

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

Maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible

**ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AIRE POR
MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ Y PM_{2.5} EN LA RED
DE MONITOREO EN EL DISTRITO DE TACNA
EN EL AÑO 2015**

TESIS

PRESENTADA POR:

ELIANA SANTANDER HUAYCANI CÁCERES

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (MAGISTER SCIENTIAE) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TACNA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AIRE POR MATERIAL
PARTICULADO PM₁₀ Y PM_{2.5} EN LA RED DE MONITOREO DEL
DISTRITO DE TACNA EN EL AÑO 2015

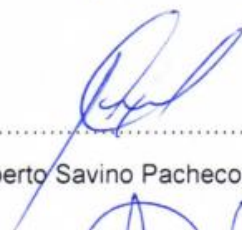
Tesis sustentada y aprobada el 2 de diciembre del 2019. El Jurado Calificador estuvo integrado por:

PRESIDENTE:



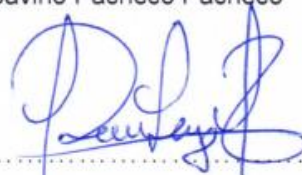
Dr. Gregorio Pedro Tejada Monroy

SECRETARIO:



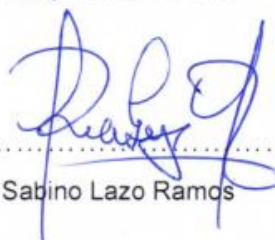
Dr. Alberto Savino Pacheco Pacheco

MIEMBRO :



Dr. Richard Sabino Lazo Ramos

ASESOR :



Dr. Richard Sabino Lazo Ramos

DEDICATORIA

*A Dios,
Quien me da fortaleza y sabiduría.*

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

AGRADECIMIENTO

Al proyecto: “Mejoramiento del Servicio de Monitoreo e Información Ambiental” de la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Tacna, por haberme brindado las facilidades y la logística necesaria para la consecución de la presente tesis.

A todas las personas que de una u otra manera han colaborado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi familia por su comprensión.

Un agradecimiento muy especial al Dr. Richard Lazo Ramos por el apoyo desinteresado.

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| RESUMEN | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1.1 Antecedentes del problema | 2 |
| 1.1.2 Problemática de la investigación | 3 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 4 |
| 1.2.1. Problema general | 4 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 4 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA | 5 |
| 1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES..... | 6 |
| 1.5. OBJETIVOS | 7 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 7 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 7 |
| 1.4. HIPÓTESIS | 7 |
| 1.4.1 Hipótesis general..... | 7 |
| 1.4.2 Hipótesis específicas..... | 8 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 9 |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO..... | 9 |
| 2.1.1. Estudios sobre contaminación atmosférica | 9 |
| 2.1.2. Estudios referentes a la contaminación atmosférica por material particulado | 12 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 15 |
| 2.2.1. Delimitación de la cuenca atmosférica..... | 15 |
| 2.2.2 Características meteorológicas | 16 |
| 2.2.3 Características de la estructura vial..... | 20 |
| 2.2.4 Consumo de combustible | 24 |
| 2.2.5 Fuentes de emisión móviles | 26 |
| 2.2.6 Fuentes fijas | 27 |
| 2.2.7 Fuentes naturales..... | 27 |
| 2.2.8 Normatividad de calidad de aire | 27 |
| 2.2.10. Contaminantes atmosféricos y sus fuentes | 28 |
| 2.2.11. Impactos de la contaminación atmosférica en la salud y el medio ambiente..... | 29 |
| 2.2.12. Índices de calidad de aire..... | 30 |
| | |
| CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO..... | 34 |
| 3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 34 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 35 |
| 3.2.1. Población de estudio | 35 |
| 3.2.2. Tipo o tamaño de muestra..... | 35 |
| 3.2.3. Selección de la muestra | 35 |
| 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... | 36 |

| | | |
|------------------------------------|---|----|
| 3.4. | TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS | 36 |
| 3.4.1. | Acciones para la toma de muestra | 36 |
| 3.4.2. | Muestreo PM _{2.5} y PM ₁₀ | 37 |
| 3.4.3. | Parámetros de monitoreo | 37 |
| 3.4.4. | Procedimiento de muestreo..... | 37 |
| 3.4.5. | Técnica de análisis de muestras | 38 |
| 3.4.6. | Materiales y/o instrumentos..... | 40 |
| 3.5. | PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS..... | 41 |
| CAPÍTULO IV: MARCO FILOSÓFICO..... | | 42 |
| 4.1. | LA EPISTEMOLOGÍA COMO CONOCIMIENTO CIENTÍFICO | 42 |
| 4.2. | FACTORES DEL DESARROLLO EPISTEMOLÓGICO | 42 |
| 4.2.1. | Cualitativo | 43 |
| 4.2.2 | Cuantitativo | 43 |
| 4.3. | LA CONCEPCIÓN INVESTIGATIVA..... | 43 |
| 4.4. | EL PENSAMIENTO EPISTEMOLÓGICO EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA..... | 45 |
| 4.5. | FUNDAMENTO FILOSÓFICO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA..... | 48 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS | | 51 |
| 5.1. | Resultados del monitoreo de la calidad de aire PM ₁₀ y PM _{2,5} | 51 |
| 5.1.1. | 3ra. Brigada de Caballería..... | 51 |
| 5.1.2. | Avenida Bolognesi..... | 54 |
| 5.1.3. | Escuela de Posgrado de la Universidad Jorge Basadre Grohmann..... | 58 |
| 5.1.4. | Gran Hotel Tacna..... | 63 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.5. ZOFRA TACNA..... | 68 |
| 5.2. Valores de PM _{2,5} y PM ₁₀ con las condiciones meteorológicas en estaciones | 72 |
| 5.3. Verificación y contrastación de las hipótesis..... | 73 |
| 5.3.1. HIPÓTESIS GENERAL | 73 |
| 5.3.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS | 76 |
| | |
| CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN..... | 82 |
| 6.1. ANÁLISIS DE CADA ESTACIÓN DE MONITOREO..... | 82 |
| 6.2. Análisis ambiental del monitoreo de aire por material particulado | 85 |
| 6.3. Comparación de resultados con otros estudios en la especialidad..... | 86 |
| 6.4. Propuesta para la mejora de la calidad de aire por material particulado | 87 |
| 6.5. Lineamientos para reducir la contaminación de aire..... | 89 |
| CONCLUSIONES | 94 |
| RECOMENDACIONES..... | 95 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 96 |
| ANEXOS..... | 102 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Longitud de la red vial por tipo de superficie de rodadura según sistema de red vial, 2013..... | 21 |
| Tabla 2. Intersecciones viales saturadas..... | 22 |
| Tabla 3. Parque automotor según vehículo, 2007-2013..... | 26 |
| Tabla 4. Estándares de calidad de aire DS 074-2001-PCM..... | 28 |
| Tabla 5. Niveles de cuidado del Índice de Calidad de Aire (INCA)..... | 30 |
| Tabla 6. Niveles de INCA para Material Particulado (PM10)..... | 30 |
| Tabla 7. Niveles de INCA para Material Particulado (PM2,5)..... | 31 |
| Tabla 8. Ubicación de los Puntos de Monitoreo en el distrito Tacna..... | 39 |
| Tabla 9. Equipos utilizados para calidad de aire..... | 40 |
| Tabla 10. Equipos meteorológicos utilizados..... | 40 |
| Tabla 11. Monitoreo de calidad de aire en la 3ra. Brigada de Caballería. | 51 |
| Tabla 12. Condiciones meteorológicas en la 3ra. Brigada de Caballería. | 52 |
| Tabla 13. Monitoreo de calidad de aire en la Av. Bolognesi..... | 54 |
| Tabla 14. Condiciones Meteorológicas en la Av. Bolognesi..... | 55 |
| Tabla 15. Resultados de Monitoreo de calidad de aire en Escuela de Postgrado UNJBG..... | 58 |
| Tabla 16. Condiciones Meteorológicas en la Av. Bolognesi..... | 60 |
| Tabla 17. Monitoreo de calidad de aire en el Gran Hotel Tacna..... | 63 |
| Tabla 18. Condiciones meteorológicas en el Gran Hotel Tacna..... | 64 |
| Tabla 19. Monitoreo de calidad de aire en ZOFRA TACNA..... | 68 |
| Tabla 20. Condiciones Meteorológicas en la ZOFRA TACNA..... | 70 |
| Tabla 21. Resumen de valores de PM _{2,5} y condiciones meteorológicas en las estaciones de muestreo en el distrito de Tacna | 72 |

| | |
|---|----|
| Tabla 22. Resumen de valores de PM ₁₀ y condiciones meteorológicas en las estaciones de muestreo en el distrito de Tacna | 73 |
| Tabla 23. Correlación entre los valores de material particulado y las condiciones meteorológicas en el distrito de Tacna | 74 |
| Tabla 24. Correlación entre los valores de PM ₁₀ con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento en el distrito de Tacna en el año 2015..... | 77 |
| Tabla 25. Correlación entre los valores de PM _{2,5} con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento en el distrito de Tacna en el año 2015..... | 80 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mapa de rosas de viento..... | 17 |
| Figura 2. Mapa de humedad relativa promedio anual..... | 18 |
| Figura 3. Mapa de precipitación promedio anual..... | 20 |
| Figura 4. Indicador parque automotor..... | 23 |
| Figura 5. Vehículos registrados en Tacna..... | 24 |
| Figura 6. Demanda nacional de diésel por Región - Año 2012..... | 25 |
| Figura 7. Demanda nacional de gasolina por Región 2012, en porcentaje..... | 25 |
| Figura 8. Parque automotor según clase de vehículo, 2007-2013..... | 26 |
| Figura 9. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} y PM ₁₀ en la 3ra. Brigada de Caballería..... | 53 |
| Figura 10. Variación media horaria del PM _{2,5} vs velocidad del viento en la Av. Bolognesi..... | 56 |
| Figura 11. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} y PM ₁₀ en la av. Bolognesi..... | 57 |
| Figura 12. Variación media horario del PM _{2,5} vs velocidad del viento en la Escuela de Posgrado de la UNJBG..... | 59 |
| Figura 13. Comportamiento de la Temperatura vs la Humedad en la Escuela de Posgrado de la UNJBG..... | 61 |
| Figura 14. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} y PM ₁₀ en la Escuela de Posgrado UNJBG..... | 62 |
| Figura 15. Variación media horario de PM _{2,5} vs velocidad del viento en Gran Hotel Tacna..... | 65 |
| Figura 16. Comportamiento de la temperatura vs humedad en Gran Hotel Tacna..... | 66 |
| Figura 17. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} y PM ₁₀ en el Gran Hotel Tacna..... | 67 |
| Figura 18. Variación media horaria del PM _{2,5} vs velocidad del viento en ZOFRA TACNA..... | 69 |

| | |
|---|----|
| Figura 19. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} y PM ₁₀ en la ZOFRA TACNA..... | 71 |
| Figura 20. Diagrama de dispersión de valores de material particulado y condiciones meteorológicas..... | 75 |
| Figura 21. Diagrama de dispersión de los Valores de PM ₁₀ y condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento..... | 78 |
| Figura 22. Diagrama de dispersión de los Valores de PM _{2,5} y condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento..... | 81 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} durante el día y noche en la 3ra. Brigada de Caballería..... | 103 |
| Anexo 2. Gráfico polar de la concentración de PM ₁₀ en la 3ra. Brigada de Caballería | 103 |
| Anexo 3. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} para periodos diarios en la 3ra. Brigada de Caballería..... | 104 |
| Anexo 4. Gráfico polar de la concentración de PM ₁₀ para periodos diarios en la 3ra. Brigada de Caballería | 104 |
| Anexo 5. Gráfico del comportamiento horario de las concentraciones de PM _{2,5} y PM ₁₀ | 105 |
| Anexo 6. Gráfico polar de las concentraciones de PM _{2,5} para periodos diarios en la Av. Bolognesi | 105 |
| Anexo 7. Evolución de las concentraciones horarias de PM _{2,5} y PM ₁₀ en la Escuela de Posgrado UNJBG..... | 106 |
| Anexo 8. Gráfico polar de las concentraciones de PM _{2,5} para periodos diarios en la Escuela de Posgrado de la Universidad Jorge Basadre Grohmann..... | 106 |
| Anexo 9. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} durante el día y la noche en la Escuela de Posgrado (u/m ³)..... | 107 |
| Anexo 10. Gráfico polar de la concentración de PM ₁₀ durante el día y la noche en la Escuela de Posgrado de la Universidad Jorge Basadre Grohmann..... | 107 |
| Anexo 11. Gráfico del comportamiento horario de las concentraciones de PM _{2,5} y PM ₁₀ en el Gran Hotel Tacna..... | 108 |
| Anexo 12. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} para periodos diarios en el Gran Hotel Tacna. | 109 |
| Anexo 13. Gráfico polar de la concentración de PM _{2,5} durante el día y la noche en el Gran Hotel Tacna..... | 109 |
| Anexo 14. Gráfico del comportamiento de las concentraciones de PM _{2,5} y PM ₁₀ en ZOFRA TACNA..... | 110 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 15. Gráfico polar de la concentración de $PM_{2,5}$ para periodos diarios en ZOFRA TACNA..... | 110 |
| Anexo 16. Promedios diarios de $PM_{2,5}$ en la Av. Bolognesi..... | 111 |
| Anexo 17. Promedios diarios de $PM_{2,5}$ en la Escuela de Posgrado de la UNJBG | 111 |
| Anexo 18. Promedios diarios de $PM_{2,5}$ en el Gran Hotel Tacna..... | 112 |
| Anexo 19. Ubicación del punto monitoreo en la 3ra. Brigada de Caballería.... | 112 |
| Anexo 20. Ubicación del punto monitoreo en la Escuela de Posgrado de la UNJBG..... | 113 |
| Anexo 21. Ubicación del punto monitoreo en el Gran Hotel Tacna..... | 114 |
| Anexo 22. Ubicación del punto de monitoreo en ZOFRA TACNA. | 115 |

RESUMEN

Esta investigación se basa en el estudio del ambiente sobre las características meteorológicas para material fragmentado en la red regional de monitoreo de Tacna en 2015; los medios de muestreo y análisis utilizados se basan en protocolos de control de la calidad del aire y gestión sobre datos DIGESA (2005), y de acuerdo a lo que se cogió elementos sobre 5 estaciones; de estas, se vieron que dos en particular dieron valores altos para $PM_{2,5}$ siguiendo, el ECA, localizados en la Escuela de Posgrado de la UNJBG de 25,1 a 31,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (junio) y en la Av. Bolognesi 28,3 a 29,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el (mayo), y de estos tienen una relación directa con la humedad, temperatura, velocidad del viento y dirección del viento (Sur oeste). Además se determinó altos valores según la OMS para PM_{10} en la Av. Bolognesi 61,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mayo) y en la Escuela de Posgrado 58,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (junio), los cuales también poseen correlación directa con humedad relativa, temperatura, velocidad del viento y dirección del viento. Ambas variables fueron comprobadas con el examen estadístico de Pearson (r) 0.921, el coeficiente de correlación valor $-p$ ($\text{sig}=0,026$) y con un nivel de significancia menor a 0,05.

Palabras clave: Contaminantes atmosféricos/ Material particulado Condiciones climatológicas.

ABSTRACT

This research is based on the study of the environment on the meteorological characteristics for fragmented material in the regional monitoring network of Tacna in 2015; The sampling and analysis means used are based on air quality control protocols and data management on DIGESA (2005), and according to what elements were collected from 5 stations; Of these, it was observed that two in particular gave high values for PM_{2.5}, following the ECA, located in the Graduate School of the UNJBG from 25.1 to 31.4 µg / m³ (June) and in Av. Bolognesi 28.3 to 29.4 µg / m³ in the (May), and of these have a direct relationship with humidity, temperature, wind speed and wind direction (South West). In addition, high values were determined according to the WHO for PM₁₀ in Av. Bolognesi 61.1 µg / m³ (May) and in the Graduate School 58.5 µg / m³ (June), which also have a direct correlation with relative humidity, temperature, wind speed and wind direction. Both variables were verified with the Pearson statistical test (r) 0.921, the correlation coefficient value - p (sig = 0.026) and with a level of significance less than 0.05.

Keywords: Atmospheric pollutants / Particulate matter Climatological conditions.

INTRODUCCIÓN

En esta época, un problema global es la contaminación del aire en diferentes países, entre ellos nuestra ciudad de Tacna, que se ve muy afectada por el humo contaminante que emite directamente la flota de automóviles y la mala calidad del combustible utilizado. También se debe al envejecimiento del motor del vehículo y la falta de mantenimiento.

En tal sentido, la observación ambiental se centró en el enfoque del componente aire y el componente clima, referido a la relación que tienen los resultados de las concentraciones del PM_{10} y $PM_{2.5}$ y las circunstancias climatológicas, lo cual nos determinará conocer el grado de influencia de los contaminantes atmosféricos y las condiciones climatológicas en la calidad del aire en el distrito de Tacna.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Antecedentes del problema

Actualmente, estamos experimentando una era de crecimiento. Las actividades humanas han causado un resultado de una serie de consecuencias negativas en todo el mundo. Estas acciones brindan un fuerte soporte a la industria, la agricultura y el desarrollo económico, pero también se han convertido en uno de ellos y también en uno de los principales factores que contaminan la atmósfera de la tierra en varias formas. El proceso de urbanización también ha llevado a cambios importantes en el medio ambiente, y la buena calidad del aire en metrópolis ha disminuido, principalmente debido al aumento en el número de automóviles, lo cual se agrava a medida que crece la población.

Tacna tiene una alta potencia en su desarrollo, con aproximadamente 321.351 residentes, 40.000 automóviles y 17.339 empresas dedicadas a actividades comerciales distribuidas en la ciudad, con una superficie de más de 16.075 km² (INEI, 2016).

La expansión urbana no planificada, el crecimiento de la población, una gran cantidad de focos contaminantes (por ejemplo, la utilización, para transporte público, de combustibles fósiles y las industrias productoras de partículas que generan Material Particulado (MP)), además los procesos acelerados de erosión del suelo han causado una grave degradación ambiental en la ciudad, estas problemáticas se han vuelto cada vez más serios. Sin embargo, el modelo de desarrollo económico y la política de aceleración del crecimiento, aumentado en los últimos 20 años no consideraron los costos sociales implicados para su implementación.

1.1.2 Problemática de la investigación

Entre los elementos que contaminan el aire, la materia fragmentada que está suspendida es un contaminante con mucha importancia en el mundo.

Entre los contaminantes atmosféricos urbanos, el elemento particulado suspendido, es uno de los que más contaminan la atmósfera y de lo más importantes y con mayor estudio en el planeta, definido como una colección de partículas en sólido y / o líquido (excepto agua pura) que están en la suspensión dentro de la atmósfera, y caracterizado por una amplia gama de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas.

A la vez, que este contaminante y su presencia, puede tener varias consecuencias en el medio, los ambientes vegetados, los materiales, los humanos, incluida también el corte de vista, con un mayor incremento de difusión

y / o absorción de radiación solar que puede afectar la radiación sobre corta onda y aumentar la cantidad de centros de condensación sobre la zona atmosférica. Además, hay evidencia de los daños causados por partículas depositadas en edificios y monumentos.

La gran variedad de actividades económicas en el área de Tacna, como la industria, el turismo y los servicios, junto con la alta densidad de población y las condiciones geográficas y climáticas del área, tienen una consecuencia negativa directa en la calidad del oxígeno en esta zona.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Existirá correlación entre las concentraciones de material particulado y la red de monitoreo en el distrito de Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Existirá correlación de los valores de material particulado PM_{10} y la red de monitoreo distrital en Tacna en el 2015?
- b) ¿Existirá correlación de los valores de material particulado $PM_{2.5}$ y la red de monitoreo distrital en Tacna en el 2015?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Tacna se ve afectada por la emisión de humos polutivos provenientes del conjunto de autos y la pésima calidad del combustible que utilizan para su funcionamiento, así como el envejecimiento de los motores de los automóviles. Este es otro problema que se suma al hecho de contar con una zona atmosférica, que establece que hace que esta sea una posición impactante y problemática.

Debido a tal contaminación de la atmósfera que se da en origen de forma principal en las ciudades, es importante realizar trabajos de investigación, políticas y programas que permitan mejorar su calidad buscando garantizar la calidad de vida de los individuos, siendo uno de los primeros pasos llegar a una conclusión sobre los valores de la contaminación en la atmosfera para saber la condición del aire en nuestro distrito. De acuerdo a esto, la tarea de este estudio es promover la investigación sobre el monitoreo y el control de los recursos atmosféricos para obtener información de referencia para detectar cambios futuros en las condiciones de del aire contaminado causados por Material Fragmentado. (MP) o Particulate Matter (PM) que está relacionado con lo que sucede en otros lugares. Una herramienta de estrategia de gestión del ambiente para el monitoreo la cualidad del aire, es el análisis de las concentraciones de partículas (PM2.5 y PM10).

Sobre las condiciones locales, también se espera que este documento se pueda utilizar como una valoración sobre la actual situación y se pueda usar en

las decisiones de gestión de recursos aéreos para generar información básica que pueda elaborar planes de prevención a la contaminación del aire y hacer recomendaciones. Así, una nueva red de monitoreo contribuye a la atención de la población y la salud ambiental.

Dado que la contaminación del aire mencionada anteriormente ocurre en ciudades, generalmente, es necesario formular políticas y proyectos para así poder optimizar la condición del aire y así cuidar el bienestar de sus residentes (Franco, 2012).

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Área geográfica: Distrito de Tacna.

1.4.2 Época o periodo: Otoño y Primavera (22 de marzo al 6 de octubre del 2015)

1.4.3 Métodos y técnicas empleadas: Separación inercial/filtración (Gravimetría)

1.4.4 Análisis ambiental: Análisis estadístico aire – clima

1.4.5 Financiamiento: Propio

1.4.6 Tiempo disponible: A tiempo parcial

1.4.7 Recursos utilizados: Recursos propios y del Gobierno Regional de Tacna.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Analizar los valores de concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, con estas características meteorológicas en el distrito de Tacna.

1.5.2 Objetivos específicos

- Establecer si hay una relación de los indicadores de material particulado PM_{10} con la humedad relativa, la velocidad del viento y la temperatura en Tacna.
- Establecer si hay una relación de los indicadores de material particulado $PM_{2.5}$ con la velocidad del tiempo, humedad relativa y la temperatura en Tacna.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1 Hipótesis general

H_0 : No hay una relación entre las variantes del material fragmentado con las circunstancias sobre el clima.

H_1 : Hay una relación entre las variantes del material particulado con las circunstancias sobre el clima.

1.6.2 Hipótesis específicas

H₀: No hay relación de los indicadores PM₁₀ con la dirección del viento, temperatura ambiental y humedad relativa en Tacna en el 2015.

H₁: Hay relación de los indicadores PM₁₀ con la dirección del viento, temperatura ambiental y humedad relativa en Tacna en el 2015.

H₀: No hay relación de los indicadores PM₁₀ con la velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad relativa en Tacna en el 2015.

H₁: Hay relación de los indicadores PM₁₀ con la velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad relativa en Tacna en el 2015.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Estudios sobre contaminación atmosférica

Ámbito internacional:

En un monitoreo pasivo de gases en Ecuador en el 2013-2014, se posicionaron seis estaciones con sitios en ubicaciones representativas del recinto. El contenido de estos resultados se comparó con la concentración promedio anual determinada por la normativa de aire en cuanto a calidad de Ecuador, otros estándares internacionales y la guía de la OMS; todos los parámetros se encuentran dentro de un rango dado, siendo el dióxido de nitrógeno el más cercano a este rango. Finalmente se consideró seguir con el monitoreo expandiendo la red a 10 estaciones (Chachapoya, 2015).

La base de este estudio era hacer una diferenciación de dos reglas gravimétricas, que pueden cuantificar la cantidad de polvo en la atmosfera que este concentrado, y tiene el propósito de analizar si los resultantes obtenidos por cada método tienen similitud y pueden aplicarse, se utilizó el método de Bergerhoff y el método de la placa receptora realizado en el campus físico de la sede de la Universidad de Salvador. Utilizando el método de Bergerhoff, se obtuvo durante la estación seca, el rango de resultado es $1.8104-4.0139 \text{ mg / cm}^2 \times 30 \text{ días}$. Por otro lado, utilizando otro método de

placa receptora, el valor más bajo de la concentración de polvo atmosférico precipitable observado durante la estación seca está entre 0.3483 y 0.7794 miligramos / cm² x 30 días. (Escobar y Aquino, 2012).

En el ámbito nacional:

Según un estudio de monitoreo de contaminantes sólidos sedimentables en Celendín, se determinó que las acciones humanas y de origen natural empeoraban la condición del aire de Celendín e influencia en varios grados entre los meses de junio a abril del año 2008. El estado de afectación de salud poblacional se dio principalmente en niños pequeños con edades más debajo de los 5 años, ancianos, pacientes en centros de salud y madres embarazadas. El monitoreo de contaminantes de sedimentos sólidos entre abril y junio de 2008 resultó en más de 5Tn del 71% de los puntos de monitoreo (Roncal, 2008).

La investigación realizada entre octubre de 2012 y enero de 2013: "Utilizando el método de muestreo pasivo, para determinar el grado de partículas atmosféricas que pueden depositarse, en el área urbana-Ciudad de Moyobamba, 2012", se establecieron 15 estaciones de monitoreo de placas de Petri por un tiempo de 03 meses y treinta (30) días. El valor promedial final obtenido en la estación de muestreo es 0.70 mg / cm²-mes, por lo que es 0.20 mg / cm²-mes más alto que los estándares de condición ambiental para partículas sedimentables que fueron predeterminados por la OMS (Coral, 2012).

Un estudio realizado en la UNMSM determinó la concentración de elementos particulares en el aire, a través del método del tubo pasivo. La estación meteorológica en DAIM, mediante 23 puntos de medición en el monitoreo ambiental, se obtuvo la dirección del viento que fue N20°E. En la Av. Venezuela y Avenida Colonial se registró un promedio de 1.45mg / cm² / mes y un promedio de 0.8mg / cm² / mes; los valores son 290% y 160% más altos que LMP, respectivamente (Huatuco & Romero, 2011) .

Ámbito local:

A través del trabajo de investigación actual llevado a cabo en Tacna desde febrero hasta julio del 2017, se buscó evaluar la conglomeración de polvo de la atmosfera que se puede depositar en la localidad. Para este objetivo, se pusieron 08 puestos de monitoreo y se aplicaron métodos de muestreo pasivo. Donde las placas de vidrio se colocaron en los pisos superiores de las casas y / o instituciones por un tiempo de 04 meses, durante el cual se recopila información cada 30 días calendario. Los resultados que se obtuvieron de la muestra de partículas sedimentables indicaron que el valor promedio final de todas las estaciones de muestreo es 1.07 mg / cm² / mes, que es 0.57 mg / cm² / mes (Miranda & Merma, 2017).

2.1.2. Estudios referentes a la contaminación atmosférica por material particulado

Sector internacional:

Se realizó un estudio el año 2000 durante cinco meses en la cual se evaluaron los factores de concentración de partículas en suspensión total y partículas respirables, en la región de Guayabal. La concentración promedio de PST analizada cada día es de $113 \mu\text{g} / \text{m}^3$, que es menor que el estándar diario colombiano ($400 \mu\text{g} / \text{m}^3$). Por otro lado, estas concentraciones a menudo superan el estándar anual de $100 \mu\text{g} / \text{m}^3$. El promedio de PM 10 fue $74 \mu\text{g} / \text{m}^3$, no excede el estándar diario dado por la US EPA, aunque hay una tendencia a aprobar el estándar anual ($50 \mu\text{g} / \text{m}^3$) (Gomez et al., 2003).

Puede haber 101 pares de datos diarios para PST y PM10, lo que hace que la correlación de Colombia rara vez se explore. El resultado es $R^2 = 0,91$. Dado que se puede utilizar para estimar el valor de PM10 midiendo PST, tiene una alta confiabilidad. La puntuación media de PM10 / PST es de 0,62, lo que indica que las partículas respirables están relacionadas con las partículas en suspensión (Gómez et al., 2003).

En Bogotá, se estableció un cimiento de información la cual fue ordenada en estructura con razón de mejorar la caracterización de la base de datos útiles para la verificación y el análisis de la información. Los resultados muestran que Bogotá actualmente no presentan preocupaciones considerables sobre contaminación del aire para elementos nocivos. Para la concentración de la

materia fragmentada en la atmósfera en las ciudades, a menudo son mucho más altas que el nivel recomendado por los ECA. (Gaitán et al., 2007).

Asimismo, el estudio del aire en Antioquia de las actividades llevadas a cabo en Medellín y otros nueve países vecinos entre 2001 y 2007 involucraron una variedad de actividades industriales y de transporte. Se encontró que la conglomeración de partículas suspendidas de forma total (PST) y que se puedan respirar (PM_{10}) aumentaron a un nivel que excedieron el límite de prevención dado por la OMS en un 200- 400% y la predisposición es la agudización de la situación a medida que aumenta el número del parque automotor. (Bedoya & Martínez, 2008).

Sobre el trabajo de investigación realizado en Monterrey donde se determinó el contenido de $PM_{2.5}$ en un área transitada y otra expuesta industrialmente, Los resultados mostraron que las concentraciones más altas de los primeros seis PAH ocurrieron en el invierno en el Distrito 1 y en otoño e invierno en el Distrito 2. Los factores que pueden causar el aumento de HAP incluyen: mala difusión y limpieza de PM_{25} y poca degradación de HAP. Estas conclusiones van de acuerdo a otros análisis en los que también se puede ver la abundancia de PAH's en las PM_{25} . (Santiago, 2009).

Sector nacional:

En la investigación de Evaluación de la Contaminación Atmosférica del 2008 demostró mayor concentración bimodales, la primera ocurre entre 7 y 10 horas y la otra entre 19 y 22 horas en la zona urbana de Lima. La concentración de contaminantes mostro comportamientos complicados dentro de las horas posteriores a la ocurrencia del máximo bimodal, la concentración de material particulado excedió las regulaciones nacionales ECA. Al determinar el modelo de correlación entre contaminantes y factores de difusión, se determinó la concentración de SO₂, NO₂ y CO son muy inferiores al valor determinado por el (ECA) del país. (García, 2008).

Sector local:

De acuerdo a los parámetros del material particulado PM₁₀ observados por SENAMHI (2009) junto a la Municipalidad Provincial de Tacna, el valor máximo de este alcanzó el 57% del valor máximo de ECA. De manera similar, se observó el valor de la estación de Mercado Modelo a 85,046 µg / m³, el vertedero municipal de basura 60,986µg / m³ y el parque industrial 53,692µg / m³ son más altos que el río arriba Jorge Basadre 47,867µg /m³ y Zofra Tacna 42,113 µg / m³. Para PM_{2,5}, se determinó que el valor obtenido en dicho mercado es de 81.255 µg/m³, excediendo en 67 % al Estándar correspondiente en 24 horas.

El Gobierno Regional de Tacna (2014) efectuó un monitoreo donde se

ubicaron 7 puntos de muestreo donde se obtuvieron altas concentraciones. Se detectó PM10 en 5 puntos ubicados en el Centro de Salud Metro (73,1 $\mu\text{g} / \text{m}^3$), Gran Hotel Tacna (53 $\mu\text{g} / \text{m}^3$), Casino Gendarmería (51,3 $\mu\text{g} / \text{m}^3$), Escuela de Graduados UNJBG (66,3 $\mu\text{g} / \text{m}^3$) e ISTP PM10 vigilia nocturna (47,8 $\mu\text{g} / \text{m}^3$). Y PM 2.5 en el Centro de Salud Distrital de Ciudad Nueva (36,1 $\mu\text{g} / \text{m}^3$), en el Gran Hotel Tacna (32,4 $\mu\text{g} / \text{m}^3$) y en la Sede de Gendarmería (26,6 $\mu\text{g} / \text{m}^3$), en la Escuela de Graduados (25,8 $\mu\text{g} / \text{m}^3$). En Alto de la Alianza, pasa a ser Gonzales Vigil IESTP (21,5 $\mu\text{g} / \text{m}^3$). Por el contrario, el Centro de Servicios ESSALUD en el área de Cnel. Gregorio Albarracín tuvo un valor de (14.2 $\mu\text{g} / \text{m}^3$) y Jorge Basadre Grohmann University City (15.8 $\mu\text{g} / \text{m}^3$) que representarían los más bajos que el ECA aéreo.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Delimitación de la cuenca atmosférica

SENAMHI hizo una investigación para delinear la cuenca atmosférica. El centro se encuentra en el medio del valle de Caplina, en la margen derecha está la cadena montañosa Intiorko, y en la margen izquierda se encuentran Chuzadal, Arunta y Piedras Blancas. Rio arriba cerca de la cuenca hidrológica y las microcuencas, que están lejos de ser barreras, sirven como vertederos o salidas para la contaminación producida en las ciudades, y no hay oportunidad para la dispersión vertical (degradación de la calidad) debido al gran impacto del hundimiento. (Aire fácilmente secado y calentado) impuesto por anticiclón y

circulación general de la atmósfera. El área total de esta cuenca atmosférica es de 5 688,185 km².

2.2.2 Características meteorológicas

Los más importantes y esenciales parámetros analizados por la meteorología (presión atmosférica, viento, temperatura atmosférica, lluvia y humedad) también son denominados factores climáticos. Estos afectan el clima que están incluidos también con altitud, topografía, latitud, vegetación y océano. En varios sistemas sobre la clasificación de la temperatura y precipitaciones son el cimiento para definir tipos de clima y poder diferenciarlos entre los mismos. A continuación, se hace mención del análisis del clima de la región de Tacna como una parte del ZZE (2010) en el cual se estudian cambios temporales y espaciales de las condiciones meteorológicas y climáticas y así caracterizando las más importantes variables climáticas existentes.

A) Temperatura

Este es un factor muy importante para caracterizar el clima y las precipitaciones, porque la mayoría de los otros factores se ven afectados por esta. Se usa isotermas, isotermas, etc. para el mapeo.

B) Viento

Se le considera así al aire en movimiento, según estudio meteorológico este es considerado como un vector ya que tiene dirección y magnitud.

La zona metropolitana de Tacna presenta una cuenca atmosférica con una influencia de los vientos del Anticiclón del Pacífico Sur, su influencia va de norte a sur en la cordillera de los Andes.

En la figura 1 se muestra el comportamiento medio de dichos vientos, así como el comportamiento anual medio de los vientos registrados en la cuenca atmosférica (ZEE 2010).

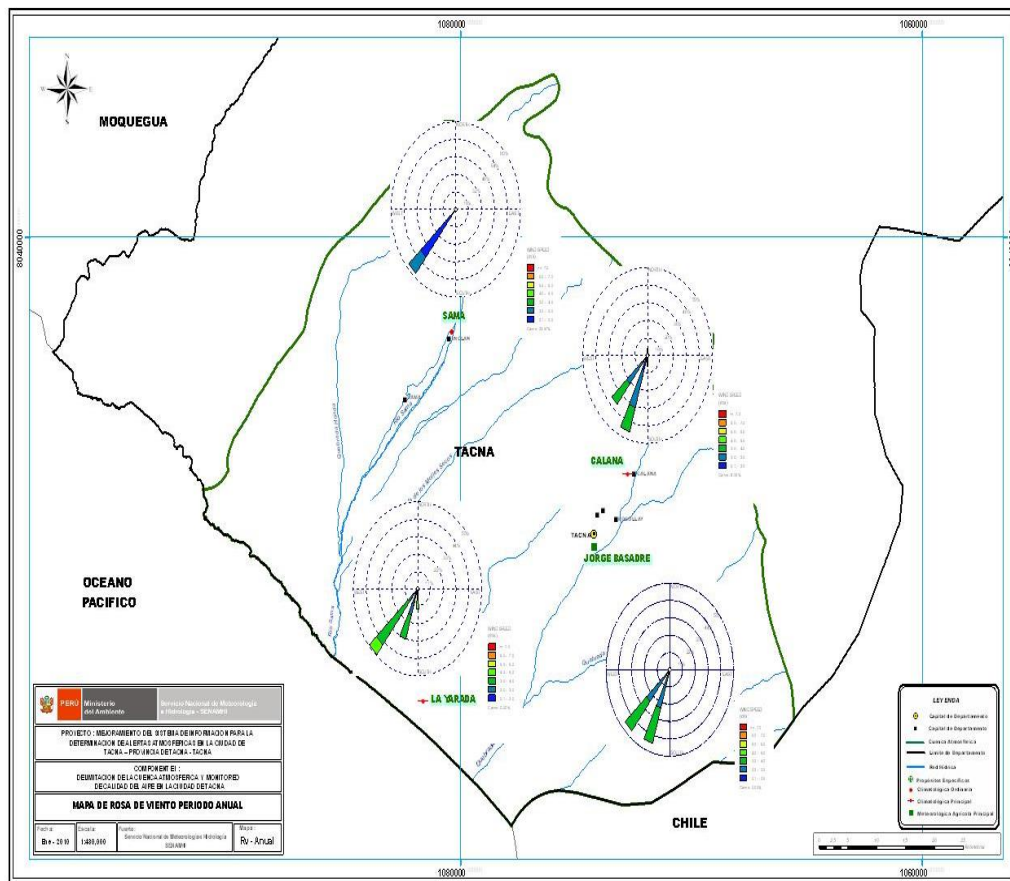


Figura 1: Mapa de rosas de viento

Fuente: ZEE, 2010.

C) Humedad

En temperatura observada, el volumen de aire puede contener humedad relativa, siendo este último el valor más utilizado. En la ciencia del suelo, el agua que queda en el suelo debido a la higroscopicidad o la acción capilar. La mayoría de las plantas solo pueden usar agua capilar.

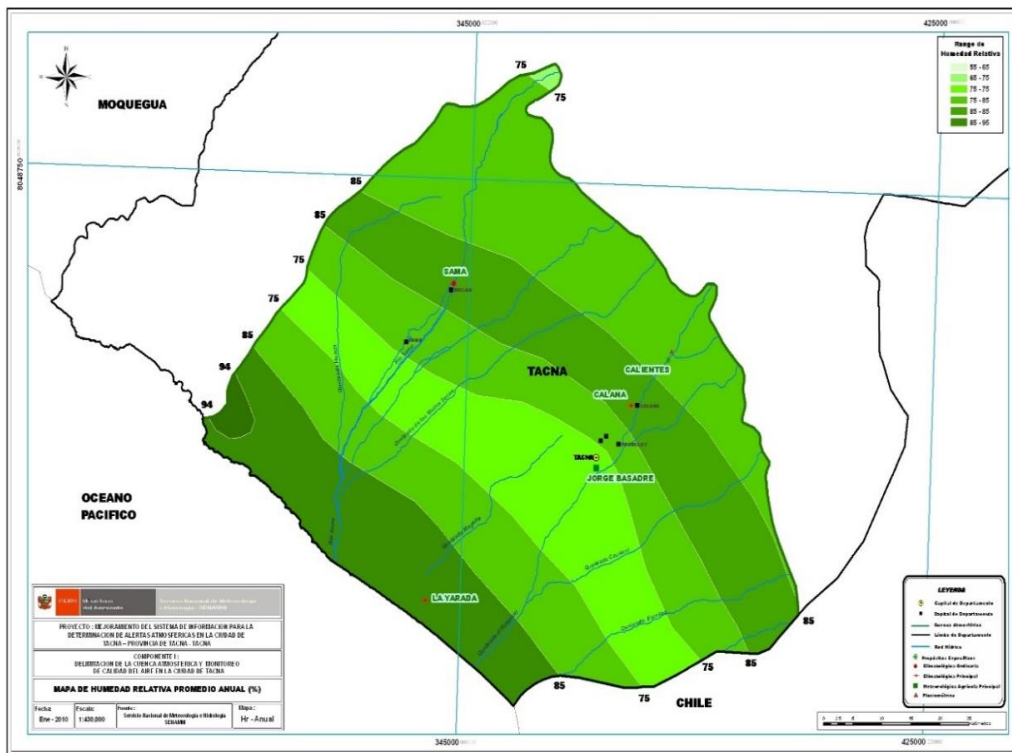


Figura 2: Mapa de humedad relativa promedio anual

Fuente: ZEE, 2010.

D) Precipitación

Este término denomina la forma en que el agua líquida o sólida cae directamente sobre la superficie de la tierra. Esto abarca también a la lluvia,

llovizna, llovizna congelada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve, granizo pequeño y bolas de nieve.

El principal origen de precipitación son las nubes, sin embargo, no aparecen hasta que las pequeñas partículas que las componen crecen y se vuelven suficientes para superar el efecto de subida de las grandes corrientes de aire.

La cantidad, la frecuencia y el esparcimiento espacial y transitorio de las caídas de agua son muy variables, por lo que siempre ha sido el foco de la investigación humana en la determinación del clima y el uso de los recursos hídricos proporcionados naturalmente.

La intensidad de la lluvia varía de un lugar a otro, aunque no están muy lejos. También hay cambios durante todo el año. En algunas áreas, hay más precipitaciones en un día que en todo el año.

La razón para afectar la distribución de la precipitación en el planeta es la proximidad al océano, lo que aumenta la humedad y corriente ascendente del aire, ya que las fuerzan a formar las cordilleras, sobre las que las caídas de agua son mayores en número y, se intensifican en la ladera enfrenando a los vientos más abundantes, o barlovento.

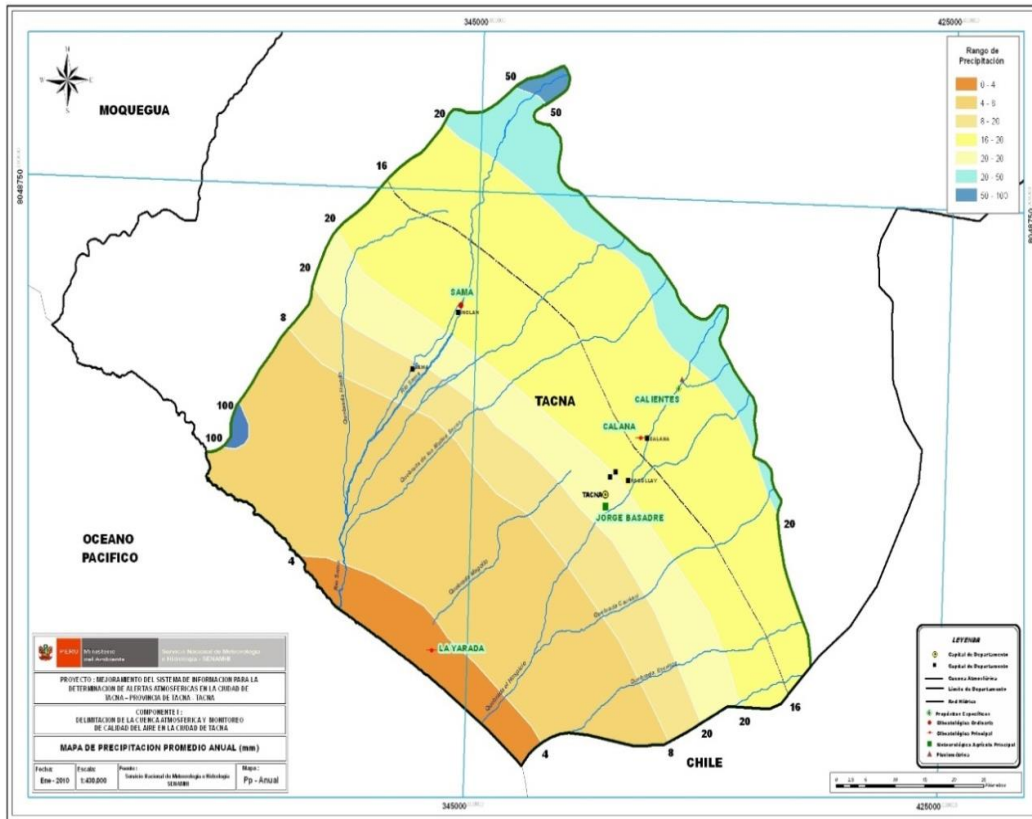


Figura 3: Mapa de precipitación promedio anual

Fuente: ZEE, 2010.

2.2.3 Características de la estructura vial

Tanto las carreteras pavimentadas como las no pavimentadas en el área de Tacna tienen una alta cobertura de interconexión, lo que permite que todos los centros densamente poblados se comuniquen rápidamente.

Tabla 1*Tacna: Longitud de la red vial, año 2013*

| Región Tacna | Total (km) | Tipo de superficie de rodadura | |
|------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------|
| | | Pavimento | No pavimento 1/ |
| Tacna | 2 578,5 | 698,7 | 1 879,8 |
| Red vial Nacional | 636,9 | 459,0 | 177,9 |
| Red vial departamental | 502,9 | 85,0 | 417,9 |
| Red vial vecinal | 1 438,7 | 154,7 | 1 284,0 |

1/ No pavimento incluye superficie afirmada, sin afirmar y trocha.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Oficina de Estadística.

Características del parque automotor

La tabla 2 describe la comparación de los datos del Plan Regulador 2002 con los obtenidos en el plan de rutas 2007 referentes a los volúmenes horarios de Máxima Demanda, en donde se observa un incremento del orden del 15% al 20% para las intersecciones viales estudiadas.

Tabla 2*Intersecciones viales saturadas*

| INTERSECCIONES VIALES | Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) | |
|--|--|-------------------|
| | Anterior Vehículo/h | Actual Vehículo/h |
| Av. Pinto - Av. Jorge Basadre G. | 607 | 498 |
| Av. Pinto - c. Francisco de Paula González Vigil | 516 | 592 |
| Av. 2 de Mayo - c/ Patricio Meléndez | 565 | 811 |
| Av. Bolognesi - c/ Paillardelli | 1129 | 1026 |
| Av. Basadre y Forero - Coronel Mendoza | 375 | 439 |
| Av. Grau - Av. Cuzco | 624 | 741 |
| Av. Jorge Basadre G. - c/ Patricio Meléndez | 260 | 758 |
| c/ Gral. Vizquerra - Av. San Martín | 490 | 1086 |
| Av. Internacional - Av. J. Basadre | 886 | 792 |
| Av. Bolognesi - c/ Patricio Meléndez | 1157 | 870 |
| Av. Bolognesi - Av. Basadre Forero | 231 | 393 |
| Av. Pinto - Av. Coronel Mendoza | 608 | 682 |
| c/ P. Meléndez - Av. 2 de mayo | 792 | 837 |
| Av. Jorge Basadre G. - c/ P. Meléndez *Est A | 510 | 740 |
| Av. Jorge Basadre G. - Av. Tarata | 530 | 893 |

Fuente: Plan de rutas MPT, 2007.

Es indudable que durante estos últimos tiempos en Tacna ha venido sufriendo un crecimiento del parque automotor. Este incremento no ha tenido una adecuada planificación por parte de las autoridades locales. Se

ha establecido el indicador nacional Vehículo por cada mil habitantes, por ejemplo, en la Figura 4 se observa que para el año 2014 Tacna ocupa el tercer lugar en este indicador.

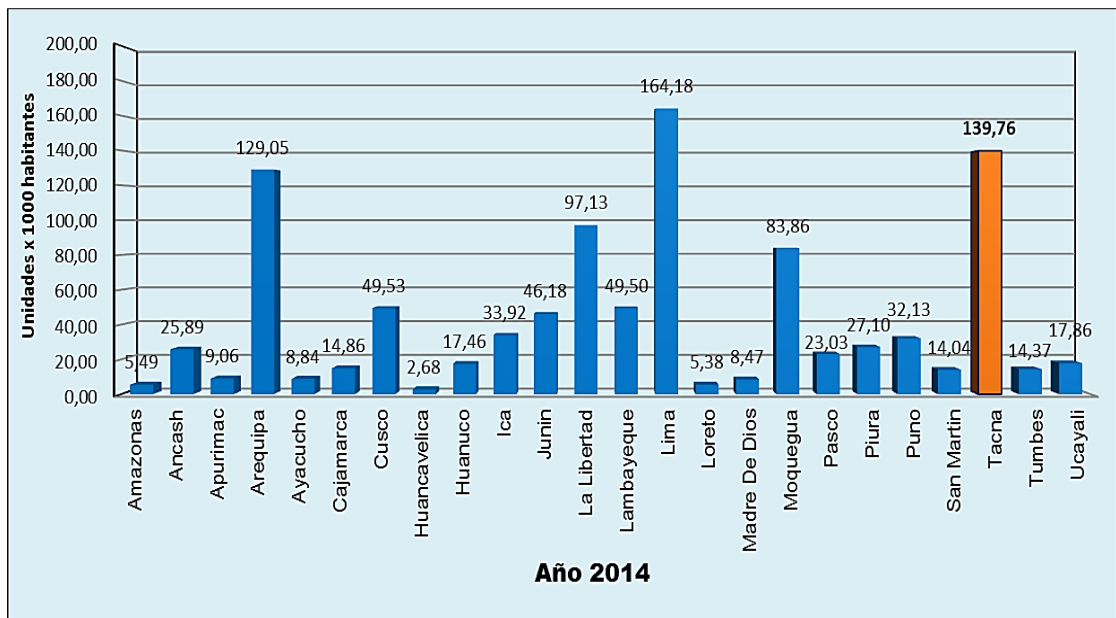


Figura 4: Indicador parque automotor

Fuente: MINAM

Por otro lado, el crecimiento del sector automovilístico del servicio público de transporte de personas se evidencio a partir de D. Leg. 651-91-TCC donde se declara el libre acceso a las rutas sin ninguna restricción administrativa ni legal, así como la libre competencia de tarifas.

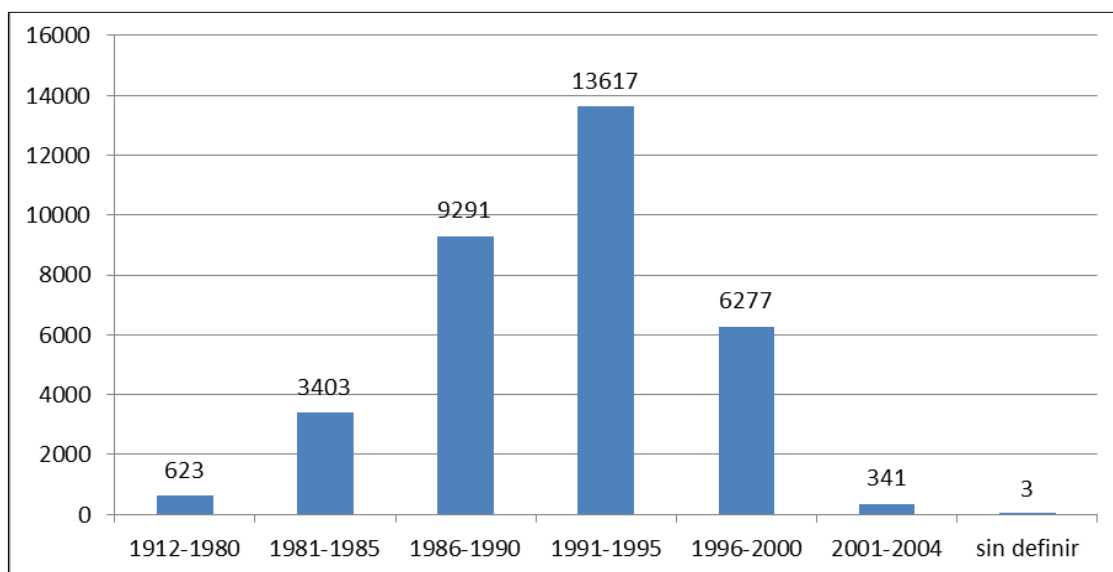


Figura 5: Vehículos registrados en Tacna

Fuente: Plan regulador de rutas, 2006.

2.2.4 Consumo de combustible

Al llegar al 2012, Lima utilizó el 30,0% del Diésel peruano (29,2 MBDC del total en Perú 97,6 MBDC), siguiendo por un 9,2% en Arequipa y un 7,9% en La Libertad, y Tacna un 1,4%.

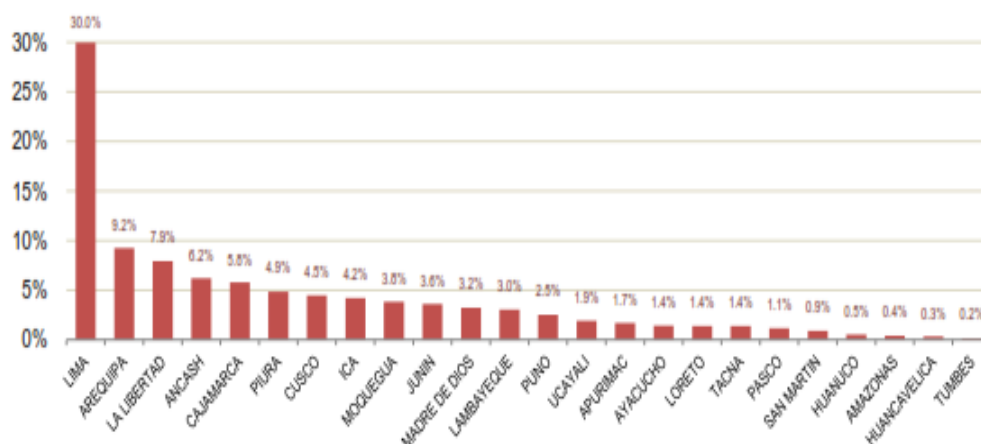


Figura 6: Demanda nacional de diésel por Región - Año 2012

Fuente: OSINERGMIN – SCOP, 2013.

En términos de demanda de gasolina en 2012, la demanda nacional de gasolina en el sector de Lima fue del 41.0%, seguida por el 7.8% de Arequipa y el 5.5% de Piura. Tacna representa el 1.3% del país.

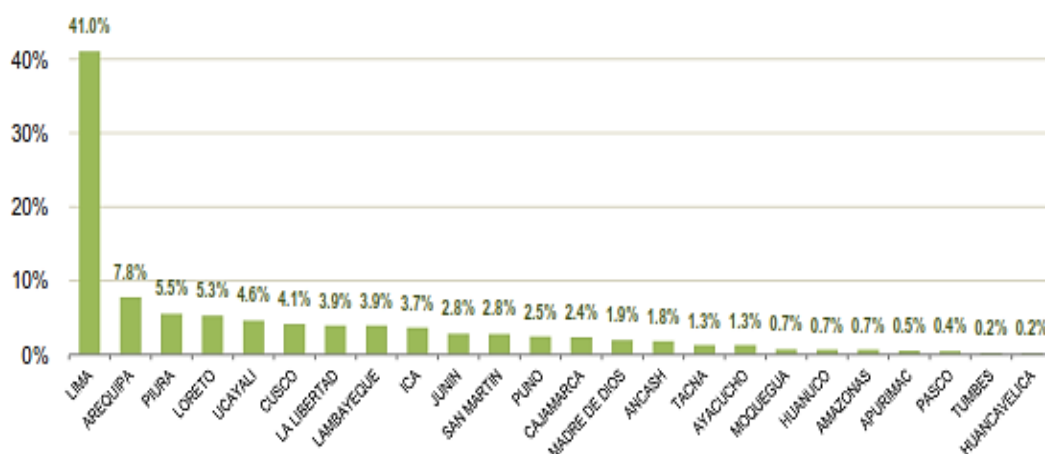


Figura 7: Demanda nacional de gasolina por Región 2012, en porcentaje

Fuente: OSINERGMIN – SCOP, 2013.

2.2.5 Fuentes de emisión móviles

A continuación, se muestra los tipos y números de vehículos

Tabla 3

Parque automotor, según vehículo, 2007 - 2013

| Clase | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Total | 3,122 | 2,627 | 3,793 | 4,433 | 4,429 | 5,007 | 5,914 |
| Vehículo menor | 738 | 604 | 1,093 | 1,492 | 1,685 | 2,012 | 2,521 |
| Automóviles | 632 | 538 | 668 | 903 | 1,048 | 1,218 | 1,561 |
| Station wagon | 741 | 433 | 705 | 584 | 393 | 468 | 337 |
| Camioneta pickup | 89 | 154 | 184 | 203 | 290 | 273 | 296 |
| Camioneta rural | 286 | 214 | 337 | 411 | 647 | 592 | 484 |
| Camioneta panel | 69 | 54 | 107 | 101 | 66 | 53 | 70 |
| Ómnibus | 126 | 98 | 129 | 114 | 37 | 91 | 104 |
| Camión | 321 | 457 | 499 | 528 | 193 | 243 | 392 |
| Remolcador | 23 | 40 | 25 | 32 | 14 | 14 | 39 |
| Remolque y semirremolque | 97 | 35 | 46 | 65 | 56 | 43 | 110 |

Fuente: Oficina Registral Tacna - Registro de Propiedad Vehicular.

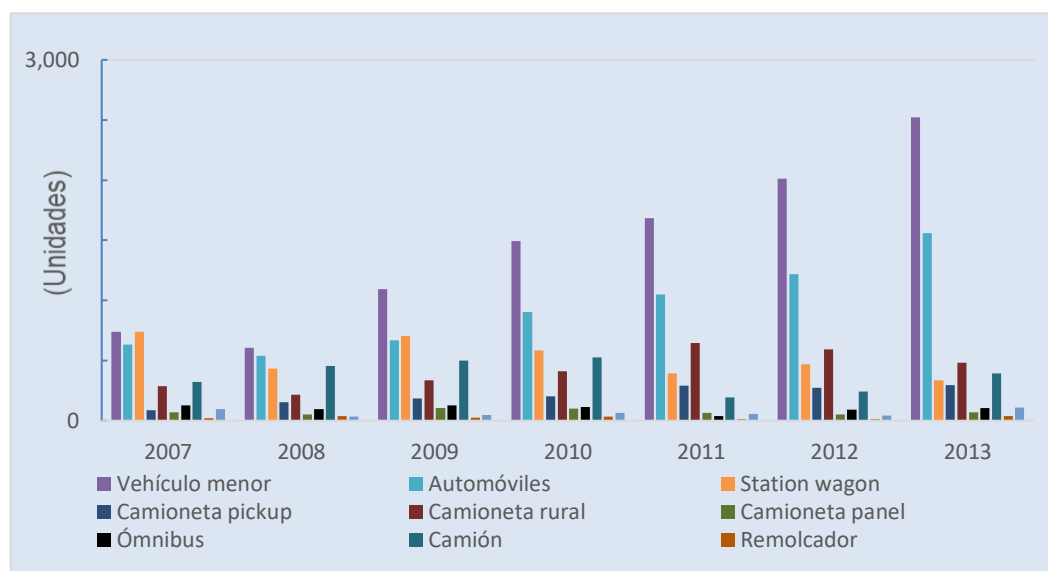


Figura 8: Parque automotor según clase de vehículo, 2007-2013

Fuente: Oficina Registral Tacna - Registro de Propiedad Vehicular

2.2.6 Fuentes fijas

Es cualquier instalación establecida en un sitio, cuyo propósito es ejercer actividades y procesos de industria, comercial, y de servicio o actividad que puedan producir atmósferas contaminadas, estas pueden ser puntuales o de área. Algunos ejemplos de fuentes fijas puntuales son: hospitales (incineradores), botadero Municipal, combustión de biomasa en campos agrícolas y las madereras.

2.2.7 Fuentes naturales

Según su caracterización geográfica y climáticas del lugar y debido a la muy escasa presencia de cobertura vegetal que presentan las áreas de la cuenca atmosférica, el levantamiento de polvo ocasionado por los vientos se hace evidente, de la misma forma en vías de tránsito sin pavimentar, constituyen la principal fuente natural.

2.2.8 Normatividad

- Decreto supremo N° 003-2017-MINAM, aprueba estándares de calidad para aire.

Tabla 4**ECA para aire DS N°03-2017-MINAM**

| Parámetros | Período | Valor [µg/m³] | Criterios de evaluación | Método de análisis ^[1] |
|---|----------|---------------|--|--|
| Benceno (C ₆ H ₆) | Añual | 2 | Media aritmética anual | Cromatografía de gases |
| Dióxido de Azufre (SO ₂) | 24 horas | 250 | NE más de 7 veces al año | Fluorescencia ultravioleta (Método automático) |
| Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) | 1 hora | 200 | NE más de 24 veces al año | Quimioluminiscencia (Método automático) |
| | Añual | 100 | Media aritmética anual | |
| Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5}) | 24 horas | 50 | NE más de 7 veces al año | Separación inercial/filtración (Gravimetría) |
| | Añual | 25 | Media aritmética anual | |
| Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀) | 24 horas | 100 | NE más de 7 veces al año | Separación inercial/filtración (Gravimetría) |
| | Añual | 50 | Media aritmética anual | |
| Mercurio Gaseoso Total (Hg) ^[2] | 24 horas | 2 | No exceder | Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos) |
| Monóxido de Carbono (CO) | 1 hora | 30000 | NE más de 1 vez al año | Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático) |
| | 8 horas | 10000 | Media aritmética móvil | |
| Ozono (O ₃) | 8 horas | 100 | Máxima media diaria NE más de 24 veces al año | Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático) |
| Plomo (Pb) en PM ₁₀ | Mensual | 1,5 | NE más de 4 veces al año | Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica) |
| | Añual | 0,5 | Media aritmética de los valores mensuales | |
| Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S) | 24 horas | 150 | Media aritmética | Fluorescencia ultravioleta (Método automático) |

NE: No Exceder.

^[1] o método equivalente aprobado.

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

Fuente: DS N°03-2017-MINAM

2.2.10. Fuentes de contaminación atmosférica

Los elementos de contaminación del aire generalmente medidos en la atmósfera de las urbes provenientes de fuentes móviles y fuentes de combustión estacionarias (usos industriales, residenciales, aire acondicionado y procesos de tratamiento de residuos). Hay una diferencia entre elementos de contaminación mayores y menores. El

primero son los contaminantes directos de la fuente emisora. Los contaminantes secundarios se generan debido a la transformación química y física y la reacción de los contaminantes primarios en la atmósfera, que primero distinguen la contaminación fotoquímica y la acidificación del medio.

El aerosol atmosférico es considerado una combinación heterogénea de fragmentos en estado sólido y/o líquido (con excepción del agua pura) presentes en el ambiente. Hay varias categorías de aerosoles no mutuamente excluyentes. Por lo tanto, los fragmentos atmosféricos pueden ser:

Naturales: Aquellas que se emiten sin que un individuo humano esté dentro del proceso.

Antropogénicas: Actividades resultantes que se emiten por los procesos antropológicos existentes.

Primarias: Aquellas que se producen de manera directa a la atmósfera de la fuente.

Secundarias: Aquellas creadas en la atmósfera a través de la interacción química de los gases que inician el proceso.

2.2.11. Impactos de la contaminación atmosférica en la salud y el medio ambiente

Los análisis epidemiológicos han demostrado que la concentración de las mejores partículas en la ciudad se correlaciona positivamente con la mortalidad. Entre las enfermedades que han demostrado ser

afectadas por la contaminación, especialmente diversas enfermedades cardiovasculares, la exacerbación de los ataques de asma, el cáncer de pulmón y otras enfermedades pulmonares. (García, 2002; Bell et al., 2004).

2.2.12. Índices de calidad de aire

El Índice de Calidad del Aire (INCA) tiene una valoración comprendido entre 0 y 100.

Tabla 5

Niveles de cuidado del INCA

| CALIFICACIÓN | VALORES DEL INCA |
|-------------------|----------------------------------|
| Buena | 0 - 50 |
| Moderada | 51 - 100 |
| Mala | 101-valor umbral de contaminante |
| Umbral de cuidado | > valor umbral de contaminante |

Fuente: RM-Nº-112-2015-MINAM

El valor INCA se calcula con base en el estándar de calidad ambiental como referencia. La fórmula de cálculo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6

Niveles - INCA para Material Particulado (PM_{10})

| Intervalo del INCA | Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ecuación Simplificada |
|--------------------|---|--------------------------|
| 0 - 50 | 0 - 75 | |
| 51 - 100 | 76 - 150 | $I[PM_{10}] =$ |
| 101 - 167 | 151 - 250 | $C[PM_{10}] * 100 / 150$ |
| >167 | > 250 | |

Fuente: RM-Nº-112-2015-MINAM

Tabla 7

Niveles de INCA para Material Particulado (PM_{2,5})

| Intervalo del INCA | Intervalo de concentraciones (ug/m ³) | Ecuación Simplificada |
|--------------------|---|--|
| 0 – 50 | 0 - 12,5 | $I[PM_{2,5}] = C[PM_{2,5}] * 100 / 25$ |
| 51 – 100 | 12,6 - 25 | |
| 101 – 500 | 25,1 - 125 | |
| >500 | >125 | |

Fuente: RM-Nº-112-2015-MINAM

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Aerosol: Referida a fragmentos en suspensión en estado sólido, líquidas o de los dos en un ambiente gaseoso. DIGESA (2005)

Calibración: El valor de medidas registradas en una herramienta al hacer una comparación con un estándar que no tiene dependencia. DIGESA (2005)

Contaminación ambiental: Presencia en el medio de cualquier agente ya sea físico, químico o biológico en el medio ambiente, cuya ubicación, forma y concentración exceden el límite máximo permitido (LMP), que se llama o se puede decir que es dañino para la población. Cotrina, 2008).

Contaminación atmosférica: Se entiende que la contaminación del aire se refiere a sustancias presentes en la atmósfera que es un riesgo para la salud humana y otra salud biológica (Molina, 2001).

Dispersión de los Contaminantes: Proceso de propagación de contaminantes desde la fuente a áreas remotas.

Estaciones de Muestreo: Emplazamiento físico realizado con el fin de la ubicación e instalación de equipos de muestreo y sistemas de instrumentos periódicos y / o no periódicos o para la observación seguida de la calidad. (Korc, 2000).

Estándar de Calidad del Aire: Referido a permitir determinada concentración de un componente, en un determinado tiempo, que tiene potencial de ser nocivo.

Fuentes Fijas: Fuente establecida en algún lugar y sus emisiones siempre ocurre en el mismo lugar.

Fuentes Móviles: Estas que alternan su localización según al tiempo y las áreas afectadas por las emisiones se consideran lineales o superficiales.

Inventario de Emisiones: Conjunto de datos que se pueden utilizar para determinar la asignación de emisiones en una zona predeterminada, así como la localización de las fuentes de emisión principales y sus emisiones.

El Material Particulado (MP): Referido al conjunto de productos complejos que tienen la capacidad de interactuar con otros elementos químicos y/o biológicos, por ejemplo, los COV, HC, HAP, etc,

Método Gravimétrico: Método en el que la sustancia está determinada por la diferencia de peso. Con este se puede determinar el contenido de PM₁₀ y PM_{2,5}.

Monitoreo: Incluye una metodología dirigida al muestreo continuo, análisis y procesamiento del Centro de Investigación y Desarrollo de Fluidos Térmicos CEDIT, que se encuentra en el fluido térmico de contaminantes o sustancias presentes en el aire en la zona determinada y dentro de un tiempo dado.

Partícula: una pequeña cantidad de sustancias discretas sólidas o líquidas.

Polvo: Los fragmentos sólidos pequeños con un diámetro de menos de 75 µm se depositan bajo su propio peso, pero pueden suspenderse por un período de tiempo.

Protocolo: Un conjunto ordenado de reglas o procesos seguidos para realizar una función determinada.

Red de Monitoreo: Está comprendida por el equipo de estaciones para lograr el monitoreo interconectado en un espacio determinado.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Descriptivo porque la situación o evento se describe aquí. También intenta especificar los atributos y características de la unidad de análisis. Además, este es un estudio no experimental porque las variables independientes no se cambian intencionalmente (Hernández, Fernández, Baptista, 2002, 2007).

Es descriptivo porque al usar métodos analíticos de este tipo, es posible caracterizar el objeto de investigación o circunstancias específicas e indicar las características y la naturaleza del objeto de investigación" (Murillo, 2007) y realizar una investigación prospectiva basada en el tiempo.

Es descriptivo porque enumera las características de ciertos conceptos sin determinar la interrelación y el rango entre ellos (Azuela, Labastida y Padilla, 1980). Es un diseño prospectivo que indica investigación dirigida a la predicción a largo plazo en el campo de la ciencia humana (Terrones, 1998).

Según el estudio de Hernández, Fernández y Baptista (2000), esta forma del estudio en cuestión es transversal y descriptivo, porque el diseño transversal descriptivo tiene como finalidad investigar el resultado y los resultados donde se observa una o más variables. El diseño fue oblicuo porque propone la correlación

entre varias variables de investigación en los que la información se recopilan en momentos específicos. (Buendía, Collas & Hernández, 1999)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población de estudio

- Parque automotor del distrito de Tacna.

3.2.2 Tipo o tamaño de muestra

- 5 puntos de la red de monitoreo en zonas comerciales, recreativas y de tratamiento especial.

3.2.3 Selección de la muestra

- Se escogieron las cuestiones que sobrepasaron los límites de la calidad del aire para el uso de la estación móvil con el propósito de identificar el material particulado concentrado.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Matriz de operación de variables

| VARIABLES | DIMENSIÓN | INDICADOR | CATEGORIZACIÓN (ECA) Aire | ESCALA DE MEDICIÓN |
|----------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------|
| PM ₁₀ | Contaminantes atmosféricos | µg/m ³ | 24 horas: 100 µg/m ³ | Razón |
| PM _{2.5} | | | Anual: 50 µg/m ³ | |
| Temperatura | Condiciones meteorológicas | °C (Grados Celsius) | 24 horas: 50 µg/m ³ | Razón |
| Humedad Relativa | | % (Porcentaje) | Anual: 25 µg/m ³ | |
| Velocidad del viento | | m/s (Metros por segundo) | Ninguna | |

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Acciones para la toma de muestra

Se identificaron cinco puntos de muestreo:

- Almacenamiento de 120 días de información de cada punto de monitoreo cada 30 días calendario.
- La referencia geográfica del punto de monitoreo.
- Obtener la concentración de las muestras en las zonas monitoreadas
- Evaluación de los 5 puntos que sobrepasaron la calidad del aire por 3 días

3.4.2 Muestreo PM_{2.5} y PM₁₀

Se usó el método gravimétrico en el que la fracción de fragmentos requerida se separa a un cierto caudal y luego se recoge en un filtro que ha sido estabilizado previamente por la humedad.

Después de un período de exposición, el tiempo de exposición de la muestra puede ser de varias horas, días, meses o un año. Utilice el equipo o laboratorio que se utilizará para verificar la muestra y luego realizar un análisis cuantitativo.

3.4.3. Parámetros de monitoreo

Estas son PM_{2.5} y PM₁₀, porque es un factor clave que afecta el bienestar humano. Además, también se consideran los siguientes parámetros de carácter ambiental y meteorológico:

- Temperatura, indicación de registros obtenidos por equipos automáticos y obtenidos de estaciones meteorológicas automáticas
- Humedad relativa
- Dirección y velocidad del viento

El cual se registró por el equipo THERMO SCIENTIFIC - TEOM 1405.

3.4.4. Procedimiento de muestreo

- Se ubicó los puntos de muestreo
- Se obtuvo energía eléctrica
- Se trasladó el equipo al punto de muestreo
- Se posicionó el equipo

- Los criterios de funcionabilidad del equipo de muestra: flujo de aire (en equipos automáticos, la lectura es directamente: 0.275 m³ / min, seleccione 24 h en el controlador de tiempo.
- Se procedió a encender el equipo de muestreo y se revisó su funcionamiento normal.
- Se tomaron en cuenta algunos datos meteorológicos tales como humedad relativa, presión atmosférica y temperatura.
- Se anotó la información de inicio: lectura inicial del flujo (directa o de la altura de presión, del equipo automático), fecha y hora inicial de funcionamiento.
- Se tomó lectura y se hizo el registro de la última información, y después de 24 horas la funcionabilidad del equipo.
- Se apagó y luego de 24 horas de funcionamiento del equipo.
- Se retiró el equipo de muestreo
- Se procedió a calcular los parámetros de las partículas PM_{2.5} y PM₁₀.

3.4.5. Técnica de análisis de muestras

Cantidad de partículas en suspensión PM_{2.5} y PM₁₀, se obtiene a partir de la información obtenida por equipos automáticos en muestreo de aire, el volumen del PM suspendido y las condiciones con los parámetros del funcionamiento del equipo.

Temperatura, Este parámetro fue obtenido de una forma por medición no indirecta de la estación meteorológica de la Región Tacna.

Dirección y velocidad del viento, Este parámetro se obtiene mediante mediciones no indirectas en la estación meteorológica.

Humedad relativa, Los datos se obtuvieron a través de mediciones directas en la estación meteorológica.

Se coordinaron y verificaron con anticipación las características en las que se accede a las 5 ubicaciones con el fin de contar con instalaciones en cuanto a operación, mantenimiento de equipos y fuentes de energía; además, se tuvo en cuenta la seguridad permanente del equipo.

Tabla 8

Ubicación de los Puntos de Monitoreo en el distrito Tacna

| Nº | ESTACION DE MONITOREO | DISTRITO | ESTE | NORTE | FECHA DE MONITOREO |
|----|--|----------|--------|---------|---------------------|
| 1 | TERCERA BRIGADA DE CABALLERIA TACNA | Tacna | 367364 | 8007455 | 22 al 31 de Marzo |
| 2 | AV. BOLOGNESI | Tacna | 368043 | 8008052 | 12 al 14 de Mayo |
| 3 | ESCUELA POSGRADO UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN | Tacna | 368814 | 8008580 | 05 al 11 de Junio |
| 4 | ZOFRA TACNA | Tacna | 363184 | 8000198 | 05 al 06 de Agosto |
| 5 | GRAN HOTEL TACNA | Tacna | 367779 | 8007797 | 03 al 06 de Octubre |

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

La metodología para monitorear fue la del "Protocolo de Monitoreo y Manejo de Datos de la Calidad del Aire" establecido por DIGESA (2005).

La estación de monitoreo de aire tomo un registro del comportamiento de las concentraciones contaminantes PM₁₀, PM_{2,5}, CO, NO_x, (NO y NO₂), SO₂, O₃.

3.4.6 Materiales y/o instrumentos

Instrumentos:

- Cámara digital
- Global Posición System (GPS) marca Garmin Etrex

Equipos:

- Estación móvil para material particulado.

Tabla 9

Equipos utilizados para calidad de aire

| PARÁMETRO | EQUIPO | RANGO | MÉTODO DE ANÁLISIS |
|---|---|--------------------------------|--|
| Material Particulado (PM ₁₀) Material Particulado (PM _{2,5}) | MONITOR TEOM 1405 DF (Tapered Element Oscillating Microbalance) | 0 – 100 0000 ug/m ³ | Método de Microbalanza Oscilatoria (Método automático) |

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015

Tabla 10

Equipos meteorológicos utilizados

| PARAMETRO | SENSOR/EQUIPO | RANGO / PRECISION |
|--------------------------------|--|---|
| Velocidad y Dirección del aire | Sensor de Velocidad y Dirección del Aire - WINDSONIC I | Dirección del aire : 0 - 360 ° +/- 3% Velocidad del aire : 0 - 60 m/s +/- 2% |
| Temperatura del Aire | Sensor de Temperatura del Aire – PR20/HC2S3 | -40 a +60 °C +/- 0,1 °C (23°C) |
| Humedad Relativa del Aire | Sensor de Humedad Relativa – HC2S3 | 0 – 100% +/- 0,8% C (23°C) |

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de tablas y gráficos será en Excel. Para ello, se utilizan estadísticas descriptivas. De esta forma, utilizar las herramientas ArcView GIS versión 10.3 para dar resultados en el mapa para mejorar la captación de diferentes fuentes de información georreferenciadas.

En conclusión, los meses donde hay mayor humedad o caída de lluvia se verificó menor presencia de PM. Así también se realizó la observación de variable para saber si existe o n-o, diferencia connotativa en los mismos datos obtenidos.

CAPÍTULO IV

MARCO FILOSÓFICO

4.1. LA EPISTEMOLOGÍA COMO CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

La epistemología es una rama filosófica, y su propósito en la investigación es el conocimiento científico. Como teoría del conocimiento, involucra los problemas históricos, psicológicos y sociológicos que condujeron a la adquisición del conocimiento, así como los criterios que lo justificaron o invalidaron. Episteme es un conocimiento reflexivo rigurosamente formulado (Wikipedia, 2018)

Los científicos han establecido la ciencia en la naturaleza, la sociedad y la humanidad, y han llevado a cabo actividades de investigación que generan conocimiento. Progreso científico. Desde la antigüedad, el conocimiento humano ha sido considerado como el objeto de la investigación filosófica, es decir, la filosofía a veces incluso se ocupa ampliamente del conocimiento humano, creando así un verdadero "conocimiento" o epistemología.

4.2. FACTORES DEL DESARROLLO EPISTEMOLÓGICO

El desarrollo de la epistemología científica depende principalmente de dos factores:

- 1) Posición filosófica del investigador: idealismo o materialismo,
- 2) Métodos de investigación cuantitativos o cualitativos. Desde la antigüedad, han aparecido estas dos posturas filosóficas, y aún existen en el siglo XX (Jiménez, 1995).

4.2.1. Cualitativo

- Basado en paradigmas de investigación explicativos o explicativos.
- Quiere comprender el comportamiento humano desde el marco referencial del intérprete.
- Rigurosidad.
- Valor explícito parcial.
- Basado en la realidad, abocado al descubrimiento, exploratorio, expansionista, descriptivo e inductivo.

4.2.2 Cuantitativo

- Con base de modelo positivista.
- Explora los hechos u orígenes de los acontecimientos sociales.
- Medición aguda y controlada.
- Objetivo. Descarta los valores.

4.3. LA CONCEPCIÓN INVESTIGATIVA

La idea del trabajo realizado es apoyar las múltiples relaciones causales entre los fenómenos económicos y los hechos. De la misma manera en el enfoque ontológico, en el hecho que el ser humano - personificado como parte de la población expuesta al contaminante - en lo que a él respecta, es una entidad compleja y contradictoria, especialmente como una existencia multidimensional relacionada con otros seres humanos, materiales, espirituales, emocionales, intelectuales, culturales e históricos. , Libre, trascendental y construyendo desde la perspectiva de la teleología y ansioso por cambiar su

vida, renovar, entrenar y perfeccionar su propio mundo, es una persona creativa y optimista, que tiende a cambiar el uso de oportunidades basadas en la motivación. , Formando una vida con dignidad y humanidad (Mori, 2018).

Es una persona emocional, sufre y lo disfruta. Hay limitaciones, pero está dispuesto a superarlas. Es la capacidad de ser mejor todos los días con el favor de otros porque quiere que las personas vivan mejor. Durante el período de llegar a un consenso y establecer alianzas estratégicas, los esquemas de asignación están interconectados e influyen entre sí, pero tienen que pagar el precio de la acción colectiva y la reciprocidad. Basado en la visión del mundo y el método de realidad general, el espíritu sensible está conectado con los esfuerzos de la práctica científica. En otras palabras, los seres humanos son biológicos, y existen sociales y culturales. (Mori, 2008).

Finalmente, el impacto de las condiciones climáticas en la contaminación se utilizará como una aportación a la propuesta de una planificación de la gestión de contaminantes del aire, que es de naturaleza ambiental; se mantiene mediante dos formas de comprender y descubrir la contaminación. La verdad es razonamiento (racionalismo) y experiencia sensorial (empirismo); ambos métodos tienen la creencia de que el conocimiento y la verdad son teóricos, los hechos se descubren a través de la razón o el sentido, y nosotros usamos la existencia de la verdad No tiene nada que ver con el mecanismo de percepción (Huañap, 2012)

4.4. EL PENSAMIENTO EPISTEMOLÓGICO EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Como lo menciona Mori (2008), el pensamiento de Kant nos hace sintetizar las dos formas de conocimiento mencionadas: cree que el concepto de ignorancia está vacío y que el concepto de ignorancia es ciego. Por lo tanto, sugirió que los perceptores decidan las condiciones del conocimiento y la verdad.

En el cuerpo, para realizar una investigación cuantitativa, hay un mundo real por causas de la naturaleza. Para la investigación cualitativa, lo real es diverso y subjetivo, hecha por individuos. Epistemológicamente, en la investigación cuantitativa, el que investiga es independiente del encuestado. Los resultados de la encuesta no se ven afectados por el investigador; en la investigación cualitativa, el investigador interactúa con el encuestado.

En términos de valor, en la investigación cuantitativa, se controlan los valores y la equidad, y prevalece la búsqueda de la objetividad; por otro lado, en la investigación cualitativa, la subjetividad y los valores son inevitables, y son preferibles.

La trascendencia de la investigación cuantitativa es que los científicos del ámbito social dedicados al trabajo estadístico aprenden de los fenómenos (áreas "visibles y específicas"), por el contrario, a través de la investigación cualitativa, los científicos sociales han estudiado profundamente el significado de las acciones y relaciones humanas, el mundo, etc. Las ecuaciones, las medias y las estadísticas son aspectos imperceptibles e incomprensibles. La actitud científica del autor de la tesis es seria y efectiva, sujeta al marco filosófico de derecho del autor.

Con respecto al marco filosófico, las variables, las unidades de análisis y los estándares metodológicos utilizados por la tesis, las leyes, las disciplinas y los pensamientos filosóficos del derecho los obedecen coherentemente.

En primer lugar, es bien sabido que depende de la filosofía jurídica del positivismo o el naturalismo; o el monismo (teoría empírica, teoría normativa o ética jurídica) o el pluralismo (bidimensional, tridimensional, etc.). Se identificará y analizará los datos necesarios y utilizando estándares metodológicos que considere relevantes. Ningún científico puede participar en el trabajo científico sin considerar su pensamiento filosófico, de lo contrario no puede separar su pensamiento filosófico del pensamiento científico.

La evidencia trascendental de la filosofía en la ciencia es que una de las preguntas más importantes sobre la naturaleza y certeza de la unidad de análisis radica en el concepto filosófico de la realidad por parte de los investigadores, porque, por ejemplo, esto no es lo mismo. En lo que respecta a la unidad de análisis, los kelsenistas tienen una visión más del "derecho a la vida" que los ternistas, porque la gente piensa que la realidad legal es la norma, y los ternistas creen que también tiene contenido factual y axiológico.

Es necesario enfatizar que la situación real de los investigadores científicos no es la misma según los investigadores científicos. Para los unidimensionales, tiene su ideología sociológica (de Descartes; consideran la ley como un hecho o comportamiento), la normología (de Kelsen que considera la ley como la norma)

y la teoría del valor (de Netterbradt; su El enfoque en el derecho es un conjunto de valores); o bidimensionalistas con normas sociales, teoría del valor social y variantes de la teoría del valor normal; o diferentes niveles de tridimensionales que consideran el derecho como una realidad tridimensional sistemática que integra teorías anteriores.

En segundo lugar, con respecto a la identificación y realización de variables, la tendencia filosófica del pensamiento sobre el origen de los derechos subjetivos también es trascendental, porque los positivistas creen que los derechos humanos son variables humanas, porque para los humanos, los derechos humanos son variables humanas. Puede o no tener estos derechos, dependiendo de las leyes y reglamentos; por otro lado, para la ley natural, los derechos humanos son los mismos para todos, es decir, independientemente de si las leyes y reglamentos prevén los derechos humanos, cada Todos tenemos derechos humanos.

Tercero, al determinar la metodología en la que se basa el investigador, su flujo filosófico es igualmente relevante, porque una persona que considera la ley como un hecho social no puede negarse a realizar una investigación legal social porque este puede ser un método. La investigación experimenta adecuadamente; pero quien analice la ley como norma estará más inclinado a los métodos hermenéuticos. O la ley como analista de valores, dependiendo de la situación como método teleológico; si el problema es bidimensional o

tridimensional, el problema se complica, en estos casos, el uso de métodos de investigación para lograr la verdad científica es efectivo.

Como conclusión, debe aceptarse que la discusión filosófica no es exhaustiva, porque el estándar filosófico del derecho es un hecho cultural e histórico, o que los valores pueden promover el comportamiento humano, o que los humanos son la fuente de valores, o que las normas legales se basan en valores y otros. Los conceptos fueron creados; simplemente forzaron al investigador a adoptar una postura filosófica para apoyar su investigación y resultados en cualquier momento.

Los humanos son las especies de más rápido crecimiento en el reino animal, no porque se clasifique como una sociedad, sino porque crea su propia cultura, que cambia de acuerdo con los descubrimientos e inventos que producen conocimiento sobre sí misma y la naturaleza, por lo que esto es el propio papel humano y el actor social es el único que puede verificar el progreso de las especies a través de la investigación, porque él mismo ha creado excelentes actividades de creación de conocimiento.

4.5. FUNDAMENTO FILOSÓFICO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Teniendo en cuenta la gnoseología, el discernimiento filosófico en el que está basado y relacionado con el criterio, la lógica y un método que intenta explicar la experiencia humana global de la realidad. Por lo tanto, la

contaminación del aire está relacionada con el conocimiento y es un tipo de conocimiento. Un problema que afecta a toda la humanidad, porque el conocimiento de cómo ejecutar está vacío o muy poco (López, 2014). Los problemas ambientales causados por partículas de PM como el PM_{2,5} y PM₁₀, son preocupantes, se necesita tomar medidas radicales que logren salidas básicas.

Deben tomarse medidas para reducir tales contaminantes de la fuente o fuente. Para este fin, primero debe determinarse el grado de impacto de las condiciones climáticas en la contaminación del aire. Es por eso que deben entenderse los siguientes marcos principales. Por lo tanto, la causa raíz del problema es resolver el problema La participación de personas, comunidades y autoridades es necesaria para tomar las medidas adecuadas, no solo para el desarrollo real, sino también para reconsiderar opiniones o nociones sobre el tema.

El pensamiento del todo conocimiento envuelve la crítica, lleva a las personas a buscar soluciones, a darse cuenta de que esto desarrollará o hará mejor el conocimiento. Si los seres humanos desprecian los problemas que no enfrentaremos, entonces el propósito intrínseco del proyecto es utilizar la comprensión como parte de resolución de la problemática. (López, 2014).

Dentro del marco del desarrollo sostenible, posteriormente se elaborará una estrategia integral de gestión de contaminantes atmosféricos, cuyo objetivo

es minimizar la descarga de contaminantes, reduciendo o reduciendo así las consecuencias adversas de los contaminantes en el medio ambiente y el medio ambiente. El estado de bienestar de la población y la elaboración de los métodos de gestión relacionados (López, 2014).

Para reducir las emisiones, este método requiere cambios fundamentales en el proceso de emisiones, los hábitos de consumo de combustible y los métodos de gestión de contaminantes (López, 2014).

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE PM₁₀ Y PM_{2,5}

5.1.1. 3ra. brigada de caballería

Tabla 11

Monitoreo en la 3ra Brigada de caballería

| Parámetros | 22/03/2015 | 23/03/2015 | 24/03/2015 | 25/03/2015 | 26/03/2015 | 27/03/2015 | 28/03/2015 | 29/03/2015 | 30/03/2015 | 31/03/2015 | ECA Aire ug/m ³ |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------|
| PM ₁₀ (µg/m ³) | 35,0 | 37,0 | 34,3 | 30,8 | 29,5 | 34,6 | 32,6 | 30,6 | 29,2 | 35,9 | 100 ⁽¹⁾ |
| PM _{2,5} (µg/m ³) | 22,0 | 19,4 | 17,7 | 16,0 | 14,9 | 15,1 | 12,9 | 12,6 | 11,3 | 13,6 | 50 ⁽¹⁾ |

(1) D.S. N° 03-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Las concentraciones de los contaminantes se expresan en ug/m³ a 25 °C y 1 atm. En la tabla 11, se enseñan las concentraciones como promedio de 24 horas, registradas en el local de la tercera brigada de caballería según su punto de ubicación (Anexo 19).

Tabla 12*Condiciones meteorológicas en la 3ra. Brigada de Caballería*

| Fecha de registro | Temperatura (°C) | | | Humedad Relativa (%) | | | Velocidad del viento (m/s) | | | Dirección del viento |
|-------------------|------------------|------|------|----------------------|------|------|----------------------------|-----|-----|----------------------|
| | Prom | Máy | Mín | Prom | Máy | Mín | Prom | Máy | Mín | |
| 22/03/2015 | 22,9 | 27,7 | 20,0 | 71,1 | 84,8 | 54,4 | 1,3 | 2,4 | 0,5 | S |
| 23/03/2015 | 23,5 | 28,2 | 20,3 | 70,8 | 83,3 | 53,9 | 1,1 | 2,1 | 0,5 | S |
| 24/03/2015 | 24,0 | 29,7 | 20,6 | 68,0 | 80,9 | 48,7 | 1,3 | 2,5 | 0,5 | SSO |
| 25/03/2015 | 23,5 | 29,1 | 21,3 | 75,0 | 89,9 | 50,6 | 1,1 | 2,3 | 0,4 | SSE |
| 26/03/2015 | 23,2 | 28,7 | 20,8 | 80,3 | 93,0 | 57,7 | 1,3 | 2,5 | 0,7 | S |
| 27/03/2015 | 23,1 | 28,5 | 19,2 | 72,5 | 88,2 | 54,8 | 1,2 | 2,3 | 0,5 | S |
| 28/03/2015 | 21,8 | 26,8 | 18,6 | 70,1 | 81,5 | 54,1 | 1,3 | 2,2 | 0,5 | S |
| 29/03/2015 | 21,3 | 27,6 | 17,2 | 67,3 | 81,7 | 47,9 | 1,2 | 2,2 | 0,4 | SSO |
| 30/03/2015 | 21,6 | 28,1 | 19,2 | 69,6 | 80,3 | 46,5 | 1,3 | 2,6 | 0,7 | SSO |
| 31/03/2015 | 21,4 | 26,9 | 17,4 | 67,5 | 81,3 | 49,3 | 1,1 | 2,3 | 0,3 | SSE |

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

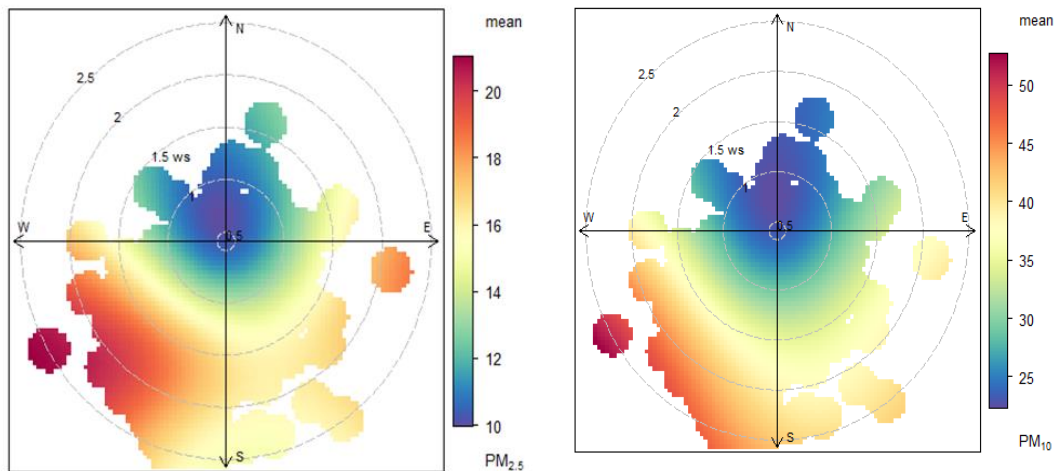


Figura 9. Gráfico polar de la concentración de $PM_{2,5}$ y PM_{10} en la 3ra. Brigada de Caballería

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Los valores más altos de las concentraciones (promedio horario) para estos contaminantes $PM_{2,5}$ y PM_{10} se dan con los vientos procedentes primariamente de la dirección suroeste con velocidades que superan a 1,5 m/s. Los valores más altos se dan durante las horas del día y son provenientes de la dirección sur, suroeste (Ver anexo 1). Durante el día las mayores concentraciones se dan cuando la dirección predominante del viento es del sur y su velocidad es superior a 2,0 m/s. Durante la noche se puede apreciar que los valores locales de este parámetro están por debajo de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ver anexo 2).

En el comportamiento diario del parámetro $PM_{2,5}$ se puede apreciar que el día con mayores concentraciones de este contaminante es el día domingo debido probablemente a la presencia de centro comercial plaza Veá y la influencia del tránsito vehicular procedente de la av. Grau y la av. Cuzco que es la principal vía de salida del distrito Gregorio Albarracín (Ver anexo 3). En el

transcurso de la semana, los valores superiores de PM₁₀ provienen de la dirección sur suroeste que posiblemente sea el parque automovilístico que circula principalmente por la av. Cuzco (Ver anexo 4).

5.1.2 Avenida Bolognesi

Tabla 13

Monitoreo de calidad de aire en la Av. Bolognesi

| Parámetros | 12/05/2015 | 13/05/2015 | 14/05/2015 | ECA para Aire ug/m³ |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|---|
| PM₁₀ (µg/m³) | 60,3 | 61,1 | 51,8 | 100⁽¹⁾ |
| PM_{2,5} (µg/m³) | 29,4 | 28,3 | 23,2 | 50⁽¹⁾ |

(1) D.S. N° 003-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Se es posible ver en el Tabla 13 las acumulaciones de partículas PM_{2,5}, registradas en la Av. Bolognesi, durante los 3 días de muestreo oscilan entre 23,2 a 29,4 ug/m³. El día martes 12 de mayo se presentó el mayor promedio diario en PM_{2,5} de 29,4 ug/m³, se debe tener en cuenta que el día 14 de mayo, cerca al mediodía se realizó una manifestación, por lo cual es probable se haya presentado la disminución de los promedios diarios de los contaminantes.

Con respecto a los demás parámetros monitoreados y presentados en el cuadro anterior cubrieron con las exigencias establecidas por los ECA para aire (Ver anexo 16). El PM₁₀ con máximo valor se presentó el día miércoles 13 de mayo con 61,1 ug/m³ no superando el ECA para aire.

Existen 2 picos de concentración en el comportamiento horario de ambos parámetros, el incremento de las concentraciones se inicia a partir de las 5 h hasta las 12 h aproximadamente y por la tarde desde las 16 h hasta las 21 h (Ver anexo 5)

Las concentraciones y esparcimiento de los contaminantes tienen mucha dependencia en las condiciones meteorológicas de cada área en estudio, es por ello que junto con la estación de monitoreo se instaló una estación meteorológica para que registre las condiciones ambientales. Considerando que la zona se encuentra entre los 510 a los 618 msnm.

Tabla 14

Condiciones Meteorológicas en la Av. Bolognesi

| Fecha de registro | Temperatura (°C) | | | Humedad Relativa (%) | | | Velocidad del viento (m/s) | | | Dirección del viento |
|-------------------|------------------|------|------|----------------------|------|------|----------------------------|-----|-----|----------------------|
| | Prom | Máx | Mín | Prom | Máx | Mín | Prom | Máx | Mín | |
| 12/05/2015 | 17,7 | 22,8 | 15,7 | 82,2 | 95,2 | 60,1 | 0,7 | 1,2 | 0,4 | SO |
| 13/05/2015 | 18,1 | 22,5 | 16,4 | 77,1 | 86,9 | 58,0 | 0,7 | 1,2 | 0,4 | SSO |
| 14/05/2015 | 17,9 | 22,9 | 16,2 | 78,5 | 88,8 | 57,7 | 0,7 | 1,2 | 0,4 | SO |

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

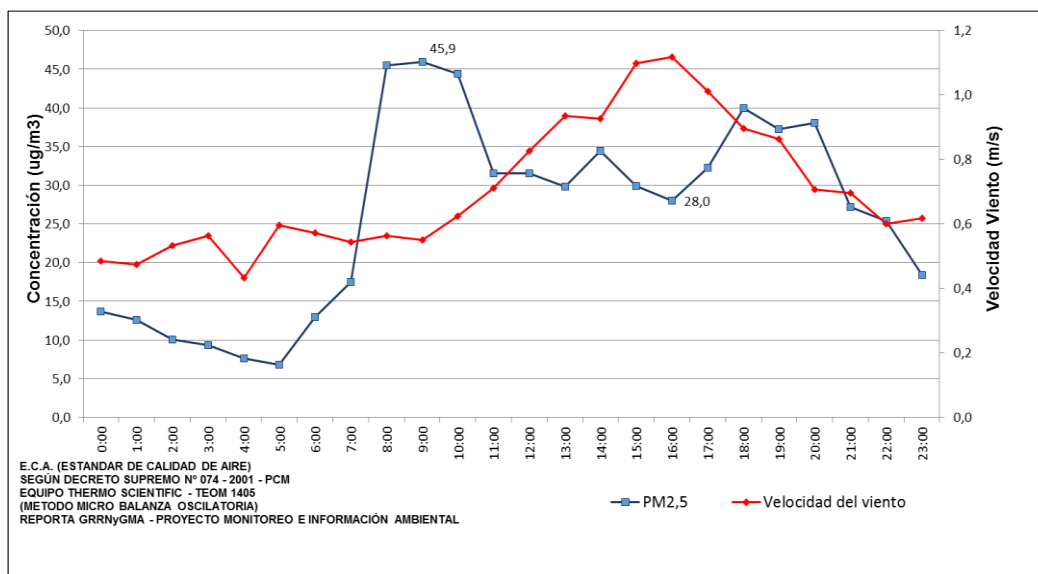


Figura 10: Variación media horaria del PM_{2,5} vs velocidad del viento en la Av. Bolognesi.

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la figura 10, se aprecia que del 12 al 14 de mayo, en el punto ubicado en el Centro de la ciudad específicamente en la Av. Bolognesi con calle Patricio Meléndez, se dio el incremento gradual en las primeras horas de la madrugada a partir de las 5:00 h, hasta llegar a una máxima media horaria de 45,9 µg/m³ a las 9:00 h, para luego descender, por efecto del menor tráfico vehicular y la velocidad del viento que dispersa las partículas presentando una concentración mínima de 28,0 µg/m³ a las 16:00 h.

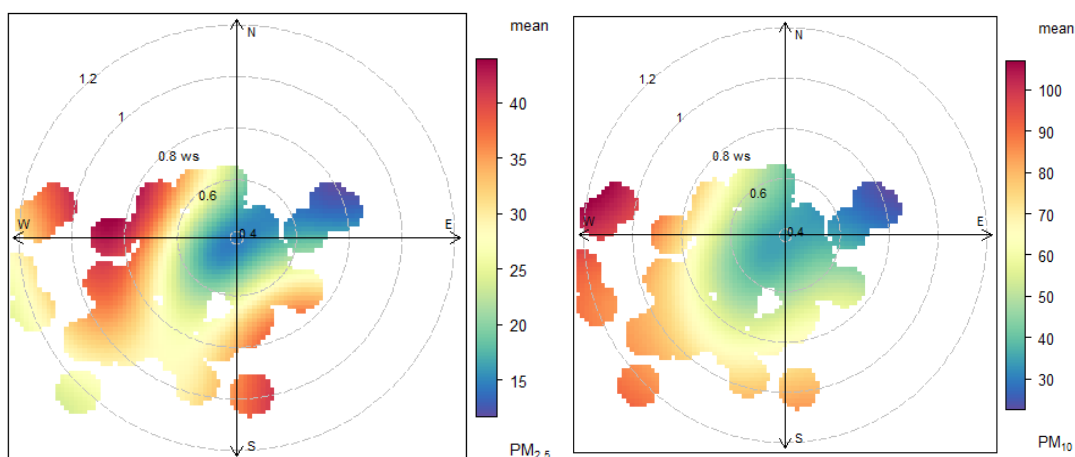


Figura 11: Gráfico polar de la concentración de PM_{2,5} y PM₁₀ en la av. Bolognesi

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la figura 11, (lado izquierdo) según el color de la escala, se puede apreciar que en este punto ubicado en la intersección de av. Bolognesi con c/ Patricio Meléndez (sobre la Alameda) tiene los altos valores de concentración de PM_{2,5}, los cuales, pueden provenir por dos fuentes. Los valores varían entre 30 y 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ están demarcados por los vientos que llegan del oeste que van en dos direcciones de oeste a suroeste y oeste a noroeste, el cual podría ser asumido como concentración de PM_{2,5} producido por posibles fuentes en esa dirección.

El comportamiento de las concentraciones para periodos diarios del contaminante PM_{2,5} se puede apreciar que el día con mayores concentraciones de este contaminante es el día martes debido principalmente a la influencia del tránsito vehicular procedente de la c/ Patricio Meléndez y los vehículos que circulan por Av. Bolognesi (Anexo 6).

5.1.3 Escuela de posgrado de la universidad Jorge Basadre Grohmann

Tabla 15

Resultados de Monitoreo de calidad de aire en Escuela de Postgrado UNJBG

| Parámetros | 05/06/2015 | 06/06/2015 | 07/06/2015 | 08/06/2015 | 09/06/2015 | 10/06/2015 | 11/06/2015 | ECA para Aire ug/m ³ |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------------------|
| PM ₁₀ (µg/m ³) | 43,2 | 41,1 | 44,3 | 56,3 | 57,6 | 51,0 | 58,5 | 100 ⁽¹⁾ |
| PM _{2,5} (µg/m ³) | 22,0 | 20,5 | 23,1 | 25,1 | 28,0 | 26,2 | 31,4 | 50 ⁽¹⁾ |

(1) D.S. N° 003-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la Tabla 15, las concentraciones de partículas PM_{2,5} en su punto de ubicación (Anexo 20), durante los 7 días de muestreo oscilan entre 20,5 a 31,4 ug/m³.

El día jueves 11 de junio se presentó el mayor promedio diario de PM_{2,5} de 31,4 ug/m³. Con respecto a los demás parámetros monitoreados y presentados en el cuadro anterior cubrieron con las exigencias establecidas por los ECA para aire. En el caso del PM₁₀ el máximo valor se presentó el día jueves 11 de junio con 58,5 ug/m³ no superando el ECA para aire.

El mayor pico de concentración en el comportamiento horario se dio el día lunes en horas de la mañana; sin embargo, el mayor promedio diario se dio el martes 09 de junio. En general el incremento de las concentraciones se inicia a partir de las 5 h (Ver anexo 7).

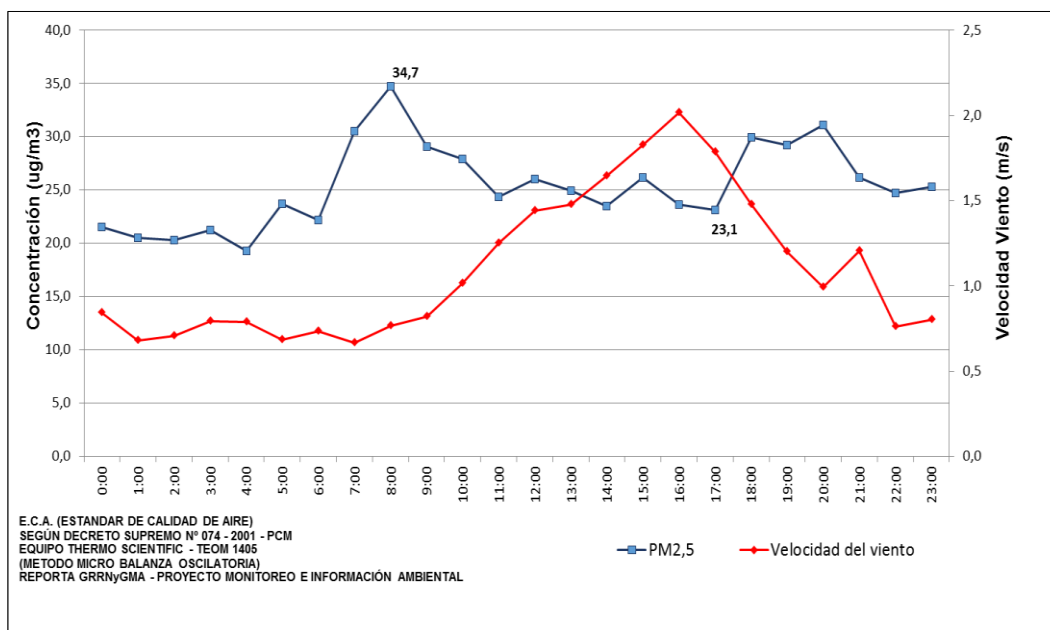


Figura 12. Variación media horaria del PM_{2,5} vs velocidad del viento en la Escuela de Posgrado de la UNJBG

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la figura 12, se aprecia que, del 05 al 11 de junio de 2015, en el punto ubicado en el Centro de Postgrado en el cercado, se da el incremento gradual en las primeras horas del día a partir de las 5:00 h, hasta llegar a una máxima media horaria de 34,7 µg/m³ a las 8:00 h, para luego descender, por efecto del menor tráfico vehicular y el crecimiento de la velocidad del viento que dispersa las partículas presentando una concentración mínima de 23,1 µg/m³ a las 17:00 h.

Tabla 16*Condiciones meteorológicas en el Centro de Posgrado de la UNJBG*

| Fecha de registro | Temperatura (°C) | | | Humedad Relativa (%) | | | Velocidad del viento (m/s) | | | Dirección del viento | Presión (mbar) |
|-------------------|------------------|------|------|----------------------|------|------|----------------------------|-----|-----|----------------------|----------------|
| | Prom | Máx | Mín | Prom | Máx | Mín | Prom | Máx | Mín | | |
| 05/06/2015 | 15,2 | 18,9 | 13,9 | 81,7 | 90,5 | 62,8 | 1,0 | 1,9 | 0,5 | SSO | 946,0 |
| 06/06/2015 | 15,3 | 20,2 | 13,3 | 76,9 | 87,0 | 54,7 | 1,1 | 2,2 | 0,6 | S | 945,7 |
| 07/06/2015 | 15,8 | 21,5 | 11,4 | 75,6 | 95,1 | 52,6 | 1,2 | 2,2 | 0,5 | S | 946,5 |
| 08/06/2015 | 16,5 | 21,9 | 12,5 | 72,2 | 87,2 | 51,4 | 1,1 | 2,1 | 0,3 | SSO | 946,5 |
| 09/06/2015 | 15,9 | 22,2 | 12,1 | 78,6 | 92,4 | 51,3 | 1,0 | 2,1 | 0,4 | SO | 945,7 |
| 10/06/2015 | 16,4 | 20,5 | 14,8 | 79,0 | 88,7 | 57,7 | 1,1 | 2,0 | 0,4 | S | 946,8 |
| 11/06/2015 | 16,3 | 21,8 | 13,6 | 81,1 | 88,7 | 55,0 | 1,2 | 2,0 | 0,5 | SO | 946,5 |

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En el periodo de muestreo del 05 al 11 de junio la temperatura presento un valor mínimo de 11,4 °C y máximo de 22,2 °C. y la humedad relativa presento un valor mínimo de 51,3 % y máximo de 95,1%. Por otro lado, la dirección predominante del viento fue de sur y suroeste.

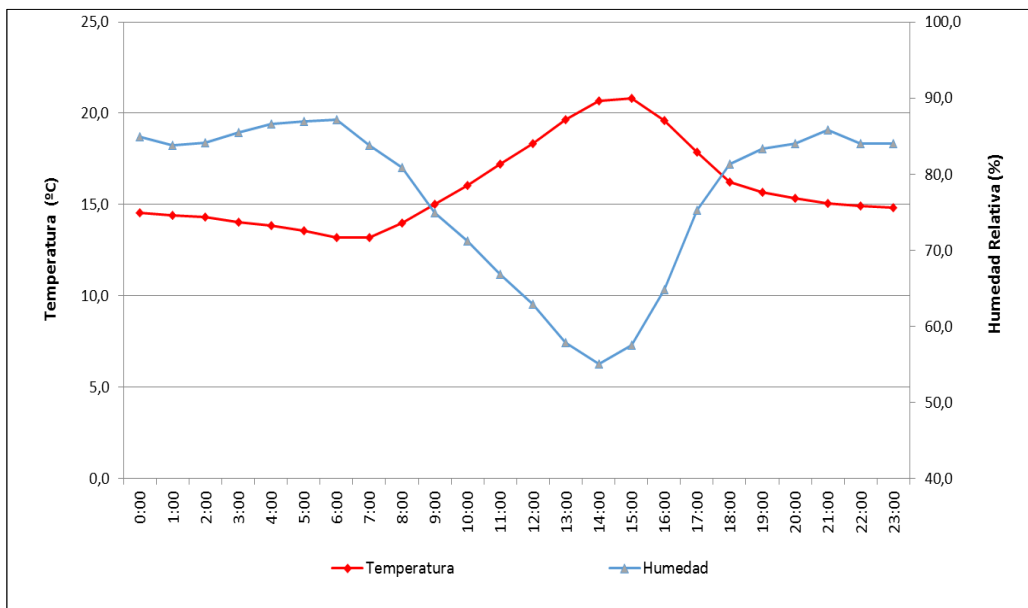


Figura 13. Comportamiento de la Temperatura vs la Humedad en la Escuela de Posgrado de la UNJBG

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la figura 13, podemos observar que, del 05 al 11 de junio de 2015, los promedios horarios de los 7 días de muestreo presentaron un comportamiento habitual con un crecimiento de temperatura en el día.

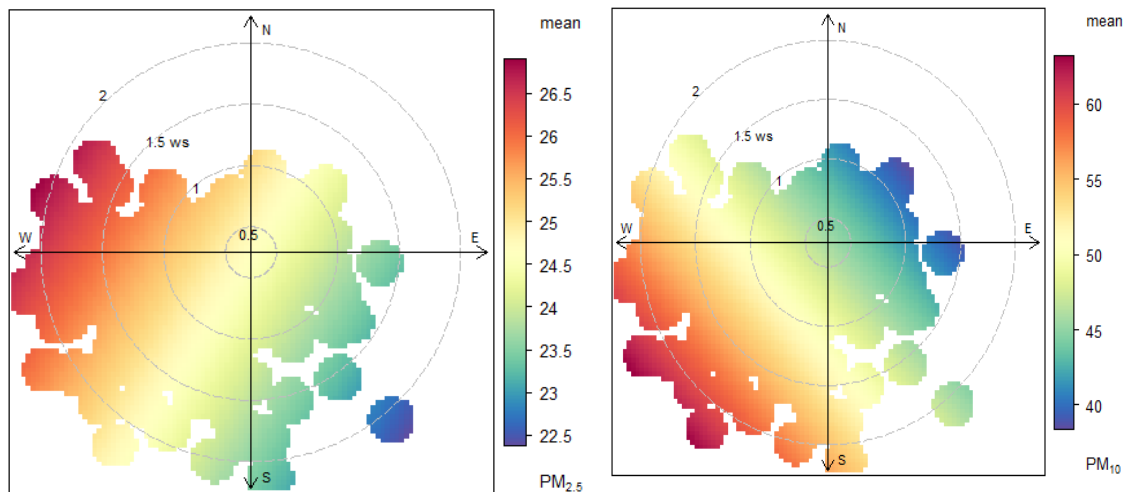


Figura 14. Gráfico polar de la concentración de $PM_{2,5}$ y PM_{10} en la Escuela de Posgrado UNJBG

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la figura 14 (lado izquierdo) se puede observar los criterios de mayor concentración de $PM_{2,5}$, según el color de la escala, con valores que fluctúan entre 25,5 y 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estos valores se presentan con vientos que provienen de las direcciones oeste-suroeste y oeste-noroeste a velocidades mayores a 1,5 m/s. A diferencia del $PM_{2,5}$ (lado derecho) para el caso del PM_{10} los mayores valores de concentración se observa con vientos predominantes provenientes de la dirección suroeste, con valores entre 55 y 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aproximadamente. Durante la semana, el comportamiento de las concentraciones del contaminante $PM_{2,5}$ para periodos diarios, se puede apreciar que el día con mayores concentraciones de este contaminante es el día jueves debido principalmente a la influencia sobre el tránsito de los vehículos procedente de la av. Pinto y los vehículos que circulan por la Av. Bolognesi (ver anexo 8). Durante el día la concentración es más dispersa y permanece casi constante próximo a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Durante la noche las concentraciones más altas se pueden apreciar que provienen del noroeste y las más bajas del sureste (Ver anexo 9). Durante el día las concentraciones más altas de PM₁₀ provienen del suroeste. Durante la noche las concentraciones más altas se pueden apreciar que provienen del noroeste y las más bajas del sureste (Ver Anexo 10).

5.1.4. Gran hotel Tacna

Tabla 17

Monitoreo de aire en el Gran Hotel Tacna

| Parámetros | 03/10/2015 | 04/10/2015 | 05/10/2015 | 06/10/2015 | ECA para Aire ug/m³ |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---|
| PM₁₀ (µg/m³) | 38,5 | 30,1 | 33,3 | 25,5 | 100⁽¹⁾ |
| PM_{2,5} (µg/m³) | 16,9 | 14,8 | 14,8 | 11,2 | 50⁽¹⁾ |

(1) D.S. N° 003-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la tabla 17, las concentraciones de PM_{2,5}, registradas en el Gran Hotel Tacna, según su punto de ubicación (Anexo 21), durante los 4 días de muestreo oscilan entre 11,2 a 16,9 ug/m³, siendo el día sábado 03 de octubre el día de mayor concentración de 16,9 ug/m³. Del mismo modo las concentraciones de PM₁₀ oscilan entre 25,5 a 38,5 ug/m³ no sobrepasando los ECA. Para el caso del PM₁₀ el máximo valor se presentó también el día 03 de octubre con 38,5 ug/m³ no superando el ECA para aire.

Con respecto a los demás parámetros monitoreados y presentados en el cuadro anterior existe una relación entre las diferentes fracciones de la materia fragmentada, especialmente a las que corresponden al PM₁₀ y PM_{2,5}. En la figura también se puede apreciar que el incremento de mayor pico de concentración en el comportamiento horario se dio el día sábado en horas de la mañana; sin embargo, en la tarde también existe un incremento, pero menos pronunciado que el de la mañana. En general el incremento de las concentraciones se inicia a partir de las 5 o 6 h (Ver anexo 11).

En el periodo de muestreo del 03 al 06 de octubre la temperatura presentó un valor mínimo de 14,0 °C y máximo de 21,6 °C. y la humedad relativa presentó un valor mínimo de 59,1 % y máximo de 100 %.

Tabla 18

Condiciones meteorológicas en el Gran Hotel Tacna

| Fecha de registro | Temperatura (°C) | | | Humedad Relativa (%) | | | Velocidad del viento (m/s) | | | Dirección del viento |
|-------------------|------------------|------|------|----------------------|-------|------|----------------------------|-----|-----|----------------------|
| | Prom | Máx | Mín | Prom | Máx | Mín | Prom | Máx | Mín | |
| 03/10/2015 | 17,3 | 21,5 | 14,4 | 82,3 | 100,0 | 59,8 | 1,3 | 2,2 | 0,6 | SO |
| 04/10/2015 | 17,0 | 21,6 | 15,0 | 82,3 | 100,0 | 60,4 | 1,4 | 2,7 | 0,7 | SO |
| 05/10/2015 | 16,5 | 20,6 | 14,0 | 83,4 | 100,0 | 59,9 | 1,5 | 2,5 | 0,5 | SO |
| 06/10/2015 | 16,1 | 20,6 | 14,0 | 86,6 | 100,0 | 59,1 | 1,6 | 2,8 | 0,7 | SO |

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

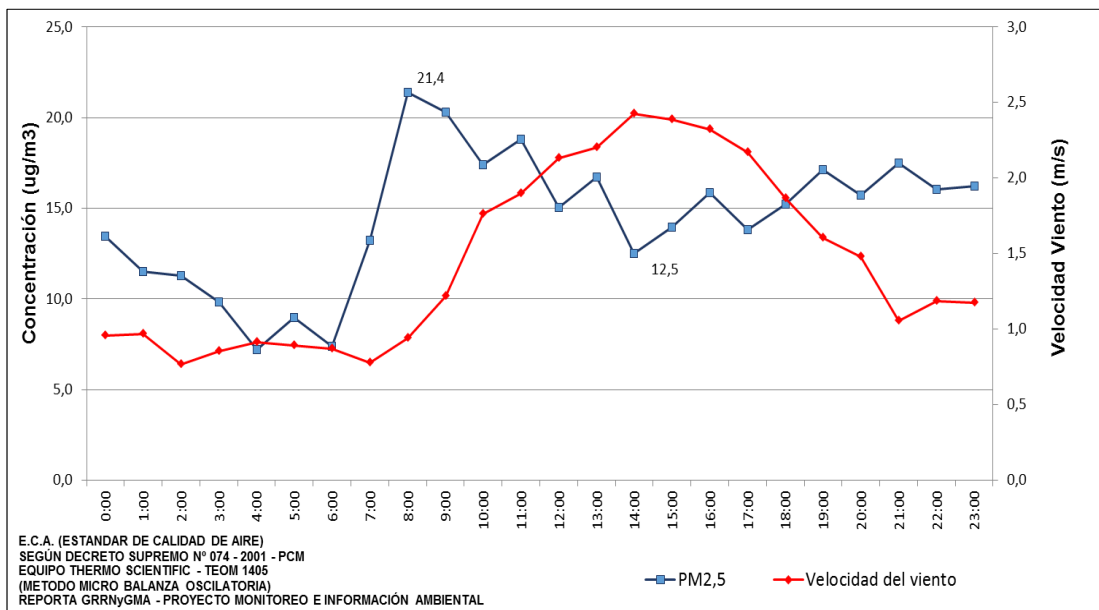


Figura 15. Variación media horaria de PM_{2,5} vs velocidad del viento en Gran Hotel Tacna

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la figura 15, se aprecia que en el punto ubicado en el Gran Hotel Tacna en el mercado, se dio el incremento gradual en las primeras horas del día a partir de las 5:00 h, hasta llegar a una máxima media horaria de 21,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 8:00 h, para luego descender, por efecto del menor tráfico vehicular y el incremento de la velocidad del viento que dispersa las partículas presentando una concentración mínima de 12,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 14:00 h.

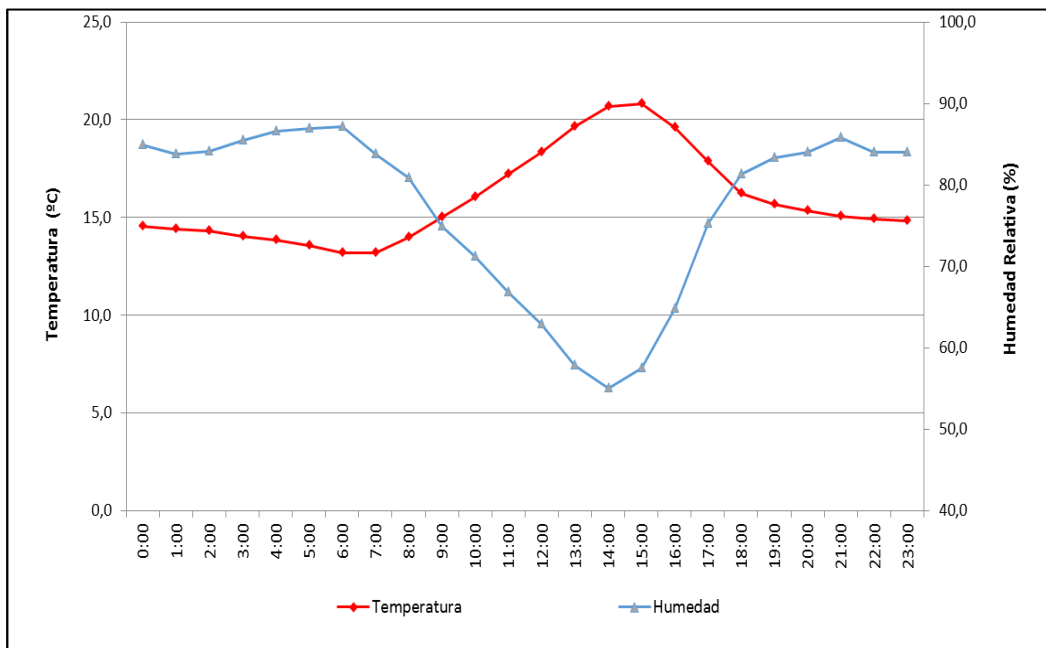


Figura 16. Comportamiento de la Temperatura vs Humedad en Gran Hotel Tacna

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la Figura 16, se puede apreciar que durante el periodo de 7 días de muestreo los promedios horarios de la temperatura presentaron un comportamiento habitual con un incremento de temperatura durante el día hasta aproximadamente 20,7 °C, provocando que la humedad disminuya hasta 55 %.

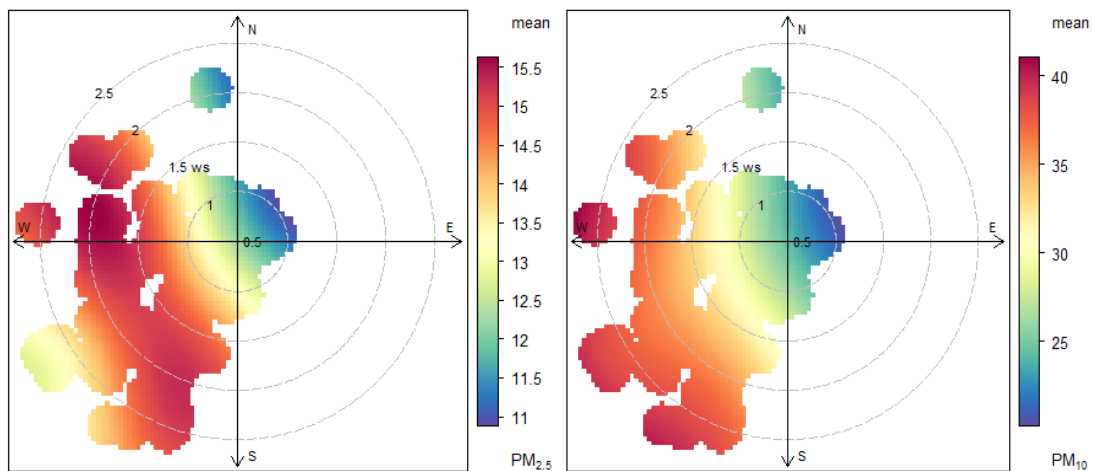


Figura 17. Gráfico polar de la concentración de $PM_{2,5}$ y PM_{10} en el Gran Hotel Tacna

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la figura 17, (lado izquierdo) según el color de la escala, se presenta los altos criterios de concentración de $PM_{2,5}$, los cuales provienen principalmente de la dirección Oeste, con valores de concentración mayores a $13,5 \mu g/m^3$ y se presenta con vientos que vienen del oeste entre las direcciones oeste-suroeste y oeste-noroeste.. Para el caso del gráfico del PM_{10} (lado derecho) los mayores valores de concentración se observan del mismo modo con vientos provenientes de la dirección oeste suroeste, con valores mayores a $30 \mu g/m^3$ aproximadamente.

El comportamiento diario del contaminante $PM_{2,5}$ se puede apreciar que el día con mayores concentraciones de este contaminante es el día sábado debido principalmente por el tránsito vehicular procedente de la Av. Billinghurst y los vehículos que circulan por la av. Bolognesi (Ver anexo 12). Durante el día las más altas concentraciones son de generación local, sin embargo, durante la

noche las mayores concentraciones provienen de la dirección oeste (Ver anexo 13).

5.1.5. Zofra Tacna

Tabla 19

Monitoreo de calidad de aire en ZOFRA TACNA

| Parámetros | 05/08/2015 | 06/08/2015 | ECA para Aire ug/m ³ |
|--|------------|------------|------------------------------------|
| PM ₁₀ (µg/m ³) | 37,1 | 42,2 | 100 ⁽¹⁾ |
| PM _{2,5} (µg/m ³) | 17,9 | 24,3 | 50 ⁽¹⁾ |

(1) D.S. N° 003-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la Tabla 19 podemos apreciar que en el punto de monitoreo ubicado en ZOFRA TACNA (Anexo 22), el cual está ubicado en barlovento (de donde viene el viento) y cuyo objetivo es obtener información sobre los niveles de contaminantes que están ingresando a la cuenca, las concentraciones son bajas debido a que la actividad antropogénica es mínima, con respecto al material particulado las concentraciones tienen valores medios debido probablemente a presencia de vías sin asfaltar y zonas descampadas.

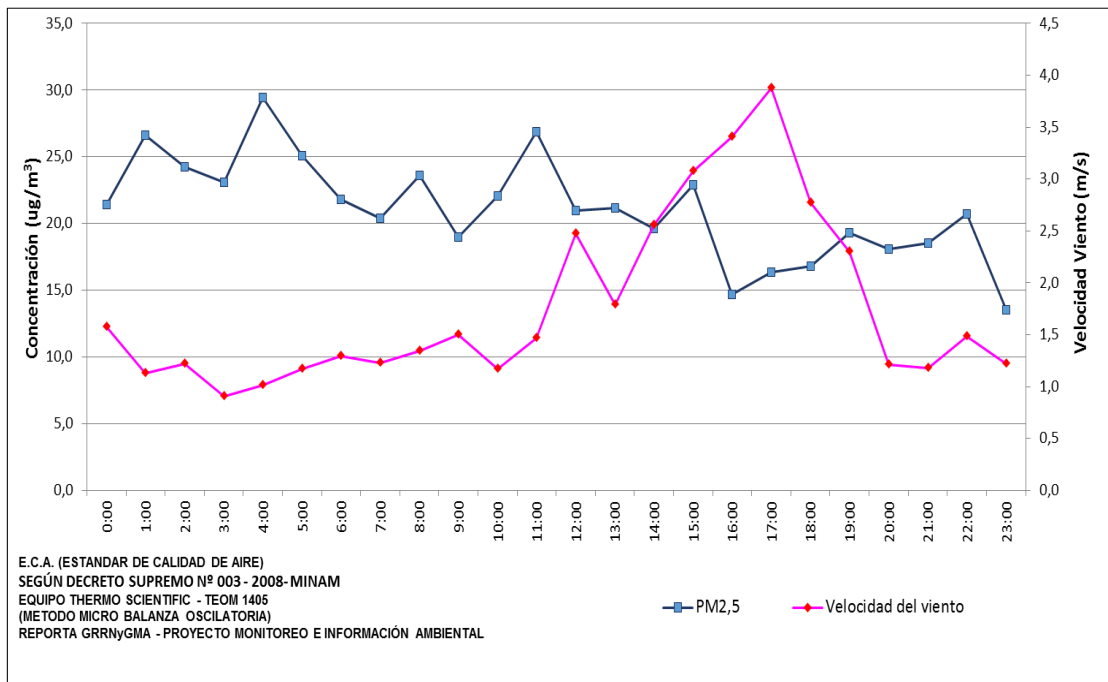


Figura 18: Variación media horaria del PM_{2,5} vs velocidad del viento en ZOFRA TACNA

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la figura 18, se puede apreciar que el 05 y 06 de agosto de 2015, en el punto ubicado en la ZOFRATACNA, el comportamiento del PM_{2,5} durante el día no se aprecia el incremento habitual que se da en el centro de la ciudad en las horas de mayor actividad antropogénica y que se inicia en las primeras horas del día, por el contrario se aprecia un comportamiento con poca variabilidad y que decrece pasado el mediodía, por el incremento de la velocidad del viento que dispersa las partículas presentes.

Tabla 20*Condiciones Meteorológicas en la ZOFRA TACNA*

| Fecha de registro | Temperatura (°C) | | | Humedad Relativa (%) | | | Velocidad del viento (m/s) | | | Dirección del viento |
|-------------------|------------------|------|------|----------------------|------|------|----------------------------|-----|-----|----------------------|
| | Prom | Máx | Mín | Prom | Máx | Mín | Prom | Máx | Mín | |
| 05/08/2015 | 15,7 | 22,0 | 12,1 | 76,1 | 89,7 | 45,1 | 1,9 | 4,1 | 0,8 | OSO |
| 06/08/2015 | 15,5 | 21,4 | 13,3 | 77,8 | 87,8 | 51,8 | 1,6 | 4,1 | 0,9 | SSO |

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

En la tabla 20 se aprecia que en el periodo de muestreo del 05 al 06 de agosto la temperatura presentó un valor mínimo de 12,1 °C y máximo de 22,0 °C. y la humedad relativa presentó un valor mínimo de 45,1 % y máximo de 89,7 %. La dirección predominante del viento fue del Suroeste.

El comportamiento de las diferentes fracciones de la materia fragmentada, especialmente a las que corresponden al PM₁₀ y PM_{2,5}. Se puede apreciar que el PM_{2,5} es poco variable y sin la presencia de picos de concentración en el comportamiento horario; sin embargo, en el caso del PM₁₀ si se presenta un crecimiento próximo al medio día (Ver anexo 14).

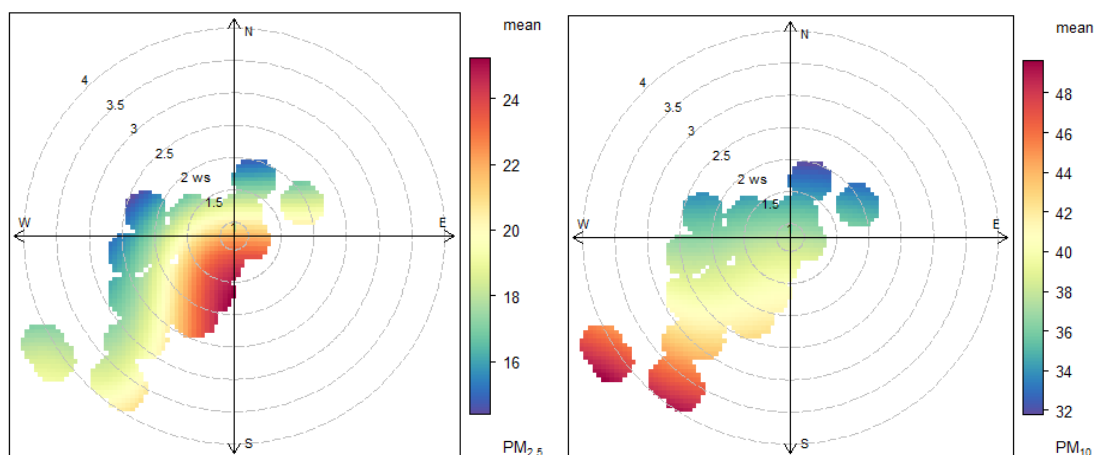


Figura 19. Gráfico polar de la concentración de $PM_{2,5}$ y PM_{10} en la ZOFRA TACNA

Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Los valores de las máximas concentraciones del contaminante $PM_{2,5}$ se dan con vientos calmos menores a 2,5 m/s y provenientes de dirección sur (figura izquierda). A diferencia del $PM_{2,5}$ los valores del contaminante PM_{10} son mayores con los vientos procedentes principalmente de la dirección Suroeste.

El comportamiento diario del parámetro $PM_{2,5}$ donde se puede apreciar que el $PM_{2,5}$ proviene principalmente de dirección suroeste las concentraciones más altas se dan de forma local (Ver anexo 15)

5.2. Valores de PM_{2,5} y PM₁₀ con las condiciones meteorológicas en estaciones

Tabla 21

Resumen de valores de PM_{2,5} y condiciones meteorológicas en las estaciones de muestreo en el distrito de Tacna

| | Valor/Estación | 3° Brigada de caballería | Av. Bolognesi | ESPG- UNJBG | Gran Hotel Tacna | ZOFRA TACNA |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------|---------------------|----------------|
| 1 | PM _{2,5} µg/m ³ | 22,0 | 29,4 | 31,4 | 16,9 | 24,3 |
| 2 | Temperatura (°C) | 22,9 | 17,7 | 16,3 | 17,3 | 15,5 |
| 3 | Humedad relativa (%) | 71,1 | 82,2 | 81,1 | 82,3 | 77,8 |
| 4 | Velocidad del viento (m/s) | 1,3 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 1,6 |
| 5 | Dirección del viento | SO | SO | SO | SO | SSO |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El año 2015, la estación de la ESPG UNJBG para PM_{2,5} registró el valor máximo de 31,4 µg/m³, el cual no excedió el ECA del DS 003-2017-MINAM de 50 µg/m³ no vigente en ese año (no aplicable).

Tabla 22

Resumen de valores de PM_{10} y condiciones meteorológicas en las estaciones de muestreo en el distrito de Tacna

| Valor/Estación | 3° Brigada de caballería | Av. Bolognesi | ESPG-UNJBG | Gran Hotel Tacna | ZOFRA TACNA |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|
| 1 PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 37,0 | 61,1(**) | 58,5 (**) | 38,5 | 42,2 |
| 2 Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 23,5 | 18,1 | 16,3 | 17,3 | 15,5 |
| 3 Humedad relativa (%) | 70,8 | 86,9 | 81,1 | 82,3 | 77,8 |
| 4 Velocidad del viento (m/s) | 1,1 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 1,6 |
| 5 Dirección del viento | S | SSO | SO | SO | SSO |

(**) Sobrepasa los valores de ECA según la OMS ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

No sobrepasa para:

DS 003-2017-MINAM ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La estación de la Av. Bolognesi registro como valor máximo de PM_{10} 61,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenidos en el año 2015 el cual excede los estándares de la OMS para PM_{10} que es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.3. VERIFICACIÓN Y CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

5.3.1. Hipótesis general

a) Proposición de la hipótesis estadística

H_0 : No hay una relación entre los criterios del material fragmentado con las características sobre la meteorología.

H_1 : Hay una relación entre los criterios del material fragmentado con las características sobre la meteorología.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Elección de la prueba estadística: Pearson de (r)

Tabla 23

Correlación entre los valores de material particulado y las condiciones meteorológicas en el distrito de Tacna

| Correlaciones | | | |
|--|---------------------------|---|-------------------------------|
| | | Los valores de Material Particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} | Condiciones meteorológicas |
| Los valores de Material Particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} | Correlación de Pearson | 1 | 0,921* |
| | Sig. (bilateral) | | 0,026 |
| | N | 5 | 5 |
| Condiciones meteorológicas | Correlación de Pearson | 0,921* | 1 |
| | Sig. (bilateral) | 0,026 | |
| | N | 5 | 5 |

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

d) Regla de decisión

Rechazar H_0 si la P es menor a 0.05

No se rechaza H_0 si la P es mayor a 0.05

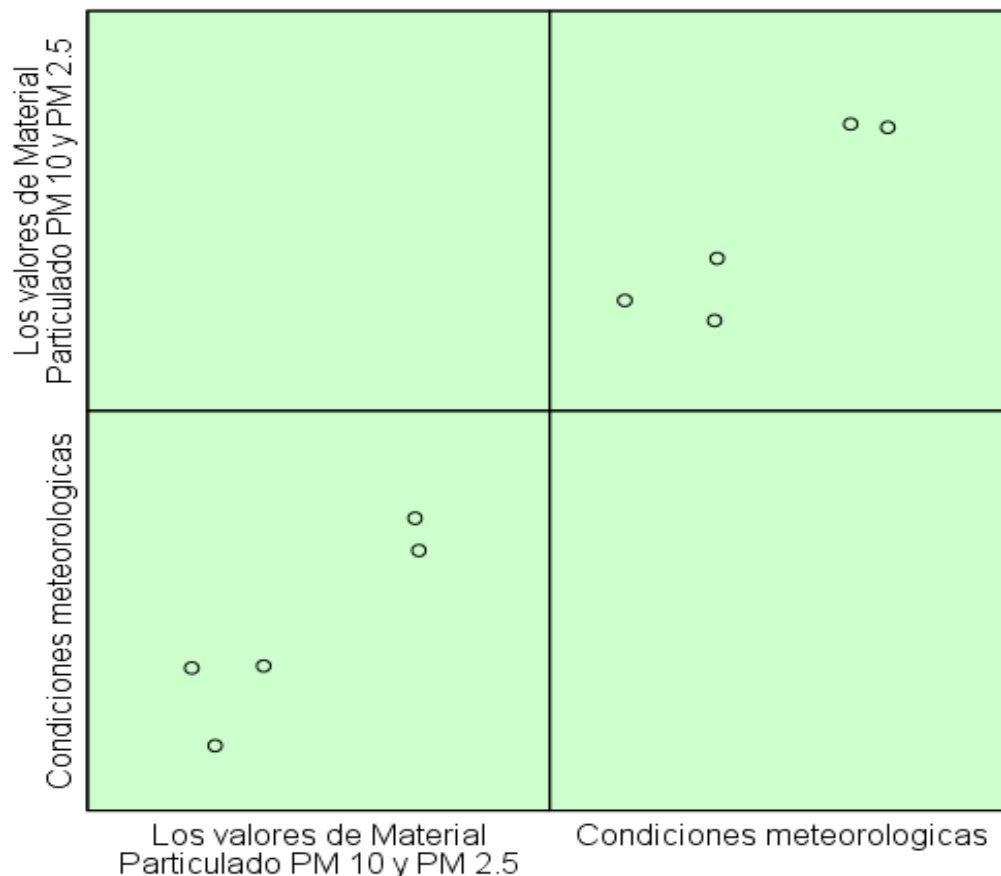


Figura 20: Diagrama de dispersión de valores de material particulado y condiciones meteorológicas.

Fuente: Tabla 23

Interpretación

En la tabla 23 y figura 20 se analiza como existe una relación positiva entre las variables de Valores de material particulado y la variable de condiciones meteorológicas. El coeficiente de relación que es el r ($\text{sig}=0,026$) puntos y con un nivel de significancia $< a 0,05$. Por lo tanto, se rechaza el H_0 , y se puede concluir que hay un nivel de confianza del 95%, esto da a entender que hay una correlación favorable de los valores de material particulado con las condiciones

meteorológicas y la fuerza de Pearson de $(r) = 0,921$ puntos, es decir se indica que la relación es directa, significativa y existe una buena correlación.

5.3.2. Hipótesis específicas

Primera hipótesis específica (a):

a) Planteamiento de la hipótesis estadística

H_0 : No hay una relación entre los criterios de PM10 con la temperatura de ambiente, humedad y velocidad del viento en el distrito de Tacna en el 2015.

H_1 : Hay una relación entre los criterios de PM10 con la temperatura de ambiente, humedad y velocidad del viento en el distrito de Tacna en el 2015.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Elección de la prueba estadística: Pearson de (r)

Tabla 24

Correlación entre los valores de PM₁₀ con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento en el distrito de Tacna en el año 2015

| Correlaciones | | | |
|--|------------------------|------------------------------------|---|
| | | Los Valores de PM ₁₀ | Condiciones meteorológicas de Temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. |
| Los valores de PM ₁₀ | Correlación de Pearson | 1 | 0,947* |
| | Sig. (bilateral) | | 0,014 |
| | N | 5 | 5 |
| Condiciones meteorológicas de Temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. | Correlación de Pearson | 0,947* | 1 |
| | Sig. (bilateral) | 0,014 | |
| | N | 5 | 5 |

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Reporte de SPSS.vr23

d) Regla de decisión

Rechazar H₀ si la P es menor a 0.05

No se rechaza H₀ si la P es mayor a 0.05

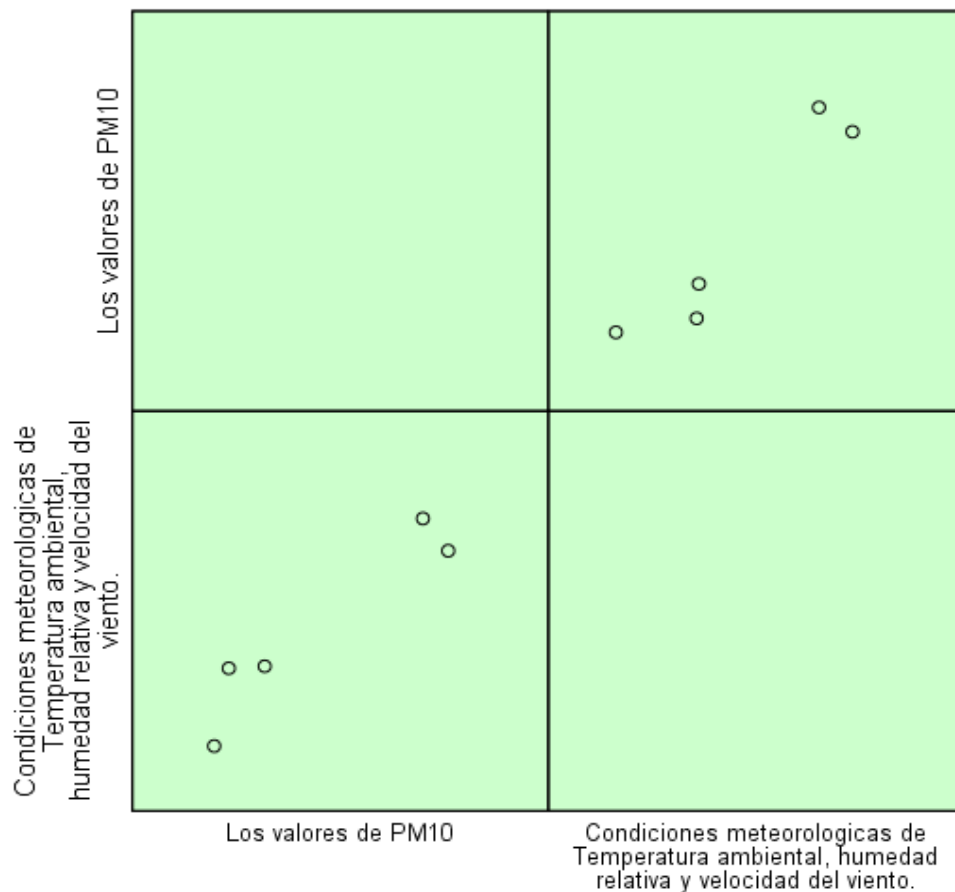


Figura 21: Diagrama de dispersión de los Valores de PM₁₀ y condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento.

Fuente: Tabla 24

Explicación

En la tabla 24 y figura 21 se analiza que hay una evidente mayor cantidad de relación positiva entre los factores de los Valores de PM₁₀ y condiciones meteorológicas. Debido a que el coeficiente de correlación que existe es el valor $-p$ (sig=0,014) puntos y con un nivel de significancia $< a$ 0,05. Por lo que se rechaza la Ho, y se llega a la conclusión que al nivel de confianza del 95%, ase afirma que hay una correlación favorable entre los valores de PM₁₀ con las

condiciones meteorológicas en el distrito de Tacna en el año 2015, con una fuerza de Pearson de $(r) = 0,947$ puntos esto da a entender que la relación es directa, significativa y existe una buena correlación.

Primera hipótesis específica (b):

a) Planteamiento de la hipótesis estadística

H_0 : No hay una relación entre los criterios de PM2.5 con la temperatura ambiental, humedad y velocidad del viento en el distrito de Tacna en el 2015.

H_1 : Hay una relación entre los criterios de PM2.5 con la temperatura ambiental, humedad y velocidad del viento en el distrito de Tacna en el 2015.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Elección de la prueba estadística: Pearson de (r)

Tabla 25

Correlación entre los valores de $PM_{2.5}$ con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento en el distrito de Tacna en el año 2015

| Correlaciones | | | |
|---|------------------------|---|-------|
| | | Condiciones meteorológicas de Los Valores de $PM_{2.5}$ temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. | |
| Los Valores de $PM_{2.5}$ | Correlación de Pearson | 1 | 0,803 |
| | Sig. (bilateral) | | 0,102 |
| | N | 5 | 5 |
| Condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. | Correlación de Pearson | 0,803 | 1 |
| | Sig. (bilateral) | 0,102 | |
| | N | 5 | 5 |

Fuente: reporte de SPSS.vr23

d) Regla de decisión

Rechazar H_0 si la P es menor a 0.05

No se rechaza H_0 si la P es mayor a 0.05

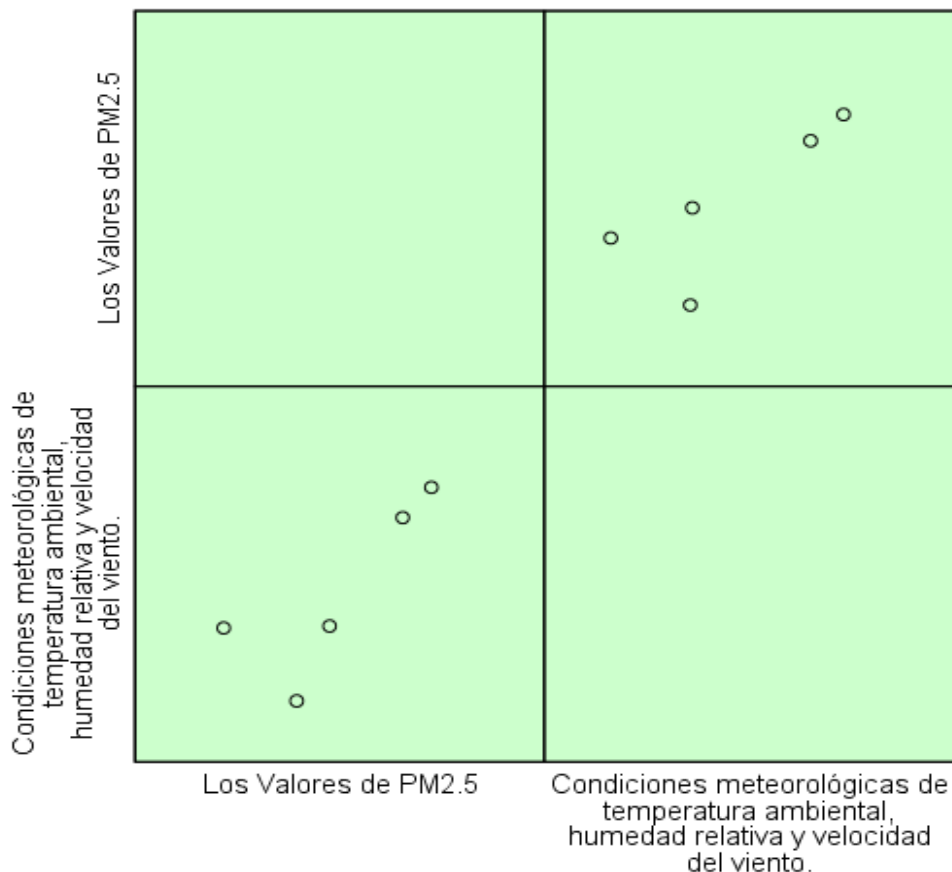


Figura 22: Diagrama de dispersión de los Valores de PM_{2.5} y condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento.

Fuente: Tabla 25

Explicación

En la Tabla 25 y Figura 22 se analiza que hay una cantidad evidente de relación positiva entre la variable de los valores de PM_{2.5} y condiciones meteorológicas. Ya que el coeficiente de correlación hallado es el valor $-p$ (sig=0,102) puntos y con un nivel de significancia $> a 0,05$. Por lo tanto, se acepta la H_0 , y se concluye que con un nivel de confianza del 95% se afirma que no existe correlación favorable entre los valores de PM_{2.5} con las condiciones meteorológicas en el distrito de Tacna en el año 2015.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1. ANÁLISIS DE CADA ESTACIÓN DE MONITOREO

En la **3° Brigada de caballería**, ubicado en la av. Grau y la av. Cuzco, los valores más altos de las acumulaciones (promedios horarios) para PM_{2,5} y PM₁₀ se dan durante las horas del día con vientos procedentes primordialmente de la dirección sur, suroeste con velocidades superiores a 1,5m/s o 2,0 m/s. Los días con mayores concentraciones son el día domingo para PM_{2,5} y el lunes para PM₁₀. Pero ambos valores no sobrepasaron el límite del ECA durante los 10 días de monitoreo.

En la **avenida Bolognesi** (Av. Bolognesi con calle Patricio Meléndez) los valores de PM_{2,5} y PM₁₀ cumplió con la exigencia establecida en el ECA. El incremento de las concentraciones se inicia a partir de las 5 h hasta las 12 h aproximadamente y por la tarde desde las 16 h hasta las 21 h. El cual llegó a una máxima media horaria de 45,9 ug/m³ a las 9 am. no sobrepasando el ECA para aire.

La siguiente fuente que se ve contaminación con los vientos calmados, a velocidades bajas del viento y en la dirección sur suroeste, con valores que varían entre 30 y 45 µg/m³ aproximadamente, principalmente de procesos de

combustión. Siendo la avenida Bolognesi una de las principales vías y la más congestionadas del distrito de Tacna.

En la **Escuela de Posgrado**, de los 7 días de monitoreo se encontró valores de $PM_{2,5}$ en los días lunes ($25,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) martes ($28,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) miércoles ($26 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y jueves ($31,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no sobrepasaron los ECAs para aire, los mayores valores de concentración se observa con vientos predominantes provenientes de la dirección suroeste presentándose la mayor incidencia de contaminación durante horas de la mañana (8 am), para luego descender, por efecto del menor tráfico vehicular y el incremento de la velocidad del viento que dispersa las partículas presentando una concentración mínima de $23,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 17:00 h.

Durante el día la concentración de $PM_{2,5}$ es más dispersa y permanece casi constante próximo a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante la noche las concentraciones más altas se pueden apreciar que provienen del noroeste y las más bajas del sureste. Las concentraciones más altas de PM_{10} provienen del suroeste. Durante la noche las concentraciones más altas se pueden apreciar que provienen del noroeste y las más bajas del sureste.

En el **Gran Hotel Tacna** (Av. Billinghamurst con Av. Bolognesi) durante los 4 días de monitoreo los valores de $PM_{2,5}$ y de PM_{10} estuvieron por debajo de los ECA. Siendo el día de mayor valor de $PM_{2,5}$ y PM_{10} el día sábado. Se dio el incremento gradual en las primeras horas del día a partir de las 5:00 h, hasta

llegar a una máxima media horaria de $21,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 8:00 h, para luego descender, por efecto del menor tráfico vehicular y el incremento de la velocidad del viento que dispersa las partículas presentando una concentración mínima de $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 14:00 h. con un incremento de temperatura durante el día hasta aproximadamente $20,7 \text{ }^\circ\text{C}$, provocando que el mismo vapor y capacidad húmeda que tiene el aire disminuye hasta aproximadamente 55 % y por consiguiente se acrecienta durante tarde y la noche.

En **ZOFRATACNA** ubicado en barlovento (de donde viene el viento) es decir en el ingreso de los contaminantes a la cuenca, las concentraciones son bajas, es decir, no pasan los ECA, debido a que la actividad antropogénica es mínima, debido probablemente a presencia de vías sin asfaltar y zonas descampadas. La velocidad del viento que dispersa las partículas presentes.

El $\text{PM}_{2,5}$ permanece estable sin incremento y poca variabilidad y decrece pasado el mediodía por el incremento de la velocidad del viento. La dirección predominante del viento fue del Suroeste. Los valores de las máximas concentraciones del contaminante $\text{PM}_{2,5}$ se dan con vientos calmos menores a $2,5 \text{ m/s}$ y provenientes de dirección sur, suroeste.

Los PM_{10} son mayores con los vientos procedentes principalmente de la dirección Suroeste.

6.2 ANÁLISIS AMBIENTAL DEL MONITOREO DE AIRE POR MATERIA FRAGMENTADA

Hay una relación entre distintas fracciones del material fragmentado, que cada una es correspondiente al PST, PM₁₀ y PM_{2,5}. Basado en lo anterior se puede determinar que la concentración de PM₁₀ no puede ser mayor que la concentración de PST y por lo tanto la concentración de PM_{2,5} no podrá sobrepasar a las de PM₁₀ y PST.

La concentración de contaminantes tienen una dependencia enorme de las condiciones del clima en cada zona de estudio.

Los altos niveles de PM_{2,5} y PM₁₀ tienen una temperatura muy alta, baja humedad relativa, menor velocidad del viento, un mayor número de vehículos y a la dirección del viento.

La Materia Fragmentada tienen una relación directa con la temperatura y tiene una correlación inversa con la humedad relativa.

La relación que existe entre los valores de Material Particulado con el número de vehículos es directamente proporcional, eso quiere decir que el número de vehículos aumentara de acuerdo a los valores de PM en el distrito de Tacna.

También hay una correlación positiva o directa de Material Particulado con respecto a la dirección de vientos que provienen del suroeste o sur-suroeste.

6.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS EN LA ESPECIALIDAD

Referente a los valores de PM_{2,5}, comparando el registro de 31,4 µg/m³ del presente estudio con el trabajo realizado por Miranda & Merma (2017) en el mismo punto ubicado en la ESPG UNJBG experimento un incremento a 33,6 µg/m³.

En el monitoreo de calidad ambiental realizado por el Gobierno Regional de Tacna (2014), el récord de la Escuela de Posgrado es 25.8 µg / m³. Además, en las regiones de Tacna, Ciudad Nueva, Alto de la Alianza y Cnel. Gregorio Albarracín Lanchipa de la provincia de Tacna obtuvo altos niveles de PM_{2.5}. El Centro de Salud Distrital de Ciudad Nueva (36,1 µg / m³), Gran Hotel Tacna (32,4 µg / m³) y jefatura de policía Militar (26,6 µg / m³); los que no fueron superior a los ECA para aire.

Referente a los valores de PM₁₀, comparando el registro de 61,1 µg/m³ en la Av. Bolognesi (frente al mercado central) en el presente estudio con los parámetros monitoreados por la Municipalidad Provincial de Tacna y SENAMHI (2009) se registró para Material Particulado PM₁₀ en el Mercado central 85.046 µg/m³.

Cabe destacar que los puntos a tomar de las áreas monitoreadas en esta investigación no pasaron los ECA.

Según otro estudio realizado en el año 2008 en Costa Rica, se registraron acumulaciones de PM₁₀ que superaron entre 42 – 29 g/m³ a los registrados en zonas residenciales y comerciales que estuvieron expuestas a flujo vehicular de 23 – 15 g/m³.

6.4. PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AIRE POR MATERIAL PARTICULADO

Programa de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad de Aire

Las medidas incluyen el establecimiento y fortalecimiento de planes de monitoreo y monitoreo y planes multisectoriales de inspección y control, y establecimiento de contaminantes (SO₂, H₂S, NO₂, O₃, CO, PM_{2.5}), y actualizar gradualmente el inventario de emisiones de fuentes móviles y emisiones de fuentes estacionarias (industriales y comerciales).

El organismo responsable de la implementación de la propuesta será la Dirección Regional de Salud y la Dirección de Gestión de Recursos Naturales del Gobierno Regional de Tacna, la Municipalidad Provincial de Tacna, la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. y otras instituciones para coordinar la tecnología en el MINAM Sugerencia.

Implementar el control de emisiones tóxicas en vehículos automotores que circulan en la Cuenca Atmosférica de Tacna

Debe definirse de antemano a través de herramientas legales para implementar el trabajo de control en vías públicas y fábricas autorizadas en el futuro, de modo que se pueda prever la aplicación gradual de la especificación. La especificación ha establecido previamente la educación ambiental y legal para los propietarios de vehículos. Realizado en vehículos diésel y control de gas en vehículos de gasolina (CO, HC, CO + CO₂).

Regulación del parque automotor y sistema de transporte público masivo

Las autoridades de la provincia de Tacna deberán implementar ordenanzas para el ordenamiento del parque automotor, en especial los taxis, en sectores como la Av. Bolognesi, San Martín y Dos de Mayo, identificados como zonas de mayor tránsito. Además, la ciudad de Tacna cuenta con vías alternas modernas y asfaltadas que pueden ser rutas alternativas para el transporte.

Tacna debe contar con un sistema de transporte masivo, ordenado y con rutas definidas, lo que permitirá reducir las emisiones provenientes de los taxis que actualmente brindan servicio de transporte público.

Aplicar en las pollerías la guía de buenas prácticas de pollerías

Se han realizado acciones anteriormente con el apoyo de la Cooperación Suiza, quienes desarrollaron una guía de buenas prácticas para pollerías, para mejorar la eficiencia en los hornos a carbón utilizados para esta actividad, sin afectar la parte organoléptica del producto final. Esta alternativa, minimiza el

impacto generado por la cocción de pollos a la brasa con carbón en hornos tradicionales, pues mejora la eficiencia de dichos hornos reduciendo el consumo de carbón, disminuyendo el costo de operación y las emisiones de gases y partículas contaminantes.

Mantener e incrementar áreas verdes urbanas y peri-urbanas

Para aminorar el problema, se debe tener en mente la posibilidad de conservar los espacios verdes existentes y aumentar estas áreas mediante la reforestación en las áreas disponibles, ya sea en el centro de la cuenca o en los alrededores de la ciudad.

6.5. LINEAMIENTOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE AIRE

En la montaña, el aire que se respira contiene mucho oxígeno lo que beneficia a la salud, pero a medida que los ciudadanos se trasladan a las ciudades, el grado de contaminación ambiental ha ido aumentando considerablemente. En otras palabras, el contenido de oxígeno en el aire se reduce en gran medida y se reemplaza por altas concentraciones de gases como ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y otras partículas nocivas. Estas sustancias pueden causar problemas de salud, sobre todo a grupos de alto riesgo (niños, ancianos, personas con asma o insuficiencia respiratoria), lo que agrava este problema.

El aumento del número de vehículos, la renovación de fábricas y la ausencia de lluvias agravaron la situación. No obstante, mitigar la contaminación ambiental es responsabilidad de todos y cualquier pequeña acción que respete el medio ambiente ayudará a mejorar nuestra calidad de vida.

Objetivo

Dar a conocer diversas acciones que permitan reducir la contaminación del aire.

Descripción

Calidad ambiental

Comprende al conjunto de características ambientales, sociales, culturales y económicas que definen la disponibilidad y accesibilidad de los componentes naturales nacionales y la existencia de cambios en el medio ambiente que pueden afectar sus derechos o pueden cambiar su estado y la situación demográfica de un área o región determinada.

De esta manera, el proceso de calidad ambiental tiene como objetivo prevenir y minimizar la contaminación, y mantener los niveles óptimos de calidad de agua, aire y suelo requeridos por las leyes y regulaciones.

Educación y ciudadanía ambiental

La educación ambiental se desarrolla diligentemente y energéticamente; está diseñada para cultivar la conciencia, las actitudes, las percepciones y las creencias de las personas sobre la adopción sostenible de los comportamientos

de la población a fin de descubrir y responder a los problemas ambientales locales, regionales y globales. Esta educación tiene como objetivo promover una relación armoniosa entre el medio ambiente y todas las acciones humanas para lograr una vida de calidad para las personas contemporáneas, especialmente las generaciones futuras. Los ciudadanos son parte de la sociedad y, por lo tanto, adquieren derechos y obligaciones. Un ciudadano ambiental debe ser un ciudadano crítico y responsable que comprenda, se preocupe, exija y exija sus derechos ambientales y, a su vez, esté dispuesto a cumplir con sus responsabilidades ambientales.

Gestión de residuos sólidos

Los desechos sólidos que quedan en los vertederos abiertos alteran la calidad del aire en el entorno local y circundante debido a la combustión y el humo que provocan, asimismo, el viento levanta polvo durante el secado porque puede transferir microorganismos nocivos a otros lugares, provocando infecciones respiratorias e irritación nasal y ocular, además de molestias causadas por el mal olor.

Políticas e instrumentos de gestión ambiental

Estas son herramientas de política pública que incentivan las acciones o comportamientos de los agentes a través de regulaciones, mecanismos o mecanismos de incentivos, ayudando así a proteger el medio ambiente y prevenir, mitigar o mejorar los problemas ambientales.

Ordenamiento territorial ambiental

El orden ambiental territorial debe entenderse como un proceso de planificación con carácter político, técnico y administrativo. Propone el análisis de un sistema espacial social específico (sistema ambiental), que es beneficioso para las condiciones naturales y los recursos naturales, las dinámicas sociales, las estructuras de producción y seres humanos.

Los comandos ambientales utilizados para su operación e instrumentación requieren herramientas relacionadas que son inseparables de la ley, como disposiciones legales, organización institucional y comandos y planes de desarrollo.

Propuestas y acciones

| DESCRIPCIÓN | ACCIONES | RESPONSABLES |
|---|--|---|
| Calidad Ambiental | Realizar el monitoreo de la Calidad de aire. | Gobierno Regional Tacna, SENAMHI. |
| Educación y Ciudadanía Ambiental | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cuidar los espacios verdes para reducir y evitar la contaminación.</i> • <i>Promover el uso y beneficios de utilizar el Autobús, Bicicleta y/o caminatas para el traslado a los centros de trabajo o estudio.</i> • <i>Reordenar el transporte urbano por zonas, horarios y tipo de vehículos.</i> | Ciudadano Municipalidades Provinciales y Distritales. Municipalidad Provincial. |
| Gestión de Residuos Sólidos | Realizar un oportuno y adecuado tratamiento de residuos sólidos. | Municipalidades Provinciales y Distritales. |
| Políticas e Instrumentos de Gestión Ambiental | Elaborar y Ejecutar un Plan de Gestión de Calidad de Aire. | Gobierno Regional, Municipalidades Provinciales y Distritales. |
| Ordenamiento Territorial Ambiental | Elaborar e Implementar un plan de Ordenamiento Territorial Ambiental | MINAM y Gobierno Regional. |

CONCLUSIONES

1. De los 5 puntos de monitoreo, 2 puntos registraron valores altos para $PM_{2,5}$ en la ESPG-UNJBG $31,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la Av. Bolognesi $29,4$ y de los cuales no excedieron el ECA de aire según el D.S. N° 003-2017-MINAM. Para PM_{10} también se registró 2 puntos en la Av. Bolognesi con $61,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en ESPG-UNJBG con $58,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si bien fueron los más altos valores registrados no excedieron los ECA para Aire pero excedió el valor guía de la OMS ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
2. Si hay correlación de los valores de PM_{10} respecto a la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento del distrito de Tacna en el año 2015
3. No hay correlación de los valores de $PM_{2,5}$ respecto a la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento del distrito de Tacna en el año 2015.

RECOMENDACIONES

1. Las autoridades regionales y provinciales de Tacna implementen las propuestas para disminuir la contaminación de aire por Material Particulado descritas en el presente estudio.
2. Se deberá realizar un modelamiento de ambiente de acuerdo a los comportamientos de las emisiones que produce la atmósfera que va correlacionado con las características del clima de Tacna.
3. Se le recomienda hacer un estudio de acuerdo a la relación las enfermedades cardiorrespiratorias de Tacna con los contaminantes atmosféricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambiente, D. G. (2013). *Plan de Acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención Prioritaria de la Cuenca Atmosférica de Tacna*. Tacna.
- Bances Estela, V. M. (2003). *Contaminación Atmosférica y su Impacto Ambiental en la Ciudad de Moyobamba*. San Martín.
- Bedoya, J., & Martínez, E. (2008). *Calidad del Aire en el Valle de Aburrá Antioquia - Colombia*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n158/a01v76n158.pdf>
- Benza, J. C. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. En J. C. Benza, *Métodos estadísticos para la investigación* (pág. 643). Lima: Milagros.
- Buendía Eisman, Leonor; Collas Bravo, Pilar; Hernández Pina, Fuensanta (1999). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Editorial Mc Graw-Hill/Interamericana de España.
- Coral, F. R. (2012). “*Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana – Ciudad de Moyobamba, 2012*”. Moyobamba.
- Cotrina, J. S. (2008). *Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la zona metropolitana de Lima-Callao*. Lima.
- Chachapoya, M. P. (2015). “*Valoración de la Campaña de Monitoreo Pasivo De Gases en la Ciudad de Ambato Para el Diseño del Sistema de Calidad del Aire de la Ciudad 2013 - 2014*”. Quito

- Dankhe, O. L. (1986). Investigación y comunicación, en C. Fernández—Collado y G.L.Dankhe (Eds): *“La comunicación humana: ciencia social”*. México, D.F: McGrawHill de México. Capitulo 13, pp. 385 - 454.
- Diario el Peruano. (2001). *“Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”*, D.S. N° 074-2001-PCM del 21 de Junio del 2001.
- Diario el Peruano. (2008). *“Estándares Nacionales de la calidad Ambiental del Aire”*- Decreto supremo N° 003-2008-MINAM del 22 de Agosto del 2008.
- DIGESA. (2005). *Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos*. R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA.
- Escobar, A. M., & Aquino, D. M. (2012). *“Comparación de los Métodos De Bergerhoff y Placas Receptoras Para la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable”*. San Salvador.
- Franco Estrada, Cesar Augusto. (2012). Universidad de Caldas.
- Gaitán, M., Cancino, J., & Behrentz, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a11.pdf>
- García V., J. T. (2008). “Evaluación del grado de contaminación del aire en el Centro Histórico de Lima”. Universidad nacional agraria la Molina, 1-11.
- Gobierno regional de Tacna (2016), Diagnostico de Calidad de Aire. Disponible: <http://siar.regiontacna.gob.pe/index.php?accion=verElemento&idElementoInformacion=268&idTipoElemento=2>

Gómez, A., Henao, E., Molina, E., & Molina, F. (2003). "Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM10) en la Zona Guayaquil, Medellín, Colombia". Facultad de Ingeniería No. 30., 24-33.

Hernández Sampieri, Roberto ; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar. (1997). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill, México. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/415928/Hernandez-Sampieri-R-cap-2-45>. Consulta: 24/07/2010.

Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar. (2000). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill, México, pp. 58. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/415928/Hernandez-Sampieri-R-cap-2-4-5>. Consulta: 24/07/2010.

Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar. (2000). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill, México, pp. 1. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/jasso_b_m/capitulo3.pdf. Consulta: 24/07/2010.

Hernández, C, C. Fernández, P. Baptista. (2002). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Hughes, G, D. Mckee y C. Singler.

Hernández R, Fernandez-Collado C, Baptista P. (2007) *Metodología de la investigación*, Edit Mc Graw Hill, México D.F.

Herrera, J., Rojas, J. F., Beita, V. H., Rodríguez, A., & Argüello, D. S. (2015). "Concentración y composición química de partículas PM10 en el área

metropolitana de Costa Rica en 2012". Revista de Ciencias Ambientales Tropical Journal of Environmental, 39-53.

Huañap Guzmán, Andrés. (2012). *Condicionantes del uso de gas licuado de petróleo en mototaxis para el diseño de un programa de conversión rentable y ambientalista en el distrito de nuevo Chimbote*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. pp 11-13.

Huatuco, R. M., & Romero, A. V. (2011). *"Contaminación del Aire por Material Particulado en la ciudad Universitaria - UNMSM"*. En Proyecto Libro Digital (págs. 1-14). Lima: Guzlop.

INEI. (2016). Departamento de Tacna cuenta con una población de 346 mil habitantes. <https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/departamento-de-tacna-cuenta-con-una-poblacion-de-346-mil-habitantes-9270/>

Jiménez Lozano, Blanca. (1994), *Epistemología y Métodos de las Ciencias. Perfiles educativos número 63, enero marzo*. Instituto de investigaciones sobre la Universidad y la Educación Distrito Federal, México. Sistema de Información Científica. UAEM redalyc.org. Red de Revistas Científicas de América Latina y el caribe, España y Portugal. Centro de Estudios sobre Universidad UNAM. 14 pp.

Korc Marcelo, F. F. (2000). *El Proceso de Fijación y Revisión de Normas de calidad del aire*. Lima: CEPIS-OPS.

- Londoño, C. A., & Vasco, G. J. (2008). *“Relación Entre las Partículas Finas (PM2.5) y Respirables (PM10) en la Ciudad De Medellín”*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, pp. 23-42.
- López Kohler, José Raúl. (2014). *Programa Alternativo para el Manejo y Gestión Integral – Participativa Eficiente de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Tarma*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
- Municipalidad provincial de Tacna. (2010). *Alertas Atmosféricas 2010*.
- Mori, M. (2008). *Proyectando una filosofía de la ciencia*. Trujillo: Multicopias.
- Murillo, W. (2007) *La investigación científica*. Disponible en:<http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml>. Consulta 10/04/2010.
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre* (en línea) (10 de enero de 2013) disponible en: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf
- OMS. (2006). *Directrices de la OMS sobre la calidad del aire/Air Quality Guidelines 2006*.
- Sampieri, Disponible en:<http://es.scribd.com/doc/7130674/SAMPIERI-Capitulo-4>.Consulta: 12/09/2010.
- Sandoval, H. (2000). *Contaminación y contaminantes, aspectos científicos, teóricos y prácticos*. Lima.

Santiago, O. G. (2009). *Determinación del contenido de PAH's en partículas PM2.5 en una zona de alto tráfico vehicular y otra con potencial exposición industrial del Área Metropolitana de Monterrey*. Monterrey.

SENAMHI. (2012). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*. En SENAMHI.

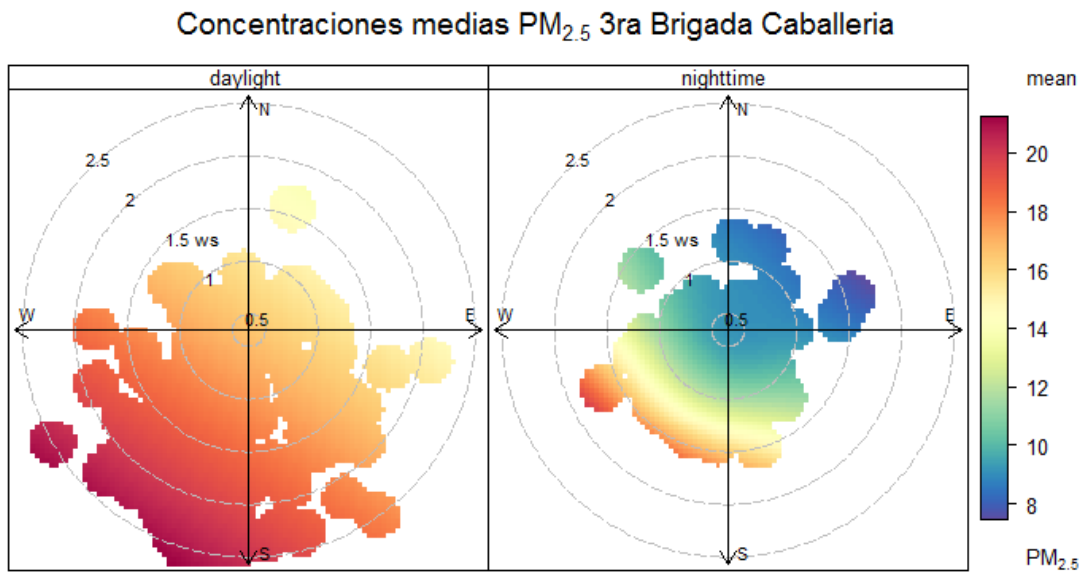
SENAMHI (2010). *Reporte Anual de parámetros meteorológicos en la estación MAP-Jorge Basadre G. Tacna*.

Terrones Negrete, Eudoro. 1998. *Diccionario de investigación científica*. A.F.A. editores S.A., Lima- Perú.

Wikipedia, 2018. <https://es.wikipedia.org/wiki/Epistemolog%C3%AD>

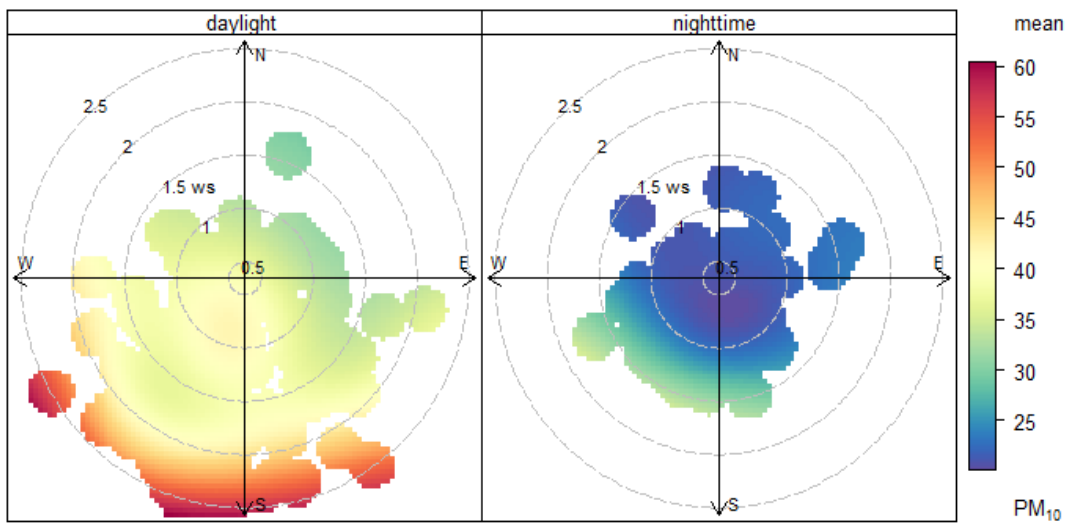
ANEXOS

Anexo 1: Gráfico polar de la concentración de PM_{2.5} durante el día y noche en la 3ra. Brigada de Caballería



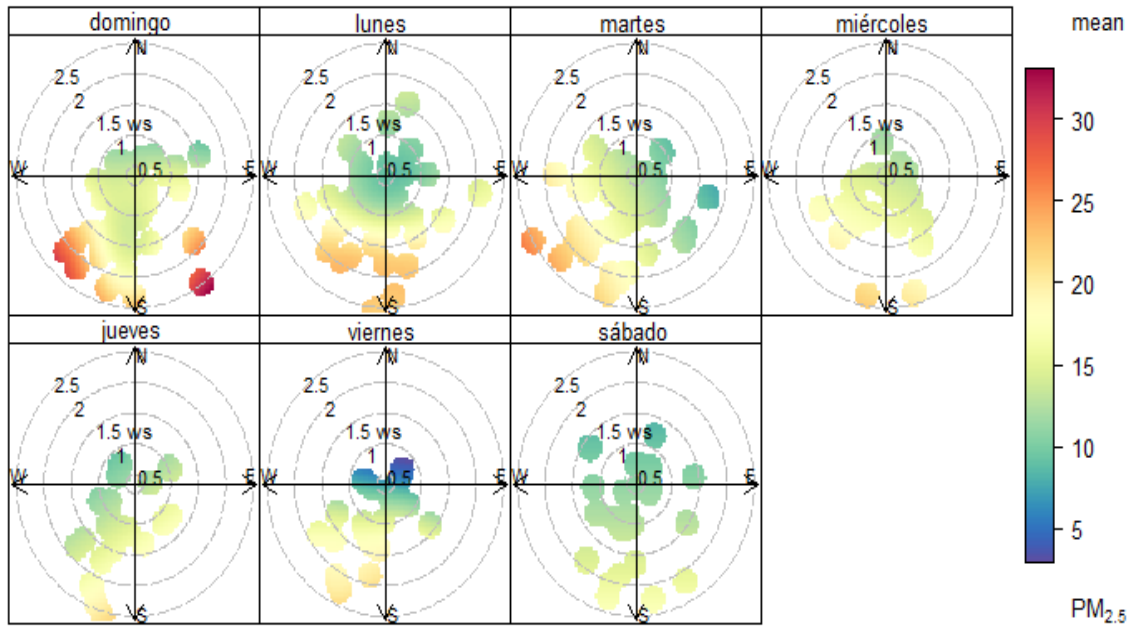
Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 2: Gráfico polar de la concentración de PM₁₀ en la 3ra. Brigada de Caballería.



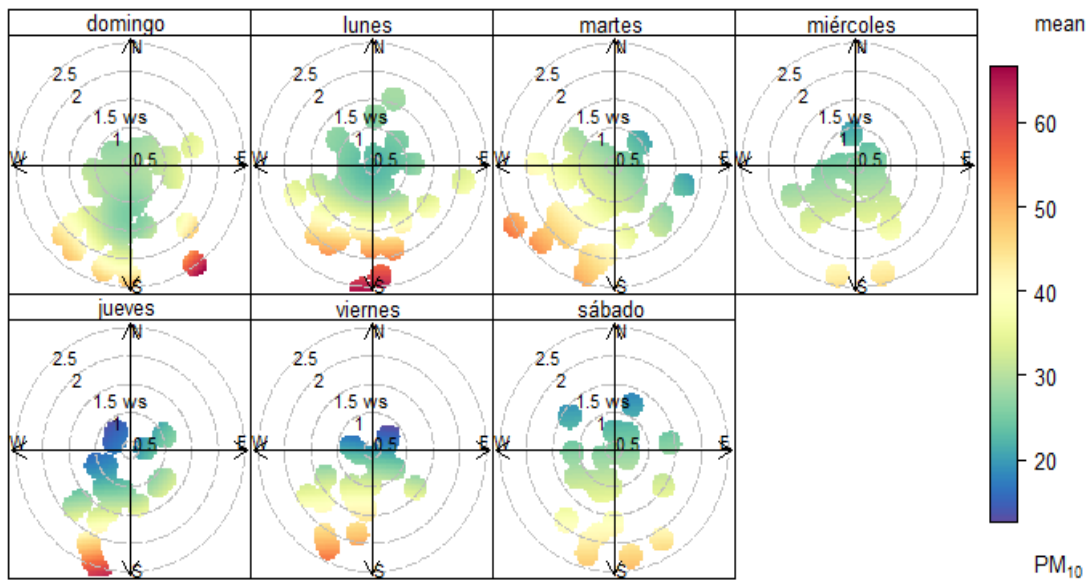
Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 3: Gráfico polar de la concentración de PM_{2,5} para periodos diarios en la 3ra. Brigada de Caballería



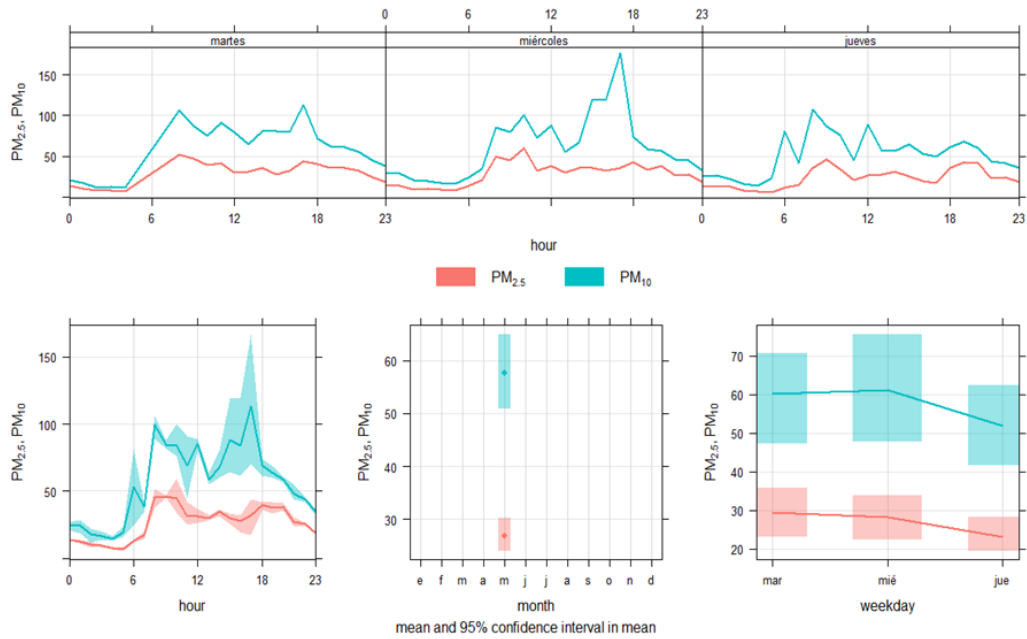
Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 4: Gráfico polar de la concentración de PM₁₀ para periodos diarios en la 3ra. Brigada de Caballería



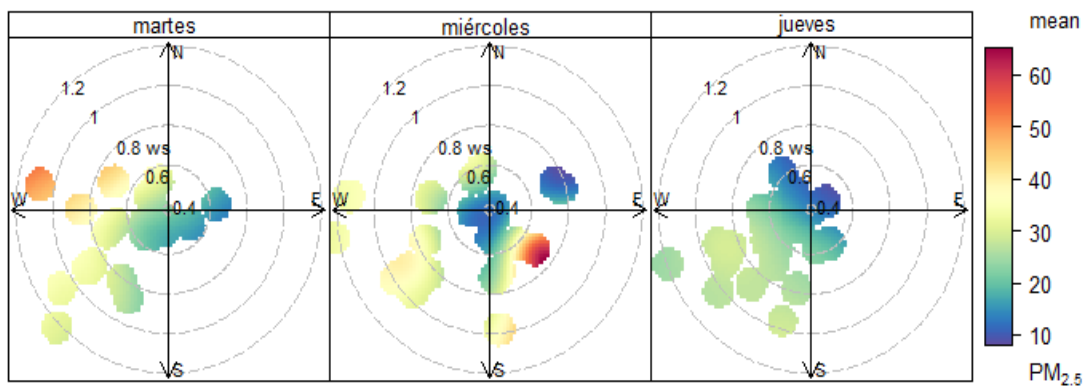
Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 5: Gráfico del comportamiento horario de las concentraciones de $PM_{2,5}$ y PM_{10}



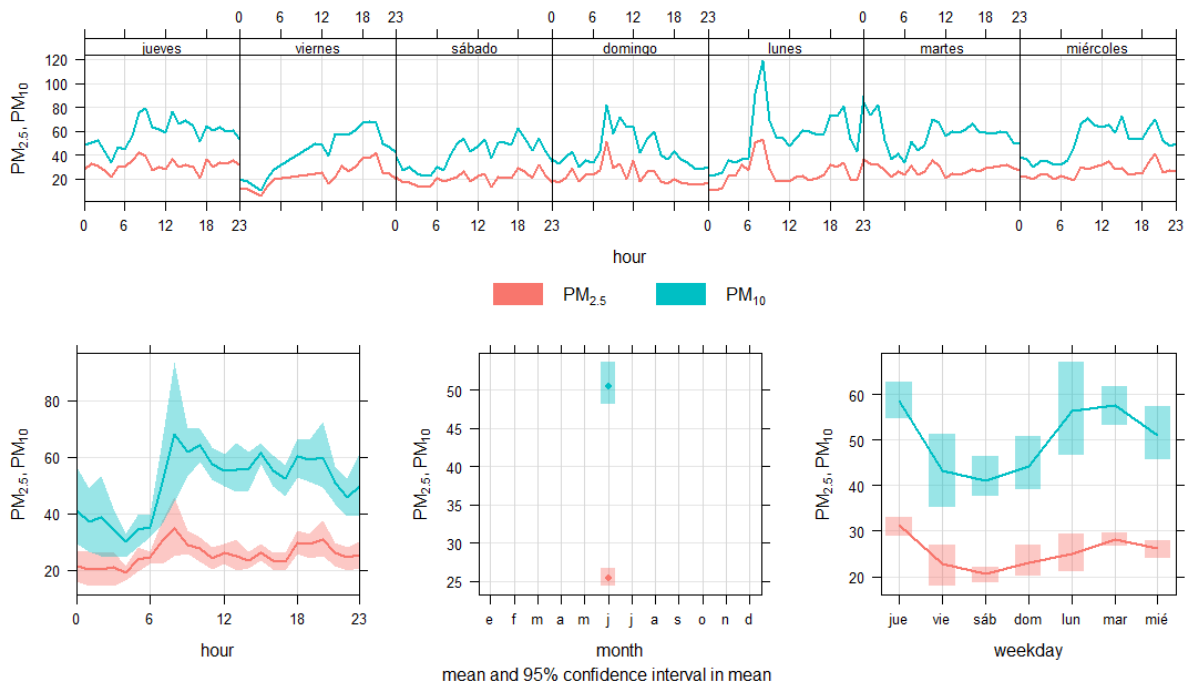
Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 6: Gráfico polar de las concentraciones de $PM_{2,5}$ para periodos diarios en la Av. Bolognesi.



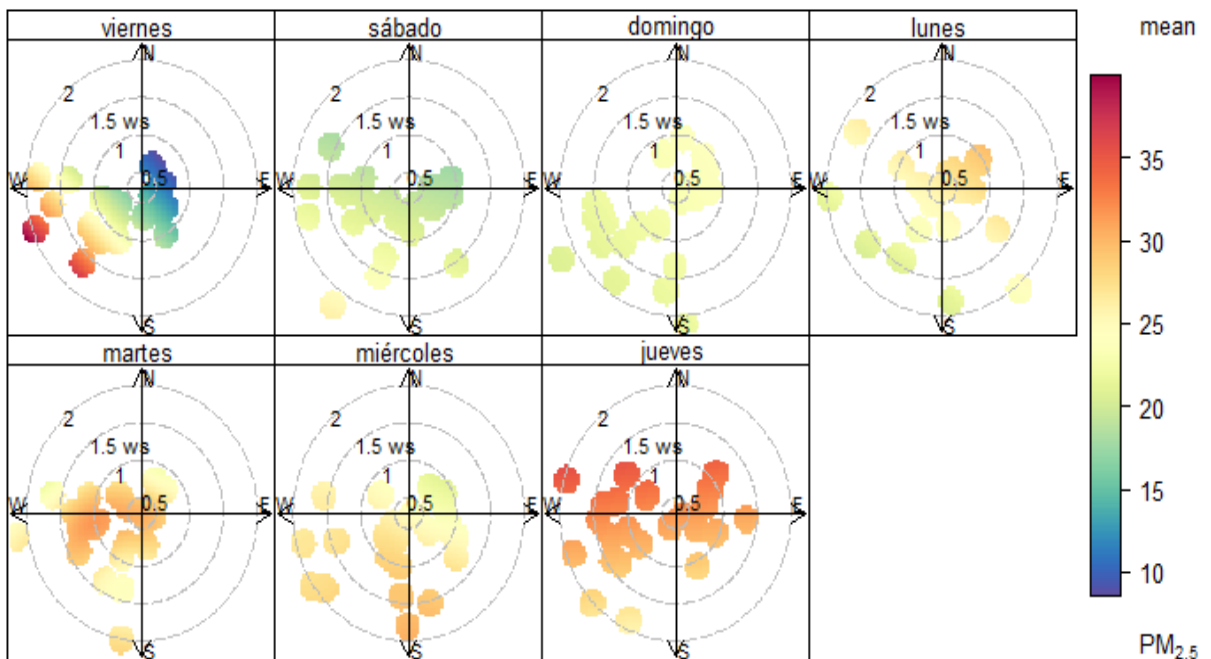
Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 7: Evolución de las concentraciones horarias de $PM_{2,5}$ y PM_{10} en la Escuela de Postgrado UNJBG



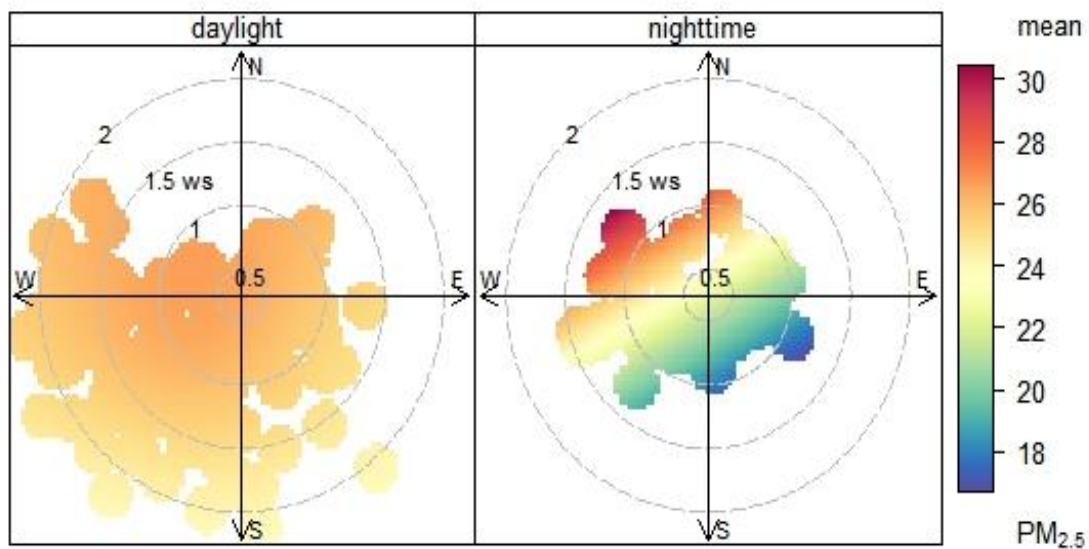
Fuente: GORET – GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 8: Gráfico polar de las concentraciones de $PM_{2,5}$ para periodos diarios en la Escuela de Postgrado de la Universidad Jorge Basadre Grohmann



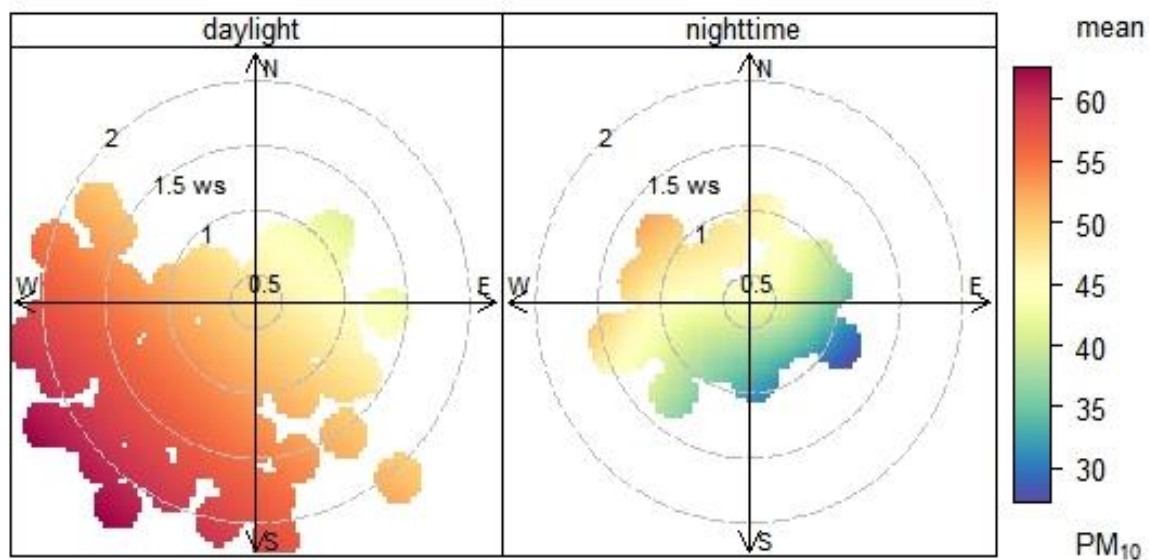
Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 9: Gráfico polar de la concentración de PM_{2,5} durante el día y la noche en la Escuela de Postgrado (ug/m³)



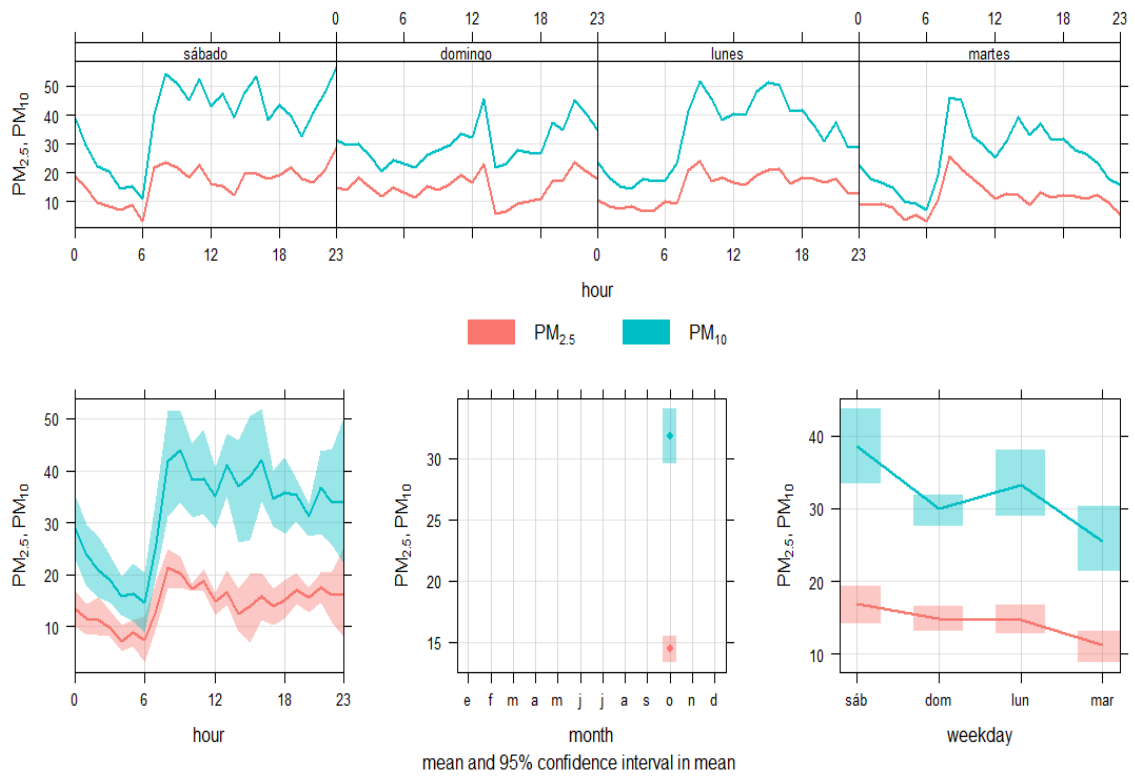
Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 10: Gráfico polar de la concentración de PM₁₀ durante el día y la noche en la Escuela de Postgrado de la Universidad Jorge Basadre Grohmann



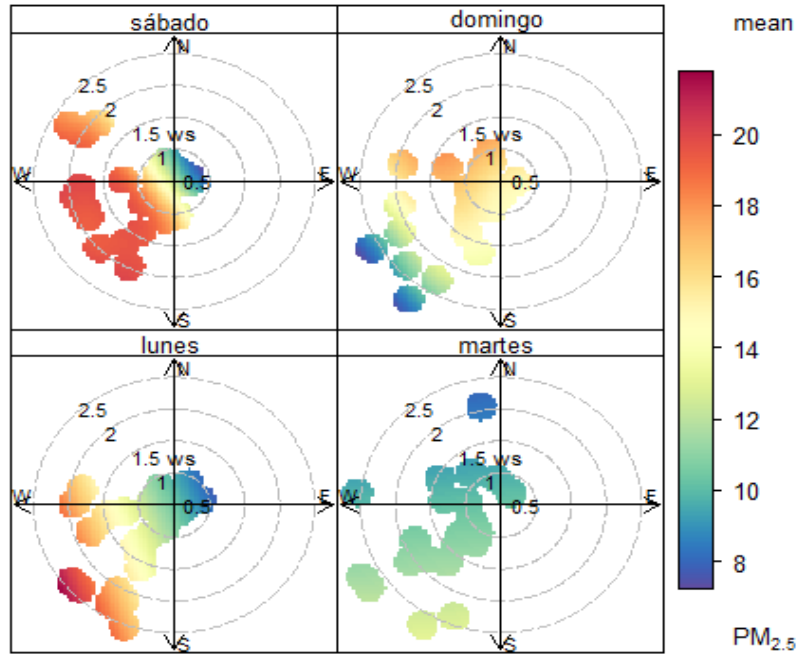
Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 11: Gráfico del comportamiento horario de las concentraciones de $PM_{2,5}$ y PM_{10} en el Gran Hotel Tacna



Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

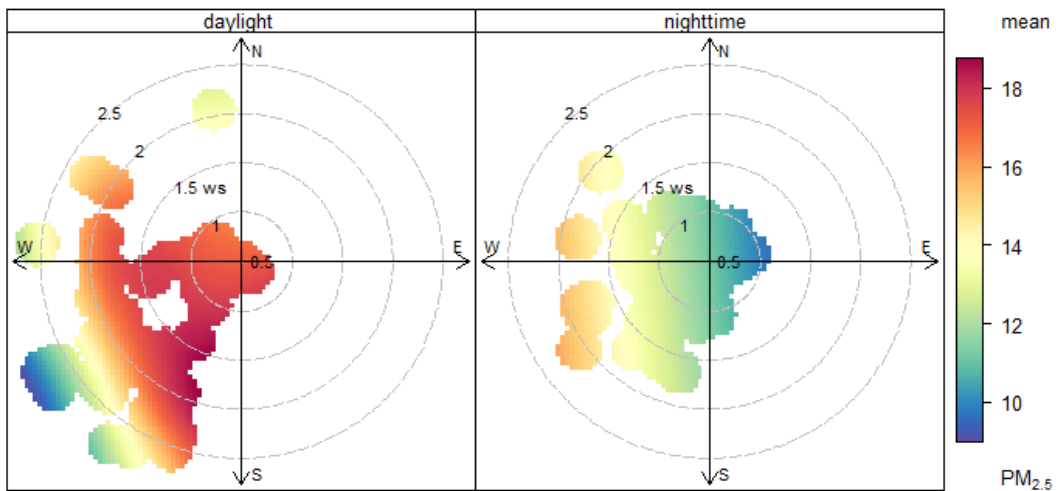
Anexo 12: Gráfico polar de la concentración de $PM_{2,5}$ para periodos diarios en el Gran Hotel Tacna



Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

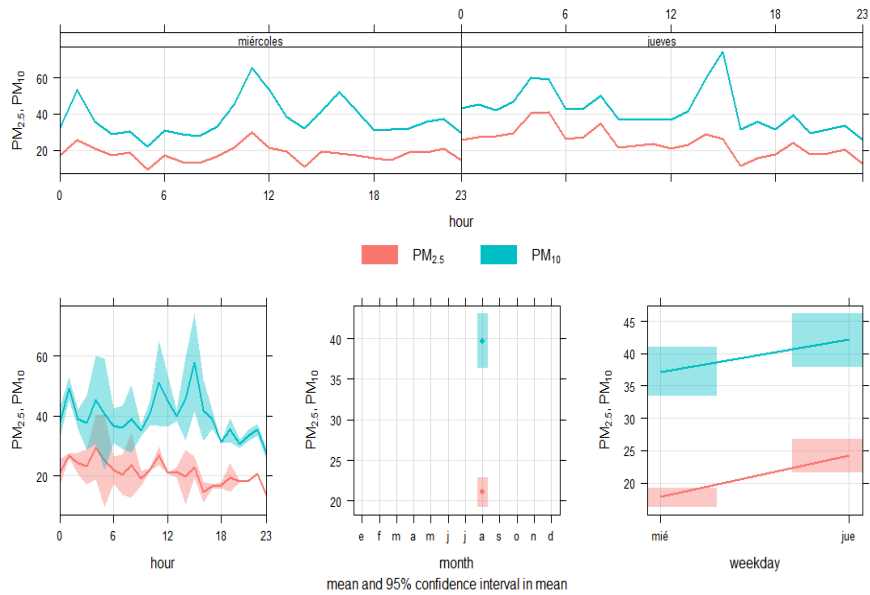
Anexo 13: Gráfico polar de la concentración de $PM_{2,5}$ durante el día y la noche en el Gran Hotel Tacna

Concentraciones medias $PM_{2,5}$ Gran Hotel Tacna



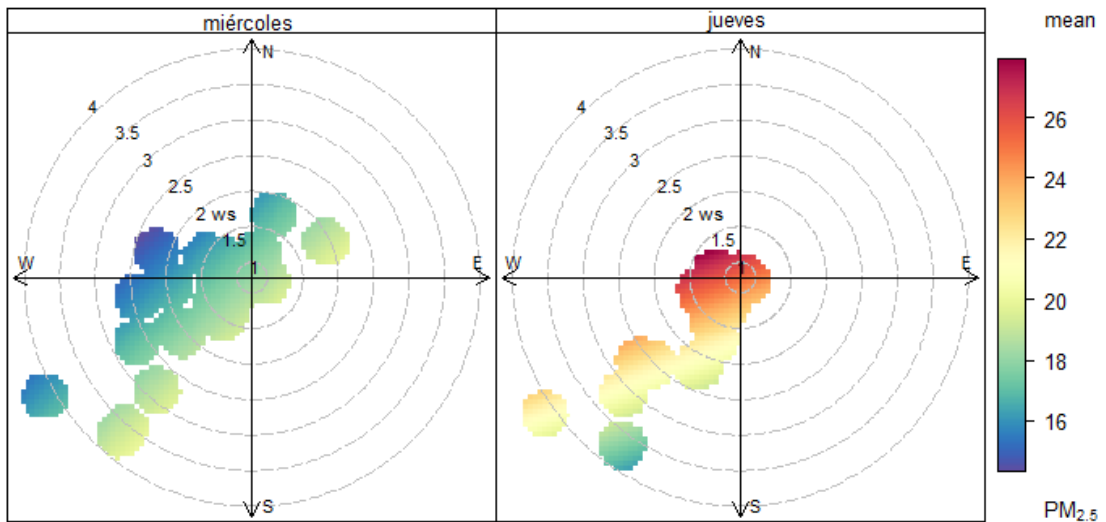
Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 14: Gráfico del comportamiento de las concentraciones de PM_{2,5} y PM₁₀ en ZOFRA TACNA



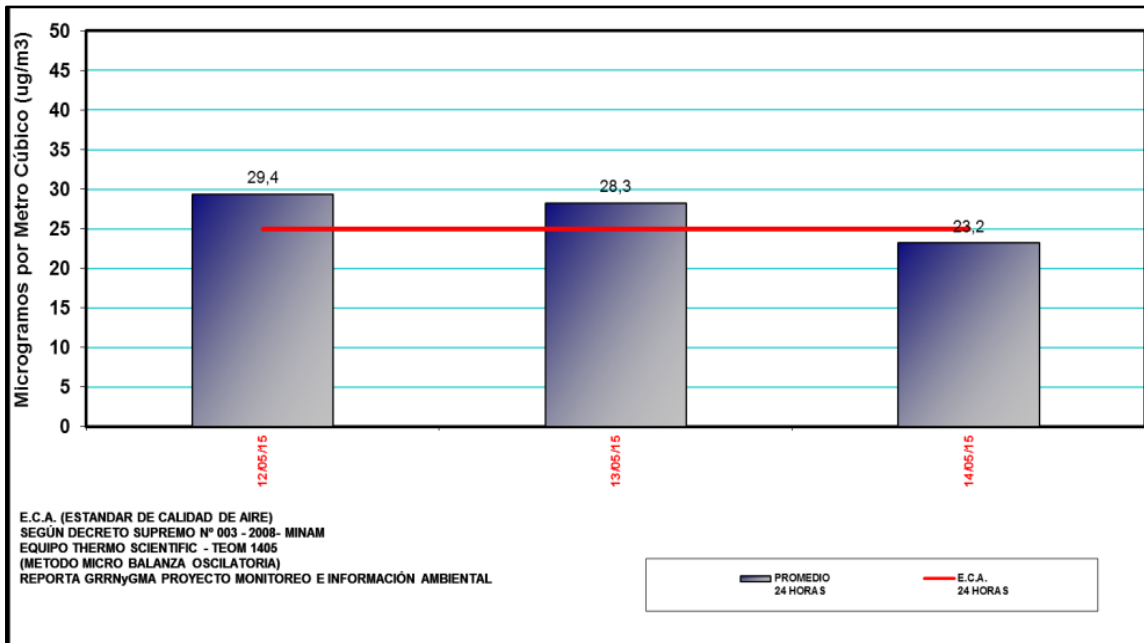
Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

Anexo 15: Gráfico polar de la concentración de PM_{2,5} para periodos diarios en ZOFRA TACNA

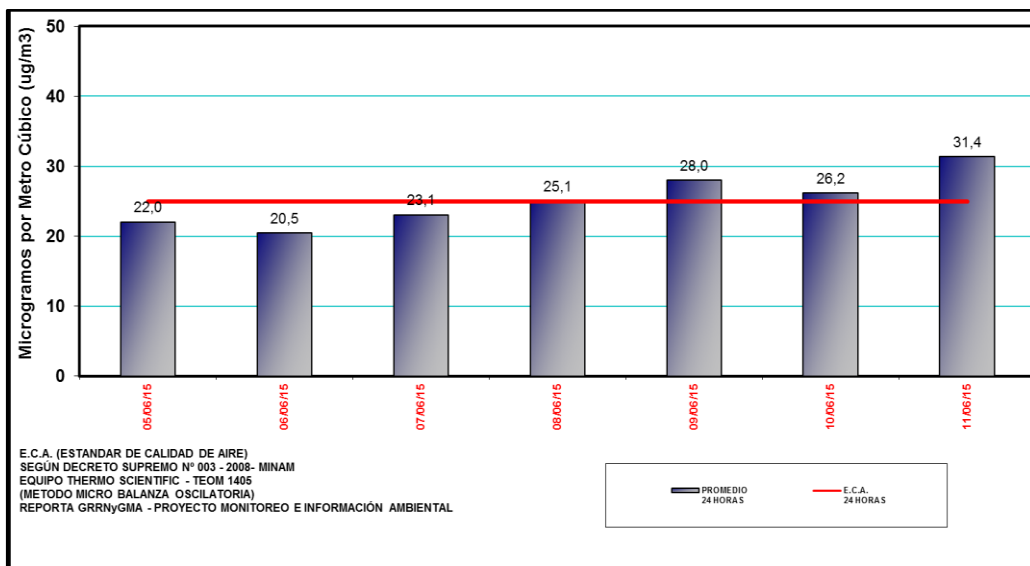


Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015.

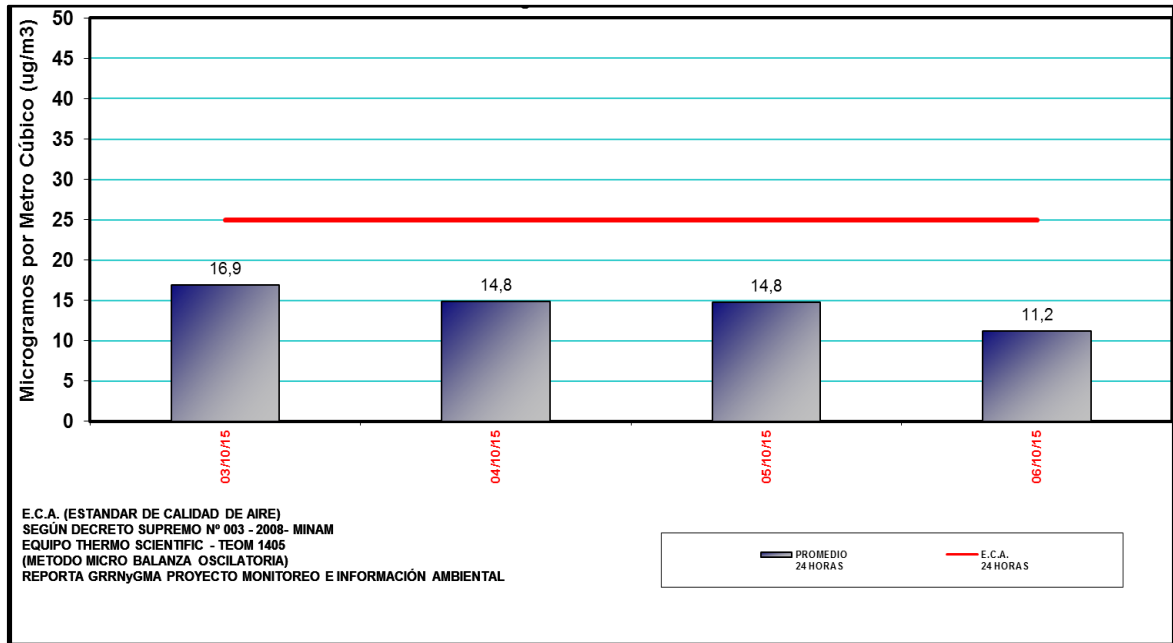
Anexo 16: Promedios diarios de PM_{2,5} en la Av. Bolognesi



Anexo 17: Promedios diarios de PM_{2,5} en la Escuela de Postgrado de la UNJBG



Anexo 18: Promedios diarios de PM_{2,5} en el Gran Hotel Tacna



Fuente: GORET - GRRNYGMA – PIP MIA, 2015

Anexo 19: Ubicación del punto monitoreo en la 3ra. Brigada de Caballería



Anexo 22: Ubicación del punto de monitoreo en ZOFRA TACNA

