el "Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos" de la DIGESA, puntos ya definidos y establecidos dentro de las instalaciones de la Central Térmica Ventanilla.

Los resultados obtenidos son comparados con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire, según lo establecido en el Decreto Supremo N°003-2008-MINAM y su modificatoria D.S N° 003-2017-MINAM, con el fin de determinar si es que la empresa existe contaminación ambiental a la calidad del aire.

Se observó que en el periodo que se realizó los monitoreos (enero 2019 – junio 2019) de calidad del aire, los valores se encuentran por debajo de los establecidos en los estándares de calidad ambiental del aire.

Demostrando que las medidas tomadas por la empresa dentro de sus instalaciones en la Central Térmica de Ventanilla son las correctas.

Se recomienda la forestación de áreas verdes en la parte superior de los bordes que sean acordes a la zona para una mayor retención de gases y material particulado que se encuentra en la central térmica por la estación de monitoreo Barlovento, zona que se encuentra descampada y sin vegetación, para que cumpla la función de barrera de protección, contribuyendo a la reducir la dispersión de los materiales particulados.

Así como continuar con los monitoreos de calidad de aire, de manera mensual y así permitan controlar sus emisiones vertida por la central térmica y hacer seguimiento en caso ocurra un exceso por parte de ellos.

Palabras Claves: Calidad del aire, Central Térmica, estándar de calidad ambiental, monitoreo ambiental.

ABSTRACT

This thesis entitled "Evaluation of air quality in Ventanilla Thermal Power Plant" has as main objective to evaluate and determine the environmental quality of the air that is emitted by the company located in Ventanilla.

The specific objectives are detailed below:

a) Monitor and evaluate the concentrations of particulate material (PM10 and PM2.5) and gases discharged by the Ventanilla Thermal Power Plant (H₂S / SO₂, CO, NO₂ and O₃).

b) Analyze the results (monthly for 1 year) and compare with the Environmental Cali Standards (ECA) to determine air quality.

c) Determine the highest and lowest concentration peaks of particulate matter and gases in the Ventanilla Thermal Power Plant (month / day).

To carry out this research work, the methodology used is descriptive, because different variables (parameters) and quantitative type were obtained, which will be compared with the Environmental Quality Standards (ECA) to determine the environmental quality of the air.

To ensure the quality and veracity of the results, the " Air quality modeling and data management protocol " of the DIGESA, points already defined and established within the facilities of the Ventanilla Thermal Power Plant were taken into account.

The results obtained are compared with the National Standard for Environmental Air Quality, as established in Supreme Decree No. 003-2008-MINAM and its amendment DS No. 003-2017-MINAM, in order to determine if it is that the company exists environmental pollution to air quality.

It was observed that in the period that the air quality monitoring (January 2019 - June 2019) was carried out, the values are below those established in the air quality standards.

Proving that the measures taken by the company within its facilities at the Ventanilla Thermal Power Plant are correct.

The afforestation of green areas at the top of the edges that are consistent with the area is recommended for greater retention of gases and particulate material that is located in the thermal power plant by the Barlovento monitoring station, an area that is out of range and without vegetation, to fulfill the function of protective barrier, contributing to reduce the dispersion of particulate materials.

As well as continue with the air quality monitoring, on a monthly basis and thus allow to control its emissions discharged by the thermal power plant and monitor if an excess occurs by them.

Keywords: Air quality, Thermal power plant, environmental quality standard, environmental monitoring.

I. INTRODUCCION

La contaminación del aire es un problema de nivel global con consecuencias significativas en los seres humanos, sociedad y ecosistema. Estas ponen en riesgos la calidad de vida del hombre y sus interacciones.

Antiguamente la contaminación no era nociva a la salud, ya que los contaminantes emitidos por las industrias, en sus distintas actividades, no eran dañinos y se dispersaban en la atmosfera. Pero el avance del tiempo y de las tecnologías generó el uso de combustibles fósiles. En la actualidad con este nuevo uso de energía no renovable la Tierra y todos sus recursos naturales como el agua, la atmosfera y los ecosistemas se ven afectados.

El crecimiento poblacional de manera desmedida y las actividades industriales que generan una gran cantidad de gases y vapores tóxicos para el ambiente hacen que la calidad de vida se vea deteriorada.

Hoy en el afán de querer disminuir el impacto generado por el uso de combustibles fósiles, el hombre ha encontrado alternativas en diferentes energías sustentables, para poder disminuir la polución generada por diversas industrias. Para un aseguramiento de la calidad de vida de todos los organismos existentes.

La central térmica ubicado en Ventanilla funciona con gas proveniente de Camiseta para un correcto funcionamiento. En ese sentido el proyecto de investigación titulado " Evaluación de la calidad del aire en la central Térmica Ventanilla" nos va brindar un diagnóstico ambiental de la calidad. Los puntos de monitoreo (Barlovento y Sotavento) se encuentran ubicados en el interior de la central térmica, teniendo en la parte centro las torres que funcionan a gas TG -33 y TG – 34 (ciclo combinado). Efectuándose el monitoreo de manera puntual entre los meses de enero 2019 – junio 2019.

Las muestras han sido analizadas por un laboratorio certificado y acreditado ante INACAL conforme a los requisitos NTP ISO/IEC 17020:2012 "EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD", requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección.

En el presente proyecto de investigación, se presentan los resultados de los parámetros monitoreados como son el material particulado menores de 10 micras (PM10), material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃). Con la finalidad de conocer la concentración de las sustancias contaminantes presentes en el aire.

1.1 DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA

1.1.1 Descripción del Problema

El problema de investigación asume que los gases vertidos al cuerpo de aire no son los adecuados y puedan generar algún daño al ambiente, si bien se realiza el monitoreo de calidad de aire de manera mensual con esta investigación se evaluará, determinara y medirá la calidad ambiental del aire en la Central Térmica ubicado en Ventanilla.

1.1.2 Formulación del Problema

¿Existe o no contaminación ambiental en el aire por las emisiones (material particulado y gases) emitidas por parte de la Central Térmica de Ventanilla?

1.2 ANTECEDENTES

- **Farro L, Cristian** (2014), realizo la tesis de “Calidad del aire en el Asentamiento Humano Nueva Esperanza – Distrito de Paramonga”, el objetivo de la tesis es evaluar y determinar la calidad ambiental del aire en el Asentamiento Humano Nueva Esperanza – Paramonga. La tesis concluye existe presencia de material particulado de 10 y 2.5 micras, además el dióxido de azufre supera los estándares de calidad ambiental para aire.
- **Urquiza M, María** (2011), realizo la tesis titulada “Calidad del aire y su efecto en las actividades de la población escolar del sector VIII (cercado) del distrito de puente piedra”, el objetivo es determinar la calidad del aire y la influencia en las actitudes de la población. La tesis concluye que la calidad del aire en el lugar de estudio está deteriorada y que el 57.4% acepta la existencia de contaminantes del aire, mientras que el 41.8/ le es indiferente y un 0.7% no se percata que existe contaminación.
- **Barba C, Luis** (2006), realizo la tesis de “calidad del aire en el sistema de transporte de ciclo de vías: caso Av. Oscar Benavides”, el objetivo del estudio es señalar las fuentes contaminantes y quien es el principal aportante. El estudio concluye que la principal fuente de contaminación es el parque automotor debido a la gran cantidad de partículas procedentes de vehículos que transitan la avenida.
- **Caycho B, Milagros** (2001) realizo la tesis titulada “Mejoramiento del aire en el Asentamiento Humano Max Uhle del distrito de Villa el Salvador”, el objetivo de la tesis es determinar la calidad ambiental del área estudio y las fuentes de contaminación. La tesis concluye que existe contaminación que está afectando la calidad de vida de las personas que habitan en el lugar.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Determinar la Calidad del aire en la Central Térmica ubicada en Ventanilla.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Monitorear y evaluar las concentraciones de material particulado y gases vertidos por la Central Térmica de Ventanilla.
- Analizar los resultados y comparar con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para determinar la calidad de aire.
- Identificar los picos altos y bajos en concentración de material particulado y gases en la Central Térmica de Ventanilla.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La contaminación del aire tiene un efecto directo en el ambiente, tal que mediante una exposición prolongada a diversos gases y materiales particulados, pueden generar un impacto significativo a la fauna, flora y población cercana.

La presente investigación tiene tendrá como prioridad evaluar la calidad del aire en la Central Térmica en Ventanilla, considerando esta la principal fuente fija en la zona que genera y emite gases y material particulado al aire.

1.5 HIPOTESIS

Mediante el seguimiento del monitoreo ambiental de la calidad de aire se determinaría si existe o no contaminación ambiental en el aire por parte de Central Térmica Ventanilla, esto en el marco de la normativa vigente para la calidad de aire (D.S. N°003-2017-MINAN).

II. MARCO TEORICO

2.1 BASES TEORICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN

La organización Mundial de la Salud (OMS) define el aire puro como "la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas las cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre".

Los principales gases que conforman el aire son Nitrógeno y el Oxígeno (con porcentaje de 78.08% y 20.95%, respectivamente). Destacando el argón entre los menos comunes, con 0.93% y otros como el vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), neón, helio, Kriptón, metano(CH₄), monóxido de carbono(CO), dióxido de azufre(SO₂) y ácido sulfhídrico (H₂S).

La calidad de aire es importante porque cada persona respira en promedio más de 3 000 galones de aire al día es decir más de 2 galones por minuto. Ese sentido. Todos los componentes del aire deben encontrarse en equilibrio en la atmósfera de acuerdo a los porcentajes señalados, si se agrega alguna sustancia en cantidades mayores a las que normalmente posee, el aire se contamina y representa un peligro para el medio ambiente y/o la vida de las personas

Dentro de todos los contaminantes que existen en la atmósfera, se identificaron 5 contaminantes criterio que afectan a la salud inmediatamente desde su inhalación: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 µm (PM10). Además de éstos, se incluye al dióxido de carbono (CO₂) por su aporte al efecto invernadero.

La contaminación es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas de nuestro aire, nuestra tierra o nuestra agua, que puede afectar o afectará nocivamente la vida humana o la de especies beneficiosas, nuestros procesos industriales, nuestras condiciones de vida y nuestro acervo cultural o que puede malgastarse y deteriorar nuestros recursos de materias primas.

El tema de contaminación del aire empezó a ser un problema para los científicos al presentarse eventos como los de Meuse Valley en 1930, donde murieron más de 60 personas por emisiones de SO₂ y fluorocarbonados; el de Donora Pennsylvania en 1948, dando muerte a más de 20 personas por emisiones de material particulado, y el más importante, en Londres en 1952 con la muerte de más de 4,000 personas también por presencia de partículas en exceso en el ambiente. Esto dio la alerta para tomar medidas radicales a nivel mundial en términos políticos y científicos (De Nevers, 1998).

Desde entonces el problema de la contaminación del aire se ha convertido en una constante en muchas ciudades industriales de todo el mundo, lo que ha causado Problemas de salud a la población. Y esto ha obligado a tomar conciencia de la importancia de una atmósfera limpia para el bienestar de la población y del medio ambiente.

El principal acontecimiento importante para el medio ambiente fue la DECLARACION DE ESTOCOLMO realizado el 05 de junio de 1972, fue en donde por primera vez se introdujo en agenda política, temas ambientales. Teniendo como logro significativo que todos los participantes reconocen y aceptar el uso de los recursos naturales.

La cumbre de la tierra de Rio de Janeiro llevado en junio de 1992, en donde se aprobó la "Agenda 21", consta de un plan de medidas para el desarrollo sostenible del planeta sin comprometer los recursos de las generaciones futuras y la lucha contra el Cambio Climático.

En el año 1997 en la cumbre de Kioto, se tiene como objetivo reducir las emisiones de seis gases que causas el calentamiento global, dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), y los otros tres son tipos de gases industriales fluorados: los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆). En el protocolo se acordó una reducción de al menos un 5 %. Fue firmado por 160 países.

En el 2005, la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó un estudio de comparación de las distintas regiones en el mundo, concluyendo que Asia y Latinoamérica tienen concentraciones mayores de PM10 que Europa y Norteamérica debiéndose principalmente a su crecimiento en producción industrial y el uso de combustibles de baja calidad (WHO, 2005). Con respecto al SO₂, se encontró que hay altos niveles de concentración en algunas ciudades de China debido al incremento en el uso del carbón como fuente de energía y algunas ciudades de África que presentan concentraciones medias anuales de 100 µg/m³. Hoy en día, la norma de límite dada por la OMS es de 24 µg/m³ en 24 horas (WHO, 2005).

2.1.1 Marco Legal

- La Constitución Política del Perú (1993), es la normal legal de mayor jerarquía en el país. En se resalta que es deber primordial del estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado a desarrollo de su vida.
- La ley General del Ambiente Ley N° 28611, como la norma ordenada del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú, establece que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la ley.
- Ley de sistema de evaluación de impacto ambiental N° 27446, anexo I definiciones y reglamento de la ley N° 27446
- Decreto Supremo N° 074-2001-pcm, y su reglamento, donde se indica los valores establecidos para los Estándares Nacionales de Calidad ambiental de Aire.

- Decreto Supremo N°009-2003-SA. Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire.
- Decreto Supremo N° 003-2008 –MINAN, aprueba los Estándares de Calidad para Aire.
- Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM., Aprueban Disposiciones Complementarias para la aplicación de Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de Aire.
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.
- DIGESA: cumplimiento del protocolo de la calidad del aire y gestión de los datos - 2005.
- NTP 900.036.2006. GESTION AMBIENTAL –Calidad de aire en exteriores.

Tabla 1. *Decreto Supremo N°007-2001-PCM y su modificadorio N°003-2008-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Aire*

Parámetros	Periodos	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterios de evaluación
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	150	NE más de 7 veces al año
	Anual	50	Media aritmética anual
Material Particulado con diámetro menos a 2.5 micras (PM ₂₅)	horas	25	Media aritmética
	1 hora	200	NE más de 24 veces al año
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Anual	100	Media aritmética anual
	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	10000	Promedio móvil
	24 horas	20	NE más de 1 veces al año
Ozono (O ₃)	8 horas	120	NE más de 24 veces al año

NE: No Exceder.

Vigencia: hasta de mayo del 2017

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Decreto Supremo N°003-2017-MINAN, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias

Parámetros	Periodos	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterios de evaluación
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	NE más de 7 veces al año
	Anual	50	Media aritmética anual
Material Particulado con diámetro menos a 2.5 micras (PM_{25})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año
	Anual	25	Media aritmética anual
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año
	Anual	100	Media aritmética anual
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año
	8 horas	10000	Media aritmética móvil
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año
			Máxima media diaria
Ozono (O_3)	8 horas	100	NE más de 24 veces al año

NE: No Exceder. Vigencia: a partir de junio del 2017

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Definiciones De Términos

- a) Aire: Se define al aire puro como “la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros hasta 0.5 milímetros los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre” (OMS, 2004).
- b) Contaminación del aire: Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera un riesgo a la salud y l bienestar humano. Descrito en el Título I, artículo 3° inciso b) del decreto N°74-2001-PCM. Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.
- c) Estándares de Calidad Ambiental (ECA): aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgos a la salud humana, descrito en el Título

I, artículo 3° inciso C) del decreto supremo N°074-2001-PCM, reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

- d) Central Térmica: La energía eléctrica no es aprovechada directamente de la naturaleza, sino que se emplean distintos tipos de procesos industriales para generarla. Una central térmica es un conjunto de equipos capaz de procesar un gran volumen de materia prima y transformar su poder calorífico en electricidad mediante un ciclo de potencia. Transforma la energía calorífica de un combustible (gas, carbón, petróleo) en energía eléctrica. También se pueden considerar centrales térmicas aquellas que funcionan con energía nuclear. Todas las centrales térmicas siguen un ciclo de producción de vapor destinado al accionamiento de las turbinas que mueven el rotor del alternador.
- e) Monitoreo: obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, funcional a los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental.
- f) Monitoreo ambiental: comprende la recolección, el análisis, y la evaluación sistemática y comparable de muestras ambientales en un determinado espacio y tiempo, presencia y concentración de contaminantes en el ambiente. El monitoreo puede realizarse antes, durante o después de la ejecución de un proyecto. El monitoreo sirve de vigilancia para determinar la naturaleza y extensión de los problemas de emisiones.
- g) Impacto ambiental: alteración positiva o negativa de uno o más de los componentes del ambiente, provocado por la acción de un proyecto.
- h) Límites Máximos Permisibles (LMP): concentración de una sustancia química que no debe excederse bajo ninguna circunstancia en la exposición. Define el Límite Máximo Permissible (LMP) como la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar

humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los Estándares de Calidad Ambiental (art 32, ley 28611)

- i) PM10: Material Particulado con diámetro menos a 10 micras (PM_{10}), descrito en el Título II, artículo 4° inciso b) del decreto supremo N°074-2001-PCM, reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

Este parámetro es el indicador para evaluar la cantidad de materia solida o liquida suspendida en la atmosfera, menores a 10 micrómetros de diámetro, las cuales fácilmente pueden permanecer en suspensión durante largo tiempo y llegar a ser riesgosas para las personas, porque pueden ser inhaladas fácilmente. Provocando serios daños al sistema respiratorio (Del Girogio, 1977).

- j) PM2.5: Partículas Menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$), descrito en el Título II, artículo 4° inciso b) del Decreto Supremo N°074-2001-PCM, reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

Este parámetro es el indicador para evaluar la cantidad de material particulado solido suspendido en la atmosfera, cuyas dimensiones son menor de 2.5 micrómetros de diámetro, es un material particulado de tamaño más fino, en comparación con las PM_{10} , las $PM_{2.5}$ son partículas que resultan ser aún más peligrosas, porque pueden llegar más fácilmente al tejido pulmonar donde quedan alojadas. Las $PM_{2.5}$ provienen de la quema de combustibles en automotores, plantas de energía, quema de bosques y procesos industriales, entre otros. Estas partículas finas también son formadas en la atmosfera

cuando los gases como el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles son transformados en el aire por reacciones químicas.

- k) Dióxido de Azufre (SO_2): Es un gas incoloro, de olor acre, irritante, soluble en agua y reactivo. El SO_2 es sumamente reactivo, su distribución a través de las vías de conducción del tracto respiratorio no es uniforme. Se genera principalmente por la industria seguido del parque automotor, la permanencia de SO_2 es de algunos días y depende de la rapidez con la cual se convierta en ácido sulfúrico (H_2SO_4) por absorción de humedad (SIMAT, 2007).
- l) Ozono (O_3): El ozono a nivel del suelo, que no debe confundirse con la capa de ozono en la atmósfera superior. es uno de los principales componentes de la niebla tóxica. Éste se forma por la reacción con la luz solar (fotoquímica) de contaminantes como los óxidos de nitrógeno (NO_x) procedentes de las emisiones de vehículos o la industria y los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por los vehículos, los disolventes y la industria. Los niveles de ozono más elevados se registran durante los períodos de tiempo soleado. El exceso de ozono en el aire puede producir efectos adversos de consideración en la salud humana. Puede causar problemas respiratorios, provocar asma, reducir la función pulmonar y originar enfermedades pulmonares (OMS, 2016).
- m) Dióxido de Nitrógeno (NO_2): Las principales fuentes de emisiones antropogénicas de NO_2 son los procesos de combustión (calefacción, generación de electricidad y motores de vehículos y barcos), Es la fuente principal de los aerosoles de nitrato, que constituyen una parte importante de las $\text{PM}_{2.5}$ y, en presencia de luz ultravioleta, del ozono. Estudios epidemiológicos han revelado que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada al NO_2 . La disminución del desarrollo de la función pulmonar también se asocia con las concentraciones de NO_2 (OMS, 2016)

- n) Monóxido de Carbono (CO): es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera en ambientes de poco oxígeno. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas, también pueden producirlo si no están funcionando correctamente. El envenenamiento por monóxido de carbono causa multitud de efectos debido a la inhibición de la oxidación celular, produciendo hipoxia en el tejido y envenenamiento celular. Los síntomas clínicos de un envenenamiento leve no son específicos y pueden imitar a los de una enfermedad viral no específica, con vómitos, dolor de cabeza, malestar, debilidad, fatiga y falta de respiración. (OIT, 2010).
- o) Equipo de Muestreador de aire de Alto Volumen – HI VOL: La determinación de partículas menores a 10 micras, se realiza mediante un muestreador de grandes volúmenes adaptado con una toma de entrada que permite seleccionar a las partículas por su tamaño, el cual consta de una cubierta anodinada de aluminio, una porta filtro plástico, un motor/ventilador por el cual realiza la función de succión y un programador de tiempo.
- p) Equipo de Muestreador de Aire de Bajo Volumen – LOW VOL: Equipo de muestreo de material particulado que toma muestras de aire a un Bajo flujo, el cual normalmente corresponde a 16.7 l/min y por un periodo de 24 horas. Es un muestreador de aire secuencial que tiene 03 sensores (flujo de masa, temperatura ambiental y presión atmosférica). Las partículas son clasificadas por medio de un separador aerodinámico (cabezal) y después colectadas en un filtro de cuarzo para su posterior cuantificación y análisis.

- q) **Analizador de Gases** Los Analizadores de Gases son instrumentos que se utilizan para la medición de los gases desde la fuente de emisión. Estos utilizan el método de medición por infrarrojo no dispersivo, que cumple o supera la precisión de las normas internacionales. El procedimiento es el siguiente:
- Antes del monitoreo se debe programar el analizador según el contaminante en la fuente de emisión.
 - Luego se aproxima el analizador a la fuente y se programa el tiempo según el contaminante.
- r) **Estación meteorológica:** es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos. Es considerando que el clima tiene una fuerte influencia en la dispersión y concentración de los contaminantes. Con relación a la data meteorológica existen una serie de recomendaciones para su mejor desempeño, las más usuales mediciones requeridas son las siguientes:
- Velocidad del viento
 - Dirección del viento
 - Temperatura del aire
 - Presión Atmosférica
 - Humedad
 - Radiación solar
 - Precipitación

III. METODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación: es un estudio de carácter descriptivo, el cual detallará el estado actual de la calidad de aire de Central Térmica de Ventanilla.

El diseño de la Investigación: que se realizará será descriptiva - explicativa, porque se basa fundamentalmente en la observación de los fenómenos que se dan en su contexto natural a través del tiempo (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010)

Explicativa porque se logra buscar relación de los datos obtenidos con los ECAS de aire dentro de la Central Térmica de Ventanilla. Para analizarlos con posterioridad.

Nivel de investigación: Descriptiva ya que es la técnica que se va a encargar de la recopilación, presentación y análisis de datos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

3.2 AMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL

3.2.1 Ámbito Temporal

Las fechas de monitoreo fueron programadas con anticipación y se realizaron de manera mensual, si bien es cierto hay una fecha establecida no había un horario de comienzo establecido, ya que también se debía cumplir con otras actividades que están dentro del monitoreo ambiental de la central térmica de Ventanilla.

Tabla 3. *Estación Barlovento Interno*

Mes	Fecha de inicio	Hora de inicio	Fecha de termino	Hora de termino	Duración
Enero	10/01/2019	11:00	11/01/2019	10:00	24 horas
Febrero	21/02/2019	13:00	22/02/2019	12:00	24 horas
Marzo	07/03/2019	15:00	08/03/2019	14:00	24 horas
Abril	04/04/2019	12:00	05/04/2019	11:00	24 horas
Mayo	09/05/2019	14:00	10/05/2019	13:00	24 horas
Junio	12/06/2019	15:00	13/06/2019	14:00	24 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. *Estación Sotavento Interno*

Mes	Fecha de inicio	Hora de inicio	Fecha de termino	Hora de termino	Duración
Enero	10/01/2019	11:00	11/01/2019	10:00	24 horas
Febrero	21/02/2019	13:00	22/02/2019	12:00	24 horas
Marzo	07/03/2019	15:00	08/03/2019	14:00	24 horas
Abril	04/04/2019	12:00	05/04/2019	11:00	24 horas
Mayo	09/05/2019	14:00	10/05/2019	13:00	24 horas
Junio	12/06/2019	15:00	13/06/2019	14:00	24 horas

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Ámbito Espacial

La selección de los puntos de monitoreo se encontraban definidas y establecidas por parte de la Central Térmica de Ventanilla, cuenta con 15 Ha donde se desarrolla toda la actividad.

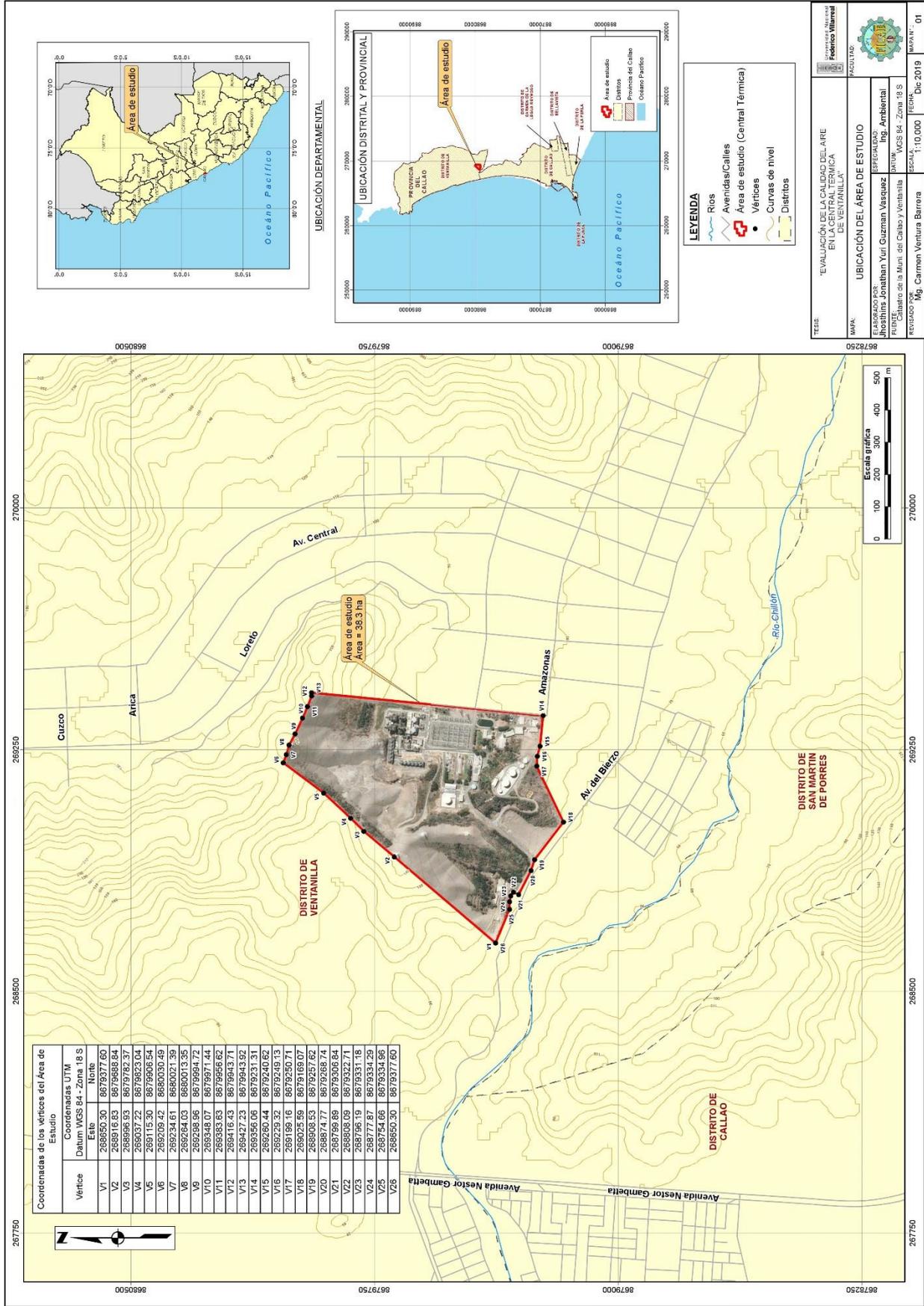
Los puntos donde se realizan los monitoreos:

- ESTACIÓN BARLOVENTO: 8679420N – 0269252E / altitud 66 m.s.n.m
- ESTACIÓN SOTAVENTO: 8679818N – 0269400E / altitud 101 m.s.n.m

Todas estas coordenadas se encuentran en UTM y en zona horaria 18

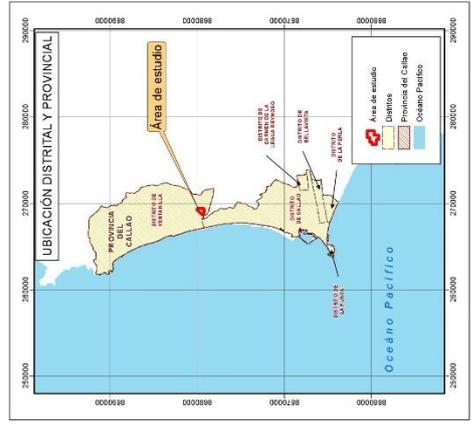
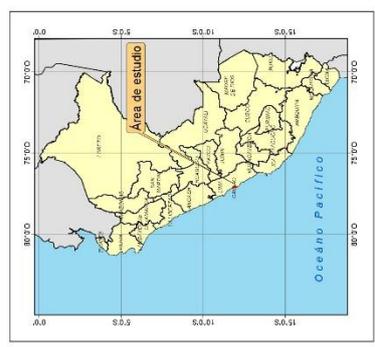


Figura 1. Central Térmica Ventanilla
Fuente: Elaboración propia



Coordenadas de los vértices del Área de Estudio

Vértice	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
V1	268650.30	8679377.60
V2	268916.83	8679688.84
V3	268996.93	8679782.37
V4	269037.22	8679823.04
V5	269115.30	8679906.54
V6	269209.42	8680030.49
V7	269234.61	8680021.39
V8	269264.03	8680013.35
V9	269298.96	8679984.72
V10	269348.07	8679971.44
V11	269383.63	8679956.62
V12	269416.43	8679943.71
V13	269427.23	8679943.92
V14	269395.06	8679931.31
V15	269260.44	8679940.62
V16	269229.32	8679949.13
V17	269169.16	8679950.71
V18	269025.89	8679169.07
V19	268908.53	8679257.62
V20	268874.77	8679268.74
V21	268789.68	8679306.84
V22	268708.09	8679322.71
V23	268777.87	8679331.39
V24	268754.66	8679334.68
V25	268650.30	8679377.60



- LEYENDA**
- Ríos
 - Avenidas/Calles
 - Área de estudio (Central Térmica)
 - Vértices
 - Curvas de nivel
 - Districtos

TESE: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CENTRAL TÉRMICA DE VENTANILLA"

MPFA: FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y METALURGIA

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

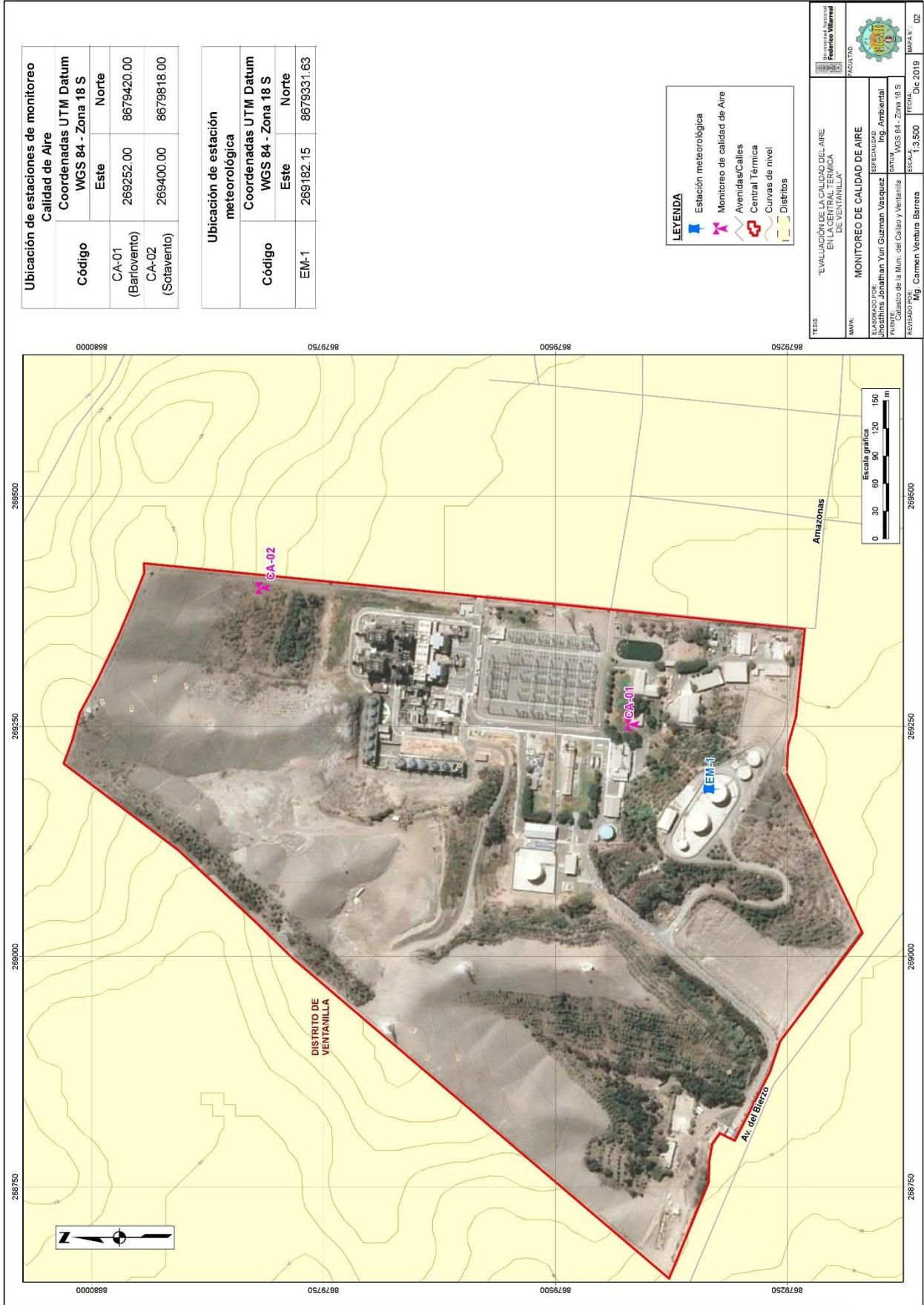
ELABORADO POR: Ing. Ambiental

REVISADO POR: Mg. Carmen Ventura Barrera

FECHA: Dic. 2019

ESCALA: 1:10,000

MAPA N.º: 01



Ubicación de estaciones de monitoreo Calidad de Aire

Coordenadas UTM Datum WGS 84 - Zona 18 S

Código	Este	Norte
CA-01 (Barvento)	269252.00	8679420.00
CA-02 (Sotavento)	269400.00	8679818.00

Ubicación de estación meteorológica

Coordenadas UTM Datum WGS 84 - Zona 18 S

Código	Este	Norte
EM-1	269182.15	8679331.63

LEYENDA

- Estación meteorológica
- Monitoreo de calidad de Aire
- Avenidas/Calles
- Central Térmica
- Curvas de nivel
- Distritos

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CENTRAL TÉRMICA DE VENTANILLA"

MVA: MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

ELABORADO POR: Jonathan Yuri Guzman Vasquez
Especialidad: Ing. Ambiental

REVISADO POR: Mg. Carmen Ventura Barrera
Especialidad: Ing. Ambiental

FECHA: Dic 2019

MVA N.º: 02



Figura 2. Estación Sotavento
Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Estación Barlovento
Fuente: Elaboración propia

3.3 VARIABLES

3.3.1 Dependiente

Tabla 5. *Variable Dependiente*

Variable	Indicador
Calidad Ambiental del aire	Programa de Monitoreo Ambiental

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Independiente

Tabla 6. *Variable Independiente*

Variable	Indicador
Material Particulado – PM ₁₀	Material particulado (polvo, cenizas y partículas tóxicas)
Material Particulado – PM _{2.5}	Material particulado (polvo, cenizas y partículas tóxicas)
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	vapores y gases
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	vapores y gases
Monóxido de Carbono (NO)	vapores y gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	vapores y gases
Ozono (O ₃)	vapores y gases

Fuente: Elaboración propia

3.4 POBLACION Y MUESTRA

La población es la Central térmica ubicada en Ventanilla, la cual cuenta con una Población de 500 personas en los turnos de trabajo, entre propios y terceros. Además de contar con 50 animales (camélidos del sur) tales como vicuñas y alpacas, que se encuentran dentro de toda la extensión de la central térmica.

3.5 INSTRUMENTOS

- Libreta de campo
- Lapiceros
- Cámara fotográfica
- Plano de la Central Térmica de Ventanilla
- Registro Fotográfico
- 01 Laptop (Descarga de datos de los analizadores automáticos)
- 01 impresora (registro de datos)
- Gps Garmin Etrex 10
- Muestreador de alto volumen – TISCH
- Muestreador de bajo volumen – BGI -PQ 200
- Analizadores automáticos Teledyne Technologies (SO₂, CO, NO₂, O₃)
- Estación meteorológica Vantage PRO 2 plus
- Software: WRPLOT, MS OFFICE y AUTOCAD.

3.6 PROCEDIMIENTOS

Para realizar la presente tesis se tuvo la consideración del plan de monitoreo de la Central Térmica de Ventanilla. La cual establece realizar un seguimiento de manera mensual en los principios de estos días, es decir se toma a inicios de cada mes. La metodología de muestreo y análisis se realizó teniendo las consideraciones ya establecidas por la Central Térmica. La cual cumple con el protocolo de monitoreo de la calidad de aire y gestión de datos, elaborado por DIGESA.

3.6.1 Muestreo De Material Particulado – Pm 10

Un muestreador de alto volumen PM10 (High Vol.), obtiene un volumen conocido de aire a una proporción de flujo constante a través de una entrada provista de un dispositivo selectivo de las partículas; el cual las separa por su tamaño y luego son conducidas a un filtro en donde estas son recolectadas durante el período especificado por el programa de monitoreo de 24 horas. Cada filtro es pesado antes y después del muestreo para determinar el peso neto obtenido de la muestra recolectada. El volumen total de aire muestreado es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido y el tiempo de exposición.

La concentración de PM10 en el aire se mide como la masa total de las partículas acumuladas en el filtro clasificado según el rango de tamaño, dividido por el volumen de aire muestreado. Esta concentración se expresa como microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Concentración de material particulado

$$[PM_{10}] = \frac{(W_f - W_i) * 10^6}{V_{std}}$$

donde,

PM_{10} = Concentración de PM10, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

V_{std} = Volumen del aire muestreado en m^3 .

W_f = Peso final en g.

W_i = Peso inicial en g.

Para encontrar el Q_{std} y el V_{std} se realiza el siguiente procedimiento mediante las ecuaciones:

Volumen estándar

$$V_{std} = Q_{std} * T$$

donde,

Q_{std} = Caudal estándar en L/min.

T = tiempo de monitoreo

Caudal estándar

$$Q_{std} = Q_c * \frac{P_a}{P_{std}} * \frac{T_{std}}{T_a}$$

donde,

Q_c = Caudal de muestreo en L/min.

P_a = presión ambiente en mmHg.

T_a = Temperatura ambiente en K.

P_{std} = Presión estándar, 760 mmHg.

T_{std} = Temperatura estándar, 298.15 K.

El muestreador de alto volumen con cabezal PM10 está formado por dos componentes básicos: una entrada diseñada para permitir el ingreso de partículas de diámetro menor o igual a 10 μm y un sistema de control de flujo capaz de mantener una tasa de flujo constante dentro de las especificaciones planteadas:

- a) Los Hi-vol. para muestreo de PM10 deben garantizar un flujo de 1,13 m³/min $\pm 10\%$.
- b) Intervalo de temperatura 15 s 30 °C, con un control de temperatura ± 3 °C.
- c) Intervalo de humedad relativa 20 a 45% con un control de humedad de $\pm 5\%$.



Figura 4. High Vol – partes externas
Fuente: Elaboración Propia

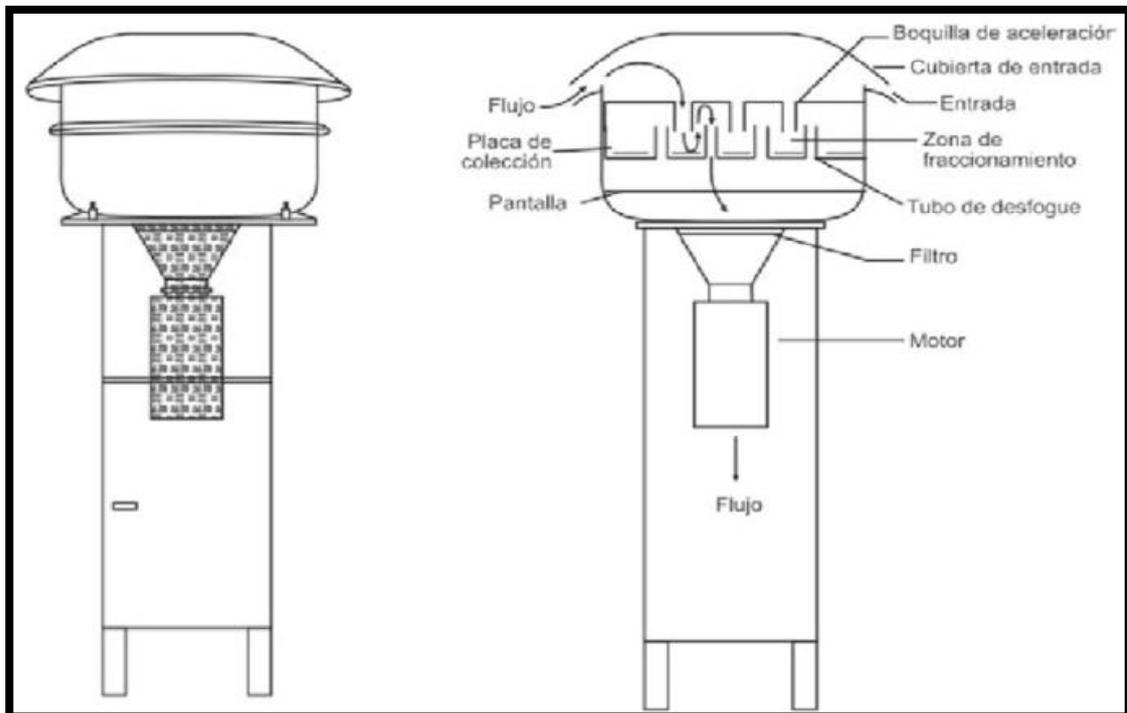


Figura 5. High Vol – partes internas
Fuente: Elaboración propia

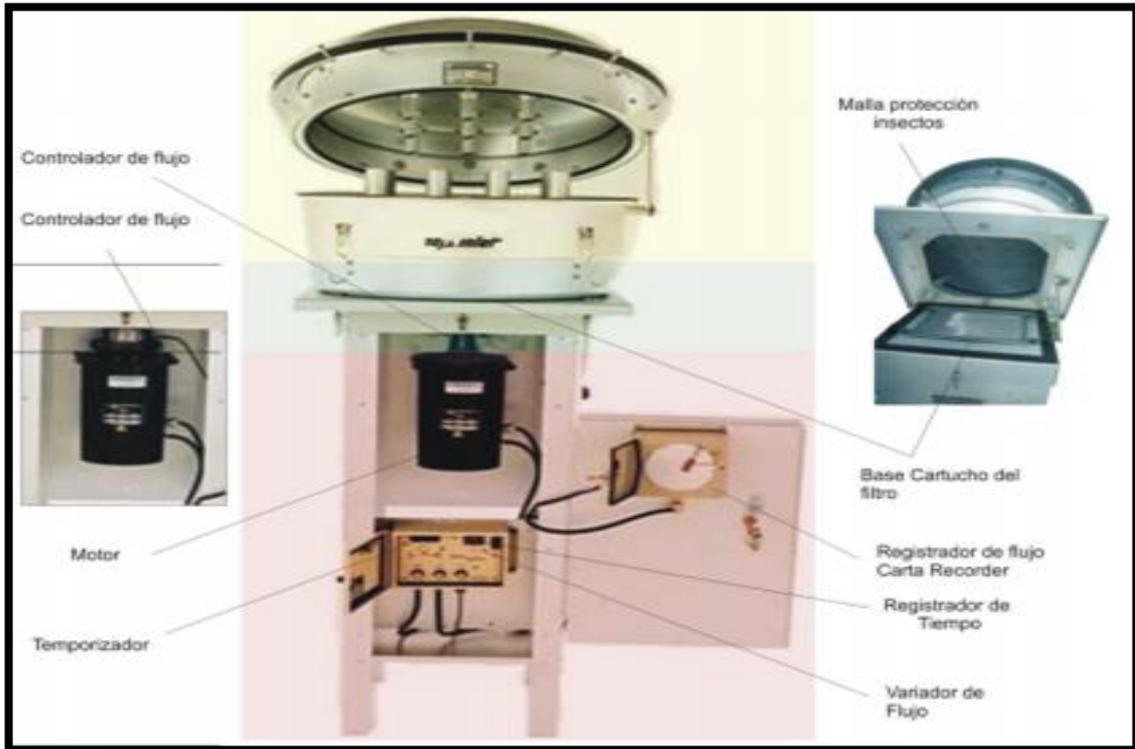


Figura 6. High Vol – partes internas
Fuente: Elaboración propia

El muestreador de material particulado de $10\ \mu\text{m}$ (PM10) debe ser montado en una plataforma de monitoreo adecuado siguiendo las siguientes pautas:

- a) Altura de colocación del muestreador: el muestreador será colocado a una altura de entre 2 a 15m.
- b) Espaciamiento de obstrucciones horizontales: Cuando la toma muestra se localiza en un tejado, un mínimo de 2m de separación de las paredes, parapetos, áticos, etc.
- c) Señalice y delimite el área de trabajo con los conos y la cinta de señalización respectiva.

- d) Una vez definida la ubicación del muestreador, colocar en posición vertical el cuerpo, luego la parte superior del cuerpo del muestreador y el cabezal selector PM10.
- e) Arme el conjunto compuesto por el motor y trapecio(pantalla), asegurando firmemente este ensamblaje. Proceda a abrir el cabezal selector PM10 e introduzca con cuidado el conjunto armado (motor y trapecio), verifique que este conjunto se asiente bien y cierre el cabezal selector.
- f) Proceso de colocación del filtro en el portafiltro: compruebe que la empaquetadura del portafiltro se encuentre en buenas condiciones y no se haya deteriorado.
- g) En un lugar limpio y cerrado, usando guantes de nitrilo sin talco, coloque el filtro en el portafiltro con la parte rugosa hacia arriba (que es donde se depositará el material particulado), centrándolo en la rejilla de modo que la empaquetadura forme un sello hermético en el borde externo y cúbralo con la cubierta protectora.
- h) El filtro no debe estar excesivamente apretado ya que puede pegarse al portafiltro o a la empaquetadura
- i) Traslade el portafiltro hasta el muestreador PM10 e instálelo levantando el cabezal.
- j) Ajuste el portafiltro asegurando las 04 perillas simultáneamente en forma diagonal hasta fijarlo correctamente. Retire la tapa del portafiltro, cierre la cubierta del cabezal y asegúrelo con los ganchos externos.
- k) Instalación de carta registro de flujo en el equipo
- l) Instale la estación meteorológica, programe el muestreador para un periodo de muestreo de 24 ± 1 h. Encienda el equipo.

- m) Después de 5 minutos de iniciado el muestreo mida la diferencia de presión (ΔH en pul. H₂O) entre el portafiltro y el ambiente con el manómetro diferencial. Repetir la medición 5 minutos antes de culminar el muestreo (con el motor encendido). Estos datos en la cadena de Custodia de Aire.
- n) Culminado el periodo de muestreo, ponga la tapa al portafiltro, desmonte el portafiltro aflojando las cuatro perillas de ajuste y diríjase a un lugar limpio y cerrado. Colocarse los guantes para retirar el filtro con mucho cuidado de no perder ningún material (filtro y partículas recogidas); dóblelo por la mitad, con el material recogido encerrado dentro. Coloque el filtro plegado en un sobre limpio, rotule el sobre y séllelo.
- o) Desmonte el muestreador High-Vol PM₁₀, empáquelo y embálelo cuidadosamente.

3.6.2 Muestreo De Material Particulado – Pm 2.5

Para el muestreo del PM_{2.5}, muestreador de aire alimentado eléctricamente que aspira aire del ambiente a una velocidad de flujo volumétrico constante de (16,67 L/min) a través de una entrada diseñada especialmente para discriminar las partículas con un diámetro aerodinámico menor o igual a un valor nominal de 10 μ m, luego este flujo pasa a través de un ciclón de corte muy agudo o VSCC que permite la separación de las partículas en el rango de 2,5 μ m, las cuales son recogidas en un filtro de Teflón® de 47 mm de diámetro, durante un periodo de 24 h \pm 1 h.

Cada filtro se pesa antes de su uso y después del muestreo, la diferencia de pesos determina la masa del material particulado de 2.5 μ m.

El volumen total de aire muestreado se determina a partir del caudal medido a la presión y temperatura ambiente real durante el tiempo de muestreo. La concentración de la masa del PM2.5 en el aire ambiente es calculada como la masa total de partículas coleccionadas en el rango de PM2.5, dividido por el volumen total de aire medido bajo las condiciones de temperatura y presión del periodo de muestreo. La concentración es expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentración de material particulado

$$[PM_{2.5}] = \frac{(W_f - W_i) * 10^6}{V_{std}}$$

donde,

$PM_{2.5}$ = Concentración de PM2.5, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

V_{std} = Volumen del aire muestreado en m^3 .

W_f = Peso final en g.

W_i = Peso inicial en g.

Para encontrar el Q_{std} y el V_{std} se realiza el siguiente procedimiento mediante las ecuaciones:

Volumen estándar

$$V_{std} = Q_{std} * T$$

donde,

Q_{std} = Caudal estándar en L/min.

T = tiempo de monitoreo

Caudal estándar

$$Q_{std} = Q_c * \frac{P_a}{P_{std}} * \frac{T_{std}}{T_a}$$

donde,

Q_c = Caudal de muestreo en L/min.

P_a = presión ambiente en mmHg.

T_a = Temperatura ambiente en K.

P_{std} = Presión estándar, 760 mmHg.

T_{std} = Temperatura estándar, 298.15 K.

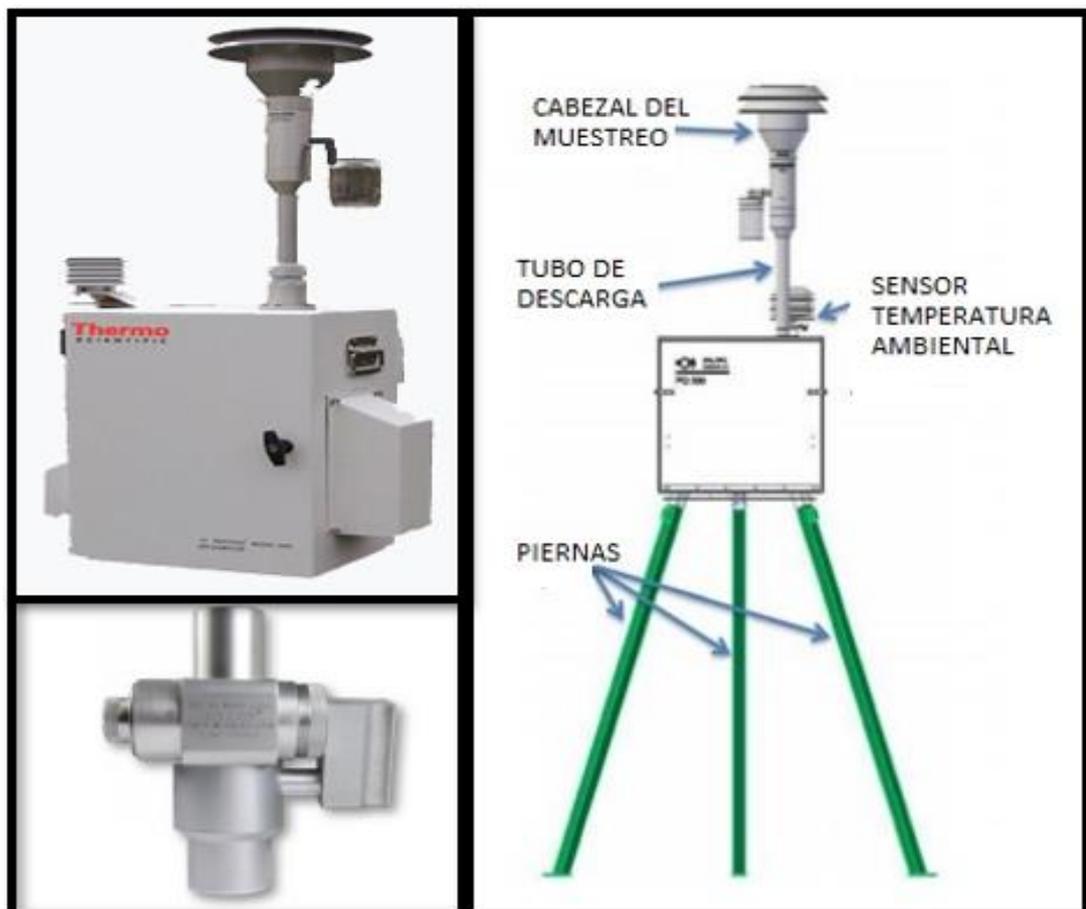


Figura 7. Low Vol. – Partes Externas
Fuente: Elaboración propia

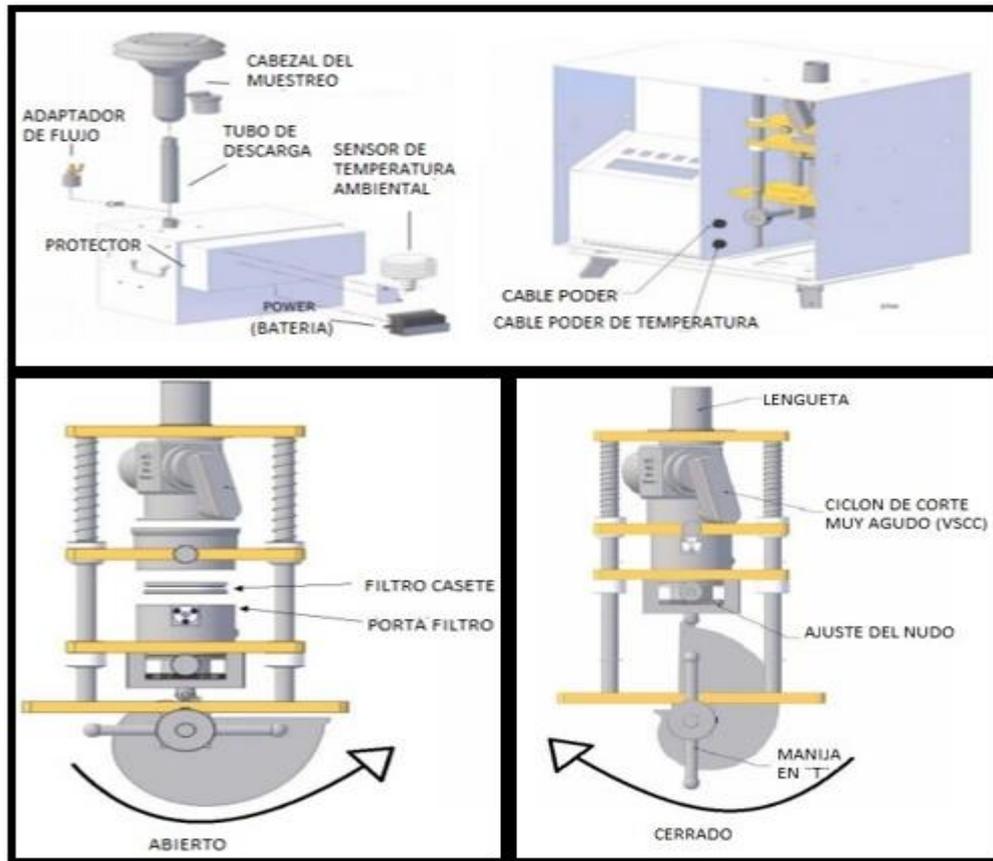


Figura 8. Low vol. – partes internas
Fuente: Elaboración Propia

El muestreador de material particulado de 2.5 µm (PM2.5) debe ser montado en una plataforma de monitoreo adecuado siguiendo las siguientes pautas:

- a) Señalice y delimite el área de trabajo con los conos y la cinta de señalización respectiva.
- b) Proceda a instalar el muestreador de material particulado 2.5 µm (PM2.5). colocar las piernas luego fijarlas al equipo, luego proceder a colocar los sensores de temperatura, el cable poder y el cabezal de muestreo, así como el protector y el tubo de descarga.

- c) Una vez armado e instalado correctamente el muestreador, antes de instalar el filtro con el cual se ha de proceder a realizar el muestreo, proceda a colocar el filtro, En un lugar limpio y cerrado, usando guantes de nitrilo sin talco, coloque el filtro en el casete hacia arriba (que es donde se depositará el material particulado), centrándolo en el portafiltro de modo que la empaquetadura forme un sello hermético en el borde externo y cúbralo con la cubierta protectora del casete.
- d) El filtro no debe estar excesivamente apretado ya que puede pegarse al portafiltro.
- e) Proceda a programar la fecha y hora en que se iniciará y culminará el muestreo (para un periodo de muestreo de $24h24 \pm 1h$).
- f) Culminado el periodo de muestreo, proceda a retirar el filtro.
- g) Coloque el filtro en la placa Petri y colóquelo en su respectiva bolsa hermética, etiquete y rotule. Registre en la cadena de custodia asimismo registre los datos de fecha y hora final del muestreo, la temperatura y la presión promedio del periodo de muestreo.
- h) Desinstale el equipo y embálelo para su transporte.

3.6.3 Muestreo De Analizadores Continuos

Es un sistema digital diseñado para el muestreo de gases ambientales por el método de absorción. Consiste básicamente de una bomba de succión, que aspira secuencialmente y entre ellas se sitúan burbujas de aire que separan las muestras entre sí.

Los analizadores continuos funcionan con un flujo de $800 \text{ (cm}^3\text{/min)} \pm 10\%$, los gases a analizar son determinados por diferentes metodologías:

- Dióxido de nitrógeno (NO₂) - Quimioluminiscencia.
- Monóxido de carbono (CO) - Infrarrojo no dispersivo.
- Ozono (O₃) - Fotometría de absorción ultravioleta.
- Dióxido de Azufre (SO₂) - Fluorescencia ultravioleta.

Las tomas de muestra de los analizadores son de manera automática y secuencial y puede tomar muestras según el tiempo programado.

Después de haber realizado las conexiones eléctricas, encender el analizador continuo, inmediatamente comenzara absorber el aire en el ambiente mediante las mangueras.

La pantalla debe mostrar un guion horizontal en la esquina superior izquierda de la pantalla. Este tendrá una duración de aproximadamente 30 segundos, mientras que la CPU carga el sistema operativo.

Una vez que la CPU ha completado esta actividad comenzará a cargar los datos del firmware del analizador y de configuración.

Durante el muestreo, vigile periódicamente que el equipo funcione correctamente (tiene función de auto calibrado), que el sistema permanece correctamente ensamblado y que no se ha producido un estrangulamiento en las mangueras.

Verificar el suministro ininterrumpido de energía eléctrica por todo el tiempo que dure el muestreo. Las interrupciones de energía conducen a errores de medición e invalidarán el muestreo.

Poco antes de finalizar, proceda a corroborar el flujo de muestreo sigue en los rangos establecidos.

Transcurrido el tiempo de muestreo, parar el funcionamiento del analizador continuo, retirar las manguerillas conectadas al equipo y proceder a apagar los equipos.



Figura 9. Analizador continuo – modelo Teledyne T101
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Método de análisis basado en el Decreto Supremo N° 003 – 2017 – MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias

Parámetros	Equipo	Método de Análisis
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Muestreador de alto volumen, Thermo scientific o TISCH	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM ₂₅)	Muestreador de bajo volumen, BGI (PQ200) o Thermo scientific	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Analizadores automáticos Teledyne Technologies	Quimioluminiscencia (Método automático)
Monóxido de carbono (CO)	Analizadores automáticos Teledyne Technologies	Infrarrojo no dispersivo (método automático)
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Analizadores automáticos Teledyne Technologies	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
Ozono (O ₃)	Analizadores automáticos Teledyne Technologies	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Decreto Supremo N°003-2017-MINAN, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias

Parámetros	Periodos	Valor (µg/m ³)	Criterios de evaluación
Material Particulado con diámetro menos a 10 micras (PM ₁₀)	horas	100	NE más de 7 veces al año
	Anual	50	Media aritmética anual
Material Particulado con diámetro menos a 2.5 micras (PM ₂₅)	horas	50	NE más de 7 veces al año
	Anual	25	Media aritmética anual
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Hora	200	NE más de 24 veces al año
	Anual	100	Media aritmética anual

Monóxido de carbono (CO)	Hora	30000	NE más de 1 vez al año
	horas	10000	Media aritmética móvil
Dióxido de Azufre (SO ₂)	horas	250	NE más de 7 veces al año
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año

NE: No Exceder
Fuente: Elaboración propia

3.7 ANALISIS DE DATOS

3.7.1 Material Particulado Menor A 10 Micras (PM10)

En la tabla N°09 y N°10 se muestran las concentraciones de las estaciones Barlovento interno y Sotavento Interno, ambas ubicadas dentro de las instalaciones de la Central térmica de Ventanilla. La cuales fueron tomados por un tiempo de 24 horas de manera ininterrumpida, los valores obtenidos de manera mensual no excedieron los valores referenciales establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del aire. Sin embargo, cabe resaltar que el valor más alto en el Sotavento Interno fue de 91.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Registrado con la fecha 12/06/19 y la más baja fue de 69.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 17/01/2019. Mientras que en la estación Barlovento Interno fue de 88.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 04/04/19 y la más baja fue de 48.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 21/02/2019.

Estos resultados fueron comparados con los Estándares de la Calidad Ambiental del aire. Ya que a partir de Julio de 2017 entro en vigencia con el Decreto Supremo N°003-2017-MINAN.

Tabla 9. Concentración de Material Particulado de 10 micras (PM10)

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Barlovento Interno	Enero	10/01/2019	1440	57.4
Barlovento Interno	Febrero	21/02/2019	1440	48.9
Barlovento Interno	Marzo	07/03/2019	1440	85.3
Barlovento Interno	Abril	04/04/2019	1440	88.9
Barlovento Interno	Mayo	09/04/2019	1440	77.9
Barlovento Interno	Junio	12/06/2019	1440	86.0
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				100

Fuente: Elaboración propia

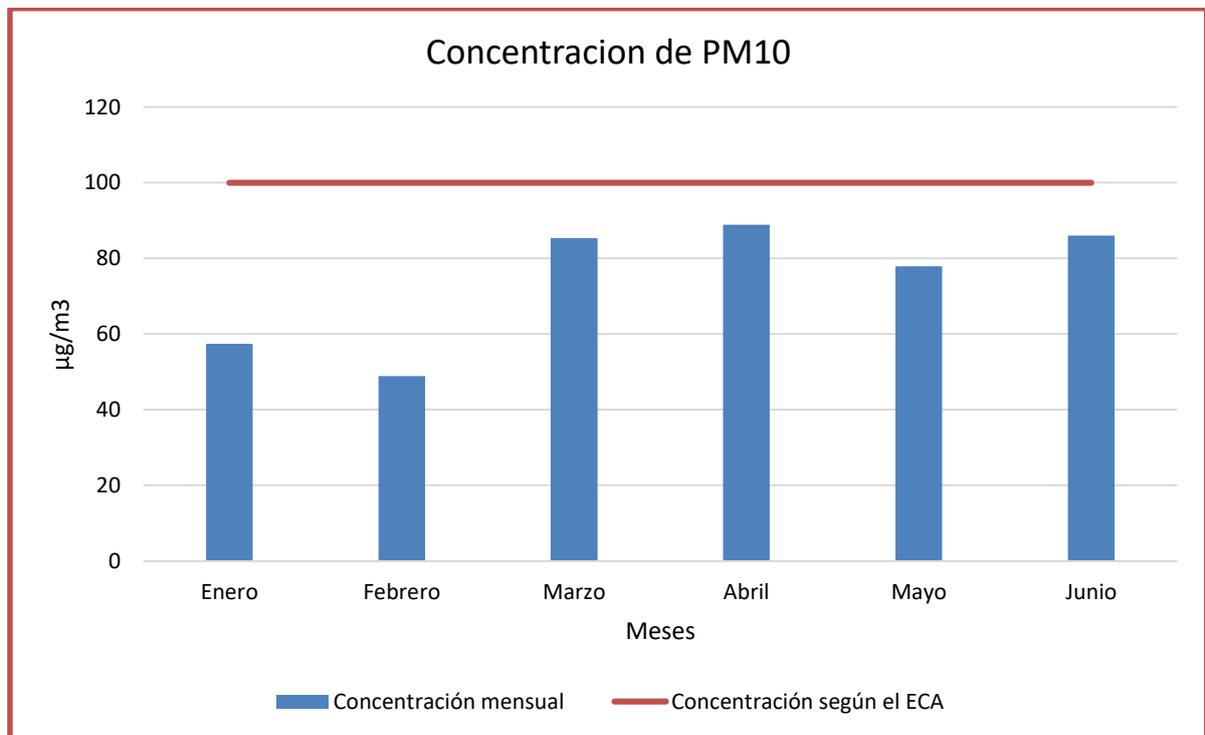


Figura 10. Concentración de PM 10 – Estación Barlovento Interno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. *Concentración de Material Particulado de 10 micras (PM10)*

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sotavento Interno	Enero	10/01/2019	1440	69.4
Sotavento Interno	Febrero	21/02/2019	1440	74.0
Sotavento Interno	Marzo	07/03/2019	1440	87.9
Sotavento Interno	Abril	04/04/2019	1440	89.9
Sotavento Interno	Mayo	09/04/2019	1440	88.0
Sotavento Interno	Junio	12/06/2019	1440	91.6
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				100

Fuente: elaboración propia

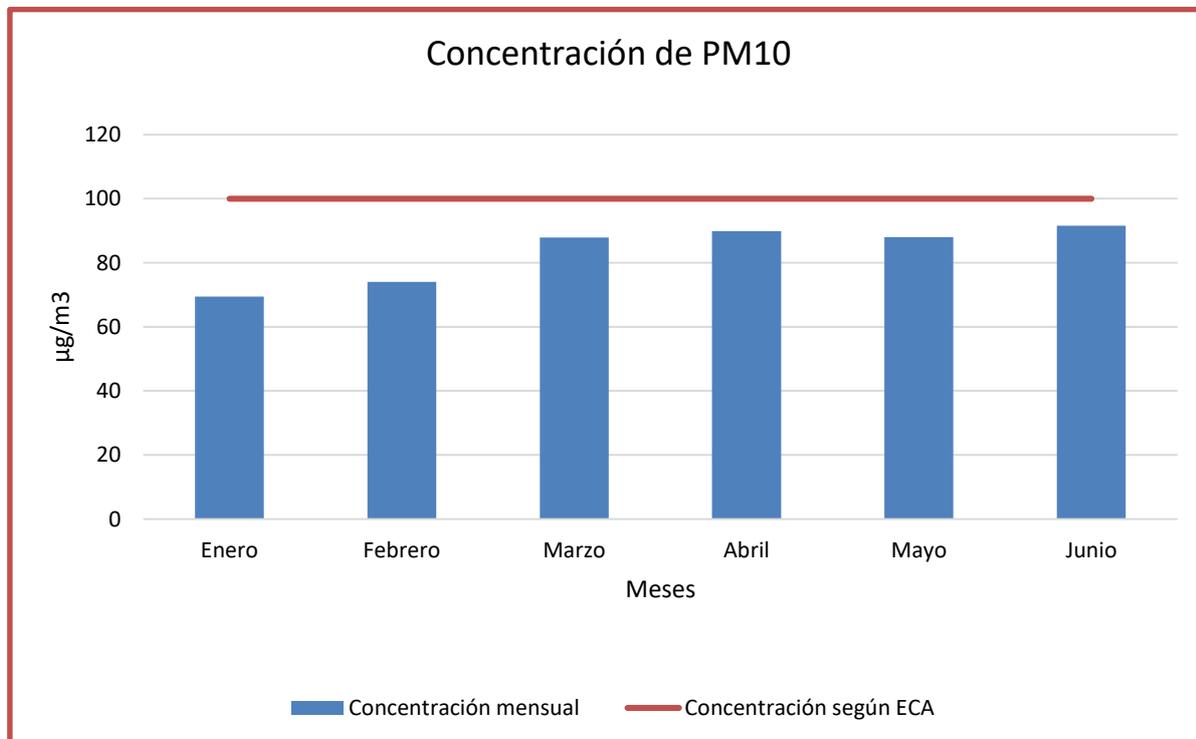


Figura 11. Concentración de PM 10 – Estación Sotavento Interno
Fuente: elaboración propia

3.7.2 Material Particulado Menor A 2.5 Micras (PM2.5)

En la tabla N°11 y N°12 se muestran las concentraciones de las estaciones Barlovento interno y Sotavento Interno, ambas ubicadas dentro de las instalaciones de la Central térmica de Ventanilla. La cuales fueron tomados por un tiempo de 24 horas de manera ininterrumpida, los valores obtenidos de manera mensual no excedieron los valores referenciales establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del aire. Sin embargo, cabe resaltar que el valor más alto en el Sotavento Interno fue de 39.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 12/06/19 y la más baja fue de 18.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 21/02/2019. Mientras que en la estación Barlovento Interno fue de 32.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la más alta, Registrado con la fecha 12/06/19 y la más baja fue de 9.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 04/04/2019.

Estos resultados fueron comparados con los Estándares de la Calidad Ambiental del aire. Decreto Supremo N°003-2017-MINAN.

Tabla 11. *Concentración de Material Particulado de 2.5 micras (PM2.5)*

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Barlovento Interno	Enero	10/01/2019	1440	23.4
Barlovento Interno	Febrero	21/02/2019	1440	15.7
Barlovento Interno	Marzo	07/03/2019	1440	18.4
Barlovento Interno	Abril	04/04/2019	1440	9.7
Barlovento Interno	Mayo	09/04/2019	1440	14.1
Barlovento Interno	Junio	12/06/2019	1440	32.9
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				50

Fuente: Elaboración propia

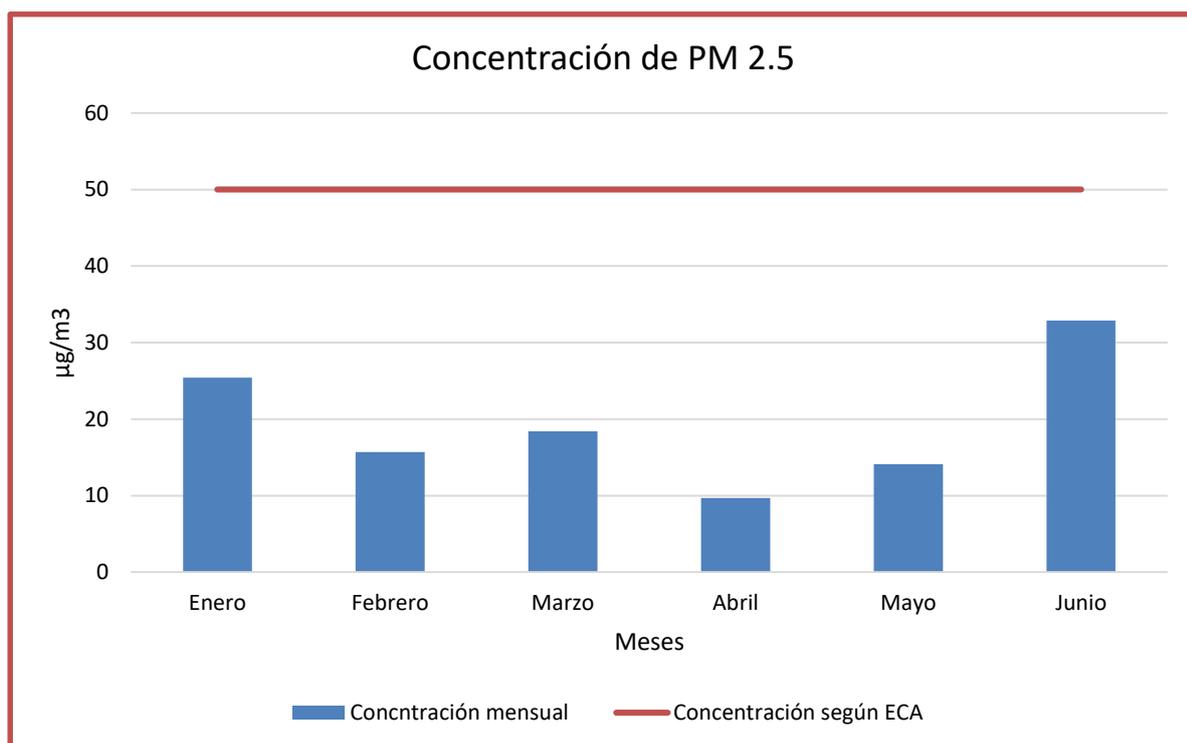


Figura 12. Concentración de PM 2.5 – Estación Barlovento Interno
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Concentración de Material Particulado de 2.5 micras (PM2.5)

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en µg/m³
Sotavento Interno	Enero	10/01/2019	1440	25.4
Sotavento Interno	Febrero	21/02/2019	1440	18.9
Sotavento Interno	Marzo	07/03/2019	1440	20.7
Sotavento Interno	Abril	04/04/2019	1440	20.0
Sotavento Interno	Mayo	09/04/2019	1440	25.6
Sotavento Interno	Junio	12/06/2019	1440	39.6
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				50

Fuente: Elaboración propia

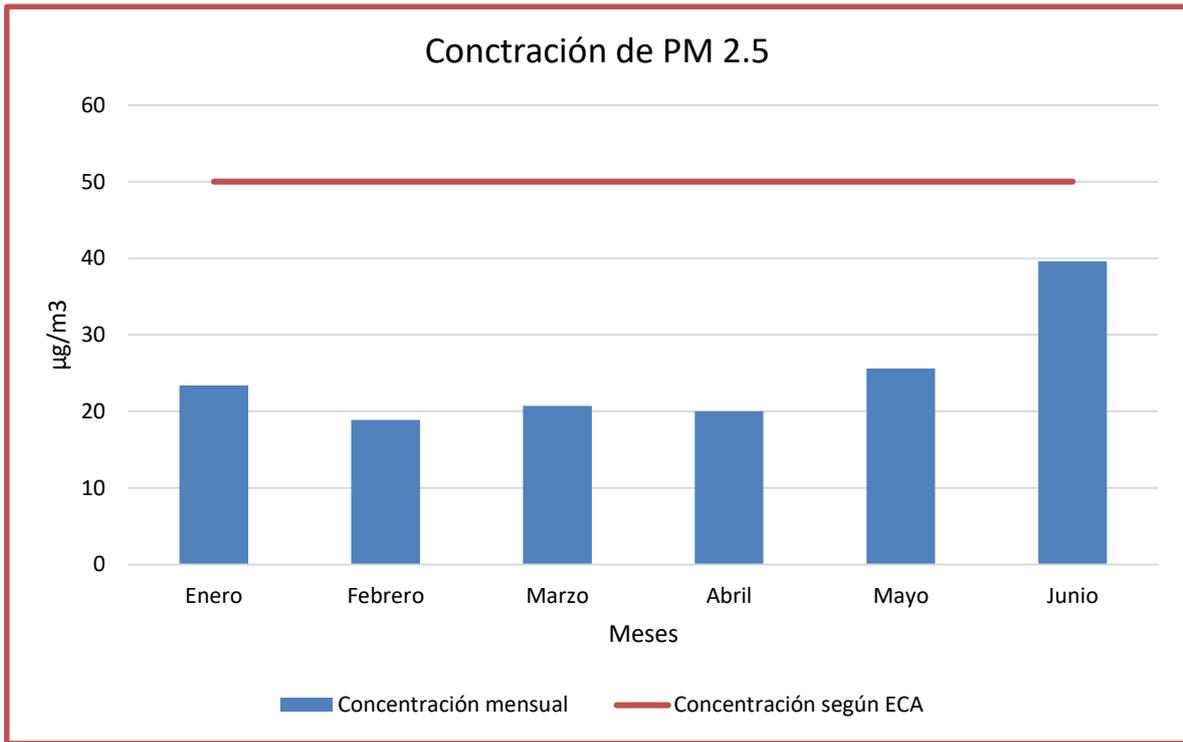


Figura 13. Concentración de PM 2.5 – Estación Sotavento Interno
Fuente: Elaboración propia

7.3 Dióxido De Azufre (SO₂)

En la tabla N° 13 y N° 14 se muestran las concentraciones de las estaciones Barlovento interno y Sotavento Interno, ambas ubicadas dentro de las instalaciones de la Central térmica de Ventanilla. La cuales fueron tomados por un tiempo de 24 horas de manera ininterrumpida, los valores obtenidos de manera mensual no excedieron los valores referenciales establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del aire. Sin embargo, cabe resaltar que el valor más alto en el Sotavento Interno fue de 36.68 µg/m³.

Registrado con la fecha 12/06/19 y la más baja fue de 0.73 µg/m³ registrado con la fecha 07/03/2019. Mientras que en la estación Barlovento Interno fue de 33.41 µg/m³ registrado con la fecha 12/06/19 y la más baja fue de 0.41 µg/m³ registrado con la fecha 07/03/2019. Estos resultados fueron comparados con los Estándares de la Calidad Ambiental del aire.

Tabla 13. *Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂)*

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en µg/m ³
Barlovento Interno	Enero	10/01/2019	1440	2.33
Barlovento Interno	Febrero	21/02/2019	1440	0.95
Barlovento Interno	Marzo	07/03/2019	1440	0.41
Barlovento Interno	Abril	04/04/2019	1440	9.06
Barlovento Interno	Mayo	09/04/2019	1440	19.97
Barlovento Interno	Junio	12/06/2019	1440	33.41
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				250

Fuente: Elaboración propia

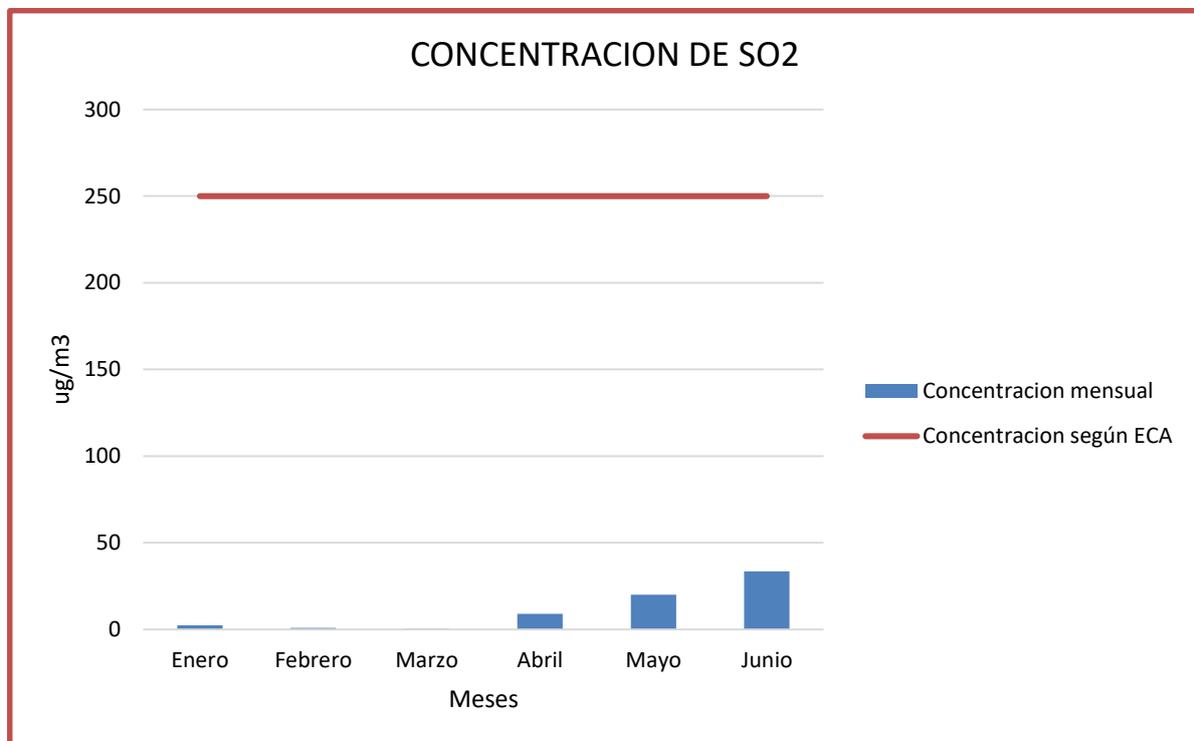


Figura 14. Concentración de SO₂ – Estación Barlovento Interno
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. *Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂)*

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en µg/m ³
Sotavento Interno	Enero	10/01/2019	1440	8.52
Sotavento Interno	Febrero	21/02/2019	1440	1.7
Sotavento Interno	Marzo	07/03/2019	1440	0.73
Sotavento Interno	Abril	04/04/2019	1440	16.2
Sotavento Interno	Mayo	09/04/2019	1440	19.99
Sotavento Interno	Junio	12/06/2019	1440	36.68
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				250

Fuente: Elaboración propia

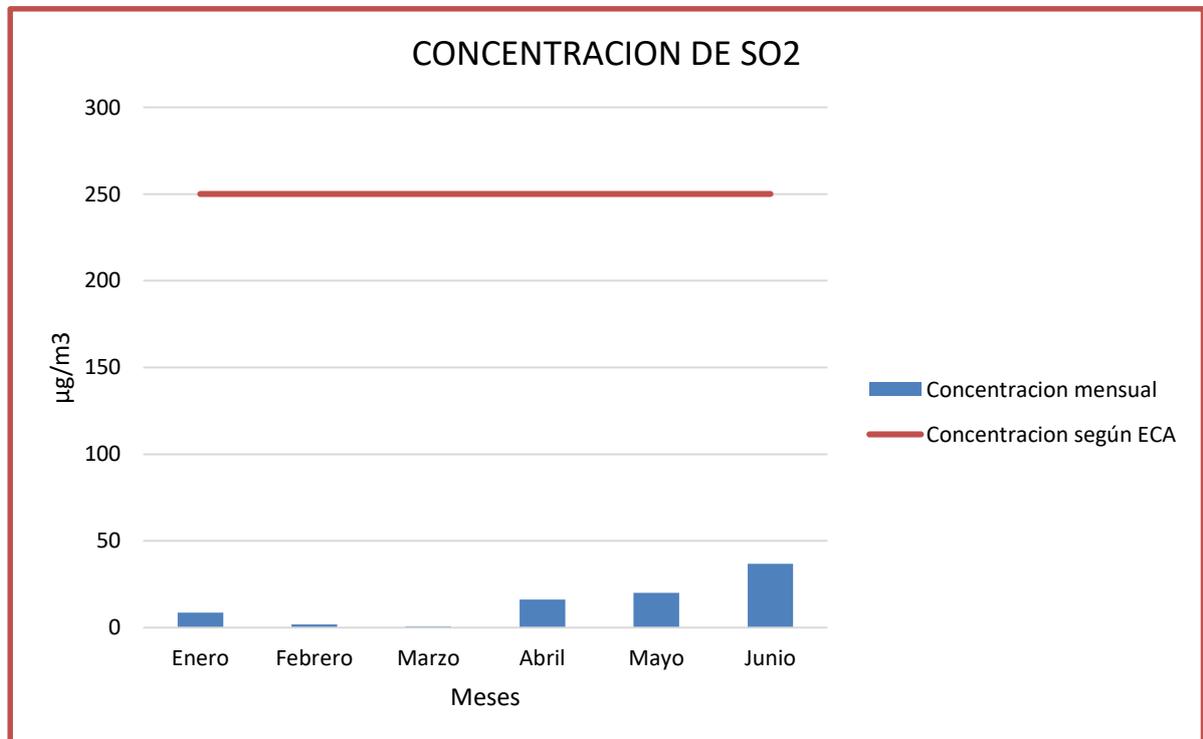


Figura 15. Concentración de SO₂ – Estación Sotavento Interno

Fuente: Elaboración propia

3.7.4 Monóxido De Carbono (Co)

En la tabla N° 15 y N° 16 se muestran las concentraciones de las estaciones Barlovento interno y Sotavento Interno, ambas ubicadas dentro de las instalaciones de la Central térmica de Ventanilla. La cuales fueron tomados por un tiempo de 8 horas de manera ininterrumpida, los valores obtenidos de manera mensual no excedieron los valores referenciales establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del aire. Sin embargo, cabe resaltar que el valor más alto en el Sotavento Interno fue de 1046.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 10/01/19 y la más baja fue de 196.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 04/04/2019. Mientras que en la estación Barlovento Interno fue de 778 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 01/01/19 y la más baja fue de 455.235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 09/05/2019.

Estos resultados fueron comparados con los Estándares de la Calidad Ambiental del aire. Decreto Supremo N°003-2017-MINAN.

Tabla 15. *Concentración de Monóxido de carbono (CO)*

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Barlovento Interno	Enero	10/01/2019	480	778
Barlovento Interno	Febrero	21/02/2019	480	552.979
Barlovento Interno	Marzo	07/03/2019	480	522.354
Barlovento Interno	Abril	04/04/2019	480	855.658
Barlovento Interno	Mayo	09/04/2019	480	455.235
Barlovento Interno	Junio	12/06/2019	480	530.368
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				10000

Fuente: Elaboración propia

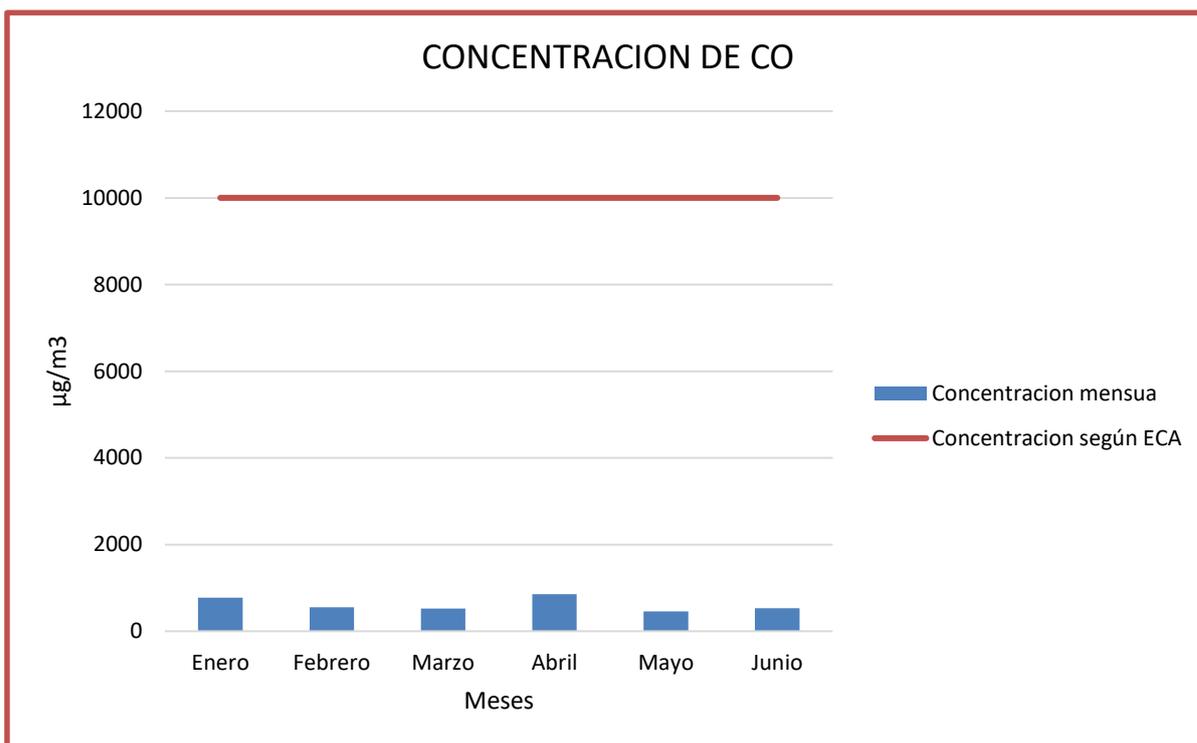


Figura 16. Concentración de CO – Estación Barlovento Interno
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Concentración de Monóxido de carbono (CO)

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en µg/m ³
Sotavento Interno	Enero	10/01/2019	480	1046.1
Sotavento Interno	Febrero	21/02/2019	480	572.4
Sotavento Interno	Marzo	07/03/2019	480	615.2
Sotavento Interno	Abril	04/04/2019	480	196.9
Sotavento Interno	Mayo	09/04/2019	480	501.0
Sotavento Interno	Junio	12/06/2019	480	584.7
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				10000

Fuente: Elaboración propia

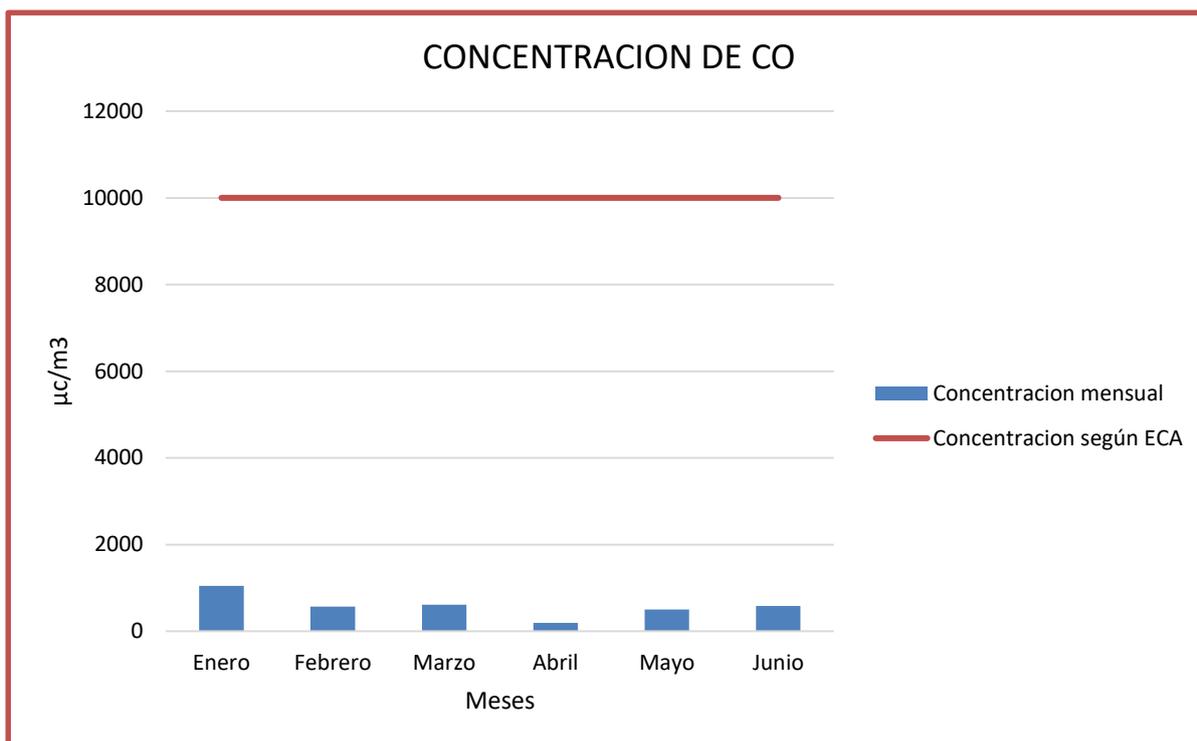


Figura 17. Concentración de CO – Estación Sotavento Interno
Fuente: Elaboración propia

.7.5 Ozono (O₃)

En la tabla N° 17 y N° 18 se muestran las concentraciones de las estaciones Barlovento interno y Sotavento Interno, ambas ubicadas dentro de las instalaciones de la Central térmica de Ventanilla. La cuales fueron tomados por un tiempo de 8 horas de manera ininterrumpida, los valores obtenidos de manera mensual no excedieron los valores referenciales establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del aire. Sin embargo, cabe resaltar que el valor más alto en el Barlovento Interno fue de 54.57 µg/m³ registrado con la fecha 12/06/19 y la más baja fue de 6.87 µg/m³ registrado con la fecha 04/04/2019. Mientras que en la estación Sotavento Interno fue de 51.45 µg/m³ registrado con la fecha

12/06/19 y la más baja fue de 7.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 21/02/2019. Estos resultados fueron comparados con los Estándares de la Calidad Ambiental del aire. Ya que a partir de Julio de 2017 entro en vigencia con el Decreto Supremo N°003-2017-MINAN.

Tabla 17. *Concentración de Ozono (O_3)*

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Barlovento Interno	Enero	10/01/2019	480	18.61
Barlovento Interno	Febrero	21/02/2019	480	16.82
Barlovento Interno	Marzo	07/03/2019	480	26.83
Barlovento Interno	Abril	04/04/2019	480	6.87
Barlovento Interno	Mayo	09/04/2019	480	13.71
Barlovento Interno	Junio	12/06/2019	480	54.57
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				100

Fuente: Elaboración propia

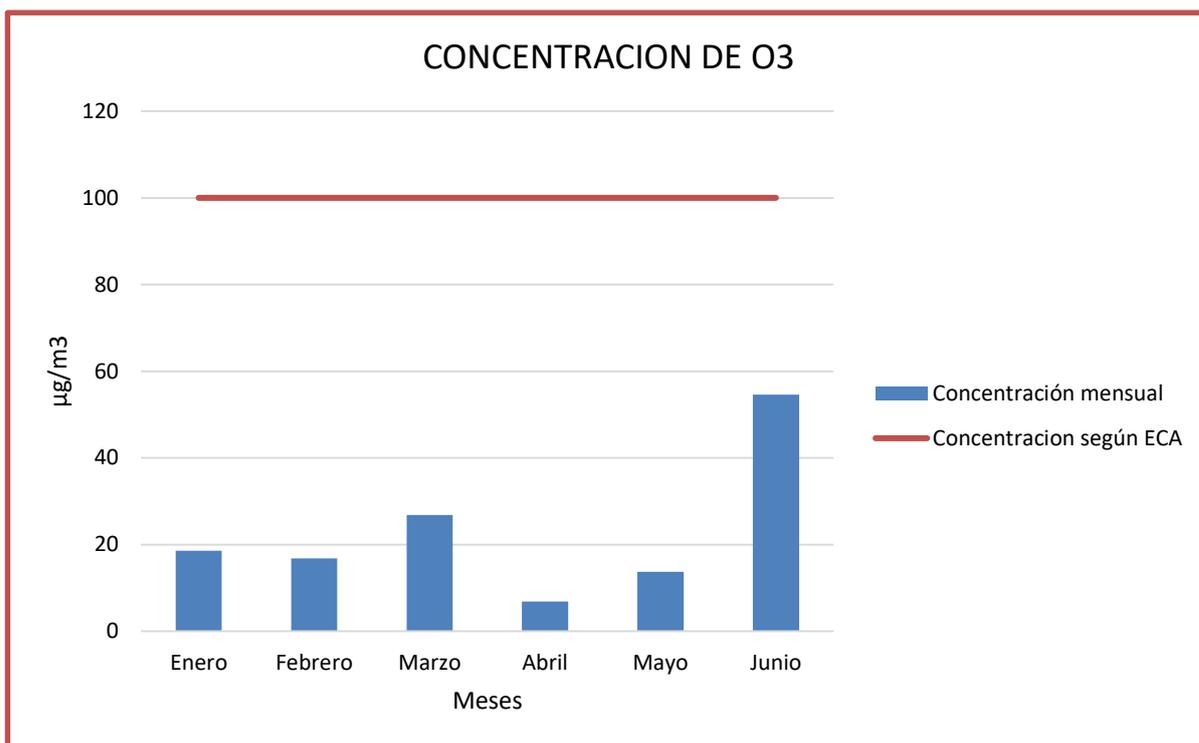


Figura 18. Concentración de O₃ – Estación Barlovento Interno
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. *Concentración de Ozono (O₃)*

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en µg/m ³
Sotavento Interno	Enero	10/01/2019	480	18.13
Sotavento Interno	Febrero	21/02/2019	480	7.64
Sotavento Interno	Marzo	07/03/2019	480	10.19
Sotavento Interno	Abril	04/04/2019	480	47.55
Sotavento Interno	Mayo	09/04/2019	480	14.4
Sotavento Interno	Junio	12/06/2019	480	51.45
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				100

Fuente: elaboración propia

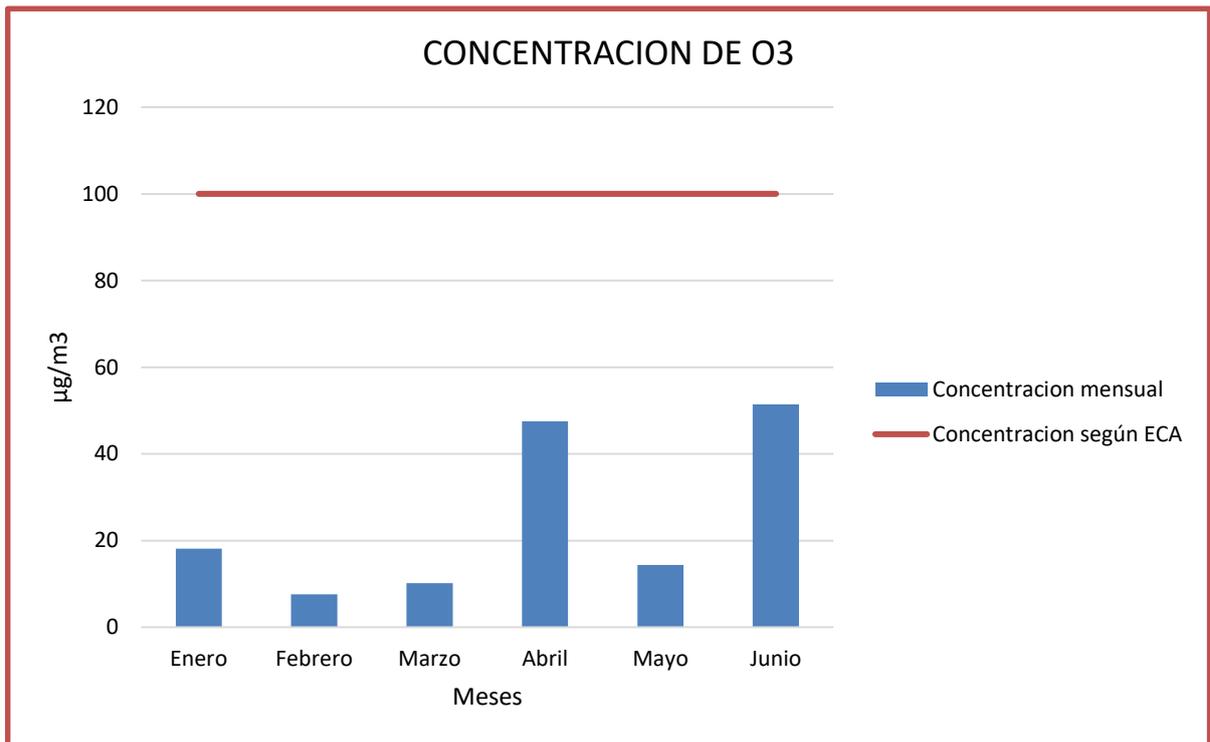


Figura 19. Concentración de O₃ – Estación Sotavento Interno
Fuente: Elaboration Propia

3.7.6 Dióxido De Nitrógeno (NO₂)

En la tabla N° 19 y N° 20 se muestran las concentraciones de las estaciones Barlovento interno y Sotavento Interno, ambas ubicadas dentro de las instalaciones de la Central térmica de Ventanilla. La cuales fueron tomados por un tiempo de 1 hora de manera ininterrumpida, los cuales se toman entre las 11:00 – 14:00 horas, tiempo que estas establecido para realizar e monitoreo de calidad ambiental del aire en el parámetro de NO₂. Los valores obtenidos de manera mensual no excedieron los valores referenciales establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental del aire. Sin embargo, cabe resaltar que el valor más alto en el Sotavento Interno fue de 80.93 µg/m³ registrado con la fecha 09/04/19 y la más baja fue de 10.66 µg/m³ registrado con la fecha 10/01/2019.

Mientras que en la estación Barlovento Interno fue de 80.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 09/04/19 y la más baja fue de 7.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado con la fecha 21/02/2019.

Estos resultados fueron comparados con los Estándares de la Calidad Ambiental del aire. Ya que a partir de Julio de 2017 entro en vigencia con el Decreto Supremo N°003-2017-MINAN.

Tabla 19. *Concentración de Dióxido de nitrógeno (NO₂)*

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Barlovento Interno	Enero	10/01/2019	60	8.73
Barlovento Interno	Febrero	21/02/2019	60	7.22
Barlovento Interno	Marzo	07/03/2019	60	12.09
Barlovento Interno	Abril	04/04/2019	60	19.56
Barlovento Interno	Mayo	09/04/2019	60	80.29
Barlovento Interno	Junio	12/06/2019	60	55.36
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				200

Fuente: elaboración propia

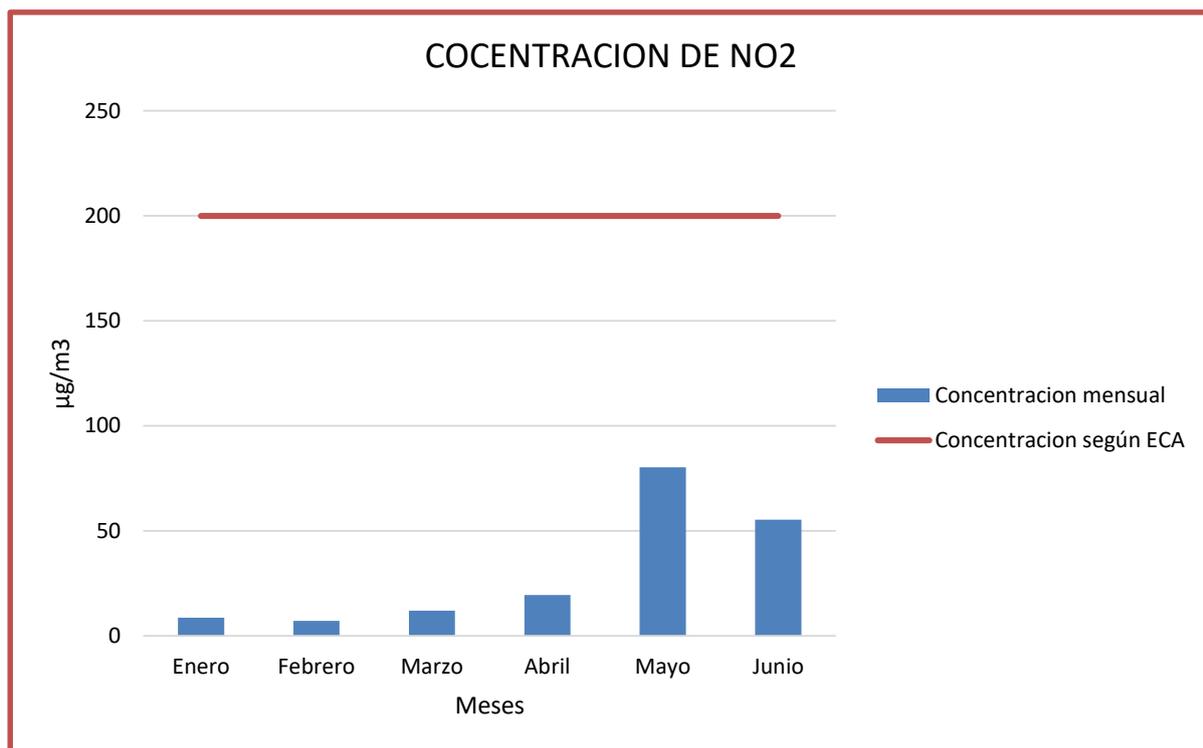


Figura 20. Concentración de NO₂ – Estación Barlovento Interno
Fuente: elaboración propia

Tabla 20. Concentración de Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Estación	Mes	Fecha de monitoreo	Duración (min)	Concentración de partículas en µg/m ³
Sotavento Interno	Enero	10/01/2019	60	10.66
Sotavento Interno	Febrero	21/02/2019	60	17.98
Sotavento Interno	Marzo	07/03/2019	60	16.89
Sotavento Interno	Abril	04/04/2019	60	17.53
Sotavento Interno	Mayo	09/04/2019	60	80.93
Sotavento Interno	Junio	12/06/2019	60	68.99
Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MI-NAM				200

Fuente: elaboración propia

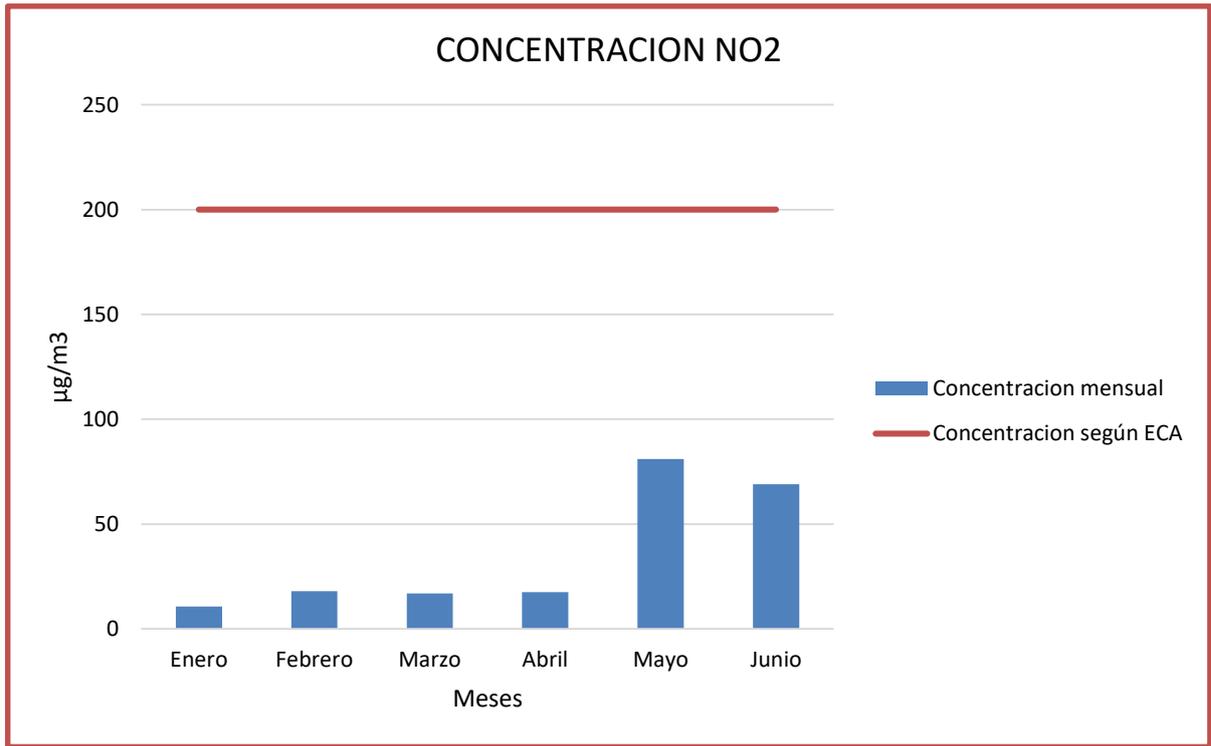


Figura 21. Concentración de NO₂ – Estación Barlovento Interno
Fuente: elaboración propia

IV. RESULTADOS

Los datos obtenidos del monitoreo de calidad de aire son comparados con los Estándares de Calidad Ambiental del aire, según el Decreto Supremo N°003 – 2017 – MINAM, el cual se encuentra en vigencia desde junio del 2017.

Los valores obtenidos por cada parámetro analizado en el periodo de enero a junio del presente año, se encuentran por debajo de lo establecido según el ECA del aire. Los siguientes cuadros comparativos por estación entre los valores máximos obtenidos de cada parámetro analizado contra los valores del Estándar de calidad ambiental del aire.

Tabla 21. *Resultados estación Barlovento interno*

Estación	Parámetro	Fecha de monitoreo	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Estándar de calidad ambiental del aire D.S 003-2017-MINAM
Barlovento Interno	PM 10	12/06/2019	86.0	100
Barlovento Interno	PM 2.5	12/06/2019	32.9	500
Barlovento Interno	CO	04/04/2019	855.658	10000
Barlovento Interno	SO ₂	12/06/2019	33.41	250
Barlovento Interno	O ₃	12/06/2019	54.47	100
Barlovento Interno	NO ₂	09/05/2019	80.29	200

Fuente: elaboración propia

Tabla 22. *Resultados estación sotavento interno*

Estación	Parámetro	Fecha de monitoreo	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Estándar de calidad ambiental del aire D.S 003-2017-MINAM
Sotavento Interno	PM 10	12/06/2019	91.6	100
Sotavento Interno	PM 2.5	12/06/2019	39.6	500
Sotavento Interno	CO	10/01/2019	1046.1	10000
Sotavento Interno	SO ₂	12/06/2019	36.68	250
Sotavento Interno	O ₃	12/06/2019	51.45	100
Sotavento Interno	NO ₂	09/05/2019	80.93	200

Fuente: Elaboración propia

Además, el organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA) realiza un seguimiento y a la central térmica – Ventanilla, de manera constante en el año fiscal, teniendo siempre 2 inspecciones a campo programadas las cuales tiene como función revisar el correcto funcionamiento de las operaciones e instalaciones para un cumplimiento eficiente de las normas y obligaciones. Así como participar en los monitoreos ambientales para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.

V. DISCUSIONES DE RESULTADOS

La fuente principal de la emisión de material particulado y de gases en la central térmica de Ventanilla, es por sus 2 turbinas de ciclo combinado de gas las cuales funcionan con gas natural. De acuerdo a los resultados obtenidos, los gases vertidos al cuerpo atmosférico mediante dichas turbinas se encuentran dentro del rango establecido, sin embargo, existe otra central térmica ubicada en Cercado de Lima, llamado Santa Rosa, la cual funciona con 4 turbinas, pero con variación de petróleo Diésel 2 o con gas natural para generar energía eléctrica. Realizando una comparación de resultados de parámetros de calidad ambiental del aire, se observa que en la estación Santa Rosa, existe una mayor presencia de material particulado (PM 10 y PM2.5) en las estaciones sotavento, que son el resultado del material particulado después de la emisión de las turbinas que se generan la energía eléctrica. Sin embargo, a pesar de tener valores más altos que la central térmica Ventanilla, sus parámetros siguen dentro lo establecido por los estándares de calidad ambiental del aire. Lo que demuestra un desempeño correcto de la central térmica de Ventanilla y Santa Rosa en su gestión ambiental por conservar la calidad ambiental del aire en las zonas que se ubican.

Tabla 23. *Concentración de material particulado PM 10*

Estación	Mes	Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MINAM	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Santa Rosa)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ventanilla)
Barlovento Interno	Enero	100	48.3	57.4
Barlovento Interno	Febrero	100	66.6	48.9
Barlovento Interno	Marzo	100	80.4	85.3
Barlovento Interno	Abril	100	83.0	88.9
Barlovento Interno	Mayo	100	80.1	77.9
Barlovento Interno	Junio	100	81.8	86

Fuente: elaboración propia

Tabla 24. *Concentración de material particulado PM 10*

Estación	Mes	Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MINAM	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Santa Rosa)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ventanilla)
Sotavento Interno	Enero	100	72.4	69.4
Sotavento Interno	Febrero	100	81.2	74.0
Sotavento Interno	Marzo	100	87.2	87.9
Sotavento Interno	Abril	100	91.4	89.9
Sotavento Interno	Mayo	100	94.6	88.0
Sotavento Interno	Junio	100	95.1	91.6

Fuente: elaboración propia

Tabla 25. *Concentración de material particulado PM 2.5*

Estación	Mes	Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MINAM	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Santa Rosa)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ventanilla)
Barlovento Interno	Enero	50	27.5	23.4
Barlovento Interno	Febrero	50	19.5	15.7
Barlovento Interno	Marzo	50	16.4	18.4
Barlovento Interno	Abril	50	14.3	9.7
Barlovento Interno	Mayo	50	11.8	14.1
Barlovento Interno	Junio	50	19.2	32.9

Fuente: elaboración propia

Tabla 26 . *Concentración de material particulado PM 2.5*

Estación	Mes	Estándar de Calidad Ambiental del aire D.S. N° 003-2017-MINAM	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Santa Rosa)	Concentración de partículas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ventanilla)
Sotavento Interno	Enero	50	37.4	25.4
Sotavento Interno	Febrero	50	21.0	18.9
Sotavento Interno	Marzo	50	18.4	20.7
Sotavento Interno	Abril	50	19.1	20.0
Sotavento Interno	Mayo	50	23.7	25.6
Sotavento Interno	Junio	50	32.2	39.6

Fuente: elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

1. La calidad de aire en la central térmica Ventanilla, según los valores obtenidos, están dentro de los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA) del aire, en este sentido los gases y material particulado de PM10 y PM2.5, generan un impacto leve dentro de la central térmica de Ventanilla. Cumpliendo con las exigencias y normas en calidad del aire.
2. Los monitoreos ambientales son programados por 24 horas para realizar la captación de material particulado y gases. Cumpliendo con el protocolo de monitoreo de calidad del aire. Cada 1 de ellos tienen diferente tiempo de duración, sin embargo, todos ocurren de manera simultánea. Para los cuales los materiales particulados y el dióxido de azufre son de 24 horas. El ozono y monóxido de carbono de 8 horas y el dióxido de nitrógeno solo 1 hora. según procedimiento. Estos resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por los estándares de calidad ambiental del aire.
3. Al ser comparado los resultados obtenidos en las estaciones barlovento y sotavento de la central térmica de Ventanilla, con los estándares de calidad ambiental del aire. Se puede evidenciar que los parámetros de material particulado y gases se encuentran dentro de lo normal, y cumplen con la normativa vigente.
4. Se identificaron los valores máximos y mínimos obtenidos en el monitoreo de calidad ambiental del aire, en los materiales particulados fueron los siguientes:

VALORES MAXIMOS:

- Material particulado de 10 micras: $91.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación sotavento con fecha 12/06/2019.
- Material particulado de 2.5 micras: $39.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación sotavento con fecha 12/06/2019.

- Dióxido de azufre: 36.68 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación sotavento con fecha 12/06/2019.
- Dióxido de nitrógeno: 80.93 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación sotavento con fecha 09/05/2019.
- Monóxido de carbono: 1046.1 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación sotavento con fecha 10/01/2019.
- Ozono: 54.57 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación sotavento con fecha 12/06/2019.

VALORES MINIMOS:

- Material particulado de 10 micras: 48.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación barlovento con fecha 21/02/2019.
- Material particulado de 2.5 micras: 9.7 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación barlovento con fecha 04/04/2019.
- Dióxido de azufre: 0.41 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación barlovento con fecha 07/03/2019.
- Dióxido de nitrógeno: 7.22 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación barlovento con fecha 21/02/2019.
- Monóxido de carbono: 196.92 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación sotavento con fecha 04/04/2019.
- Ozono: 6.87 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación barlovento con fecha 04/04/2019.

VII. RECOMENDACIONES

1. Continuar con los monitoreos de calidad del aire, las estaciones instaladas en el barlovento y sotavento permitirán determinar la concentración de partículas por las diferentes fuentes de emisión generadas en la central térmica Ventanilla, así como la influencia del viento en la acumulación, y traslado de material particulado.
2. Realizar las mediciones de las turbinas TG -33 y TG-34 (parte alta de las chimeneas), mediante analizadores de gases de combustión, analizando los parámetros de NO₂, SO₂ y material particulado y hacer un comparativo con los límites máximos permisibles de la legislación vigente.
3. Realizar un programa de forestación de áreas verdes de manera continua en los alrededores internos de la central térmica de ventanilla, con el fin de generar una mayor captación de los gases y material particulado. Utilizando plantaciones como la tara (*Caesalpinia spinosa*) y el tecoma (*Tecoma Stans*), declarando esta medida de mitigación dentro de su EIA_{sd}.
4. Realizar las comparaciones de los resultados obtenidos mensualmente por los monitoreos de calidad del aire con los estándares de calidad ambiental del aire y verificar que se siga manteniendo los valores dentro lo permitido.
5. Realizar un control, mantenimiento y seguimiento de las maquinarias y chimeneas que se utilizan para la producción de energía eléctrica, de esa manera seguir con el cumplimiento de las normas vigentes de calidad ambiental del aire.

VIII. REFERENCIAS

- Aragón Revuelta, Pilar (2013) *Problemas de la contaminación Ambiental*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Carrasco Boza, Fiorella (2015). *Inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles de la provincia constitucional del Callao*. Tesis, Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- DIGESA (2005) *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de Datos*. Perú
- D.S. N° 003-2017-MINAM, aprueban *Estándares de Calidad Ambiental para Aire y establecen Disposiciones Complementarias*
- D.S. N° 074-2001-PCM, *reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire y su modificatoria* el D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 006 – 2013 MINAM.
- Farro Loayza, Cristian Arturo (2014) *Calidad ambiental del aire en el asentamiento humano Nueva Esperanza – distrito Paramonga*. Tesis, Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México.
- Ley N° 28611 - Ley General del ambiente, artículo 1 y artículo 32
- Nevers, Noel de (1998) *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. Editorial McGraw-Hill, México.
- NTP ISO/IEC 17020:2012 "EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD". Perú.

Organización Panamericana de la Salud (2004) *Guías para la calidad del aire*. CEPIS 2004. Perú

Perú. Defensoría del Pueblo (2006) *La calidad del aire en Lima y su Impacto en la salud y la vida de sus habitantes*.

Rosalía Fernández Patir (2007) *Metodología de evaluación de la calidad del aire*.

Strauss W. y Mainwaring S-J- (1990) *Contaminación del Aire, causa, Efectos y Soluciones*. Editorial Trillas S.A. México.

Vélez Zapata, Marlene (2010) *Evaluación de la calidad de aire en la compañía Sidero Metalúrgica Tecnofil S.A.* Tesis, Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal.

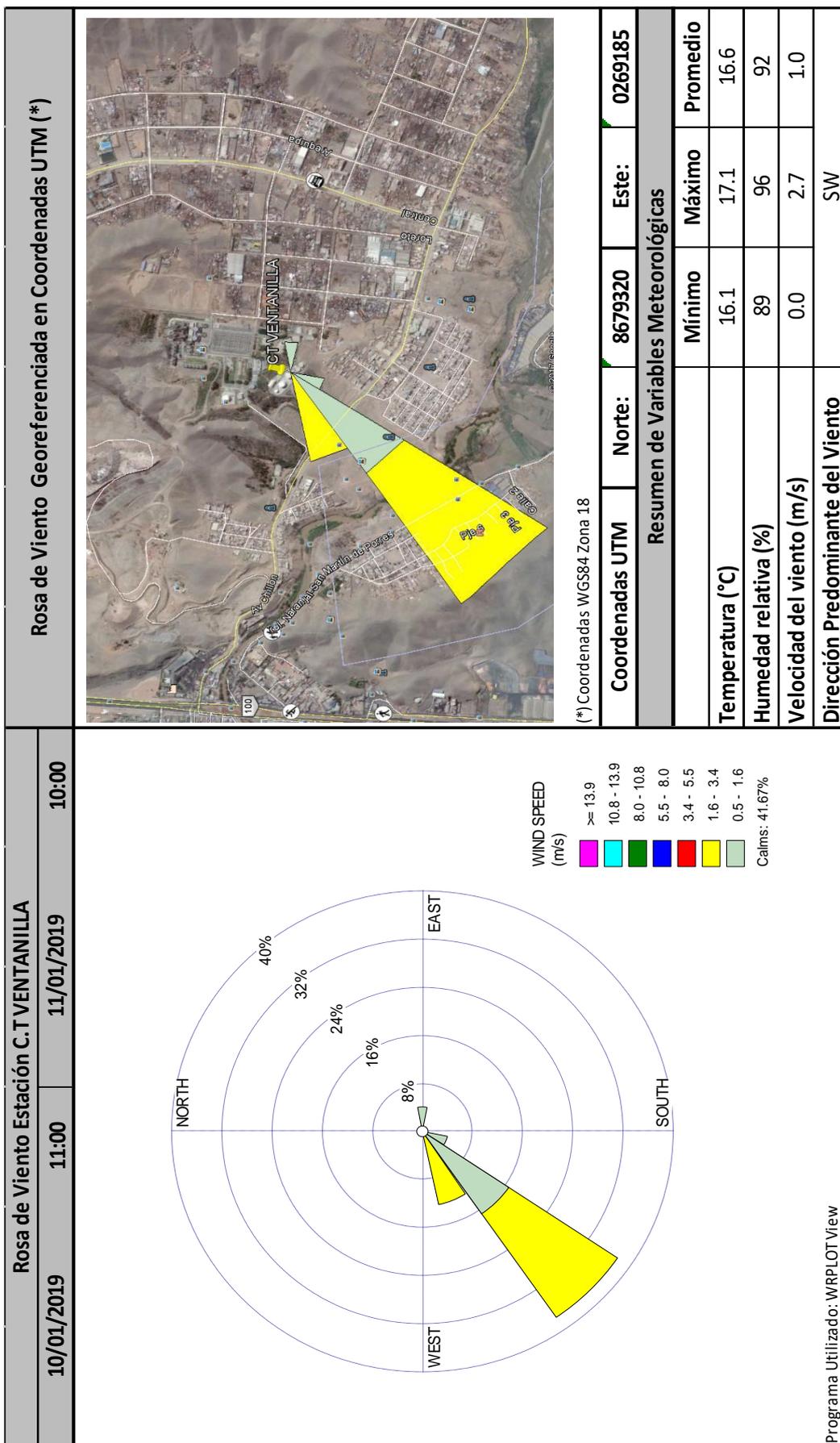
-

IX. ANEXOS

I Data meteorológica Central Térmica Ventanilla enero

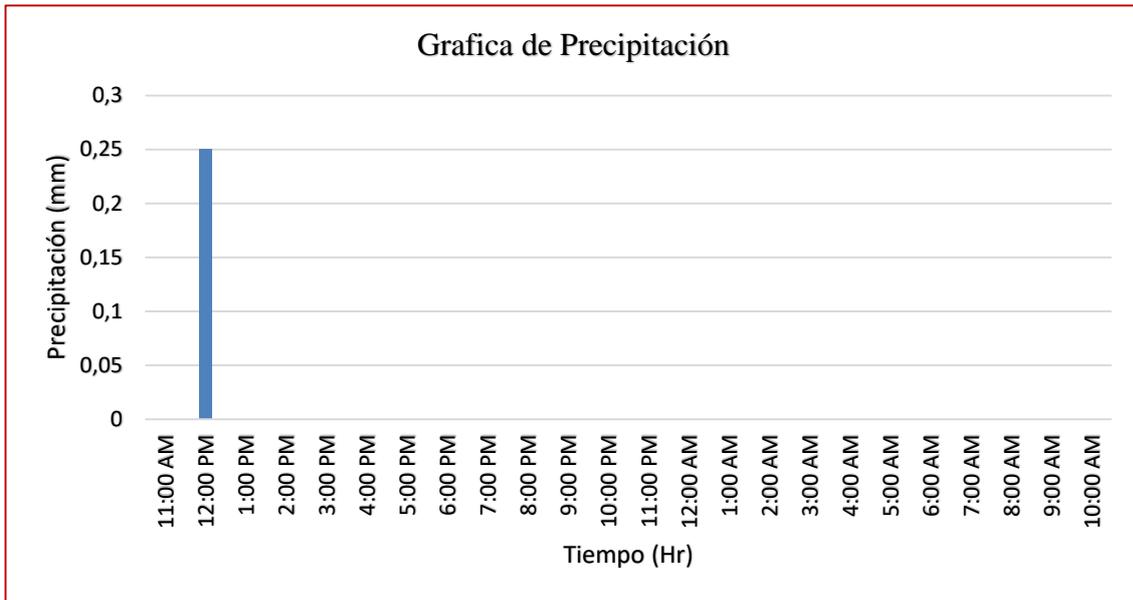
Fecha	Tiempo	Temperatura Externa (°C)	Humedad Externa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mmHg)	Precipitación (mm)	Radiación Solar (W/m ²)
10/01/2019	11:00 a. m.	16.6	91	0.7	E	754.3	0	73
10/01/2019	12:00 p. m.	16.9	90	2.7	SW	753.6	0.25	103
10/01/2019	1:00 p. m.	16.9	89	2.7	SW	753.1	0	104
10/01/2019	2:00 p. m.	16.8	91	2.7	SW	752.8	0	111
10/01/2019	3:00 p. m.	16.9	91	1.3	SW	752.2	0	106
10/01/2019	4:00 p. m.	17.1	89	1.8	SW	751.8	0	104
10/01/2019	5:00 p. m.	16.8	91	1.8	WSW	751.7	0	71
10/01/2019	6:00 p. m.	16.8	90	1.3	SW	751.8	0	37
10/01/2019	7:00 p. m.	16.6	93	2.2	WSW	752.2	0	6
10/01/2019	8:00 p. m.	16.4	93	1.8	WSW	752.7	0	0
10/01/2019	9:00 p. m.	16.3	94	0.4	WNW	752.9	0	0
10/01/2019	10:00 p. m.	16.6	93	0.4	WNW	752.9	0	0
10/01/2019	11:00 p. m.	16.8	89	1.3	SW	752.9	0	0
11/01/2019	12:00 a. m.	16.8	90	1.8	SW	753.1	0	0
11/01/2019	1:00 a. m.	16.8	91	0.4	WNW	753	0	0
11/01/2019	2:00 a. m.	16.7	89	0.4	WNW	752.7	0	0
11/01/2019	3:00 a. m.	16.6	92	0.4	S	752.4	0	0
11/01/2019	4:00 a. m.	16.3	94	0.4	SE	752.3	0	0
11/01/2019	5:00 a. m.	16.3	94	0.9	SW	752.3	0	0
11/01/2019	6:00 a. m.	16.2	95	0.9	SSW	752.4	0	0
11/01/2019	7:00 a. m.	16.2	96	0.4	SSW	752.6	0	0
11/01/2019	8:00 a. m.	16.1	96	0.4	SSE	753.2	0	0
11/01/2019	9:00 a. m.	16.3	95	0.4	E	753.8	0	19
11/01/2019	10:00 a. m.	16.6	94	0.4	E	754.2	0	31

2.- ROSA DE VIENTO Central Térmica Ventanilla



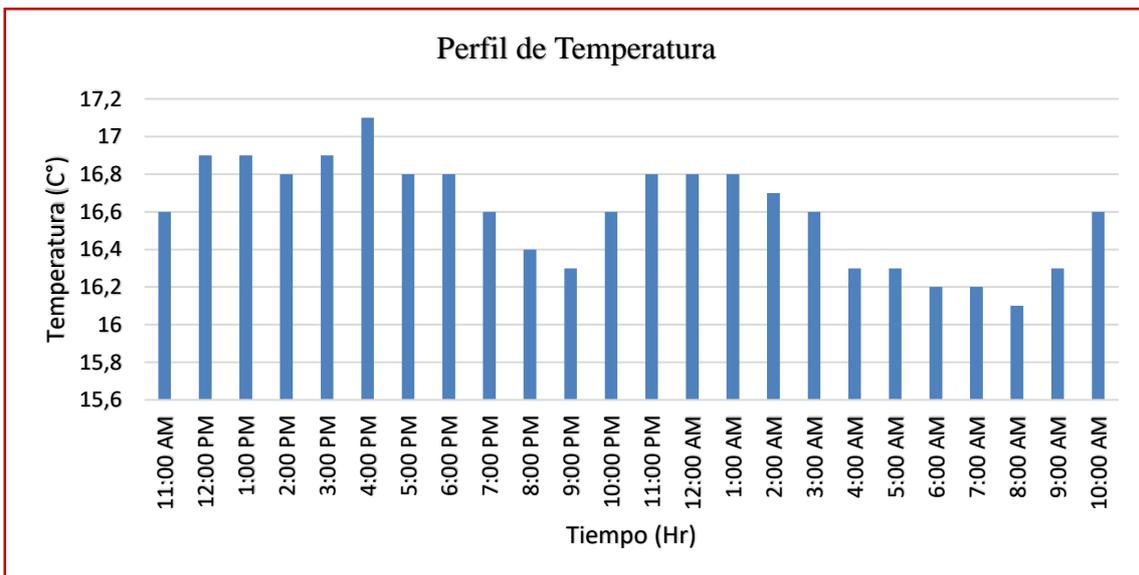
Programa Utilizado: WRPLOTView

3.- Central termica Ventanilla



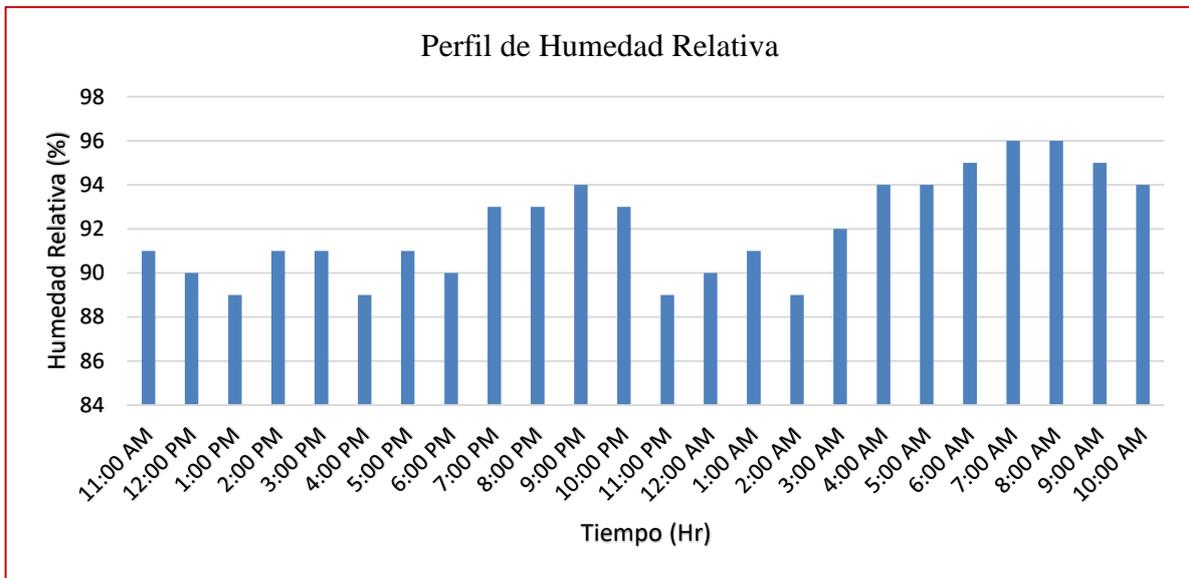
Fuente: registro meteorológico

4.- Central termica Ventanilla



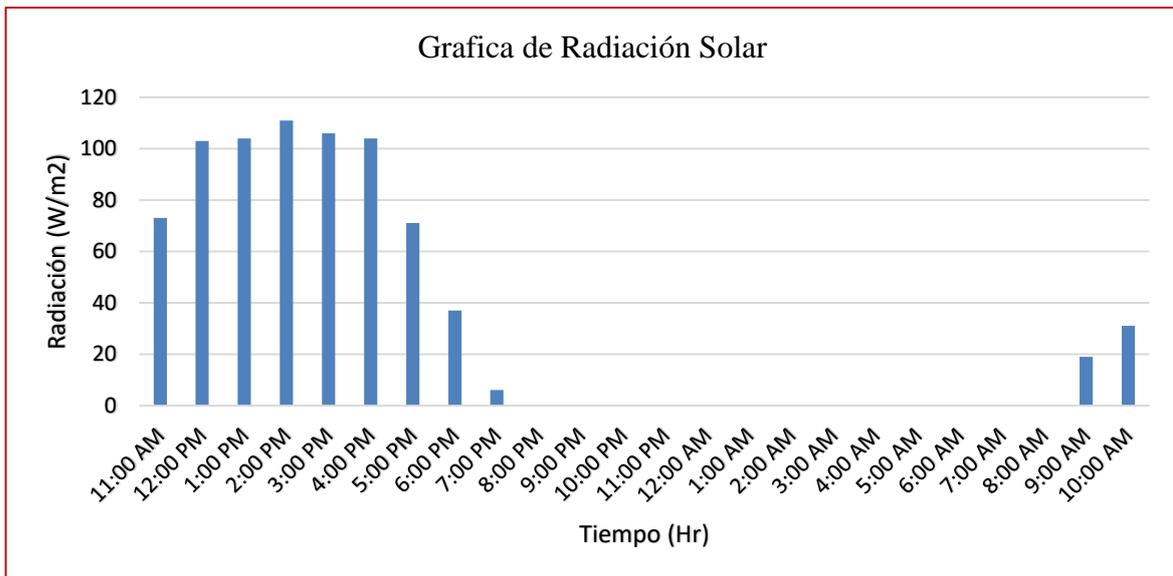
Fuente: registro meteorológico

5.- Central termica Ventanilla



Fuente: registro meteorológico

6.- Central termica Ventanilla

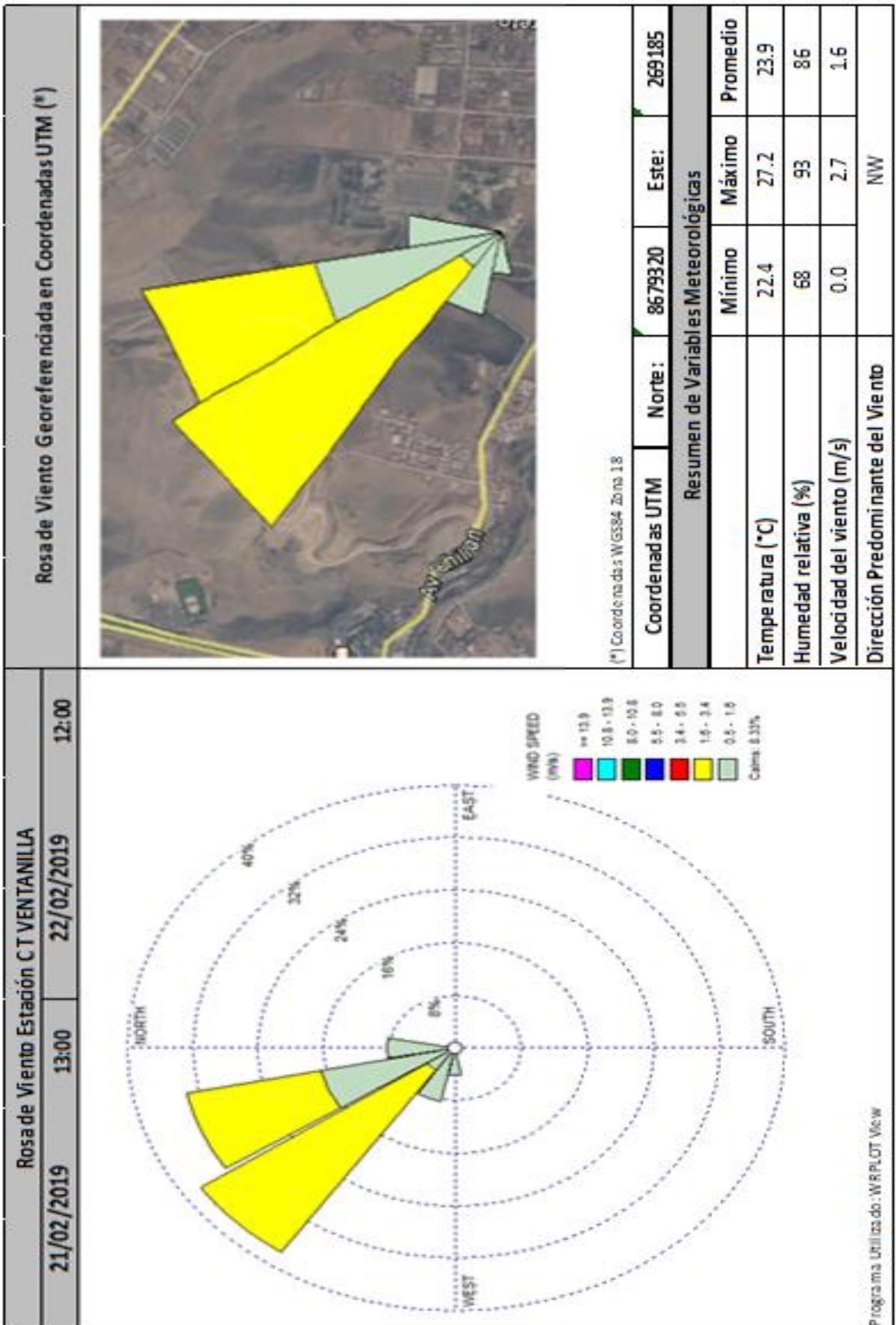


fuentes: registro meteorológico

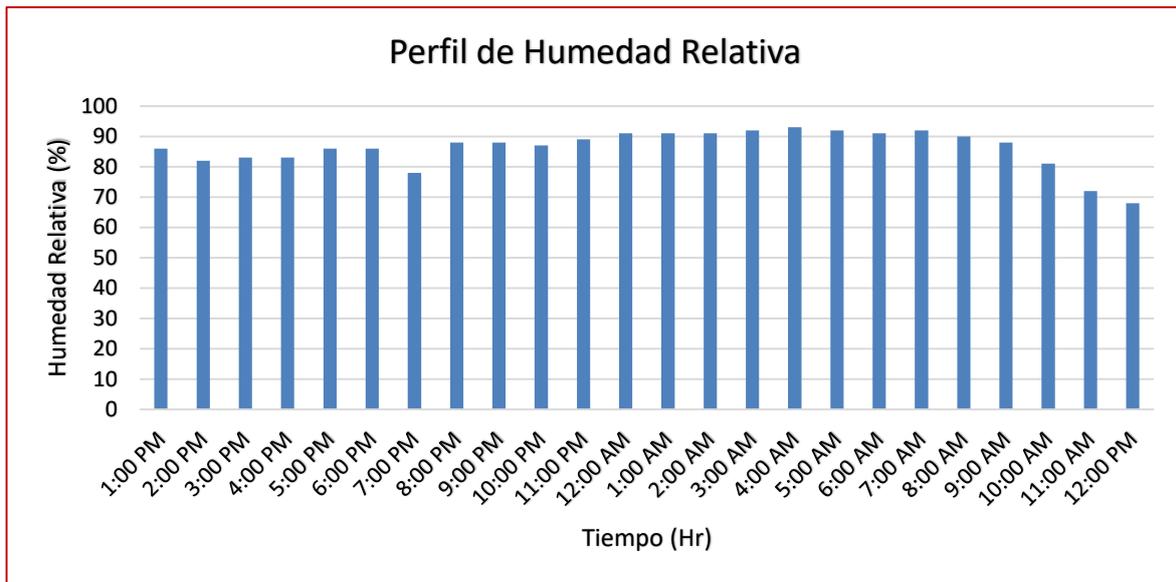
7.- Data meteorológica Central Térmica Ventanilla febrero

Fecha	Tiempo	Temperatura Externa (°C)	Humedad Externa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mmHg)	Precipitación (mm)	Radiación Solar (W/m ²)
21/02/2019	1:00 p. m.	24.4	86	2.7	NW	750.2	0	296
21/02/2019	2:00 p. m.	25.0	82	2.7	NW	749.9	0	361
21/02/2019	3:00 p. m.	24.6	83	2.7	NW	749.7	0	289
21/02/2019	4:00 p. m.	24.4	83	1.8	NNW	749.7	0	133
21/02/2019	5:00 p. m.	24.1	86	1.8	NNW	749.8	0	68
21/02/2019	6:00 p. m.	23.8	86	1.3	WNW	750.1	0	10
21/02/2019	7:00 p. m.	24.2	78	1.8	NNW	750.6	0	0
21/02/2019	8:00 p. m.	23.4	88	0.9	W	751.0	0	0
21/02/2019	9:00 p. m.	23.4	88	0.4	W	751.2	0	0
21/02/2019	10:00 p. m.	23.6	87	0.4	WNW	751.2	0	0
21/02/2019	11:00 p. m.	23.2	89	0.9	WNW	750.7	0	0
22/02/2019	12:00 a. m.	23.0	91	0.9	NNW	750.2	0	0
22/02/2019	1:00 a. m.	22.8	91	0.9	NW	749.7	0	0
22/02/2019	2:00 a. m.	22.8	91	0.9	NNW	749.0	0	0
22/02/2019	3:00 a. m.	22.4	92	1.3	NNW	748.9	0	0
22/02/2019	4:00 a. m.	22.4	93	1.3	NNW	749.1	0	0
22/02/2019	5:00 a. m.	22.4	92	1.3	N	749.4	0	0
22/02/2019	6:00 a. m.	22.6	91	1.3	N	749.7	0	19
22/02/2019	7:00 a. m.	22.9	92	1.8	NNW	750.2	0	98
22/02/2019	8:00 a. m.	23.8	90	1.8	NW	750.4	0	360
22/02/2019	9:00 a. m.	24.4	88	2.2	NW	750.2	0	648
22/02/2019	10:00 a. m.	25.6	81	2.7	NW	750.1	0	848
22/02/2019	11:00 a. m.	26.3	72	2.7	NW	749.5	0	946
22/02/2019	12:00 p. m.	27.2	68	2.7	NW	749.0	0	923

8.- ROSA DE VIENTO Central Térmica Ventanilla

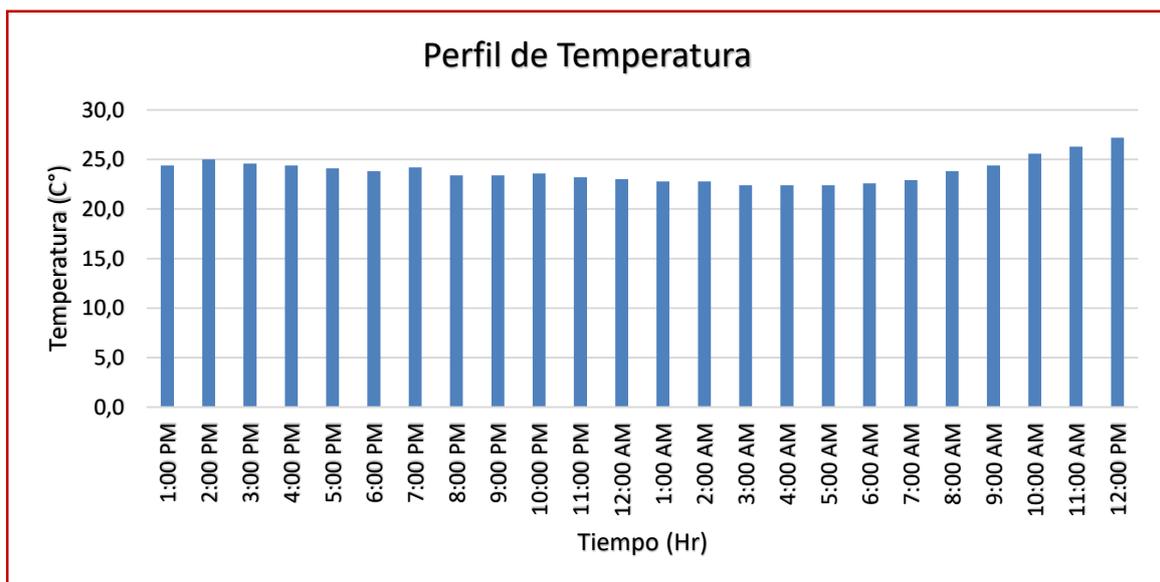


9.- Central termica Ventanilla



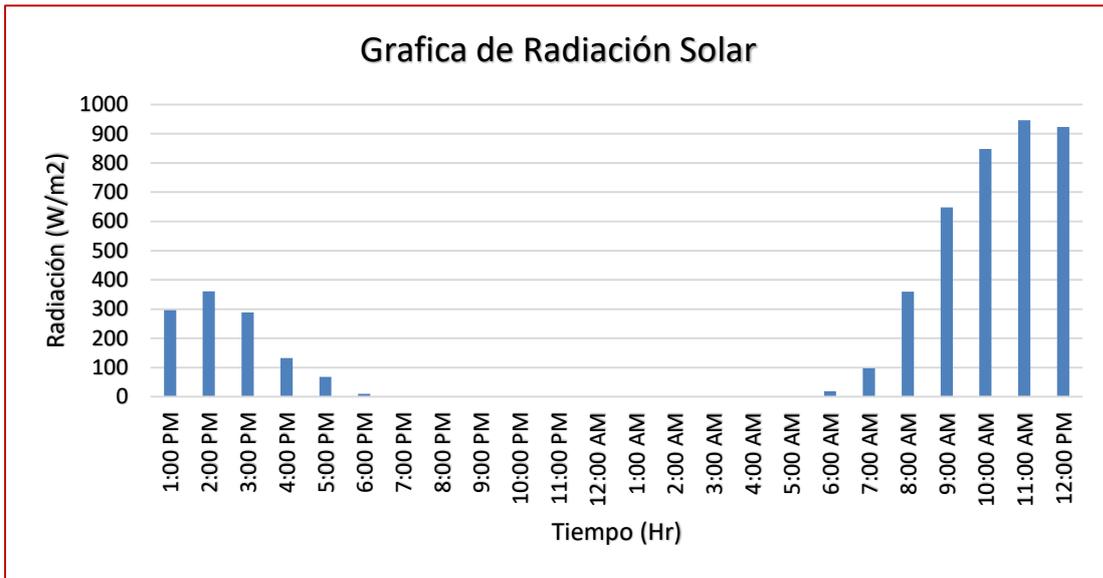
Fuente: registro meteorológico

10.- Central termica Ventanilla



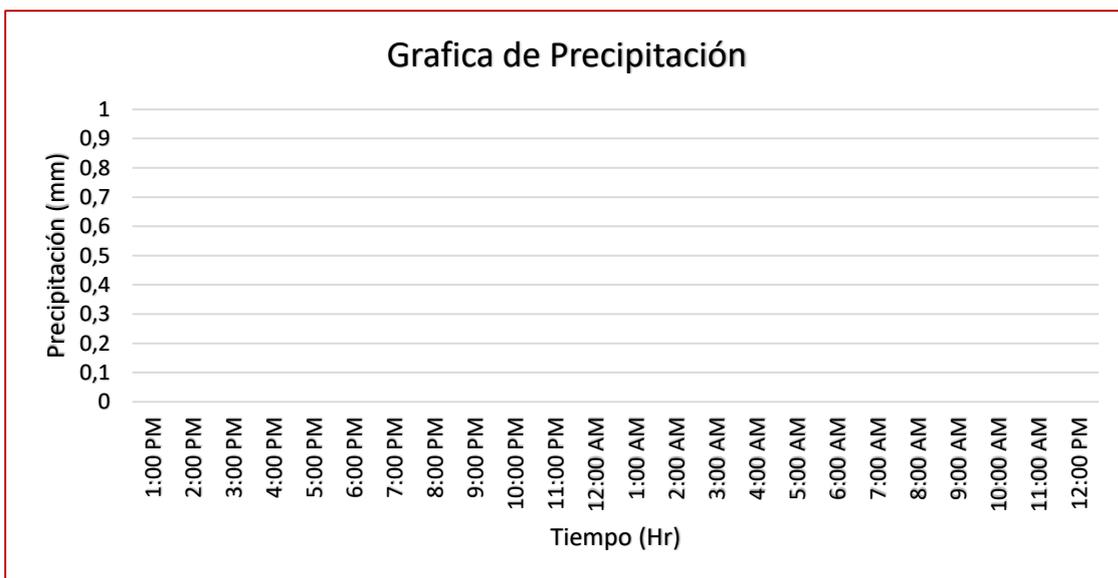
Fuente: registro meteorológico

11.- Central termica ventanilla



Fuente: registro meteorológico

12.- Central térmica Ventanilla

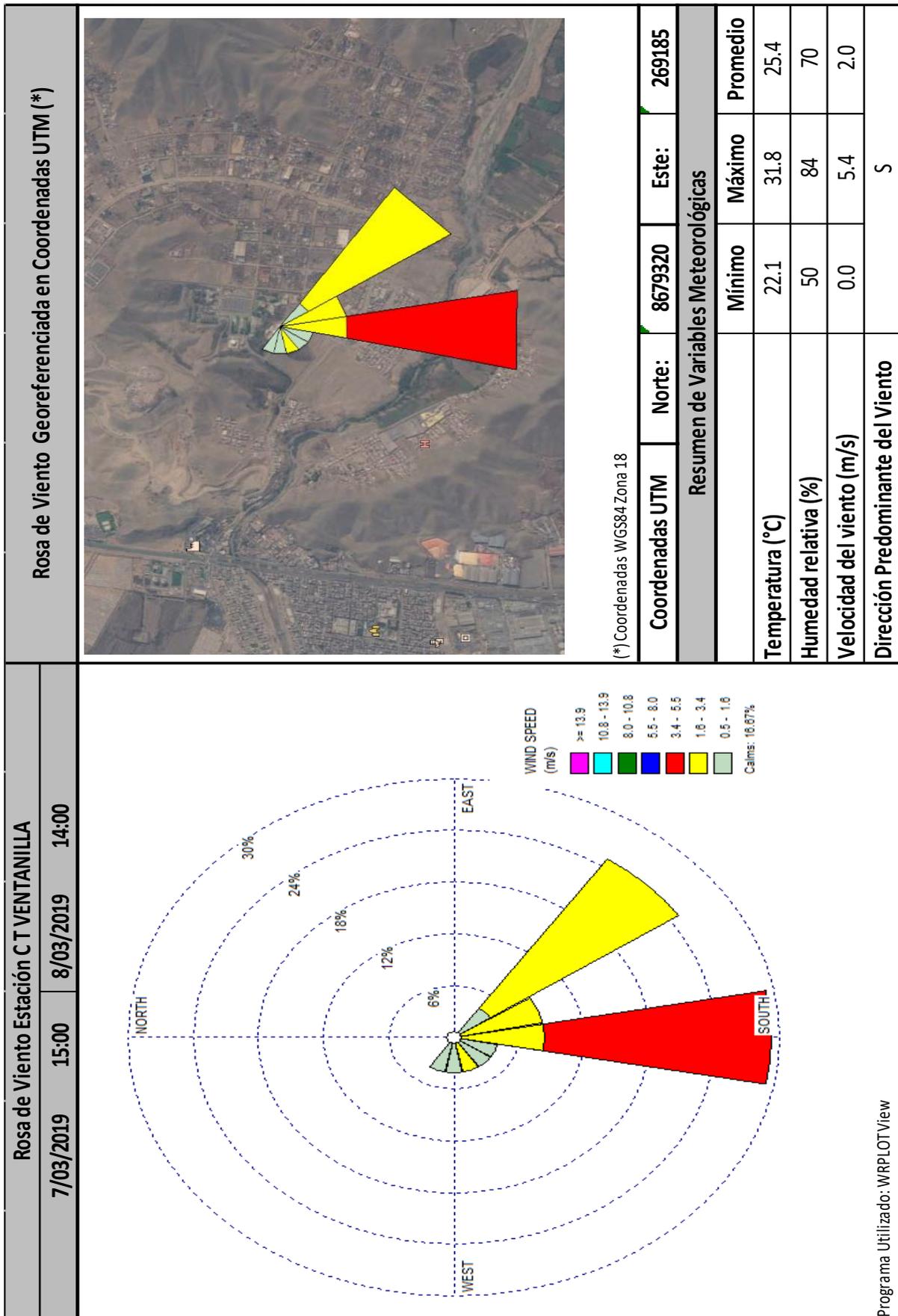


Fuente: registro meteorológico

13.- Data meteorológica Central Térmica Ventanilla marzo

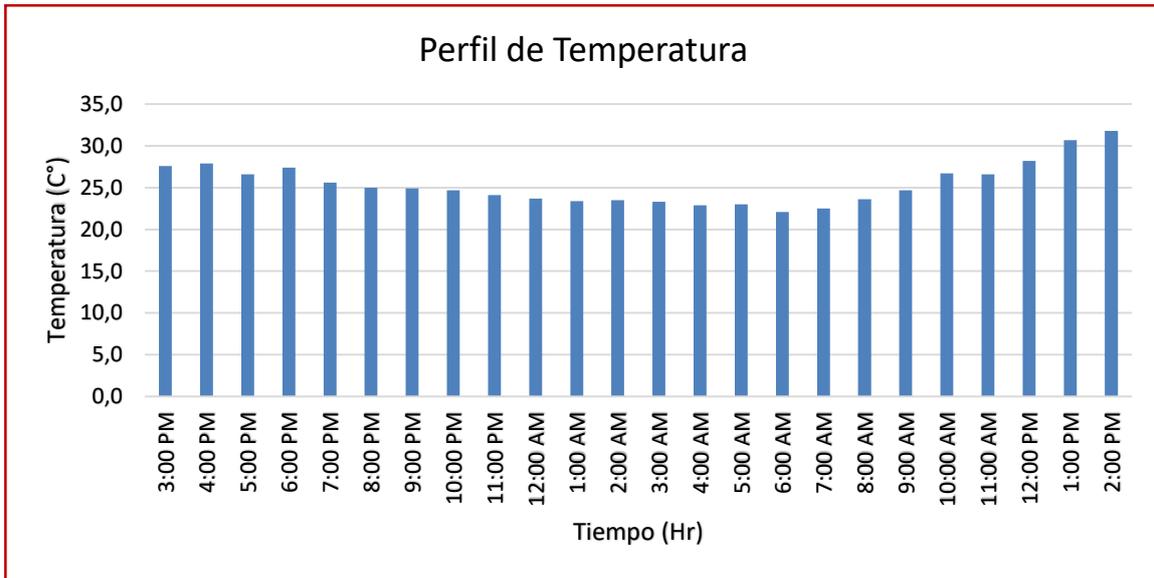
Fecha	Tiempo	Temperatura Externa (°C)	Humedad Externa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mmHg)	Precipitación (mm)	Radiación Solar (W/m ²)
7/03/2019	3:00 p. m.	27.6	60	3.6	S	742.8	0	701
7/03/2019	4:00 p. m.	27.9	57	4.0	S	742.4	0	464
7/03/2019	5:00 p. m.	26.6	64	5.4	S	742.8	0	371
7/03/2019	6:00 p. m.	27.4	59	3.1	S	743.4	0	173
7/03/2019	7:00 p. m.	25.6	69	2.2	SSE	744.2	0	13
7/03/2019	8:00 p. m.	25.0	70	2.2	SSE	744.9	0	0
7/03/2019	9:00 p. m.	24.9	69	2.7	SE	745.3	0	0
7/03/2019	10:00 p. m.	24.7	71	2.7	SE	745.5	0	0
7/03/2019	11:00 p. m.	24.1	76	2.2	SE	745.6	0	0
8/03/2019	12:00 a. m.	23.7	77	2.2	SE	745.5	0	0
8/03/2019	1:00 a. m.	23.4	79	1.8	SE	745.1	0	0
8/03/2019	2:00 a. m.	23.5	78	0.9	SE	744.8	0	0
8/03/2019	3:00 a. m.	23.3	78	0.4	SE	744.4	0	0
8/03/2019	4:00 a. m.	22.9	80	0.9	SW	744.5	0	0
8/03/2019	5:00 a. m.	23.0	80	0.9	WNW	744.4	0	0
8/03/2019	6:00 a. m.	22.1	84	1.8	WSW	744.4	0	0
8/03/2019	7:00 a. m.	22.5	83	0.9	W	744.8	0	14
8/03/2019	8:00 a. m.	23.6	79	0.4	W	745.1	0	101
8/03/2019	9:00 a. m.	24.7	75	1.3	SSW	745.1	0	340
8/03/2019	10:00 a. m.	26.7	66	2.2	S	744.8	0	484
8/03/2019	11:00 a. m.	26.6	65	3.6	S	744.4	0	619
8/03/2019	12:00 p. m.	28.2	58	4.5	S	744.2	0	660
8/03/2019	1:00 p. m.	30.7	51	0.4	S	746.8	0.25	20
8/03/2019	2:00 p. m.	31.8	50	0.0	S	748.9	0	0

14.- ROSA DE VIENTO Central Térmica Ventanilla



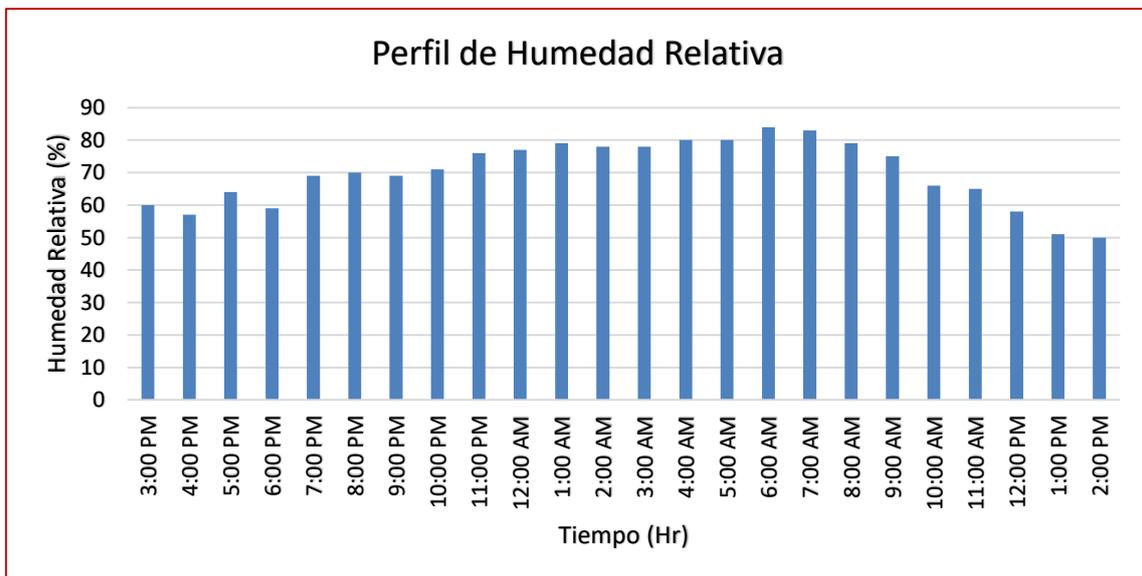
Programa Utilizado: WRPLOTView

15.- Central termica Ventanilla



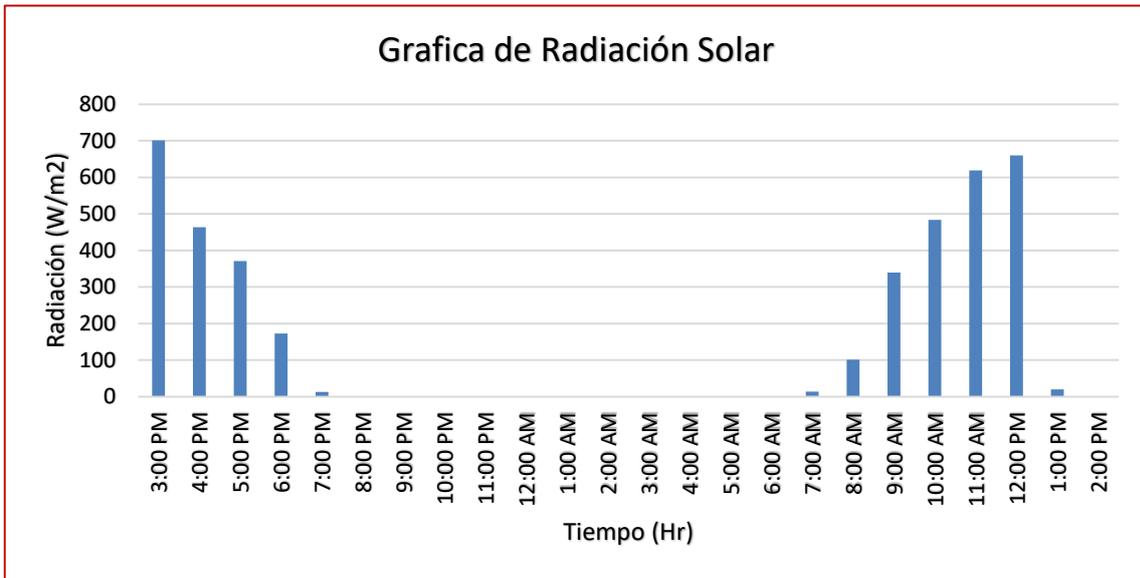
Fuente: registro meteorológico

16.- Central termica Ventanilla



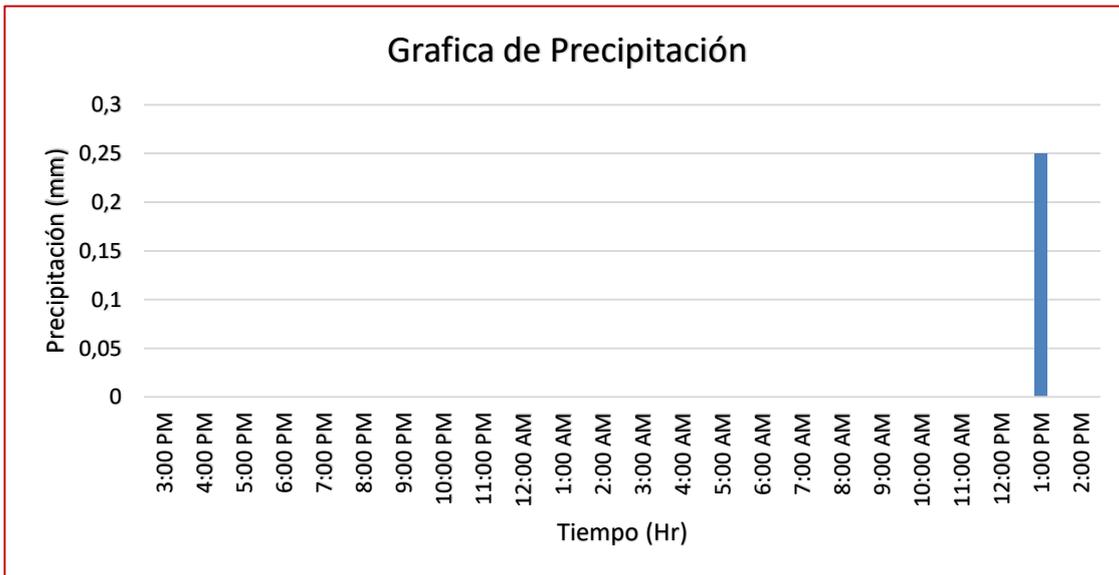
Fuente: registro meteorológico

17.- Central termica Ventanilla



Fuente: registro meteorológico

18.- Central térmica Ventanilla

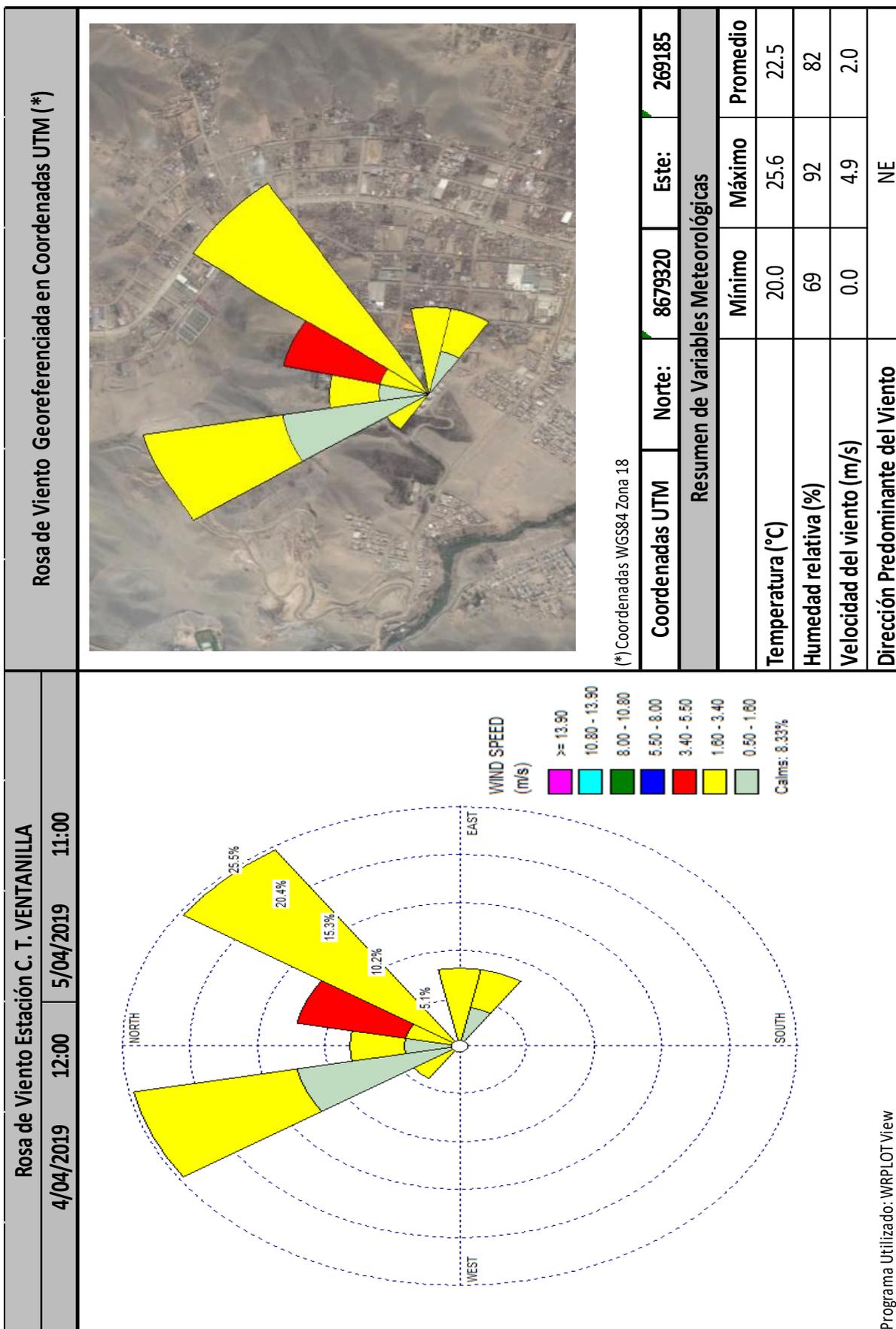


Fuente: registro meteorológico

19.- Data meteorológica Central Térmica Ventanilla abril

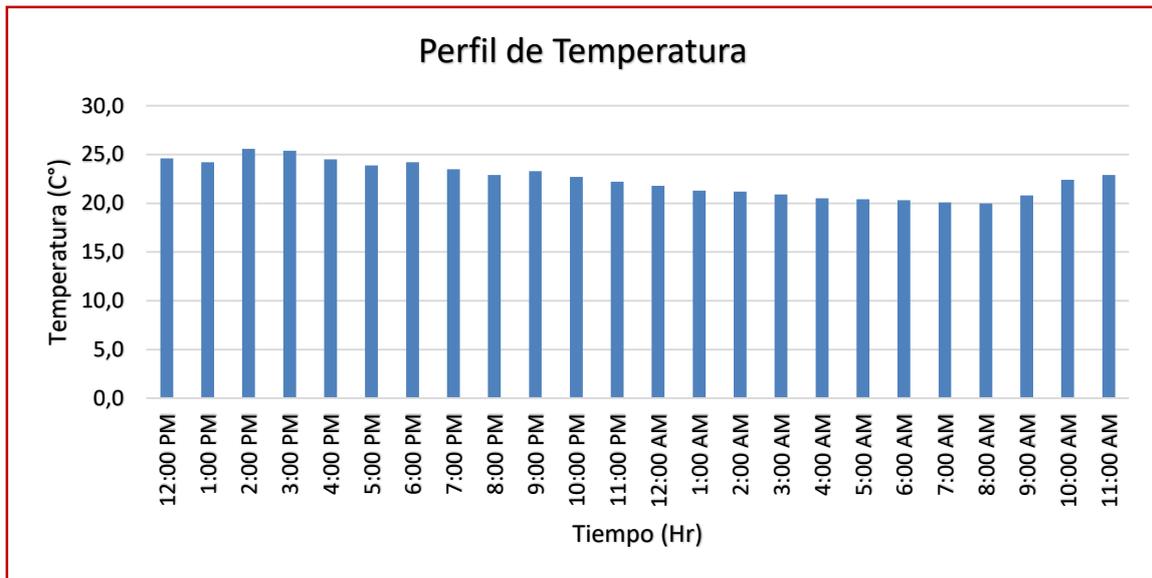
Fecha	Tiempo	Temperatura Externa (°C)	Humedad Externa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mmHg)	Precipitación (mm)	Radiación Solar (W/m ²)
4/04/2019	12:00 p. m.	24.6	74	2.7	NNE	750.3	0	516
4/04/2019	1:00 p. m.	24.2	77	3.1	NE	749.7	0	626
4/04/2019	2:00 p. m.	25.6	70	3.1	NE	748.9	0	851
4/04/2019	3:00 p. m.	25.4	69	3.6	NNE	748.3	0	660
4/04/2019	4:00 p. m.	24.5	74	4.9	NNE	748.3	0	440
4/04/2019	5:00 p. m.	23.9	75	3.1	NE	748.7	0	98
4/04/2019	6:00 p. m.	24.2	72	1.8	NE	748.9	0	30
4/04/2019	7:00 p. m.	23.5	77	1.8	N	749.2	0	0
4/04/2019	8:00 p. m.	22.9	81	1.8	NW	749.6	0	0
4/04/2019	9:00 p. m.	23.3	77	1.3	NNW	749.8	0	0
4/04/2019	10:00 p. m.	22.7	79	2.2	NNW	749.8	0	0
4/04/2019	11:00 p. m.	22.2	82	2.2	NNW	749.6	0	0
5/04/2019	12:00 a. m.	21.8	83	1.8	NNW	749.5	0	0
5/04/2019	1:00 a. m.	21.3	86	1.3	NNW	749.1	0	0
5/04/2019	2:00 a. m.	21.2	87	0.4	NNW	748.8	0	0
5/04/2019	3:00 a. m.	20.9	88	0.9	NNW	748.5	0	0
5/04/2019	4:00 a. m.	20.5	88	0.9	N	748.4	0	0
5/04/2019	5:00 a. m.	20.4	89	0.4	NE	748.3	0	0
5/04/2019	6:00 a. m.	20.3	90	1.3	ESE	748.7	0	0
5/04/2019	7:00 a. m.	20.1	91	1.8	E	749.4	0	12
5/04/2019	8:00 a. m.	20.0	92	1.8	ESE	750	0	42
5/04/2019	9:00 a. m.	20.8	91	1.8	NE	750.2	0	157
5/04/2019	10:00 a. m.	22.4	86	2.2	NE	750.2	0	709
5/04/2019	11:00 a. m.	22.9	83	2.2	E	749.8	0	849

20.- ROSA DE VIENTO Central Térmica Ventanilla



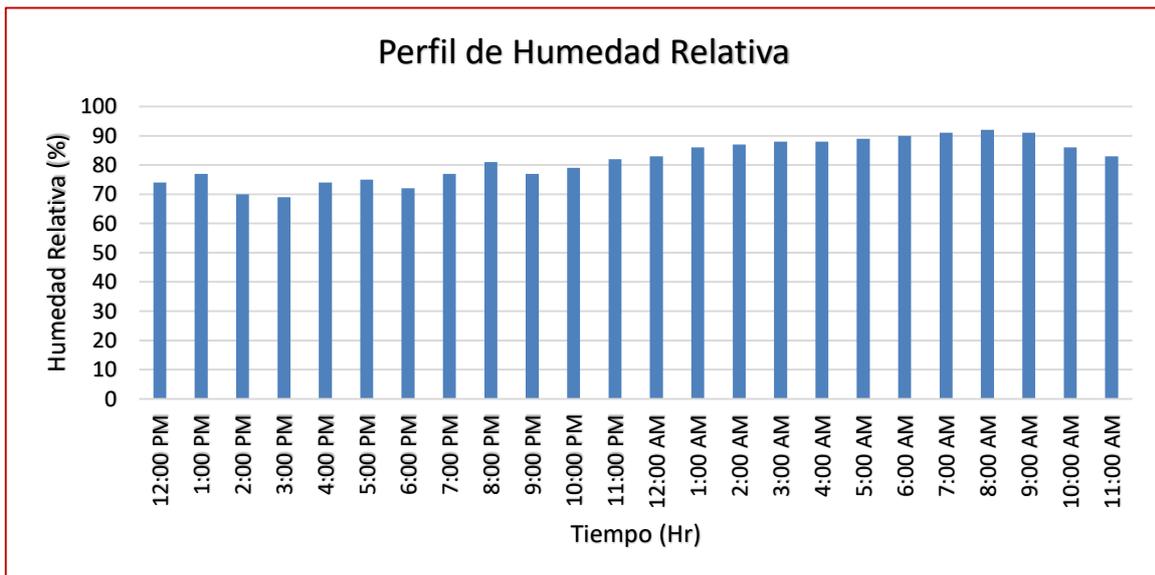
Programa Utilizado: WRPLOT View

21.- Central termica Ventanilla



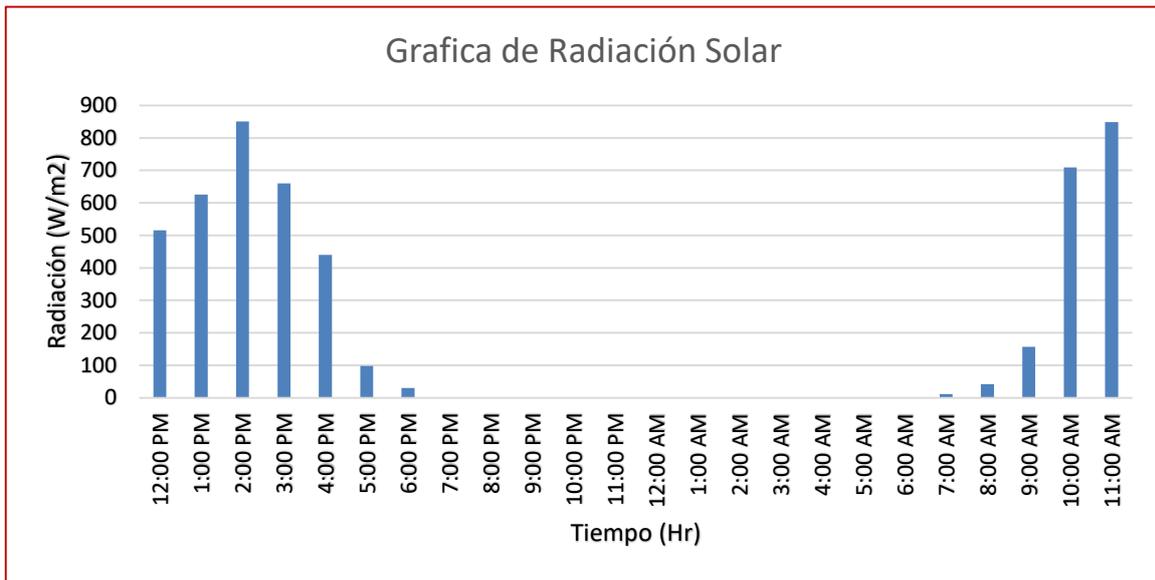
Fuente: registro meteorológico

22.- Central termica Ventanilla



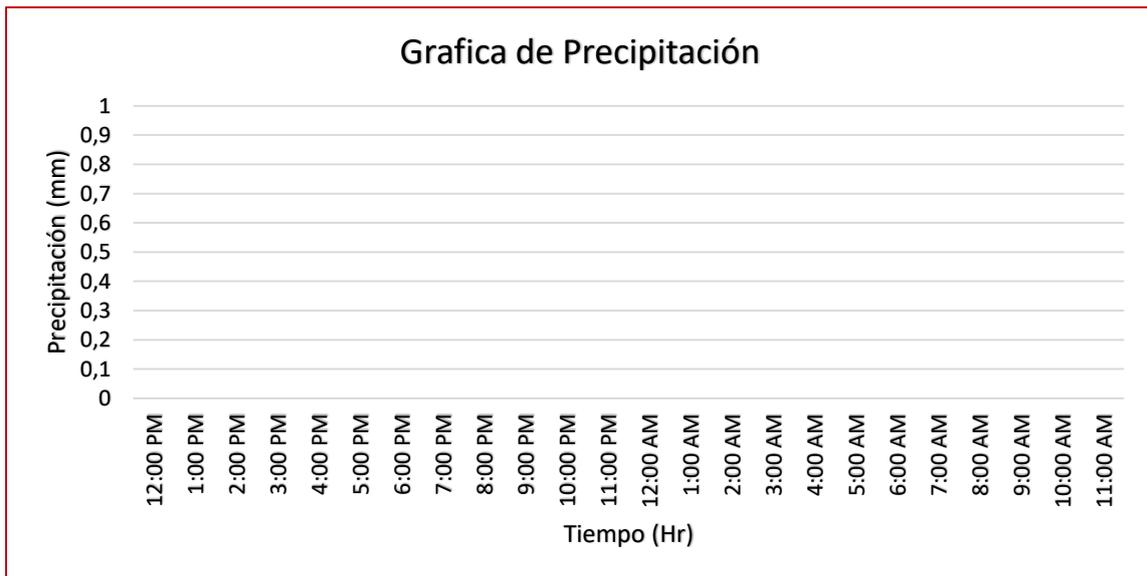
Fuente: registro meteorológico

23.- Central termica Ventanilla



Fuente: registro meteorológico

24.- Central termica Ventanilla

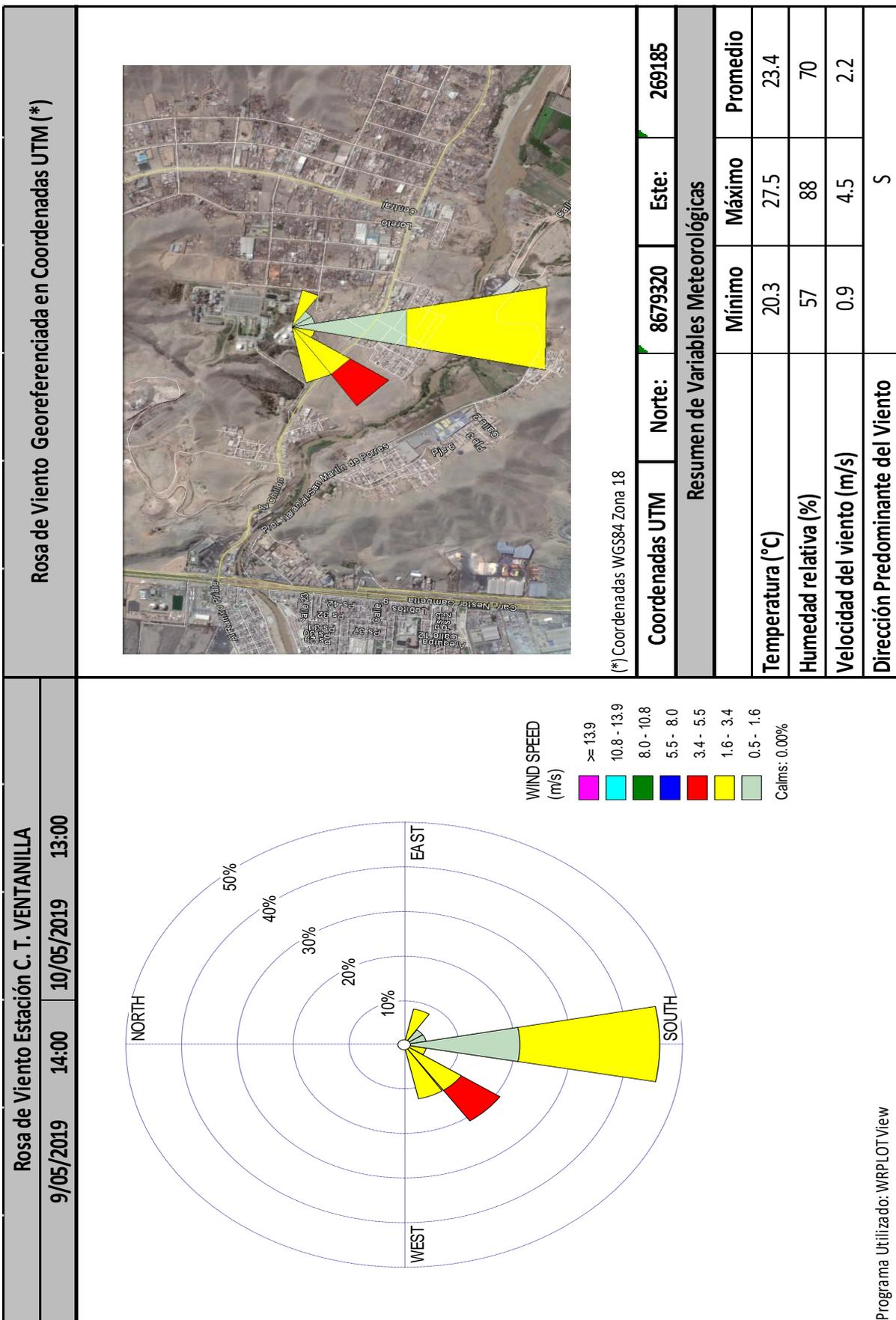


Fuente: registro meteorológico

25.- Data meteorológica Central Térmica Ventanilla mayo

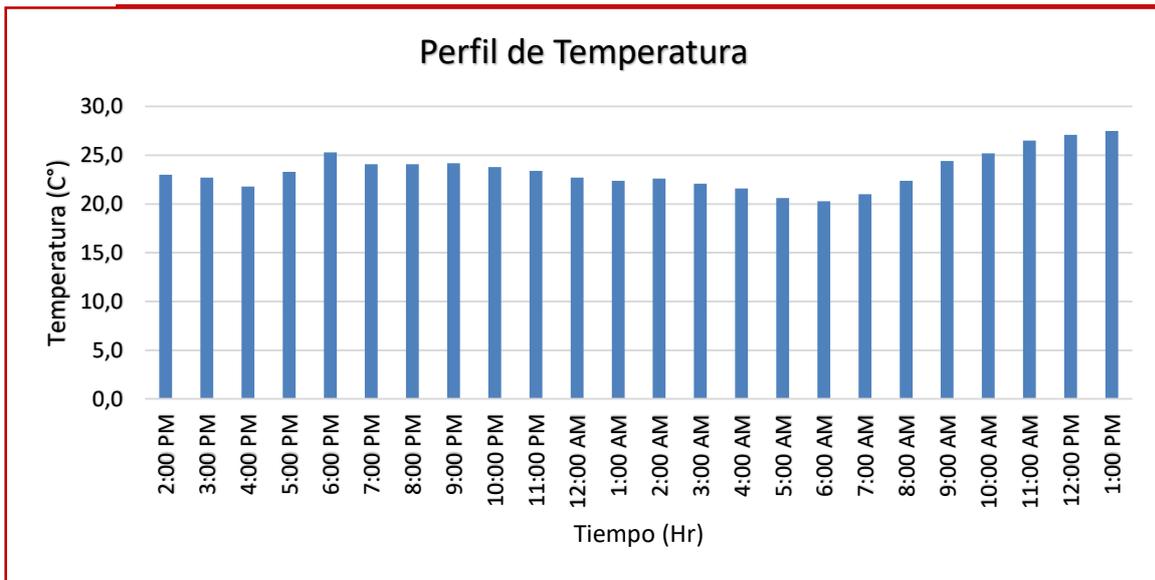
Fecha	Tiempo	Temperatura Externa (°C)	Humedad Externa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mmHg)	Precipitación (mm)	Radiación Solar (W/m ²)
9/05/2019	2:00 p. m.	23.0	75	2.7	WSW	750	0	815
9/05/2019	3:00 p. m.	22.7	74	2.2	WSW	749.5	0	623
9/05/2019	4:00 p. m.	21.8	77	3.1	WSW	749.1	0	451
9/05/2019	5:00 p. m.	23.3	72	2.2	SW	749	0	337
9/05/2019	6:00 p. m.	25.3	61	2.7	SW	749.2	0	243
9/05/2019	7:00 p. m.	24.1	64	3.1	S	749.7	0	40
9/05/2019	8:00 p. m.	24.1	65	2.2	S	750.1	0	0
9/05/2019	9:00 p. m.	24.2	65	2.2	S	750.7	0	0
9/05/2019	10:00 p. m.	23.8	66	2.2	S	751.4	0	0
9/05/2019	11:00 p. m.	23.4	67	0.9	S	751.8	0	0
10/05/2019	12:00 a. m.	22.7	70	1.3	S	752.2	0	0
10/05/2019	1:00 a. m.	22.4	71	2.2	S	752.3	0	0
10/05/2019	2:00 a. m.	22.6	70	1.3	S	752.1	0	0
10/05/2019	3:00 a. m.	22.1	74	1.3	SSE	751.7	0	0
10/05/2019	4:00 a. m.	21.6	76	1.3	SE	751.6	0	0
10/05/2019	5:00 a. m.	20.6	86	1.3	S	752	0	0
10/05/2019	6:00 a. m.	20.3	88	1.3	S	751.8	0	0
10/05/2019	7:00 a. m.	21.0	83	1.8	ESE	751.8	0	0
10/05/2019	8:00 a. m.	22.4	75	2.7	ESE	752.2	0	23
10/05/2019	9:00 a. m.	24.4	69	1.8	S	752.7	0	229
10/05/2019	10:00 a. m.	25.2	64	1.8	SSW	752.9	0	402
10/05/2019	11:00 a. m.	26.5	60	3.1	SW	753	0	578
10/05/2019	12:00 p. m.	27.1	58	4.5	SW	752.7	0	708
10/05/2019	1:00 p. m.	27.5	57	4.5	SW	752.3	0	806

26.- ROSA DE VIENTO Central Térmica Ventanilla



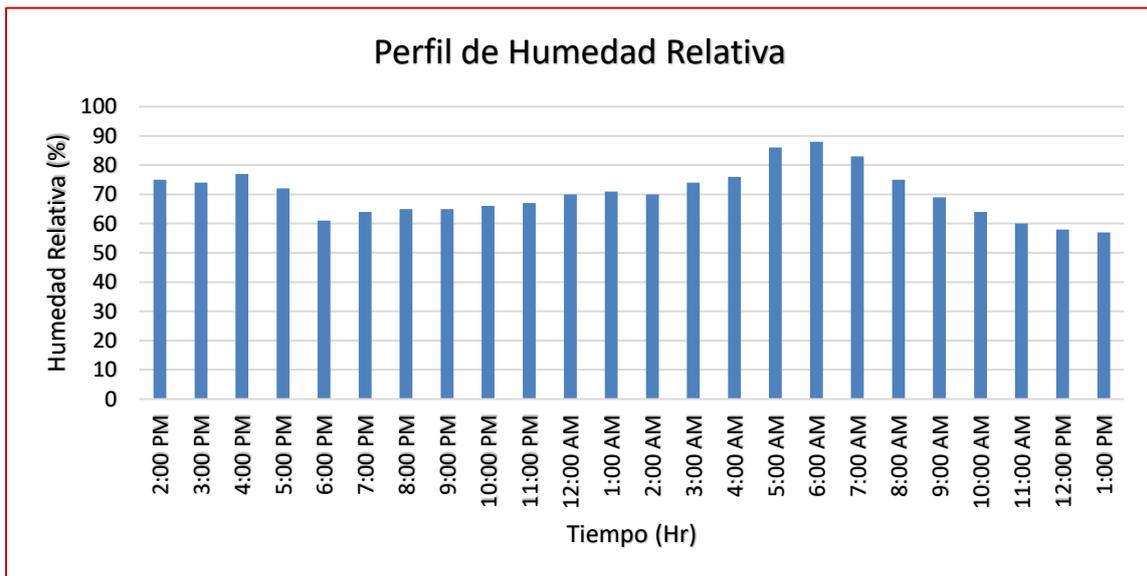
Programa Utilizado: WRPLOTView

27.- Central termica Ventanilla



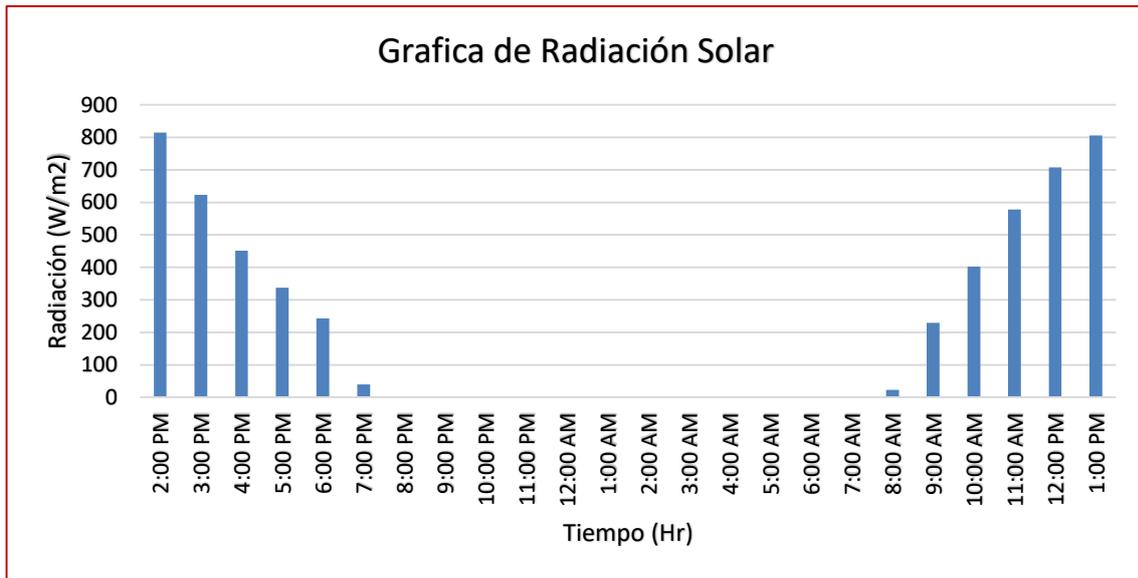
Fuente registro meteorológico

28.- Central termica Ventanilla



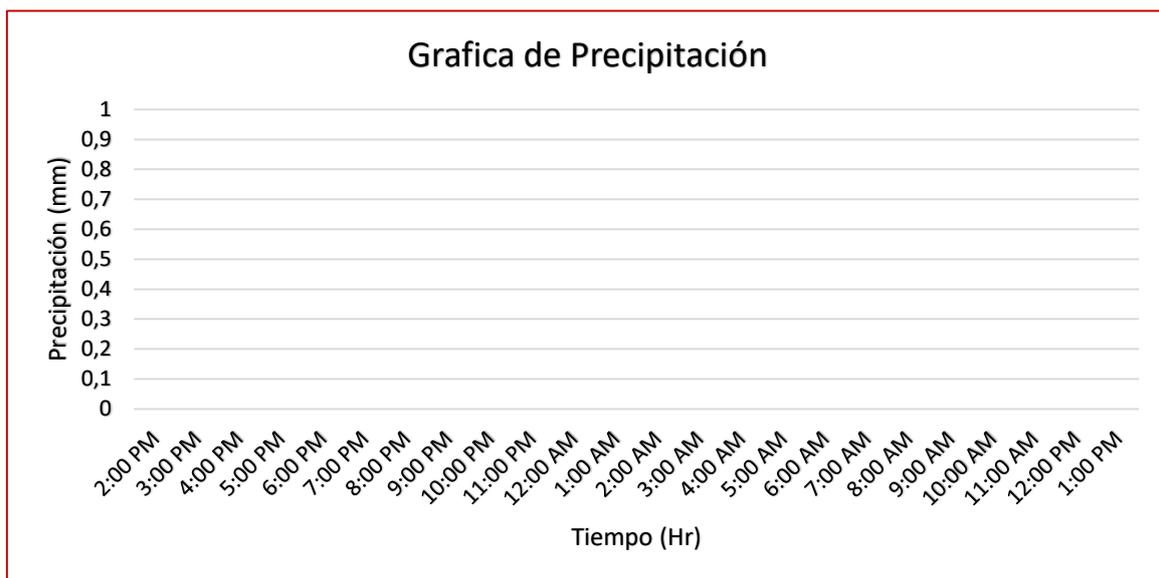
Fuente: registro meteorológico

29.- Central termica Ventanilla



Fuente: registro meteorológico

30.- Central termica Ventanilla

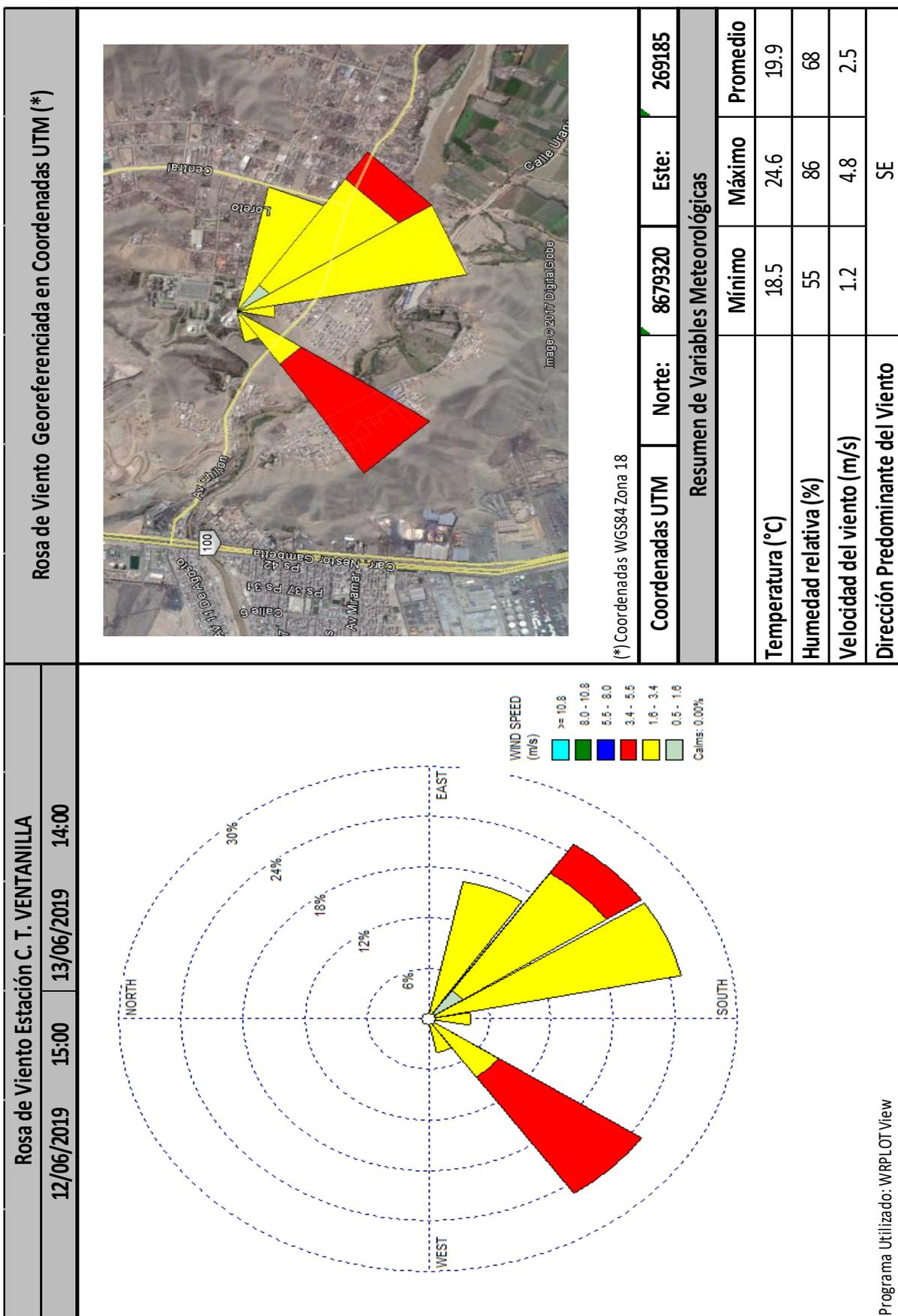


Fuente: registro meteorológico

31.- Data meteorológica Central Térmica Ventanilla junio

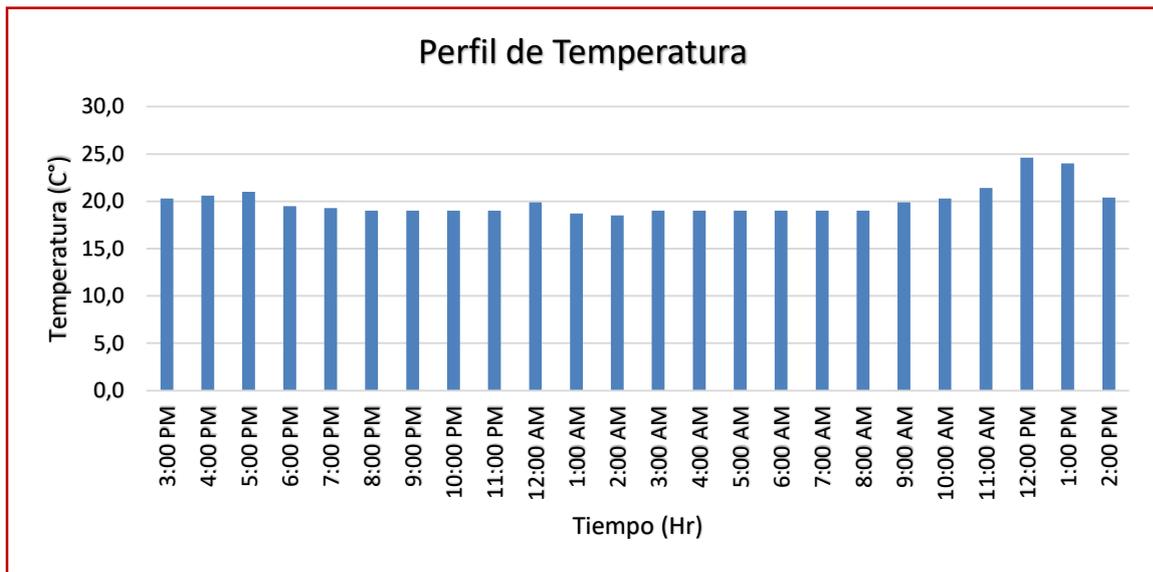
Fecha	Tiempo	Temperatura Externa (°C)	Humedad Externa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mmHg)	Precipitación (mm)	Radiación Solar (W/m ²)
12/06/2019	3:00 p. m.	20.3	72	2.5	WSW	753.8	0	545
12/06/2019	4:00 p. m.	20.6	75	3.4	SW	752.6	0	373
12/06/2019	5:00 p. m.	21.0	70	2.5	SW	752.5	0	259
12/06/2019	6:00 p. m.	19.5	59	3.0	S	751.7	0	165
12/06/2019	7:00 p. m.	19.3	62	3.4	SE	752.2	0	17
12/06/2019	8:00 p. m.	19.0	63	2.5	SE	751.6	0	0
12/06/2019	9:00 p. m.	19.0	63	2.5	SE	752.6	0	0
12/06/2019	10:00 p. m.	19.0	64	2.5	SE	752.3	0	0
12/06/2019	11:00 p. m.	19.0	65	1.2	SE	752.7	0	0
12/06/2019	12:00 a. m.	19.9	68	1.6	SE	753.5	0	0
13/06/2019	1:00 a. m.	18.7	69	2.5	SSE	753.2	0	0
13/06/2019	2:00 a. m.	18.5	68	1.6	SSE	753	0	0
13/06/2019	3:00 a. m.	19.0	72	1.6	SSE	752.6	0	0
13/06/2019	4:00 a. m.	19.0	74	1.6	SSE	752.5	0	0
13/06/2019	5:00 a. m.	19.0	84	1.6	SSE	752.9	0	0
13/06/2019	6:00 a. m.	19.0	86	1.6	SSE	752.7	0	0
13/06/2019	7:00 a. m.	19.0	81	2.1	ESE	752.7	0	0
13/06/2019	8:00 a. m.	19.0	73	3.0	ESE	753.1	0	20
13/06/2019	9:00 a. m.	19.9	67	2.1	ESE	753.6	0	151
13/06/2019	10:00 a. m.	20.3	62	2.1	ESE	753.8	0	324
13/06/2019	11:00 a. m.	21.4	58	3.4	SW	753.9	0	500
13/06/2019	12:00 p. m.	24.6	56	4.8	SW	753.6	0	630
13/06/2019	1:00 p. m.	24.0	55	4.8	SW	753.2	0	728
13/06/2019	2:00 p. m.	20.4	73	3.0	SW	753.3	0	737

32.- ROSA DE VIENTO Central Térmica Ventanilla



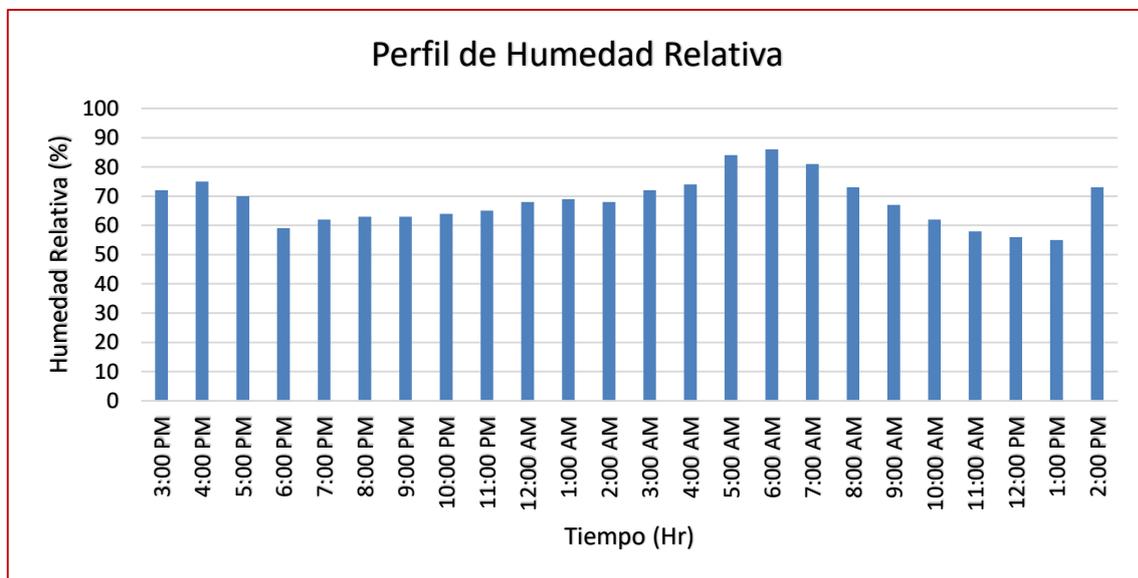
Programa Utilizado: WRPLOT View

33.- Central termica Ventanilla



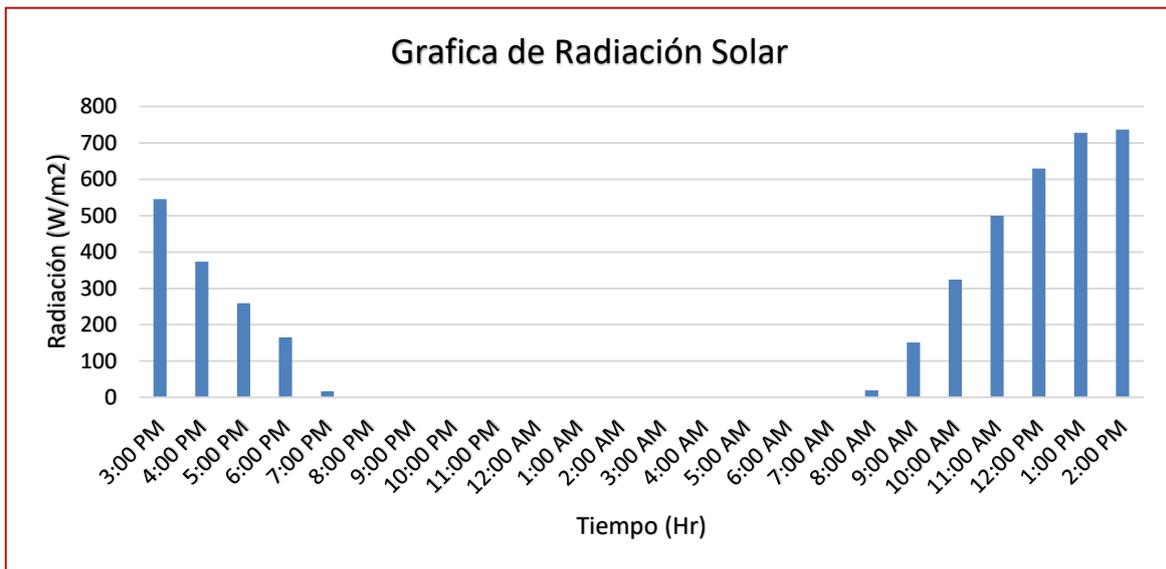
Fuente: registro meteorológico

34.- Central termica Ventanilla



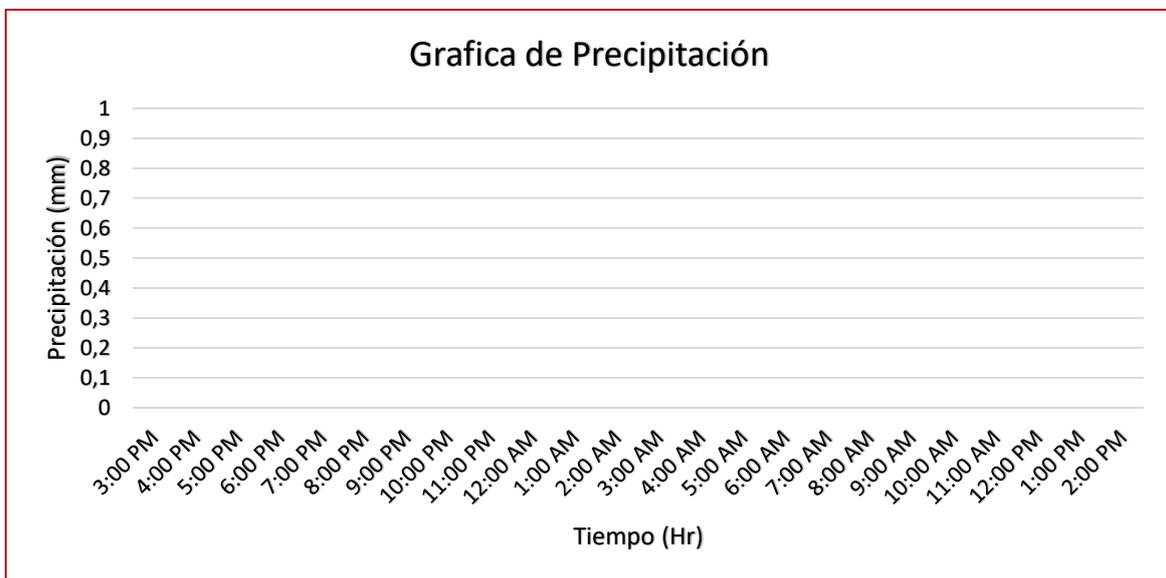
Fuente: registro meteorológico

35.- Central termica Ventanilla



Fuente: registro meteorológico

36.- Central termica Ventanilla



Fuente: registro meteorológico