

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE RESPECTO AL PARÁMETRO
MATERIAL PARTICULADO MENORES A 10 MICRÓMETROS EN EL
CONTEXTO DE LA COVID-19 EN LA CIUDAD DE PUNO**

PRESENTADA POR:

JHUNIOR FLORES CONTRERAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2023



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](#)



5.05% SIMILARITY
APPROXIMATELY

Report #16466549

JHUNIOR FLORES CONTRERAS EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE RESPECTO AL PARAMETRO MATERIAL PARTICULADO MENORES A 10 MICROMETROS EN EL CONTEXTO DE LA COVID-19 EN LA CIUDAD DE PUNO RESUMEN El objetivo de esta tesis aborda, desde una mirada comparativa, evaluar la calidad de aire antes y durante el contexto de la Covid-19 respecto a los parametros de material particulado PM menores a 10 micrometros en la ciudad de Puno - Per. Bajo un diseo no experimental, de tipo correlacional causal, para la obtencion de datos 1) se recopil informacin secundaria de trabajos previos antes de la pandemia, 2) se realiz dos muestras particulares durante la pandemia utilizando el equipo Hi-Vol marca thermo y 3) comparacin de datos a travs de la prueba t-student. Se concluye que, antes de la pandemia Covid-19, las 03 muestras obtenidas tienen una concentracin de 50.8 ug/m³, de 87.0 ug/m³ y de 49.0 ug/m³, respectivamente, indicando medidas que estn por debajo de los valores

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE RESPECTO AL PARÁMETRO
MATERIAL PARTICULADO MENORES A 10 MICRÓMETROS EN EL
CONTEXTO DE LA COVID-19 EN LA CIUDAD DE PUNO**

PRESENTADA POR:

JHUNIOR FLORES CONTRERAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

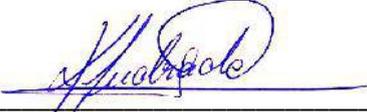
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:: 
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Meteorología y Ciencias Atmosféricas

Especialidad: Contaminación del Aire

Puno, 27 de marzo del 2023

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi padre Antonio Flores Paripanca y a mi madre, que descansen en paz, Maria Contreras M., quienes me apoyaron y guiaron por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante en las dificultades.

A mis queridos hermanos Grover y Jorge, que son el impulso que me inspira a seguir adelante que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo, y junto a ellos aprendí la gran importancia de la familia en general porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A todos mis amigos(as) que me han apoyado durante toda mi formación profesional y durante la ejecución del presente proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos de Puno, en especial a la escuela profesional de ingeniería ambiental, por las enseñanzas de sus docentes forman profesionales de gran sabiduría científica y técnica en las Ciencias de la Ingeniería Ambiental.
- Al M.Sc. Cano Ojeda Julio Wilfredo por su apoyo como asesor del presente proyecto de investigación, por sus valiosos consejos y por sus diferentes contribuciones y observaciones.
- Boris Blanco Gallegos, amigo que me apoyó en la ejecución del presente proyecto de investigación.
- Al Biólogo Herly Yury Isidro Gonzales, que me apoyó en la ejecución del presente proyecto de investigación.
- A la empresa consultora Ecosouth Medio Ambiente Ingeniería y Geomatica S.R.L. Por facilitarnos la información y todos los equipos de monitoreo para los respectivos análisis realizados.
- A todos los amigos y compañeros de estudio que de una u otra manera apoyaron la ejecución del presente proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA
INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. Problema general	16
1.1.2. Preguntas específicas	16
1.2. ANTECEDENTES	16
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. Objetivo general	20
1.3.2. Objetivos específicos	20

CAPÍTULO II**MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.2. MARCO CONCEPTUAL	26
2.3. HIPÓTESIS	29
2.3.1. Hipótesis General	29
2.3.2. Hipótesis Específicas	29

CAPÍTULO III**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. ZONA DE ESTUDIO	30
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	31
3.2.1. Zona de Estudio	31
3.2.1. Población y Muestra	31
3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS	31
3.3.1. Tipo y diseño de investigación	32
3.3.2. Materiales y equipos utilizados	32

CAPÍTULO IV**EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

4.1. CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM MENORES A 10 MICRÓMETROS DEL AIRE EN LA CIUDAD DE PUNO ANTES DE LA PANDEMIA – COVID-19.	34
4.1.1. Caso 01 antes de la pandemia	34
4.1.2. Caso 02 antes de la pandemia	40
4.1.3. Caso 03 antes de la pandemia	47

4.2. CONCENTRACIÓN EN EL AIRE DE MATERIAL PARTICULADO PM MENORES A 10 MICRÓMETROS DURANTE LA PANDEMIA - COVID 19 EN LA CIUDAD DE PUNO.	54
4.2.1. Caso 01 durante la pandemia	54
4.2.2. Caso 02 durante la pandemia	61
4.2.3. Caso 03 durante la pandemia	67
4.3. CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM MENORES A 10 MICRÓMETROS EN EL AIRE, ENCONTRADOS ANTES Y DURANTE DE LA PANDEMIA EN LA CIUDAD DE PUNO.	75
4.3.1. Análisis y discusión de datos antes de la pandemia	75
4.3.2. Analisis y discusion de datos en el contexto de la pandemia	81
4.3.3. Análisis de datos comparativos	86
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Coordenadas UTM del punto de muestreo del caso 01 antes de la pandemia.	35
Tabla 02: PM10 en la ciudad de Puno por 24 horas del caso 01 antes de la pandemia.	36
Tabla 03: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 02, antes de la pandemia.	41
Tabla 04: PM10 en la ciudad de Puno por 24 horas caso 02, antes de la pandemia.	43
Tabla 05: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 03, antes de la pandemia.	48
Tabla 06: PM10 en la ciudad de Puno por 24 horas caso 03, antes de la pandemia.	49
Tabla 07: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 01, durante la pandemia.	55
Tabla 08: PM10 en la ciudad de Puno por 24 horas caso 01. durante la pandemia.	56
Tabla 09: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 02, durante la pandemia.	62
Tabla 10: PM10 en la ciudad de Puno por 24 horas caso 2, durante la pandemia.	63
Tabla 11: Coord. UTM del punto de muestreo caso 03, en el contexto de la pandemia.	68
Tabla 12: PM10 en la ciudad de Puno por 24 horas caso 3 durante la pandemia.	70
Tabla 13: PM10 en la ciudad de Puno antes de la pandemia.	77
Tabla 14: PM10 en la ciudad de Puno durante la pandemia.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de ubicación del punto de monitoreo de la calidad del aire	30
Figura 02: Ubicación geogr. del punto de muestra del caso 01 antes de la pandemia.	35
Figura 03: Análisis de temperatura caso 01, antes de la pandemia.	37
Figura 04: Análisis de la humedad relativa del caso 01, antes de la pandemia.	38
Figura 05: Distr. de frecuencia de clase de viento de caso 01, antes de la pandemia.	39
Figura 06: Represt. geogr. de la rosa de viento del caso 01, antes de la pandemia	39
Figura 07: PM10 en la ciudad de Puno caso 01 antes de la pandemia.	40
Figura 08: Ubicación geogr. del punto de muestra del caso 02, antes de la pandemia.	42
Figura 09: Análisis de temperatura del caso 02, antes de la pandemia.	43
Figura 10: Análisis de la humedad del caso 02, antes de la pandemia.	44
Figura 11: Distr. de frecuencia de clase de viento de caso 02, antes de la pandemia.	45
Figura 12: Represt. geogr. de la rosa de viento del caso 02, antes de la pandemia.	45
Figura 13: PM10 en la ciudad de Puno caso 02 antes de la pandemia.	47
Figura 14: Ubicación geogr. del punto de muestra del caso 03, antes de la pandemia.	48
Figura 15: Análisis de temperatura del caso 03, antes de la pandemia.	50
Figura 16: Análisis de la humedad del caso 03, antes de la pandemia.	51
Figura 17: Distr. de frecuencia de clase de viento de caso 03 antes de la pandemia.	52
Figura 18: Repres. geogr. de la rosa de viento del caso 03 antes de la pandemia.	52
Figura 19: PM10 en la ciudad de Puno caso 03, antes de la pandemia.	53
Figura 20: Ubicación geogr. del punto de muestra del caso 01, durante la pandemia.	55
Figura 21: Análisis de temperatura del caso 01, durante la pandemia.	57
Figura 22: Análisis de humedad del caso 01 durante la pandemia.	58
Figura 23: Distr. de frecuencia de clase de viento de caso 01, durante la pandemia.	59

Figura 24: Repres. geogr. de la rosa de viento del caso 01 en el cont. de la pandemia.	60
Figura 25: PM10 en la ciud. Puno durante la pandemia caso 01, durante la pandemia.	61
Figura 26: Ubicación geogr. del punto de muestra del caso 02 durante la pandemia.	62
Figura 27: Análisis de temperatura del caso 2, durante la pandemia.	64
Figura 28: Análisis de humedad del caso 02 durante la pandemia.	65
Figura 29: Distr. de frecuencia de clase de viento de caso 02, durante la pandemia.	66
Figura 30: Repres. geográfica de la rosa de viento del caso 02 durante la pandemia.	66
Figura 31: PM10 en la ciud Puno durante la pandemia caso 2 durante la pandemia.	67
Figura 32: Ubicación geogr. del punto de muestra del caso 03 durante la pandemia.	69
Figura 33: Análisis de temperatura del caso 03 durante la pandemia.	71
Figura 34: Análisis de la humedad del caso 03, durante la pandemia.	72
Figura 35: Distr. de frecuencia de clase de viento de caso 03, durante la pandemia.	73
Figura 36: Repres. geográfica de la rosa de viento del caso 03 durante la pandemia.	74
Figura 37: PM10 en la ciud. Puno durante la pandemia caso 03 durante la pandemia.	75
Figura 38: Análisis de las concentr. de material particulado antes de la pandemia.	77
Figura 39: Análisis de las temperaturas antes de la pandemia.	78
Figura 40: Análisis de la Humedad Relativa antes de la pandemia.	79
Figura 41: Distribución de frecuencia de clase de viento antes de la pandemia.	80
Figura 42: Rosa de vientos antes de la pandemia.	80
Figura 43: Análisis de los resultados de material particulado durante la pandemia..	82
Figura 44: Análisis de las temperaturas durante la pandemia.	83
Figura 45: Análisis de las Humedad Relativa durante la pandemia	84
Figura 46: Distribución de frecuencia de clase de viento durante la pandemia.	85
Figura 47: Rosa de vientos durante la pandemia	85
Figura 48: Comparación de PM10 en la ciudad de Puno antes y durante la pandemia.	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Informe de ensayo de laboratorio ALS	97
Anexo 02: Cálculo para la concentración de material particulado PM10	98
Anexo 03: Informe de ensayo de laboratorio ALS	99
Anexo 04: Cálculo para la concentración de material particulado PM10	100
Anexo 05: Informe de ensayo de laboratorio ALS	101
Anexo 06: Cálculo para la concentración de material particulado PM10	102
Anexo 07: Informe de ensayo de laboratorio ALS	103
Anexo 08: Cálculo para la concentración de material particulado PM10	104
Anexo 09: Informe de ensayo de laboratorio ALS	105
Anexo 10: Cálculo para la concentración de material particulado PM10	106
Anexo 11: Informe de ensayo de laboratorio ALS	107
Anexo 12: Cálculo para la concentración de material particulado PM10	108
Anexo 13: Certificado de calibración por Inacal	109
Anexo 14: Punto de Monitoreo - Jr. Oquendo y Av. La Torre	111
Anexo 15: Instalación del equipo Hi-Vol	111
Anexo 16: Verificación del filtro de cuarzo	112
Anexo 17: Instalación del equipo Hi-Vol	112
Anexo 18: Verificación del filtro de cuarzo	113
Anexo 19: Instalación del filtro de cuarzo	113
Anexo 20: Verificación del filtro de cuarzo	114
Anexo 21: Instalación del filtro de cuarzo	115
Anexo 22: Programación del Hi-Vol	116
Anexo 23: Monitoreo del Hi-Vol	116

RESUMEN

El objetivo de esta tesis aborda, desde una mirada comparativa, evaluar la calidad de aire antes y durante el contexto de la Covid-19 respecto a los parámetros de material particulado PM menores a 10 micrómetros en la ciudad de Puno - Perú. Bajo un diseño no experimental, de tipo correlacional causal, para la obtención de datos 1) se recopiló información secundaria de trabajos previos antes de la pandemia, 2) se realizó dos muestras particulares durante la pandemia utilizando el equipo Hi-Vol marca thermo y 3) comparación de datos a través de la prueba t-student. Se concluye que, antes de la pandemia – Covid-19, las 03 muestras obtenidas tienen una concentración de 50.8 ug/m³, de 87.0 ug/m³ y de 49.0 ug/m³, respectivamente, indicando medidas que están por debajo de los valores según el ECA-Aire (D.S.-003-2017-Minam); durante la pandemia se encontró concentraciones de 10.1 ug/m³, de 28.2 ug/m³ y de 35.6 ug/m³, respectivamente; denotando medidas que están por debajo de los valores según el ECA-Aire. El análisis de ambos casos nos señala que, el promedio de las concentraciones de PM₁₀ antes de la pandemia es mayor al promedio de las concentraciones de PM₁₀ en la pandemia.

Palabras clave: calidad de aire, Covid-19, ECA - Aire, material particulado y medio ambiente.

ABSTRACT

The objective of this thesis addresses, from a comparative perspective, evaluating the air quality before and during the context of Covid-19 regarding the parameters of PM particulate matter less than 10 micrometers in the city of Puno - Peru. Under a non-experimental, causal correlational design, to obtain data 1) secondary information was collected from previous works before the pandemic, 2) two particular samples were made during the pandemic using the Hi-Vol thermo brand equipment and 3) comparison of data through the t-student test. It is concluded that, before the pandemic - Covid-19, the 03 samples obtained have a concentration of 50.8 ug/m³, 87.0 ug/m³ and 49.0 ug/m³, respectively, indicating measurements that are below the values according to the ECA-Aire (D.S.-003-2017-Minam); during the pandemic, concentrations of 10.1 ug/m³, 28.2 ug/m³ and 35.6 ug/m³, respectively, were found; denoting measurements that are below the values according to the ECA-Air. The analysis of both cases shows us that the average concentration of PM10 before the pandemic is higher than the average concentration of PM10 during the pandemic.

Keywords: air quality, Covid-19, ECA - Air, particulate matter and environment.

INTRODUCCIÓN

La pandemia de la Covid-19 involucró nuevas circunstancias de modos de vida, aunque este haya sido desde una posición política, lográndose disminuir considerablemente las actividades económico productivas a nivel global y local. De esa forma, la ciudad de Puno, capital de la región del mismo nombre, se vio aminorado en su movimiento vehicular, de negocios locales, fabricación etc. estableciéndose la pregunta si existía una diferencia considerable antes de la pandemia frente a ese momento de plena pandemia en cuanto a la calidad de aire, ello teniendo en cuenta los imaginarios que se dan a una región lejana que pareciera no tener problema mayor con su alrededor, pues sus habitantes pertenecen a pueblos originarios que respetan su ecología. Situación que (re)hace pensar si estas poblaciones son únicamente rurales o si los cambios migratorios la ubican de un sector urbano (véase al respecto Branca, 2019).

En todo caso, a partir de esa pregunta se fue cumpliendo con el objetivo; para eso se involucró obtener trabajos confiables anteriores que vean el nivel de material particulado menores a 10 micrómetros, realizar los propios trabajos y así poder compararlos. De esa forma, de forma indirecta, la intención es también entender si los pobladores tienen una calidad de vida acorde a la normativa peruana.

El presente trabajo está dividido en cuatro capítulos: en el primero se presentan los problemas, antecedentes y objetivos de la tesis. En el segundo capítulo se desarrollan el marco teórico, conceptual y las hipótesis. El tercero desarrolla la población y la aplicación de los métodos según cada objetivo, así como la descripción de las herramientas utilizadas. En el capítulo cuatro se hace el desarrollo de todo el tema, la exposición de los datos divididos en tres diferentes puntos (antes, durante y su respectiva comparación).

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del caso. Cerrando con la bibliografía citada e incluyendo fotografías y documentación realizada para la ejecución de la tesis.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación atmosférica en el mundo es una de las mayores causas de enfermedades respiratorias, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se estima que aproximadamente 400 mil personas mueren al año en la región por exposición a material particulado (Simioni, 2000; Nuñez, 2019). De hecho, esta problemática va más allá de una gran cantidad de muertes, pues las altas concentraciones de contaminantes del aire tienen impacto en los ciudadanos al disminuir su calidad de vida y al causar muertes prematuras y enfermedad, así como al dañar ecosistemas; a la que vez afectan directamente las economías nacionales de los países latinoamericanos y su desarrollo económico y social (Green & Sánchez, 2013).

En Latinoamérica, sector que engloba a los denominados países en desarrollo, contienen una importante población infantil urbana, los cuales viven en condiciones de pobreza y que está más expuesta a niveles de contaminantes atmosféricos observados. En varios estudios se ha demostrado que los niveles de PM_{10} están relacionados con un aumento en la mortalidad de la población infantil, donde aquellos que están en una edad avanzada no están exentos; pero claro, “en particular los más pequeños son susceptible a las amenazas ambientales por su comportamiento y su reducida capacidad para metabolizar sustancias tóxicas” (Romieu, 2003, p.14). lo dicho anteriormente en un problema vigente,

pues como lo señala Cáceres (2015), la exposición a $PM_{2.5}$ tiene efectos negativos en la función pulmonar de escolares que viven próximos a playas contaminadas masivamente de relaves mineros. La vulnerabilidad de los niños y niñas en América Latina también está relacionada con la pobreza, la desnutrición y el medio ambiente desfavorable, con el aumento del parque automotor e industrias aumentan tanto su exposición como su susceptibilidad a los efectos de los contaminantes.

El Perú no es la excepción, según el Informe Nacional de la Calidad del Aire emitido para el 2013-2014 por parte del Ministerio del Ambiente, se ha señalado que las ciudades más contaminadas son aquellas que están en la periferia, y que los gobiernos no cumplen con la regulación del medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2014).

Entonces, se tiene claro que la influencia de las diferentes actividades en la ciudad de Puno cercado (parque automotor, restaurantes, hoteles y pizzeria), capital de la región del mismo nombre ubicado al sur peruano, tiene un impacto negativo en la atmósfera con el creciente parque automotor, congestionamiento vehicular en las avenidas principales, aumento progresivo de la actividad industrial y aumento de la polución del aire. A esto hay que sumarle además la inexistencia de políticas de gestión ambiental del aire, al igual que estudios públicos sobre los componentes del material particulado menores a 10 micras. Asimismo, por la covid-19, a diferencia de otras circunstancias, debido a todas las decisiones políticas de restricciones que se dieron a nivel nacional, todo aquello que contribuye a la contaminación ambiental se vio detenido, mostrándose así un particular escenario para conocer datos científicos sobre esta realidad y que debe ser considerado (Municipalidad de Lima, 2020), ya que a partir de estos podría plantearse atisbos de soluciones para esta problemática. En todo caso, bajo toda esta problemática, se generaron las siguientes preguntas de investigación.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la calidad del aire respecto a los parámetros de material particulado menores a 10 micrómetros en el contexto de la pandemia Covid-19 en la ciudad de Puno?

1.1.2. Problema específicas

- ¿Cuál es la concentración de material particulado PM menor a 10 micrómetros en la ciudad de Puno, antes de la emergencia sanitaria de la Covid-19?
- ¿Cuál será la concentración de material particulado PM menor a 10 micrómetros durante la emergencia sanitaria de la Covid-19 en la ciudad de Puno?
- ¿Cuál es la diferencia entre la concentración de material particulado PM_{10} en el aire encontrado antes y durante la pandemia - Covid-19, en relación a los ECA-Aire de la ciudad de Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Nivel internacional La base de datos de los monitoreos de la OMS indican que:

La calidad del aire en la mayoría de las ciudades del mundo que monitorean su contaminación atmosférica no alcanzan los niveles de seguridad señalados por los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que pone a las personas ante un riesgo adicional de enfermedades respiratorias y otros problemas de salud (OMS, 2014, p.14).

En esa línea, la investigación sobre los impactos de la contaminación atmosférica de Romieu (2003), para determinar la concentración de PM_{10} se apoyó en el método estandarizado para determinar el impacto de la contaminación atmosférica en la mortalidad y morbilidad total y por causas respiratorias, según el informe los niveles de contaminantes atmosféricos observados en este estudio son comunes en muchas zonas

urbanas donde mortalidad más alta se observó en niños de un mes o menores, Por otro lado, entre la población más pobre, la exposición a material particulado se relaciona con un aumento de la mortalidad de lactantes, lo que supone un impacto aún mayor en la sociedad tal igual en los países latinoamericanos.

De acuerdo a la investigación sobre la dispersión de material particulado, Fuentes (2016), señala que los contaminantes atmosféricos más comunes son el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, los hidrocarburos, los oxidantes fotoquímicos y material particulado PM_{10} , donde los factores meteorológicas como precipitación, brillo solar, velocidad y dirección del viento, nubosidad, altura de nubes, temperatura, entre otros; estos factores son determinante en la dispersión de un contaminante la misma que también está influenciado por la topografía, concluye que la dispersión de material particulado PM_{10} está directamente condicionada por la topografía, según los resultados las dispersiones se encuentran aproximadamente a 200 metros de los focos de emisión de contaminantes.

1.2.2. Nivel nacional

Los estudios nacionales realizados sobre la calidad del aire, cada vez tiene mayor relevancia debido al aumento de la contaminación por las diversas actividades antropogénicas.

La Municipalidad Metropolitana de Lima (2020), realizó una red de monitoreos, donde se analizaron la calidad de aire sobre la concentración del PM_{10} en cuatro estaciones durante el periodo de aislamiento social de la Covid-19, registrándose una disminución de un 58% con los valores de: depósito SAT 26.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mercado central Ramón Castilla 15.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, subgerencia de Defensa Civil - Ex Setame 19.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y Velatorio Municipal 14.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pacsi (2016), para su estudio en Lima metropolitana, a través del programa estadístico MINITAB TM versión 11.0 y calculando los promedios horario, diario, mensual, estacional (verano, otoño, invierno y primavera) y anual de los datos de PM_{10} y $PM_{2.5}$ del Digesa y del Senamhi, señala que los resultados muestran que los promedios diarios de PM_{10} no sobrepasan los Estándares de Calidad del Aire (ECA) del Perú; sin embargo los promedios anuales de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en casi todas las estaciones de monitoreo, sí superan significativamente el ECA y las guías de la OMS. La variación multianual del PM_{10} y $PM_{2.5}$ muestran una tendencia descendente moderada para el PM_{10} y leve para el $PM_{2.5}$ sin embargo es necesario tomar medidas de control para evitar su incremento.

Paredes (2016), en su tesis titulado “Relación del Material Particulado menor de 10 micras (PM_{10}) y del Dióxido de Nitrógeno (NO_2) con las Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores en niños menores de 5 años de la cuenca atmosférica de Trujillo, 2005”, con el objetivo de determinar la relación estadística que existe entre las concentraciones de Material Particulado menor de 10 micras PM_{10} y Dióxido de Nitrógeno NO_2 con las Infecciones Agudas de las Vías Respiratorias Superiores en menores de 5 años de la Cuenca Atmosférica de Trujillo reportadas en la Dirección Regional de Salud de La Libertad durante el año 2005, señala que los contaminantes como el dióxido de nitrógeno y el material particulado menor a 10 micras inciden directamente en la salud de los niños menores de cinco años de la cuenca atmosférica de Trujillo por Castillo (2016).

En los estudios obtenidos de monitoreo sobre la calidad del aire realizado por Motte (2018), los resultados del monitoreo realizados en el distrito de Ocoruro, durante la construcción de carretera Yauri – Negromayo - Imata, en la estación de monitoreo CA-18 y CA-13 en el mes de julio, nos señala que el material particulado $PM_{2.5}$ es de $221.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $63.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ exceden los ECA's de calidad de aire, debido al tránsito de maquinaria pesada hacia el depósito de material excedente (DME) del proyecto, y la estación CA-18. En el mes de julio, el material particulado PM_{10} tiene una concentración de $196.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual excede los ECA's de calidad de aire, debido al movimiento de

tierra y tránsito de vehículo pesado y liviano; en los meses de octubre 2017 y febrero 2018 las concentraciones de las tres estaciones se encuentran por debajo de los ECA's en material particulado como en gases.

Para Motocanche (2019), a través de la tesis de pregrado denominada "Evaluación de la influencia de las condiciones meteorológicas en los niveles de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la construcción del Hospital Hipólito Unánue de Tacna", en los 2 puntos de monitoreo de aire, ubicado en el Hospital Regional, en los meses de junio a setiembre de 2018 para PM_{10} registró valores de 65.73 a 98.66 $\mu g/m^3$, demostrándose así que no exceden los valores del ECA - DS 003-2017-MINAM (100 $\mu g/m^3$) a excepción del mes de agosto (113.11 $\mu g/m^3$) donde sobrepasó según el ECA, excediendo en todos sus registros el valor guía de la OMS (50 $\mu g/m^3$). Mientras que para $PM_{2.5}$ sobrepasaron el ECA en el mes de junio (69.53 $\mu g/m^3$), EMHU - 02 (63.04 $\mu g/m^3$) y en septiembre (64.40 $\mu g/m^3$).

En la tesis de Peralta (2017), titulada "Determinación del nivel de riesgo de la calidad de aire por material particulado PM_{10} en los 5 sectores del distrito de Morales - San Martín 2017", dio a conocer las diferentes concentraciones del contaminante material particulado menores o iguales a 10 microgramos en los 5 sectores de la ciudad de Morales para luego compararlo con el D.S N° 003 – 2017 MINAM (ECA - Aire), obtuvo diferentes resultados según su metodología categorizó en tres colores verde 0 > 50 $\mu g/m^3$ buena, amarillo 51 > 100 $\mu g/m^3$ moderada y rojo 101 > $\mu g/m^3$ mala, de los cuales tres sectores no presentan un riesgo a la salud y dos sectores podrían experimentar algunos problemas de salud.

1.2.3. Nivel local

Hanco (2017), en la tesis pregrado denominada "Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca", donde se tuvo como interés determinar e identificar la diferencia de concentraciones de material particulado menores a 10 micrómetros en zonas de evaluación de la ciudad de

Juliaca, se obtuvo como resultado diferentes concentraciones de material particulado de 10 micras en la ciudad urbana: en la zona oeste se tiene un promedio de $25.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para la zona centro $56.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para la zona sur este de $49.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el óvalo salida Cusco se presenta un valor alto de $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido por la salida Huancane registrando un valor de $66.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$; esta variación de resultados son influenciados por las diferentes actividades como salida Puno – zona industrial, Taparachi presenta un valor de $33.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, plaza Bolognesi presenta un valor de $29.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, salida Lampa – ladrillera presenta un valor de $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Urb. Santa Adriana – Aeropuerto presenta $46.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, salida Arequipa con $37.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y por último cerro Pocracasi presenta un valor bajo de $7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mamani & Atencio (2019), en la investigación de tesis de pregrado denominado “valoración del grado de contaminación por actividades socioeconómicas en la bahía interior del Lago Titicaca – Puno, sector Chulluni” con el objetivo de generar una línea base y conocer la situación ambiental de la bahía Interior del Lago Titicaca del centro poblado Uros Chulluni, para el muestreo de aire se estableció dos puntos, dando como resultados en las muestras de aire la concentración de PM_{10} de $33.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $23.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, según el ECA - Aire ambas muestras que están dentro del rango establecido.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de aire antes y durante el contexto de la Covid-19 respecto a los parámetros de material particulado PM menores a 10 micrómetros en la ciudad de Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los estudios sobre la concentración de material particulado PM menores a 10 micrómetros del aire en la ciudad de Puno antes de la pandemia – Covid-19.

- Determinar la concentración en el aire de material particulado PM menores a 10 micrómetros durante la Covid-19 en la ciudad de Puno.
- Comparar los niveles de concentración del material particulado PM menores a 10 micrómetros en el aire en relación al ECA - Aire, encontrado antes y durante la Covid-19 en la ciudad de Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

- **Calidad de Aire**

La calidad del aire está relacionada con el origen de los contaminantes y los puntos determinados desde donde se emiten estos contaminantes. La calidad del aire puede medirse por instrumentos altamente especializados o puede estimarse basándose en información que se obtiene a través de inventarios de emisiones. La atmósfera se limpia por acción natural mediante la lluvia y el viento. Cuando este proceso natural no es capaz de ejercer estas funciones debido a altas concentraciones de contaminantes en la atmósfera se entiende que existen problemas de contaminación de aire. El aire, al cual se la llega a denominar como atmósfera comunal, consiste mayormente de una mezcla de gases nitrógeno y oxígeno. En general, debe entenderse que las concentraciones de estos gases en la atmósfera son de 78% nitrógeno y 21% de oxígeno. El restante 1% lo constituyen otros gases (Kirill et al, 2006).

Según el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM ECA - Aire, establece que el material particulado con diámetro menor a 10 micras no debe superar el valor $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un muestreo de 24 horas.

- **Principales Contaminantes del Aire**

Para Roberts (2000), los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores, donde no sólo están considerados los geofísicos: ciclos estacionales de energía y radiaciones en superficie terrestre; o meteorológicos: dirección del viento, temperatura ambiental, humedad, etc.; sino también con aquellos factores de carácter socioeconómico, pues las presiones que ejercen la economía y el crecimiento de la población a lo largo de los años han sido determinantes en el estado actual de la calidad del aire. Es por esta razón que se señala a la contaminación del aire como uno de los principales fenómenos de la vida urbana, ya que la capacidad natural del aire para diluir los contaminantes se ha sobrecargado con el incremento de contaminantes de origen antropogénico. De forma corta, se señala entonces que 1) la población, 2) el desarrollo industrial y la 3) dependencia de los motores de combustión interna explican el incremento sostenido de las emisiones gaseosas y material particulado.

En este contexto, la rápida industrialización y el mayor número de vehículos en circulación en América Latina y el Caribe, las poblaciones constituidas principalmente por automóviles y autobuses antiguos que utilizan combustible diésel de pésima calidad, ha producido el aumento de la quema de combustibles fósiles para satisfacer la demanda de energía.

En consideración, como bien Gómez (2008), ha señalado, los contaminantes más importantes derivados de los combustibles fósiles que se emiten a la atmósfera son: el material particulado (PM), óxido de azufre (SO_2), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs).

Entonces, las partículas ambientales no son entidades químicas específicas, sino una mezcla de partículas de diferentes fuentes, tamaño, composición y propiedades. Dependiendo de la fuente de origen las partículas ambientales se clasifican como

primarias y secundarias. Las primarias son aquéllas que se emiten directamente de las fuentes, por ejemplo: material geológico y/o biológico suspendidos en el aire, así como también productos de la combustión. Las partículas secundarias son formadas por medio de reacciones químicas en la atmósfera. Otra clasificación de las partículas se basa en su diámetro aerodinámico. Así tenemos partículas gruesas ($\leq 10\mu\text{m}$), finas ($\leq 2.5\mu\text{m}$) y ultra finas ($\leq 0.1\mu\text{m}$). Estas últimas 3 han sido las más estudiadas en años recientes debido a sus efectos adversos en la salud (Roberts, 2000).

En todo caso, se define como la presencia de partículas, materias o formas de energía que representan un riesgo y generan disturbios o daños para las personas, el ambiente y bienes de cualquier naturaleza. Legalmente, según el Decreto Supremo 074-2001-PCM, se define como la “sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y bienestar humano” (Soto, 2015, p. 45).

- **Material Particulado (PM_{10})**

El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Meszaros, 1999), que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas. Las partículas atmosféricas pueden ser emitidas por una gran variedad de fuentes de origen natural o antropogénico. Respecto a los mecanismos de formación, las partículas pueden ser emitidas como tales a la atmósfera (primarias) o bien ser generadas por reacciones químicas (partículas secundarias). Dichas reacciones químicas pueden consistir en la interacción entre gases precursores en la atmósfera para formar una nueva partícula por condensación, o entre un gas y una partícula atmosférica para dar lugar a un nuevo aerosol por adsorción o coagulación (Kirill et al., 2006).

En todo caso, se puede entender como la “mezcla de partículas sólidas microscópicas y gotas líquidas suspendidas en el aire (aerosoles), el cual se clasifica de acuerdo a su tamaño, en partículas con diámetro menor a 10 micras, 2.5 micras y 1 micra” (Pulgar, 2014, p. 87).

El material particulado además se puede clasificar según sus propiedades aerodinámicas como son el transporte y remoción de partículas en la atmósfera, interviene en sus procesos de deposición dentro del sistema respiratorio y se ven asociadas conforme a la fuente y composición química. Dichas propiedades aerodinámicas se relacionan con el diámetro aerodinámico y este se define como el “diámetro de una esfera con las mismas características aerodinámicas que la partícula”. Esto demanda su muestreo, estudio y descripción sobre la base del tamaño de la partícula (Martin, 2005).

Según Air Now (2015), la contaminación por partículas, también llamadas partículas o PM, es una mezcla de sólidos y líquidos que flotan en el aire. Algunas partículas se liberan directamente de una fuente específica, mientras que otras se forman en las reacciones químicas complicadas en la atmósfera. Las partículas vienen en una amplia gama de tamaños. Las partículas menores o iguales a 10 micrómetros de diámetro son tan pequeñas que pueden entrar en los pulmones, que puede causar problemas de salud graves. Diez micrómetros es menor que la anchura de un cabello humano.

El PM_{10} y $PM_{2.5}$ provienen tanto de fuentes móviles por el uso de combustibles fósiles, como de fuentes fijas y fuentes naturales; las primeras son las que contribuyen en un mayor porcentaje en las áreas urbanas. Los valores vigentes de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de Aire para material particulado PM_{10} son $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor promedio de 24 horas; mientras que el Valor Guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es el mismo valor promedio anual del ECA nacional. Para el material particulado $PM_{2.5}$, el valor es $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que coincide con el Valor Guía de la OMS. El impacto en la salud del material particulado está ampliamente documentado y se

asocia principalmente con mortalidad prematura de causa cardiovascular y respiratoria, cáncer pulmonar e incremento de admisiones hospitalarias por asma y otras enfermedades (Ministerio del Ambiente, 2014, p. 7).

- **Contaminación del aire**

La contaminación del aire es la alteración nociva del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio (contaminante), causando inestabilidad, desorden, daño o malestar en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. La contaminación del aire generalmente se refiere a los contaminantes generados por las actividades humanas (contaminantes antropogénicos). El uso de servicios como: la electricidad, medios de transporte, cocción de alimentos o de agua, etc., y la fabricación de bienes de consumo como: alimentos, medicinas o productos de limpieza, etc., produce contaminantes al aire (González, 2009).

- **Tráfico vehicular**

Según Nelson (2006), el tráfico vehicular es la consecuencia de múltiples factores sociales, culturales, económicos y políticos que se presentan en las principales ciudades del mundo. La contaminación ambiental se genera por diversos factores, sin embargo, a la fecha es resultado de la gran producción de partículas contaminantes de vehículos motorizados principalmente en zonas urbanas.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Aire**

El Ministerio del Ambiente (2016), da a conocer que el aire es una mezcla de gases oxígeno 20.95%, nitrógeno 78.08%, dióxido de carbono 0.03% y otros gases 0.94 %, conocida como atmósfera que tiene diferentes partes: La troposfera es la parte más próxima a la superficie y donde más oxígeno y vapor de agua, y se producen los

fenómenos meteorológicos, la estratosfera está por encima de la troposfera, tiene menos aire y menos oxígeno.

- **calidad**

La calidad se enfoca en la detección de defectos, lo cual en las diferentes áreas trabajan bajo el enfoque de superioridad o excelencia basado en estándares (Arias 2007)

- **Calidad del aire**

La calidad del aire está determinada por su composición, que contiene varias sustancias diferentes, “La presencia o ausencia de varias sustancias y sus concentraciones son los principales factores determinantes de la calidad del aire” (Bicentenario del Perú, 2021). Los contaminantes son importantes indicadores para medir la calidad del aire que se expresa mediante la concentración o intensidad de contaminantes, por la presencia de microorganismos, o la apariencia física como son el dióxido de azufre y las partículas de polvo y suciedad. La apariencia física del aire se puede medir.

- **Material particulado (PM)**

Según el concepto “PM significa material particulado (también llamado contaminación por partículas): el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico” (EPA, 2018, p. 1)

PM10: partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores; Tome como referencia un solo cabello de su cabeza. En promedio el cabello humano mide, aproximadamente, 70 micrómetros de diámetro, lo que lo hace 30 veces más grande que la partícula fina más grande (EPA, 2018, p. 1).

- **Temperatura**

La temperatura según Inzunza (2006, p. 85) “es la propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el grado de caliente o frío relativo y de la observación de que las variaciones de calor sobre un cuerpo producen una variación de su temperatura, mientras no se produzca la fusión o ebullición”.

- **Humedad relativa**

Pebt, (2017, p. 1) “Es una variable climática de primera magnitud muy relacionado, a través de diversos mecanismos físicos, con la nubosidad, la precipitación, la visibilidad y de forma muy especial con la temperatura: la cantidad de agua en forma de vapor puede encontrarse en la atmósfera es función directa de la temperatura”, por lo general la humedad relativa sigue un ritmo diario cambiando la humedad, de baja durante el día a muy alta en la noche cuando el aire se enfría.

- **Presión atmosférica**

La presión atmosférica es el peso de la columna de aire que hay sobre cualquier punto o lugar de la tierra y es por tanto el peso por unidad de superficie, cuanto mayor es la altura, menor es la presión atmosférica y cuanto menor es la altura y más se acerque a nivel del mar, mayor será la presión. (sailandtrip, 2016).

- **Rosa de los Vientos**

Es un diagrama que muestra la distribución temporal de la dirección de los vientos y distribución de sus velocidades en un determinado sitio o área. (Gaspar, Brian, Esteban, & Fanny, 2019).

- **Covid-19.**

La Covid-19 es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus SARS-CoV-2, que se propaga de persona a persona a través de gotitas, partículas acuosas o aerosoles

expulsados por individuos infectados al momento de hablar, toser o estornudar. (Minsa, 2021).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis General

- Existe diferencia entre la calidad de aire antes y durante el contexto de la Covid-19 en relación a los ECA de material particulado PM menores a 10 micrómetros en la ciudad de Puno.

2.3.2. Hipótesis Específicas

- La calidad ambiental del aire referentes al material particulado PM_{10} micrómetros antes de la pandemia superan los ECA-Aire.
- El parámetro de contaminación ambiental durante la emergencia sanitaria en referencia al material particulado ha disminuido, serán menores a $100 \mu g/m^3$ de acuerdo a los ECA-Aire.
- Los niveles de concentración PM_{10} durante la emergencia sanitaria por la Covid-19 no superan a los ECA del aire, a diferencia de estudios anteriores a la pandemia; lo cual pone en evidencia que las actividades económicas diarias afectan la calidad de vida de la población puneña.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

Ciudad de Puno: Cercado de Puno, capital de distrito, provincia y del departamento de Puno, está ubicado a orillas del lago Titicaca a 3.827 msnm., lago navegable más alto del mundo. Se encuentra en la región de la sierra a los 15° 50' 26" de latitud sur, 70° 01' 28" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. El clima de Puno es frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada.

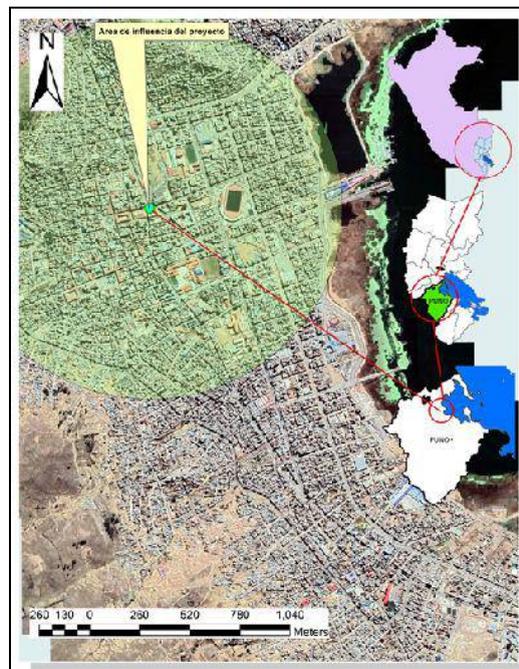


Figura 01, Mapa de ubicación del punto de monitoreo de la calidad del aire

sincronizado con sas planet y arcgis

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. Zona de Estudio

La ciudad de Puno tiene una extensión mayor a 17 km², diferenciándose entre Puno cercado y Puno periférico, siendo el primero de estos la zona con mayor actividad económica cotidiana por la presencia del parque automotor, restaurant, pollerías, pizzeria, oficinas, mercados, etc.

3.2.1. Población y Muestra

Como se señaló anteriormente, el área de la ciudad de Puno es de 17 km², estableciéndose como la población de la presente investigación. Entonces, la muestra de esta investigación comprende el área de 01 km² de radio en promedio, circunscribiendo los barrios de Bellavista, Mercado Central, Huáscar, Huajsapata y Laykakota.

3.3 METODOS Y TECNICAS

Para la presente investigación se aplicó la siguiente metodología:

- **Objetivo 01**

Se recopiló información de trabajos previos realizados de actividades realizadas en la ciudad de Puno. Fue la empresa Ecosouth medio ambiente ingeniería y geomática S.R.L. de donde se obtuvieron, por medio de una solicitud, datos referidos para la investigación.

Para la sistematización de datos, se utilizó las fichas bibliográficas.

- **Objetivo 02**

Para la evaluación de la calidad de aire en un contexto de la pandemia, se utilizó el equipo Muestreador para material particulado PM₁₀ de alto volumen (Hi-Vol), método gravimétrico recomendado por el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire

emitido por el MINAM. Las muestras se enviaron al laboratorio ALS Corplab – Arequipa con una partida de cadena de custodia las cuales en un tiempo de 45 días se obtuvieron los resultados del análisis. Esta elección se da debido a que el laboratorio cuenta con certificación INACAL y el método de análisis aprobado; finalmente se procesó y sistematizó la información utilizando datos meteorológicos del Senamhi para su interpretación y análisis de los resultados.

- **Objetivo 03**

En consideración a los trabajos realizados anterior a la pandemia y la nueva información recabada de esta investigación, se realizó la comparación respectiva en consideración a los parámetros que subyacen a una evaluación de la calidad del aire. Se realizó una triangulación de datos que abarcan los registros y la teoría. A ello se suma el análisis estadístico con el programa estadístico t-student, se interpretaron y analizaron los resultados en base a los ECA- Aire

3.3.1. Tipo y diseño de investigación

Diseño de investigación: No experimental

Tipo de investigación: Correlacional Causal

Método: Deductivo

Enfoque: Cuantitativo

3.3.2. Materiales y equipos utilizados

- Guantes de nitrilo
- Filtros de microfibra de cuarzo PM_{10}
- Bolsa de plástico y papel sobre
- Datos meteorológicos de Puno

- Planos de la ciudad de Puno
- Imagen satelital Landsat.
- Hi-Vol marca Thermo.
- Manómetro.
- GPS Navegador.
- Cámara fotográfica.
- 01 computadora (Core i7).
- ArcGIS 10.5
- Wrplot 08.2

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM MENORES A 10 MICRÓMETROS DEL AIRE EN LA CIUDAD DE PUNO ANTES DE LA PANDEMIA – COVID-19.

Para el desarrollo de este subcapítulo, se mostrarán los trabajos últimos realizados sobre material particulado enfocados únicamente en el contexto inmediato del cercado de la ciudad de Puno; dichos trabajos han sido realizados en su totalidad por la empresa Ecosouth Medio Ambiente Ingeniería y Geomática S.R.L. para brindar consultorías particulares; es decir, ninguno de estos informes ha sido revelado por instituciones estatales.

4.1.1. Caso 01 antes de la pandemia

En el caso 01, el muestreo fue realizado en el año 2017 para el mes de mayo. Según el informe de ensayo, se inició a las 09:15 horas del día 08, culminando el día 09 a las 09:15 horas, por ende el tiempo de muestreo es de 24 horas.

La información es obtenida de la consultora Ecosouth Medio Ambiente Ingeniería y Geomática S.R.L., donde, según el informe de ensayo N° 25038/2017, donde el filtro de cuarzo con código 40205319 proveniente del laboratorio ALS laboratory group, con un peso inicial de 4,27151 gramos y peso final del filtro de cuarzo 4,30125 gramos, ver (Anexo N° 01), para el muestreo del material particulado PM_{10} se utilizó el equipo Hi-Vol marca thermo scientific calibrado y certificado por el instituto nacional de calidad INACAL.

La estación de muestreo según el informe de ensayo tiene la ubicación en el cercado de la ciudad de Puno con las coordenadas UTM como se muestra en la tabla 1 y la figura 2, que está dentro de la influencia del proyecto de investigación.

Tabla 01: Coordenadas UTM del punto de muestreo del caso 01 antes de la pandemia.

Ubicación	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte	Este	
P01-CA	8249267	389820	Av. La Torre 4ta cuadra

Nota: Las unidades de las coordenadas son metros (m), el elipsoide de referencia es Datum WGS 84 y la proyección es UTM Zona 19 sur.

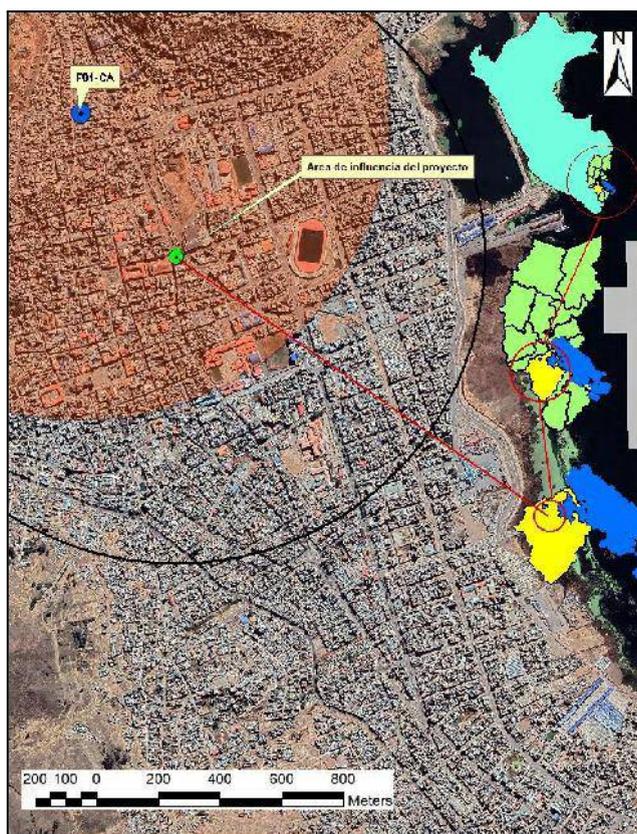


Figura 02: Ubicación geográfica del punto de muestra del caso 01 antes de la pandemia.

Sincronizado con Sasplanet y ArcGis.

4.1.1.1. Cálculo de la concentración de material particulado del caso 01 antes de la pandemia.

Los datos meteorológicos son fundamentales y necesarios en todo monitoreo y/o muestreo de la calidad ambiental del aire, ya que las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa (HR), presión atmosférica y rosa de viento) intervienen en la dispersión, deposición y transporte de los contaminantes.

En la Tabla 2 se muestra la concentración de material particulado menores o iguales a 10 micras de la ciudad de Puno, donde la estación P01-CA presenta PM_{10} $29.4 \mu g/m^3$, con $T^\circ 10^\circ C$, HR 59%, presión y atmosférica 462 mbar, donde se calculó la concentración mediante el software (determinación de material particulado PM_{10}) en ug/m^3 , ver (Anexo N°02).

Tabla 02: PM_{10} en la ciudad de Puno por 24 horas del caso 01 antes de la pandemia.

Estación	Código	Fecha de muestreo	Una sola lectura por 24 horas concentración de pm_{10} (ug/m^3)	Presión Atmosférica (mBar)	HR (%)	T° ($^\circ C$)
Av. La Torre 4ta Cuadra	P01-CA	08 al 09/06/2017	29.4	462	59	10

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017) y Ecosouth S.R.L.

a. Temperatura

Los datos de la temperatura se obtuvieron de una estación hidrometeorológica tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud 15°49'34.5" longitud 70°0'43.5" altitud 3.812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se han procesado la información del año 2017 del mes de mayo del día 8 y 9 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una temperatura promedio de 10°; siendo su punto más bajo para el primer día de 4:00 a 6:00 horas (4° C) y el más alto también en el primer día entre las 12:00 a 14:00 horas (16° C), como se muestra en la figura 3.

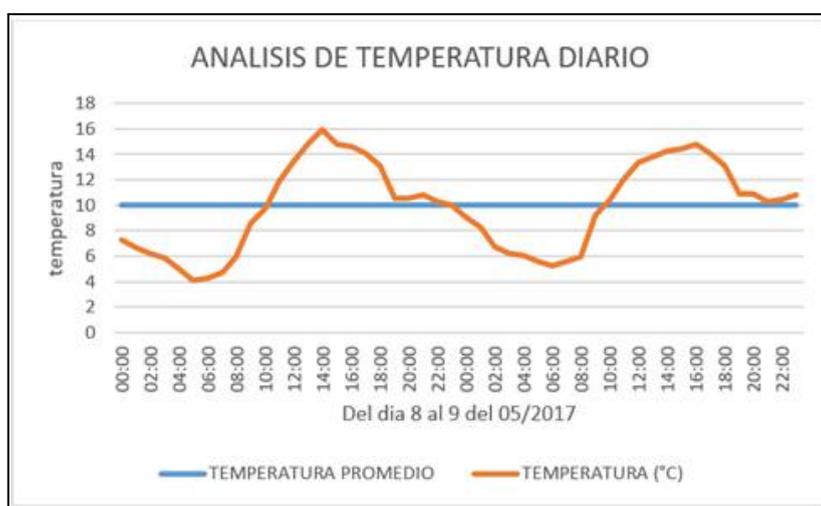


Figura 03: Análisis de temperatura caso 01, antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

b. Humedad relativa %

Los datos de la humedad relativa (HR) % se obtuvieron de una estación hidrometeorológicas tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud 15°49'34.5" longitud 70°0'43.5" altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se han procesado la información del año 2017 del mes de mayo de los días 08 y 09 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una humedad relativa promedio 42% como se muestra en la figura 4.

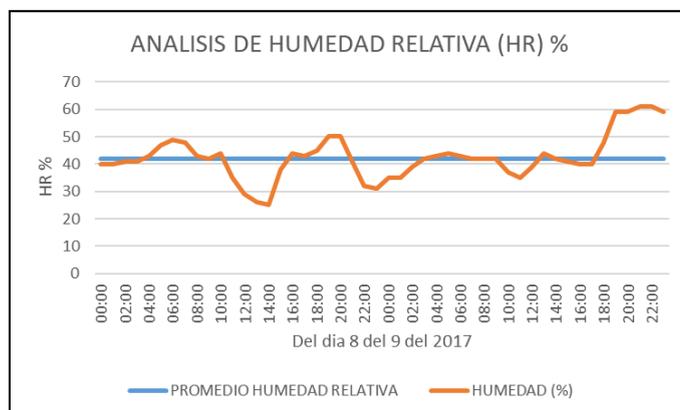


Figura 04: Análisis de la humedad relativa del caso 01, antes de la pandemia.

Fuentes: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

c. Presión atmosférica.

El parámetro de la presión atmosférica del caso 01 antes de la pandemia es de 467 mBar.

d. Rosa de viento.

Moreno & Mahecha (2019), mencionan que gracias a la rosa de los vientos y la rosa de contaminantes PM_{10} podemos identificar las zonas hacia las que se dirigen los contaminantes y determinar la velocidad del viento.

En la Figura 05, se muestra que el 37.5% de vientos predominan con velocidades de 0.50 – 2.10 m/s, el 29.2 % representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s, el 18.8% representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s y 8.3% con velocidades de 5.7 – 8.80 m/s.

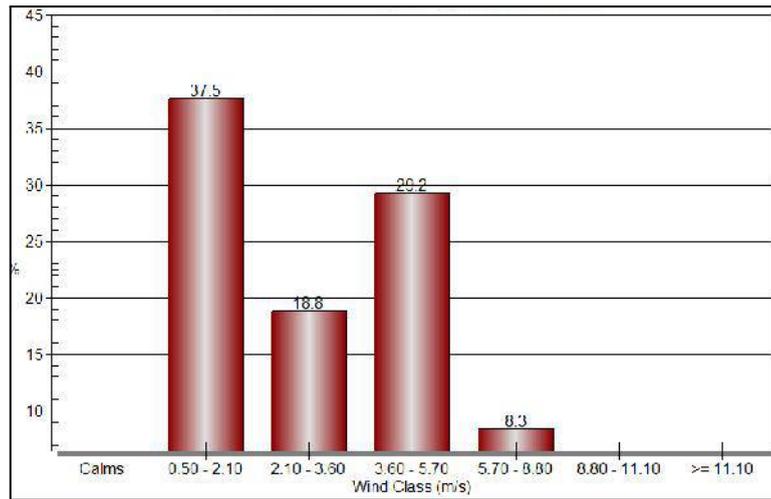


Figura 05: Distribución de frecuencia de clase de viento de caso 01, antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

En la figura 06, se aprecia el flujo de la dirección del viento y de contaminantes del punto de muestreo que son dispersados por los vientos con una mayor frecuencia de 37.5% con una velocidad de 0.50 – 2.10 m/s predominantes del noroeste con dirección a sureste y con una menor frecuencia de 8.3% con una velocidad de 5.70 – 8.80 m/s. de sureste con dirección a noroeste.



Figura 06: Representación geográfica de la rosa de viento del caso 01, antes de la pandemia

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

4.1.1.2. Resultado y discusión del Caso 01 frente al ECA - Aire antes de la pandemia.

El caso 01 muestra una calidad de aire de PM_{10} 29.4 $\mu g/m^3$, encontrándose por debajo de lo establecido según el D.S. N° 003-2017-MINAM de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire (ECA - Aire 100 $\mu g/m^3$), tal como se muestra en la figura 07. Al respecto Mamani & Atencio (2019), en su trabajo realizado en PM_{10} de 33.23 $\mu g/m^3$ y 23.45 $\mu g/m^3$ que está en el sector Chulluni” - Puno, con el objetivo de generar una línea base y conocer la situación ambiental.

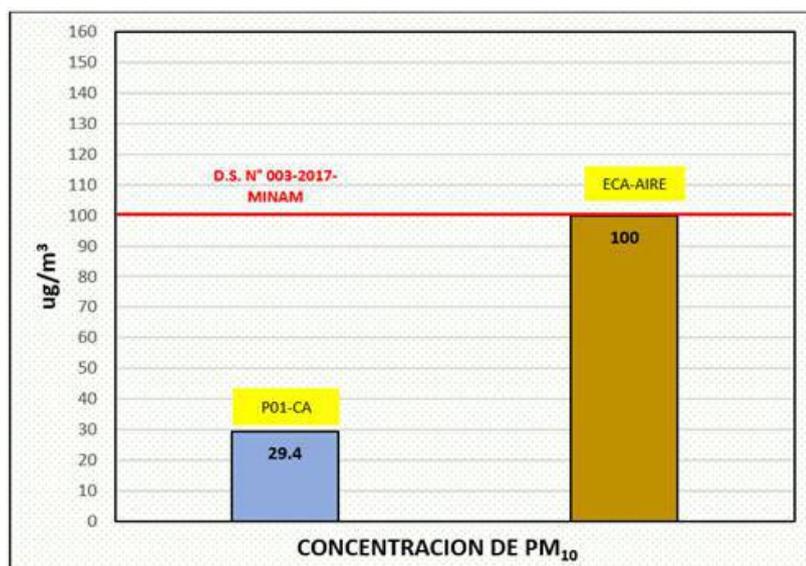


Figura 07: PM_{10} en la ciudad de Puno caso 01 antes de la pandemia.

Fuente: Ecosouth S.R.L. y Minam 2017 ECA-Aire.

4.1.2. Caso 02 antes de la pandemia

El muestreo se realizó en el año 2017 en el mes de mayo, según informe de ensayo en muestreo se inició a las 11:00 horas del día 10 culminando el día 11 a las 11:00 horas, por un tiempo de muestreo es de 24 horas.

La información es obtenida de la consultora Ecosouth medio ambiente ingeniería y geomática S.R.L., según el informe de ensayo N° 25038/2017, donde el filtro de cuarzo con código 40205321 proveniente del laboratorio ALS laboratory group con un peso inicial

de 4,28044 gramos y peso final del filtro de cuarzo 4,37131 gramos ver (Anexo N° 03), para el muestreo del material particulado PM_{10} se utilizó el equipo Hi-Vol marca thermo scientific calibrado y certificado por el instituto nacional de calidad INACAL.

La estación de muestreo según el informe de ensayo tiene la ubicación en el cercado de la ciudad de Puno con las coordenadas UTM como se muestra en la tabla 03 y la figura 08, que está próximo al área de influencia del proyecto de investigación.

Tabla 03: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 02, antes de la pandemia.

Ubicación	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte	Este	
P02-CA	8247936	390975	Av. Simón Bolívar cuadra 11

Nota: Las unidades de las coordenadas son metros (m), el elipsoide de referencia es Datum WGS 84 y la proyección es UTM Zona 19 sur.



Figura 08: Ubicación geográfica del punto de muestra del caso 02, antes de la pandemia.

Sincronizado con Sasplanet y ArcGis.

4.1.2.1. Cálculo de la concentración de material particulado del caso 02 antes de la pandemia.

Los datos meteorológicos son fundamentales y necesarios en todo monitoreo y/o muestreo de la calidad ambiental del aire, ya que las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa en % (HR), presión atmosférica y rosa de viento) intervienen en la dispersión, deposición y transporte de los contaminantes.

En la Tabla 04, se observa la concentración de material particulado menores o iguales a 10 micras de la ciudad de Puno donde, la estación P02-CA presenta PM_{10} $87.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con T° 10°C , HR 50 %, presión y atmosférica 467 mbar, donde se calculó la concentración mediante el software (determinación de material particulado PM_{10}) en ug/m^3 , ver (Anexo N° 04).

Tabla 04: PM₁₀ en la ciudad de Puno por 24 horas caso 02, antes de la pandemia.

Estación	Código	Fecha de muestreo	Una sola lectura por 24 horas concentración de pm ₁₀ (ug/m ³)	Presión atmosférica (mBar)	HR (%)	T° (°C)
Av. Simón Bolívar cuadra 11	P02-CA	10 al 11/06/2017	87.0	467	50	11

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A año (2017) y Ecosouth S.R.L.

a. Temperatura

Los datos de la temperatura se obtuvieron de una estación hidrometeorológicas tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud 15°49'34.5" longitud 70°0'43.5" altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se ha procesado la información del año 2017 del mes de mayo del día 10 y 11 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una temperatura promedio de 11° Celsius como se muestra en la figura 09.

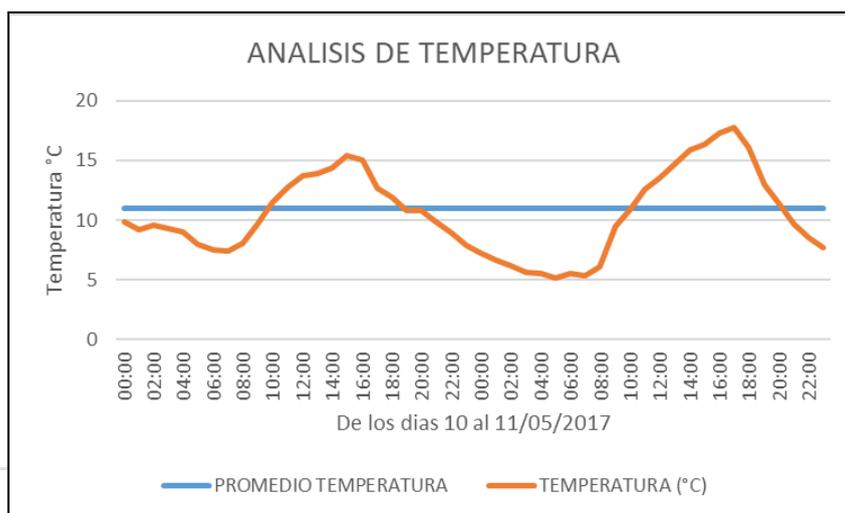


Figura 09: Análisis de temperatura del caso 02, antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

b. Humedad relativa %

Los datos de la humedad relativa (HR) % se obtuvieron de una estación hidrometeorológicas tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud 15°49'34.5" longitud 70°0'43.5" altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se han procesado la información del año 2017 del mes de mayo de los días 10 y 11 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una humedad relativa promedio 80% como se muestra en la figura 10.

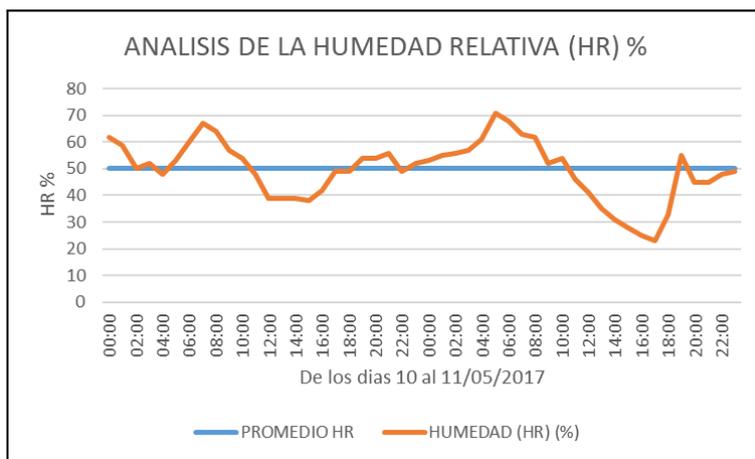


Figura 10: Análisis de la humedad del caso 02, antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

c. Presión atmosférica

El parámetro de la presión atmosférica del caso 02 antes de la pandemia es de 462 mBar.

d. Rasa de viento

Moreno & Mahecha, (2019) menciona que, gracias a la rosa de los vientos y la rosa de contaminantes PM₁₀ podemos identificar las zonas hacia las que se dirigen los contaminantes y determinar la velocidad del viento.

En la Figura 11, se muestra que el 47.9 % de vientos tienen una mayor predominancia con una velocidades de 0.50 – 2.10 m/s, el 31.3 % representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s, el 12.5 % representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s y 2.1 % con velocidades de 5.7 – 8.80 m/s y un 2.1% vientos en calma.

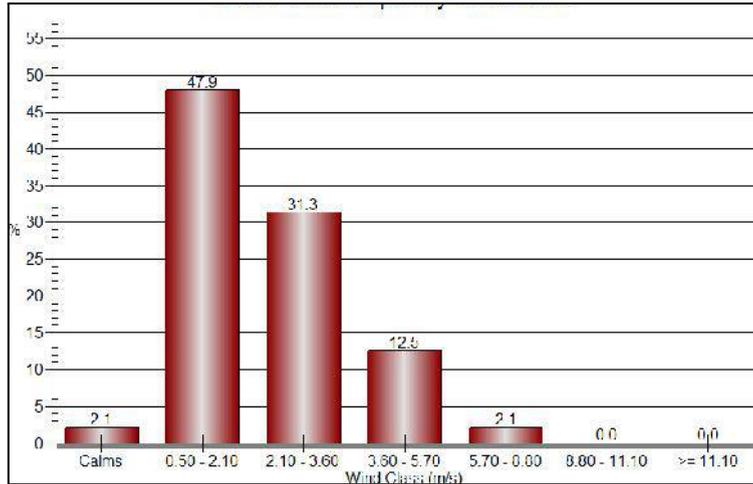


Figura 11: Distribución de frecuencia de clase de viento de caso 02, antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

En la figura 12, se muestra el flujo de la dirección del viento y de contaminantes del punto de muestreo que son dispersados por los vientos con una mayor frecuencia de 47.9% con una velocidad de 0.50 – 2.10 m/s predominantes de sureste con dirección a sureste y una menor frecuencia de 2.1% con una velocidad de 5.70 – 8.80 m/s. de noreste con dirección a suroeste.



Figura 12: Representación geográfica de la rosa de viento del caso 02, antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

4.1.2.2. Resultado y discusión del caso 02 frente al ECA - Aire antes de la pandemia.

Según el caso presentado, se tiene una calidad de aire en PM_{10} es de $87.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se encuentran ligeramente por debajo de lo establecido según el D.S. N° 003-2017-MINAM de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire (ECA - Aire $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), como se muestra en la figura 13. Entre tanto se corrobora con los resultados de la investigación realizada por Hanco (2017), en su tesis denominada "Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca", donde se tuvo como interés determinar e identificar la diferencia de concentraciones de material particulado menores a 10 micrómetros en zonas de evaluación de la ciudad de Juliaca, se obtuvo como resultado diferentes concentraciones de material particulado de 10 micras en la ciudad urbana: en la zona oeste se tiene un promedio de $25.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para la zona centro $56.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para la zona sur este de $49.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el óvalo salida Cusco se presenta un valor alto de $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido por la salida Huancané registrando un valor de $66.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$; esta variación de resultados son influenciados por las diferentes actividades como salida Puno – zona industrial, Taparachi presenta un valor de $33.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, plaza Bolognesi presenta un valor de $29.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, salida Lampa – ladrillera presenta un valor de $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Urb. Santa Adriana – Aeropuerto presenta $46.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, salida Arequipa con $37.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y por último cerro Pocracasi presenta un valor bajo de $7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

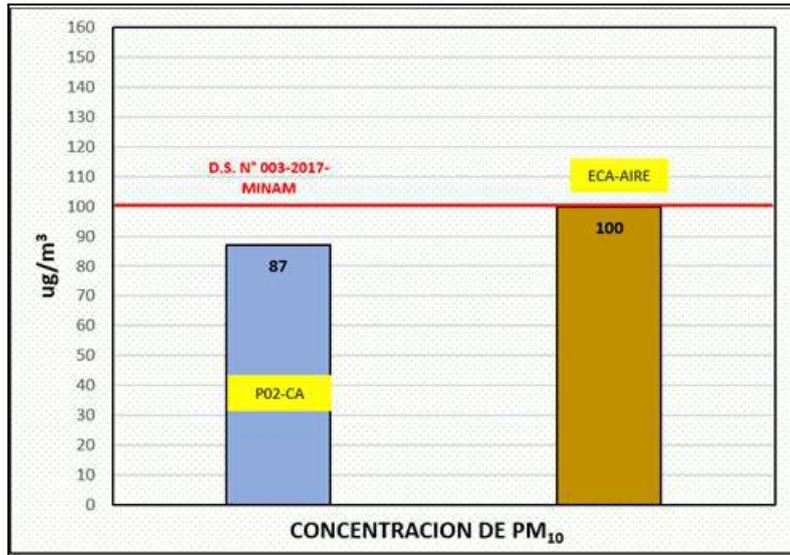


Figura 13: PM₁₀ en la ciudad de Puno caso 02 antes de la pandemia.

Fuente: Ecosouth S.R.L. y Minam 2017 ECA-Aire

4.1.3. Caso 03 antes de la pandemia

El muestreo fue realizado en el año 2020 en el mes de febrero, según informe de ensayo en muestreo se inició el día 27 a las 13:09 horas culminando el día 28 a las 13:09 horas, por un periodo de muestreo de 24 horas.

La información obtenida de la consultora Ecosouth medio ambiente ingeniería y geomática S.R.L., según el informe de ensayo N° 13111/2020, donde el filtro de cuarzo con código 420912 proveniente del laboratorio ALS laboratory group con un peso inicial de 4,28291 gramos y peso final del filtro de cuarzo 4,33709 gramos ver (Anexo N°05), para el muestreo del material particulado PM₁₀ se utilizó el equipo Hi-Vol marca thermo scientific calibrado y certificado por el instituto nacional de calidad INACAL.

La estación de muestreo según el informe de ensayo tiene la ubicación en el cercado de la ciudad de Puno con las coordenadas UTM como se muestra en la tabla 05 y la figura 14, que está dentro de la influencia del proyecto de investigación.

Tabla 05: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 03, antes de la pandemia.

Ubicación	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte	Este	
P01-CA	8249436	389948	Jr. Huaraz cuadra 1 (colegio nacional independencia)

Nota: Las unidades de las coordenadas son metros (m), el elipsoide de referencia es Datum WGS 84 y la proyección es UTM Zona 19 sur.

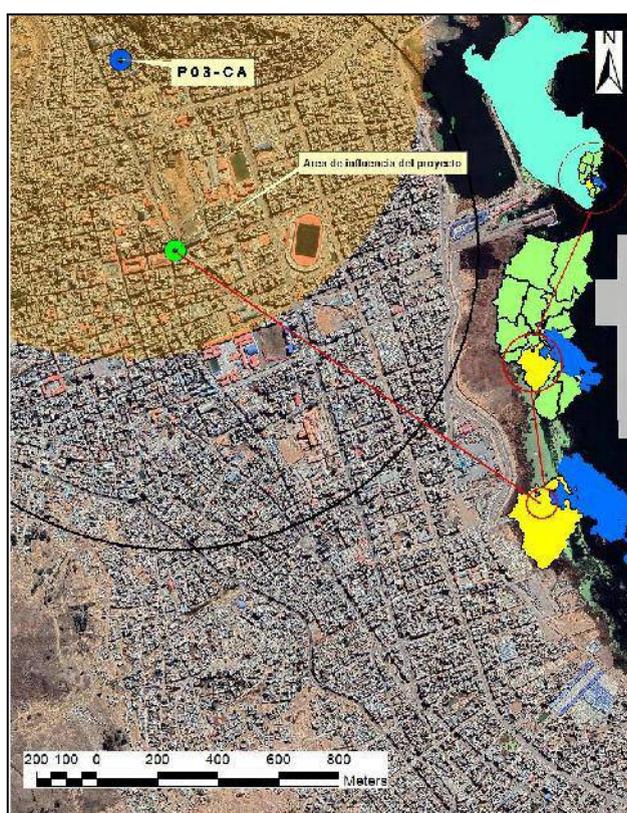


Figura 14: Ubicación geográfica del punto de muestra del caso 03, antes de la pandemia.

Sincronizado con Sasplanet y ArcGis.

4.1.3.1. Cálculo de la concentración de material particulado del caso 03 antes de la pandemia.

Los datos meteorológicos son fundamentales y necesarios en todo monitoreo y/o muestreo de la calidad ambiental del aire, ya que las variables meteorológicas

(temperatura, humedad relativa en % (HR), presión atmosférica y rosa de viento) intervienen en la dispersión, deposición y transporte de los contaminantes.

Del mismo modo en la tabla 06, se muestran la concentración de material particulado menores o iguales a 10 micras de la ciudad de Puno, donde la estación P03-CA presenta PM_{10} 49.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con T° 11 $^\circ\text{C}$, HR 80 %, presión y atmosférica 469 mbar, donde se determinó la concentración mediante el software (determinación de material particulado PM_{10}) en ug/m^3 , ver (Anexo N°06).

Tabla 06: PM_{10} en la ciudad de Puno por 24 horas caso 03, antes de la pandemia.

Estación	Código	Fecha de muestreo	una sola	presión	HR	T° ($^\circ\text{C}$)
			lectura por 24 horas de pm_{10} (ug/m^3)	atmosférica (mBar)	(%)	
Jr. Huaraz cuadra 1	P03-CA	27 al 28/02/2020	49.0	469	80	11

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A año (2017) y Ecosouth S.R.L.

a. Temperatura

Los datos de la temperatura se obtuvieron de una estación hidrometeorológica tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud $15^\circ 49' 34.5''$ longitud $70^\circ 0' 43.5''$ altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se ha procesado la información del año 2020 del mes de febrero del día 27 y 28 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una temperatura promedio de 11° Celsius como se muestra en la figura 15.

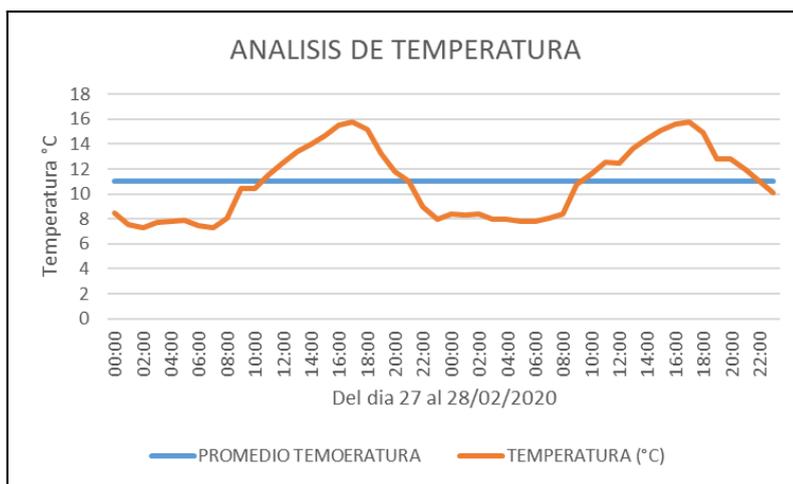


Figura 15: Análisis de temperatura del caso 03, antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

b. Humedad relativa %

Los datos de la humedad relativa (HR) % se obtuvieron de una estación hidrometeorológica tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud 15°49'34.5" longitud 70°0'43.5" altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se ha procesado la información del año 2020 del mes de febrero de los días 27 y 28 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una humedad relativa promedio 80% como se muestra en la figura 16.

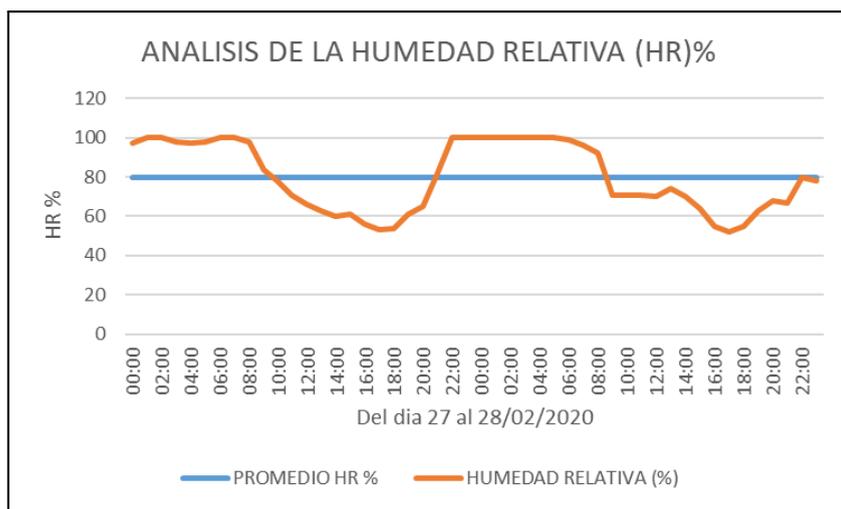


Figura 16: Análisis de la humedad del caso 03, antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

c. Presión atmosférica.

El parámetro de la presión atmosférica del caso 03 antes de la pandemia es de 469 mBar.

d. Rosa de viento.

Moreno y Mahecha (2019) mencionan que, gracias a la rosa de los vientos y la rosa de contaminantes PM_{10} podemos identificar las zonas hacia las que se dirigen los contaminantes y determinar la velocidad del viento.

De acuerdo a la Figura 17, se muestra que el 35.4% de vientos tienen una mayor predominancia con una velocidades de 0.50 – 2.10 m/s, el 33.3% representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s, el 12.5% representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s y 25.0% con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s y un 2.1% 5.70 – 8.80 m/s.

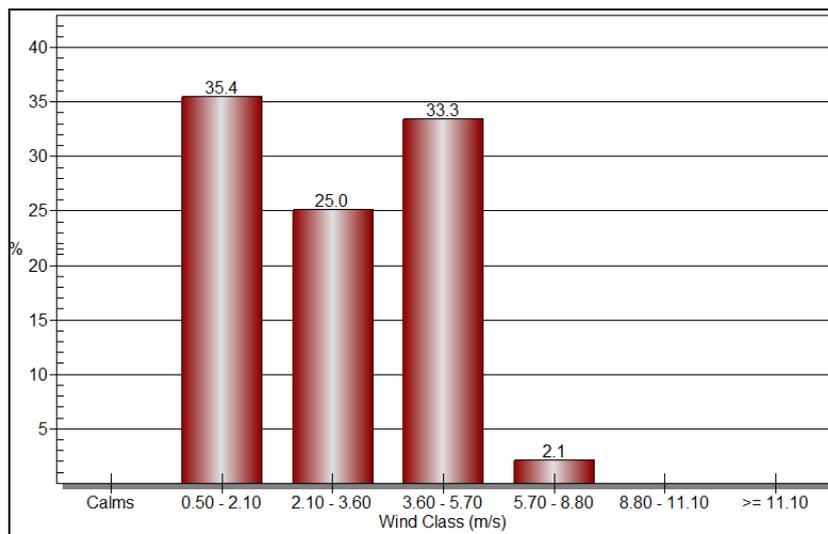


Figura 17: Distribución de frecuencia de clase de viento de caso 03 antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

En la figura 18, el flujo de la dirección del viento y de contaminantes del punto de muestreo que son dispersados por los vientos según clases de vientos de mayor porcentaje es de 35.4% con una velocidad de 0.50 – 2.10 m/s y 33.3% con una velocidad de 3.60 – 5.70 provenientes noreste con dirección a suroeste y de menor porcentaje de 2.1% con una velocidad de 5.70 – 8.80 m/s. de suroeste con dirección a noreste.



Figura 18: Representación geográfica de la rosa de viento del caso 03 antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017).

4.1.3.2. Resultado y Discusión del Caso 03 frente al ECA - Aire antes de la pandemia.

Según el caso presentado, se tiene una calidad de aire en PM_{10} $35.6 \text{ ug}/\text{m}^3$, lo cual nos muestra que está por muy debajo de los ECA – Aire que es de $100 \text{ ug}/\text{m}^3$ según el D.S. 003-2017 MINAM, como se muestra en la figura 19, donde manifiestan Mamani & Atencio (2019), en su investigación de tesis de pregrado denominado “valoración del grado de contaminación por actividades socioeconómicas en la bahía interior del Lago Titicaca – Puno, sector Chulluni” con el objetivo de generar una línea base y conocer la situación ambiental de la bahía Interior del Lago Titicaca del centro poblado Uros Chulluni, para el muestreo de aire se estableció dos puntos, dando como resultados en las muestras de aire la concentración de PM_{10} de $33.23 \text{ ug}/\text{m}^3$ y $23.45 \text{ ug}/\text{m}^3$, según el ECA - Aire ambos muestras que están dentro del rango establecido.

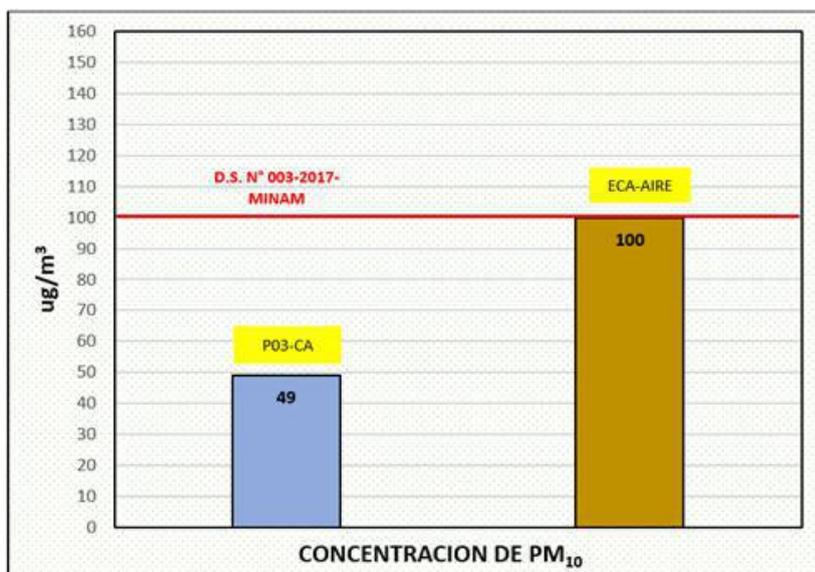


Figura 19: PM_{10} en la ciudad de Puno caso 03, antes de la pandemia.

Fuente: Ecosouth S.R.L. y Minam 2017 ECA-Aire.

4.2. CONCENTRACIÓN EN EL AIRE DE MATERIAL PARTICULADO PM MENORES A 10 MICRÓMETROS DURANTE LA PANDEMIA - COVID 19 EN LA CIUDAD DE PUNO.

La pandemia de la Covid-19, producida por una cepa mutante de coronavirus del SARS-CoV-2, se inició en China a fines de diciembre de 2019 generando en todo el mundo, una severa crisis económica, social y de salud, nunca antes vista. El 13 de enero se reportó el primer caso en Tailandia, el 19 de enero en Corea del Sur (Maguiña et al., 2020), y luego en numerosos países del mundo, debido a lo cual la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró desde 11 de marzo 2020 como una nueva pandemia mundial, no ajeno a ello Perú bajo Decreto Supremo N° 44-2020 PCM, se declara estado de emergencia sanitaria, estableciéndose la inamovilidad, lo cual configuró una nueva forma de vida donde las actividades económicas fueron limitadas. Sin embargo, para el 2021 las actividades se reanudaron progresivamente aunque con algunas medidas todos enmarcadas en estado de emergencia sanitaria.

4.2.1. Caso 01 durante la pandemia

Para la evaluación de la calidad de aire en un contexto de la Covid-19, se realizó este primer muestreo a los 54 días (16 de mayo de 2020) desde la declaratoria del confinamientos según Decreto supremo N° 44-2020 PCM, se dispone la inmovilización social obligatoria de todas las personas en sus domicilios y actividades.

Según el informe de ensayo N° 28139/2020, donde el filtro de cuarzo con código 420906 proveniente del laboratorio ALS laboratory group con un peso inicial de 4,23285 gramos y peso final del filtro de cuarzo 4,24389 gramos, ver (Anexo N° 07), para el muestreo del material particulado PM₁₀ se utilizó el equipo Hi-Vol marca thermo scientific calibrado y certificado por el instituto nacional de calidad INACAL.

La estación de muestreo se ubicó en el cercado de la ciudad de Puno con las coordenadas UTM como se muestra en la tabla 07 y la figura 20.

Tabla 07: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 01, durante la pandemia.

Ubicación	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte	Este	
P01-CA	8248802	396140	Jr. Cahuire 1ra cuadra

Nota: Las unidades de las coordenadas son metros (m), el elipsoide de referencia es Datum WGS 84 y la proyección es UTM Zona 19 sur.

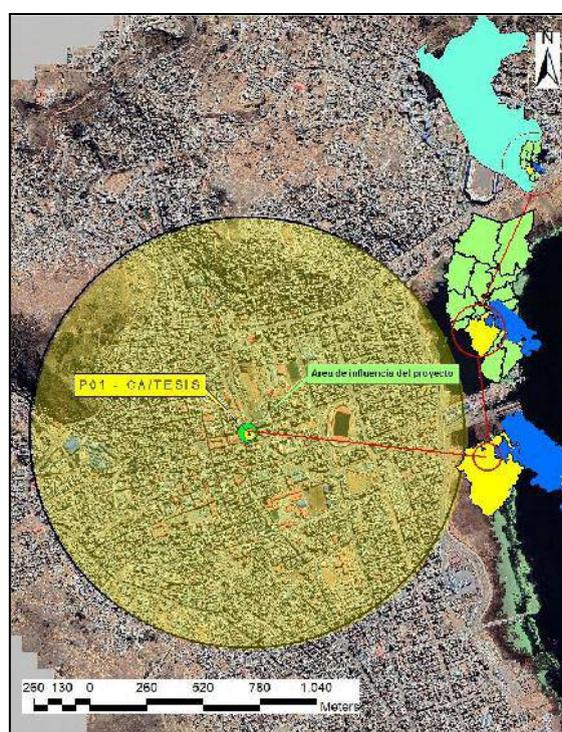


Figura 20: Ubicación geográfica del punto de muestra del caso 01, durante la pandemia.

Sincronizado con Sasplanet y ArcGis.

4.2.1.1. Cálculo de la concentración de material particulado del caso 01 durante la pandemia.

Los datos meteorológicos son fundamentales y necesarios en todo monitoreo y/o muestreo de la calidad ambiental del aire, ya que las variables meteorológicas

(temperatura, humedad relativa en %(HR), presión atmosférica y rosa de viento) intervienen en la dispersión, deposición y transporte de los contaminantes.

La Tabla 08, muestra el resultado de la estación P01-CA la concentración material particulado menores o iguales a 10 micras con una concentración de PM_{10} $10.1 \mu g/m^3$, con T° $11^\circ C$, HR 80%, presión y atmosférica 469 mbar, donde se determinó la concentración mediante el software (determinación de material particulado PM_{10}) en ug/m^3 , ver (Anexo N° 08).

Tabla 08: PM_{10} en la ciudad de Puno por 24 horas caso 01. durante la pandemia.

Estación	Código	Fecha de muestreo	Una sola lectura por 24 horas			
			Presión atmosférica (mBar)	HR (%)	T° ($^\circ C$)	concentración de pm_{10} (ug/m^3)
Jr. Cahuide 1ra cuadra	P01-CA-T	16 al 17/05/2020	487	80	9	10.1

Fuente: Senamhi 2020.

a. Temperatura

Los datos de la temperatura se obtuvieron de una estación hidrometeorológicas tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud $15^\circ 49' 34.5''$ longitud $70^\circ 0' 43.5''$ altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se procesó la información del año 2020 del mes de mayo del día 16 y 17 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una temperatura promedio de 9 grados Celsius como se muestra en la figura 21.

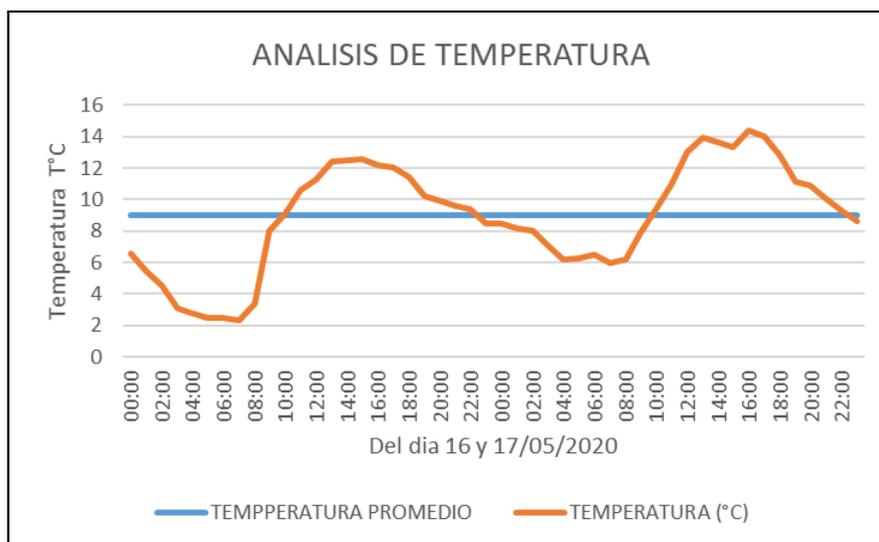


Figura 21: Análisis de temperatura del caso 01, durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2020)

b. Humedad relativa %

Los datos de la humedad relativa (HR)% se obtuvieron de una estación hidrometeorológica tipo automática del SENAMHI con código 472DD33A ubicada en latitud 15°49'34.5" longitud 70°0'43.5" altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se ha procesado la información del año 2020 del mes de mayo de los días 16 y 17 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una humedad relativa promedio 45.1% como se muestra en la figura 22.

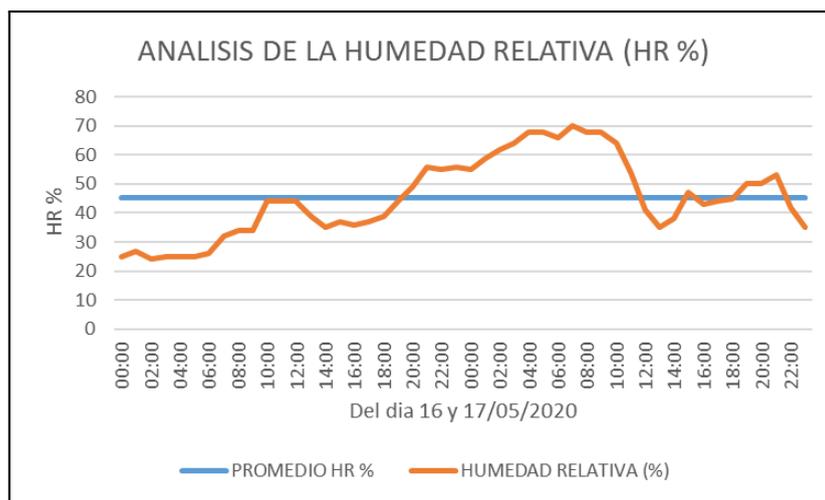


Figura 22: Análisis de humedad del caso 01 durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2020)

c. Presión atmosférica

El parámetro de la presión atmosférica del caso 01 después de la pandemia es de 487 mBar.

d. Rosa de viento

Moreno y Mahecha, (2019) mencionan que, gracias a la rosa de los vientos y la rosa de contaminantes PM_{10} podemos identificar las zonas hacia las que se dirigen los contaminantes y determinar la velocidad del viento.

En la Figura 23, las clases de viento se muestra, que el 38.3% de vientos tienen una mayor predominancia con una velocidades de 0.50 – 2.10 m/s, el 27.7% representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s, el 27.7% representa con velocidades de 3.60 – 5.70 m/s y 2.1% vientos en calma.

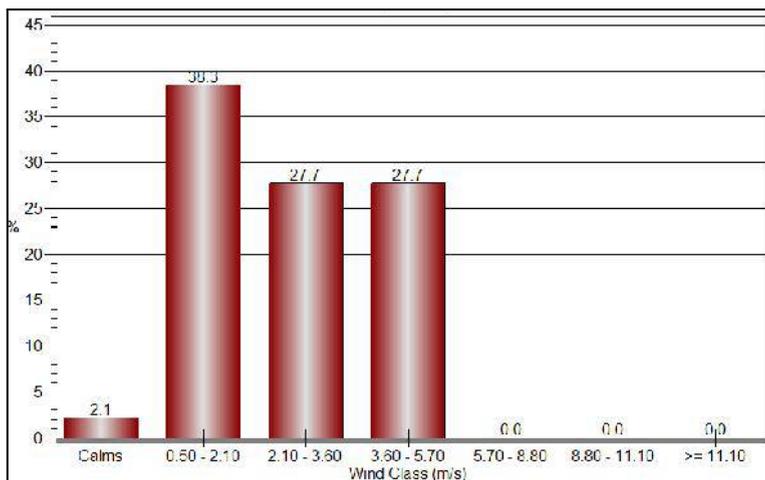


Figura 23: Distribución de frecuencia de clase de viento de caso 01, durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2020).

En la figura 24, el flujo de la dirección del viento y de contaminantes del punto muestreado que son dispersados por los vientos, las clases de vientos de mayor porcentaje es de 38.3% con una velocidad de 0.50 – 2.10 m/s provenientes del noroeste con dirección al suroeste y un porcentaje regular de 27.7% con una velocidad de 2.10 – 3.60 y 27.7% con una velocidad de 3.60 – 5.70 m/s provenientes del oeste con dirección al este.



Figura 24: Representación geográfica de la rosa de viento del caso 01 en el contexto de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2020)

4.2.1.2. Resultado y discusión del caso 01 frente al ECA - Aire durante la pandemia.

En una situación de inamovilidad por el contexto de la pandemia en este caso, se obtuvo una calidad de aire de PM_{10} de $10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$; , lo cual nos muestra que está ampliamente por debajo de los ECA – Aire $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ según el D.S. 003-2017 MINAM, como se muestra en la figura 25. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene la Municipalidad Metropolitana de Lima (2020), durante el periodo de aislamiento social de la Covid-19, registrándose una disminución de un 58% con los valores de: depósito SAT $26.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mercado central Ramón Castilla $15.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, subgerencia de Defensa Civil - Ex Setame $19.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Velatorio Municipal $14.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

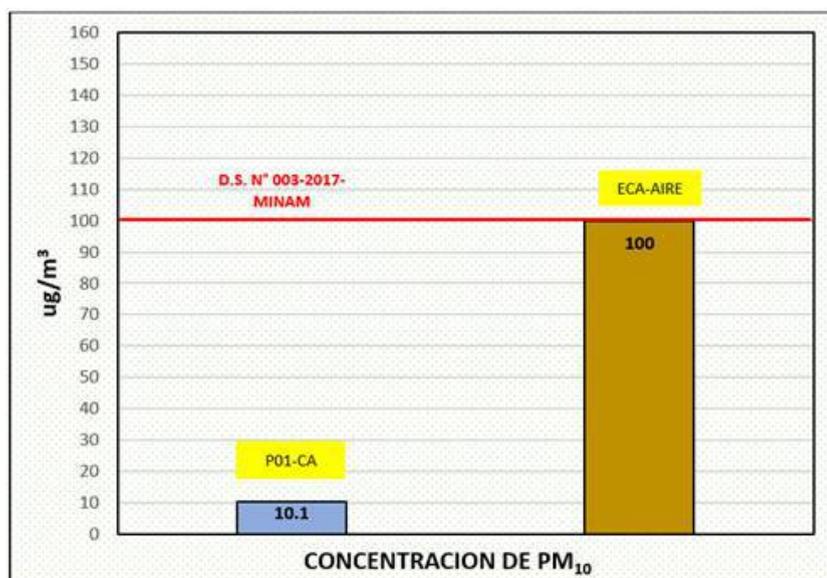


Figura 25: PM₁₀ en la ciudad de Puno durante la pandemia caso 01, durante la pandemia.

Fuente: Ecosouth S.R.L. y Minam 2017 ECA-Aire.

4.2.2. Caso 02 durante la pandemia

Desde la declaratoria de la emergencia sanitaria, se inicia la salida gradual del aislamiento social obligatorio y la reactivación económica gradual por fases, se realizó el muestreo de la calidad del aire a los 240 días (29 de mayo del 2021) donde se reanudan las actividades contenidas de la Fase 4 el 01 de octubre del 2020, Decreto Supremo 157-2020 PCM.

Según el informe de ensayo N° 32130/2021, donde el filtro de cuarzo con código 421941 proveniente del laboratorio ALS laboratory group con un peso inicial de 4,47345 gramos y peso final del filtro de cuarzo 4,50468 gramos, ver (Anexo N° 09), para el muestreo del material particulado PM₁₀ se utilizó el equipo Hi-Vol marca thermo scientific de Alto Volumen calibrado y certificado por el instituto nacional de calidad INACAL.

La estación de muestreo se ubicó en el mercado de la ciudad de Puno con las coordenadas UTM como se muestra en la tabla 09 y la figura 26.

Tabla 09: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 02, durante la pandemia.

Ubicación	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte	Este	
P02-CA	8248840	390080	Av. La Torre 1ra cuadra

Nota: Las unidades de las coordenadas son metros (m), el elipsoide de referencia es Datum WGS 84 y la proyección es UTM Zona 19 sur.

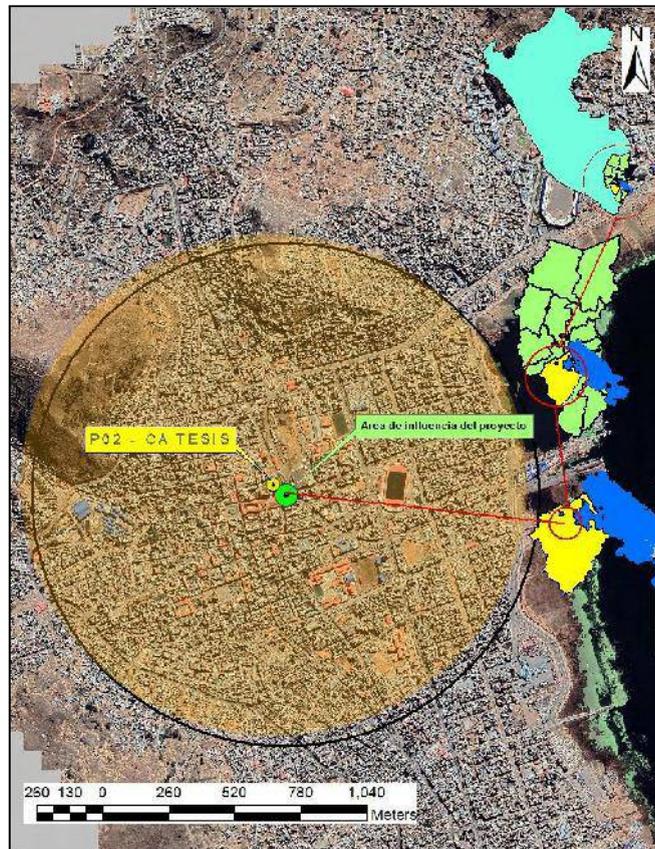


Figura 26: Ubicación geográfica del punto de muestra del caso 02 durante la pandemia.

Sincronizado con Sasplanet y ArcGis.

4.2.2.1. Cálculo de la concentración de material particulado del caso 02 durante la pandemia.

Los datos meteorológicos son fundamentales y necesarios en todo monitoreo y/o muestreo de la calidad ambiental del aire, ya que las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa en %(HR), presión atmosférica y rosa de viento) intervienen en la dispersión, deposición y transporte de los contaminantes.

Los datos obtenidos en el contexto de la Covid-19 se aprecia en la Tabla 10, con una concentración de material particulado menores o iguales a 10 micras de la ciudad de Puno donde, la estación P02-CA presenta PM_{10} $28.2 \mu g/m^3$, con T° $9^\circ C$, HR 46%, presión y atmosférica 491 mbar, donde se determinó la concentración mediante el software (determinación de material particulado PM_{10}) en ug/m^3 , ver (Anexo N° 10).

Tabla 10: PM_{10} en la ciudad de Puno por 24 horas caso 2, durante la pandemia.

Estación	Código	Fecha de muestreo	Una sola			
			lectura por 24 horas Concentración de pm_{10} (ug/m^3)	Presión atmosférica (mBar)	HR (%)	T° ($^\circ C$)
Av. La Torre 1ra Cuadra	P02-CA-T	29 al 30/05/2021	28.2	491	46	9

Fuente: Elaboración propia y Senamhi, estación 472DD33A.(2021)

a. Temperatura

Los datos de la temperatura se obtuvieron de una estación hidrometeorológicas tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud $15^\circ 49' 34.5''$ longitud $70^\circ 0' 43.5''$ altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se ha procesado la información del año 2021 del mes de mayo del día 29

y 30 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una temperatura promedio de 9 grados Celsius como se muestra en la figura 27.

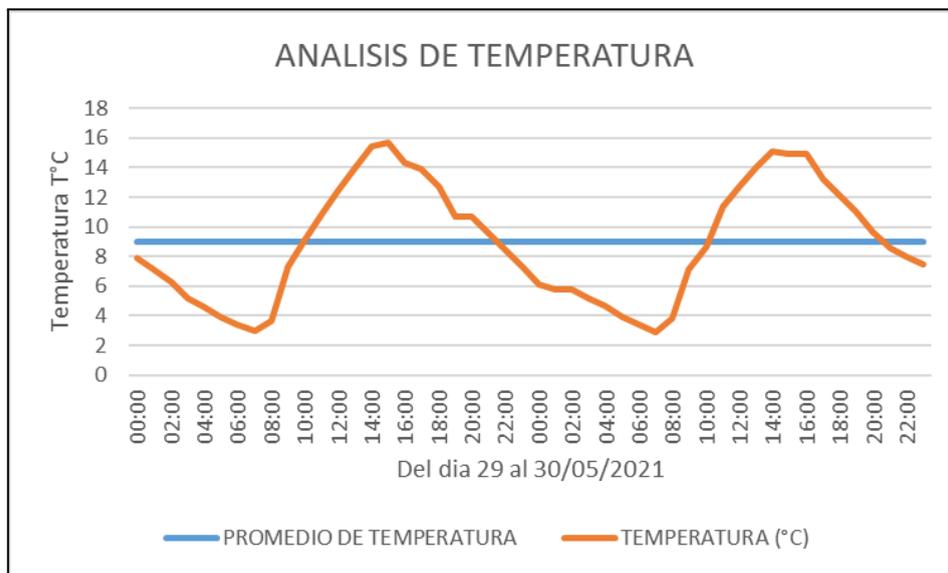


Figura 27: Análisis de temperatura del caso 2, durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021).

b. Humedad relativa%

Los datos de la humedad relativa (HR)% se obtuvieron de una estación hidrometeorológicas tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud 15°49'34.5" longitud 70°0'43.5" altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se han procesado la información del año 2021 del mes de mayo de los días 29 y 30 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una humedad relativa promedio 46% como se muestra en la figura 28.

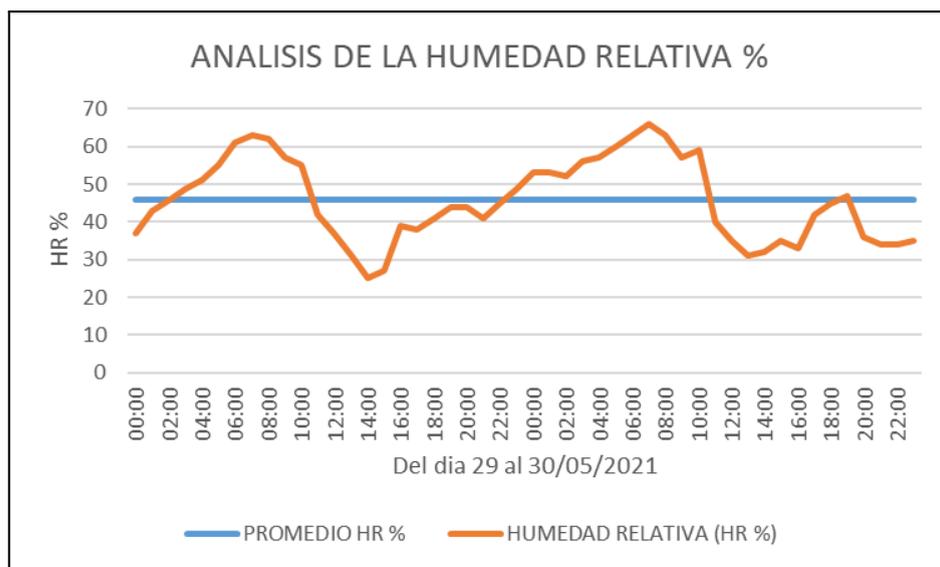


Figura 28: Análisis de humedad del caso 02 durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021).

c. Presión atmosférica

El parámetro de la presión atmosférica del caso 02 después de la pandemia es de 491 mBar.

d. Rosa de viento.

Moreno & Mahecha (2019) menciona que, gracias a la rosa de los vientos y la rosa de contaminantes PM_{10} podemos identificar las zonas hacia las que se dirigen los contaminantes y determinar la velocidad del viento.

En la Figura 29, las clases de viento se muestra, que el 54.2% de vientos tienen una mayor predominancia con una velocidades de 0.50 – 2.10 m/s, el 31.3% representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s, y 10.4% representa con velocidades de 3.60 – 5.70 m/s.

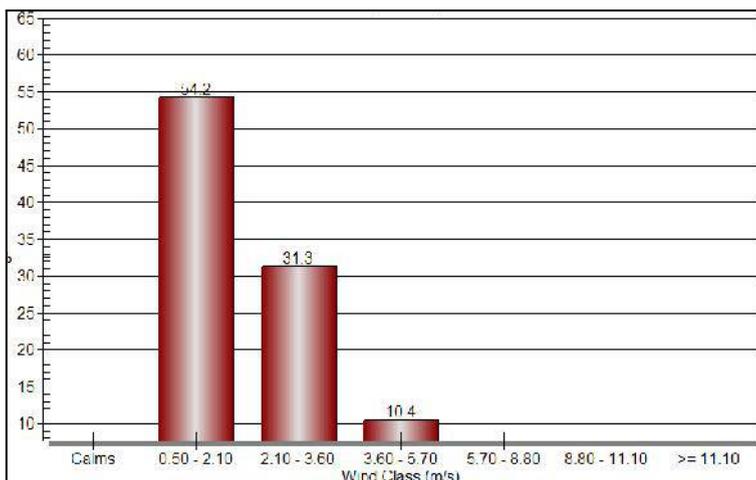


Figura 29: Distribución de frecuencia de clase de viento de caso 02, durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021).

En la figura 30, el flujo de la dirección del viento y de contaminantes del punto de muestreo que son dispersados por los vientos según la distribución de frecuencia de la figura 29 las clases de vientos de mayor porcentaje es de 54.2% con una velocidad de 0.50 – 2.10 m/s provenientes noroeste hacia suroeste, y con un menor porcentaje de 10.4% con una velocidad de 3.60 – 5.70 m/s. del oeste hacia este.

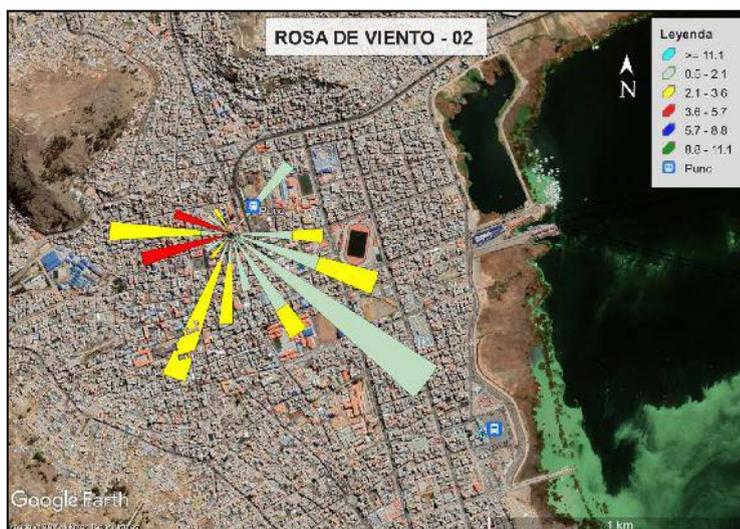


Figura 30: Representación geográfica de la rosa de viento del caso 02 durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021)

4.2.2.2. Resultado y discusión del caso 02 frente al ECA - Aire durante la pandemia.

En el contexto de la pandemia y la reactivación económica una situación donde la inamovilidad por en este caso, se obtuvo una calidad de aire de PM₁₀ de 28.2 ug/m³, lo cual nos muestra que está por debajo de los ECA – Aire 100 ug/m³ según el D.S. 003-2017 MINAM, como se muestra en la figura 31. Este resultado es corroborado por la Municipalidad Metropolitana de Lima (2020), donde analizaron la calidad de aire sobre la concentración del PM₁₀ en cuatro estaciones durante el periodo de aislamiento social de la Covid-19, registrándose los valores de: depósito SAT 26.83 µg/m³, mercado central Ramón Castilla 15.73 µg/m³, subgerencia de Defensa Civil - Ex Setame 19.76 µg/m³ y Velatorio Municipal 14.14 µg/m³.

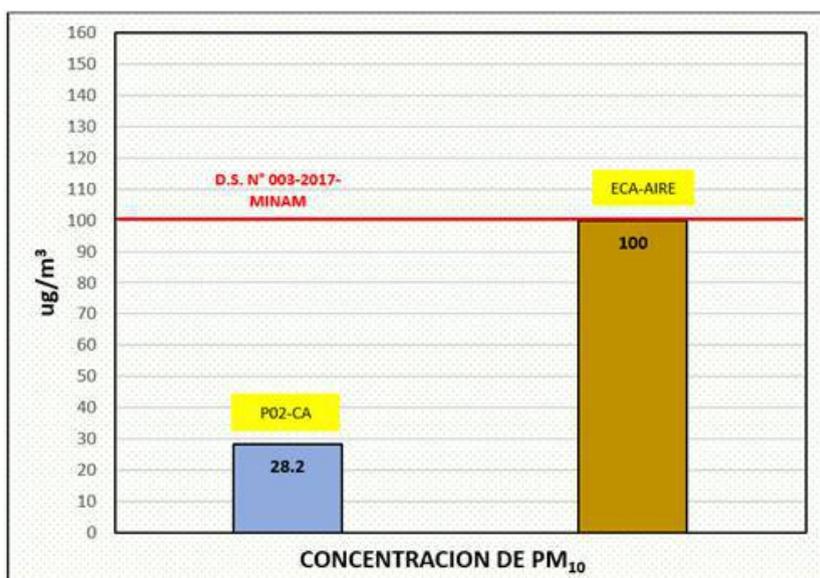


Figura 31: PM₁₀ en la ciudad de Puno durante la pandemia caso 2 durante la pandemia.

Fuente: Elaboración propia y Minam 2017 ECA - Aire.

4.2.3. Caso 03 durante la pandemia

Se realizó el muestreo de la calidad del aire en un contexto de emergencia sanitaria, donde, según el DECRETO SUPREMO N° 159-2021-PCM octubre del 2021, establece medidas que debe seguir la ciudadanía para la convivencia social y reactivación

económica con ciertas medidas y restricciones regulando los aforos cumpliendo los protocolos.

Según el informe de ensayo N° 64853/2021, el filtro de cuarzo con código 423924 proveniente del laboratorio ALS laboratory group con un peso inicial de 4,52351 gramos y peso final del filtro de cuarzo 4,56262 gramos, ver (Anexo N° 11), para el muestreo del material particulado PM₁₀ se utilizó el equipo Hi-Vol marca thermo scientific de Alto Volumen calibrado y certificado por el Instituto Nacional de Calidad - INACAL.

La estación de muestreo tiene la ubicación en el cercado de la ciudad de Puno con las coordenadas UTM como se muestra en la tabla 11 y la figura 32.

Tabla 11: Coordenadas UTM del punto de muestreo caso 03, en el contexto de la pandemia.

Ubicación	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte	Este	
P02-CA Segundo muestreo	8248840	390080	Av. La Torre 1ra cuadra

Nota: Las unidades de las coordenadas son metros (m), el elipsoide de referencia es Datum WGS 84 y la proyección es UTM Zona 19 sur.

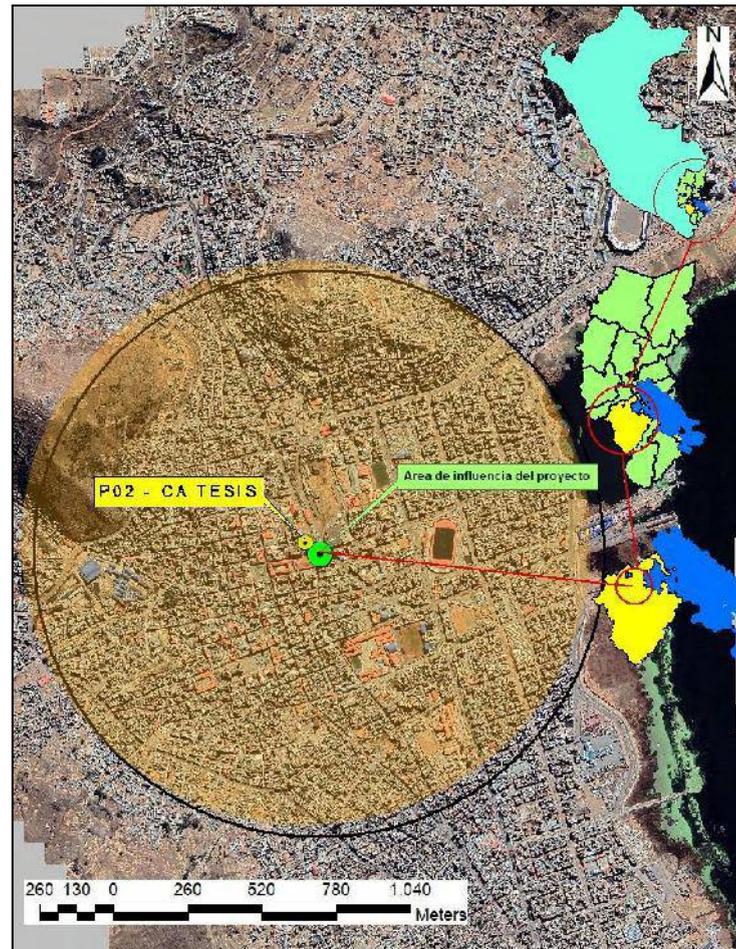


Figura 32: Ubicación geográfica del punto de muestra del caso 03 durante la pandemia.

Sincronizado con Sasplanet y ArcGis.

4.2.3.1. Cálculo de la concentración de material particulado del caso 03 durante la pandemia.

Los datos meteorológicos son fundamentales y necesarios en todo monitoreo y/o muestreo de la calidad ambiental del aire, ya que las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa en %(HR), presión atmosférica y rosa de viento) intervienen en la dispersión, deposición y transporte de los contaminantes.

Del mismo modo, la tabla 12 muestra los datos obtenidos en el contexto de la Covid-19, donde la concentración de material particulado menores o iguales a 10 micras de la ciudad de Puno donde, la estación P02-CA-T presenta PM_{10} $35.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con T° 9°C , HR

46 %, presión y atmosférica 491 mbar, donde se determinó la concentración mediante el software (determinación de material particulado PM_{10}) en ug/m^3 , ver (Anexo N° 12).

Tabla 12: PM_{10} en la ciudad de Puno por 24 horas caso 3 durante la pandemia.

Estación	Código	Fecha de muestreo	Una sola lectura por 24 horas			
			concentración de PM_{10} (ug/m^3)	Presión atmosférica (mBar)	HR (%)	T° (°C)
Av. La Torre 1ra	P02-CA-T	19 al 20/10/202	35.6	494	30	11
Cuadra		1				

Fuente: Elaboración propia y Senamhi, estación 472DD33A (2021).

a. Temperatura

Los datos de la temperatura se obtuvieron de una estación hidrometeorológicas tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud $15^{\circ}49'34.5''$ longitud $70^{\circ}0'43.5''$ altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se ha procesado la información del año 2021 del mes de octubre del día 19 y 20 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una temperatura promedio de 11 grados Celsius como se muestra en la figura 33.

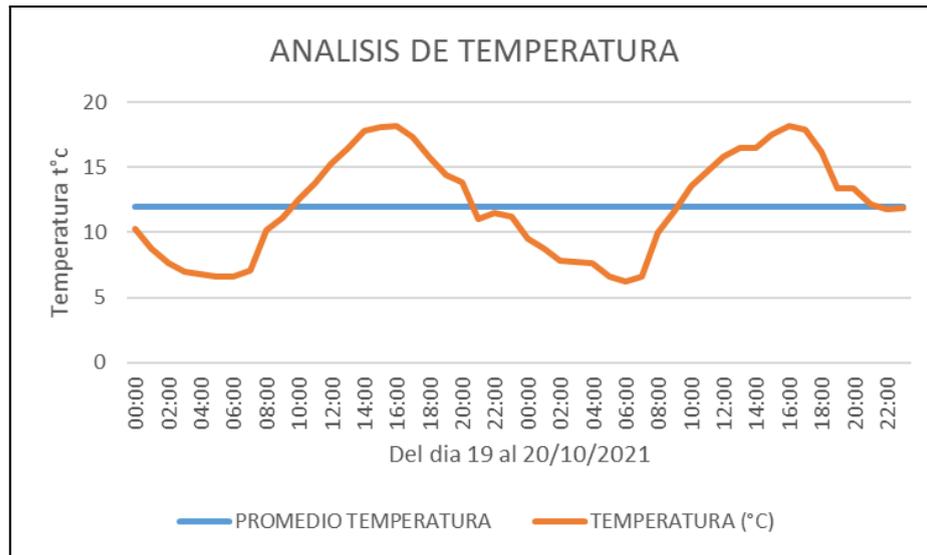


Figura 33: Análisis de temperatura del caso 03 durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021).

b. Humedad relativa %

Los datos de la humedad relativa (HR)% se obtuvieron de una estación hidrometeorológicas tipo automática del Senamhi con código 472DD33A ubicada en latitud 15°49'34.5" longitud 70°0'43.5" altitud 3812 msnm. la más próxima al proyecto de investigación, datos que son de libre acceso. Se han procesado la información del año 2021 del mes de mayo de los días 29 y 30 fecha que se realizó el muestreo, obteniendo una humedad relativa promedio 30% como se muestra en la figura 34.

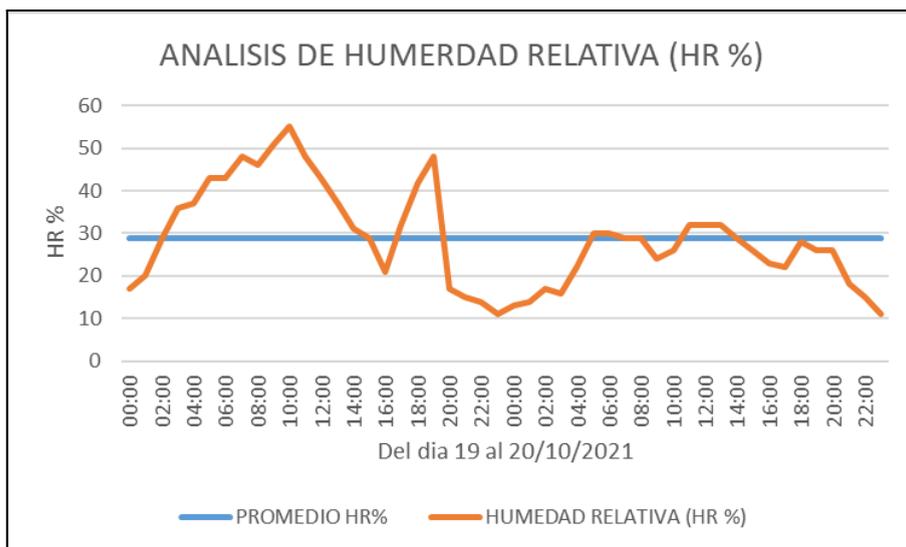


Figura 34: Análisis de la humedad del caso 03, durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021).

c. Presión atmosférica.

El parámetro de la presión atmosférica del caso 02 después de la pandemia es de 494 mBar.

d. Rasa de viento

Moreno y Mahecha (2019) mencionan que, gracias a la rosa de los vientos y la rosa de contaminantes PM_{10} podemos identificar las zonas hacia las que se dirigen los contaminantes y determinar la velocidad del viento.

En la Figura 35, las clases de viento se muestra, que el 37.5% de vientos tienen una mayor predominancia con una velocidades de 0.50 – 2.10 m/s, el 29.2% representa con velocidades de 3.60 – 5.70 m/s., 18.8% representa con velocidades de 2.10 – 3.60 m/s y 8.3% representa con velocidades de 5.70 – 8.80 m/s

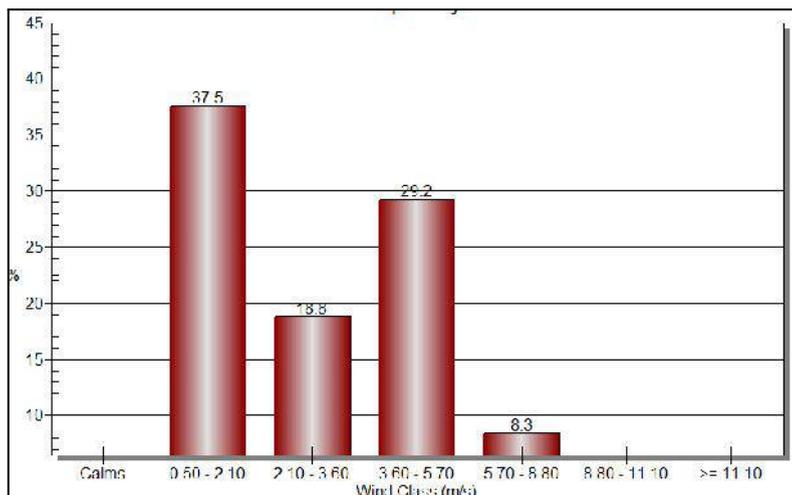


Figura 35: Distribución de frecuencia de clase de viento de caso 03, durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021).

En la figura 36, el flujo de la dirección del viento y de contaminantes del punto de muestreo son dispersados por los vientos según la distribución de clases de vientos de mayor porcentaje es de 37.5% con una velocidad de 0.50 – 2.10 m/s provenientes del noreste al suroeste, y con un menor porcentaje de 8.3% con una velocidad de 5.70 – 8.80 m/s. del oeste hacia este.

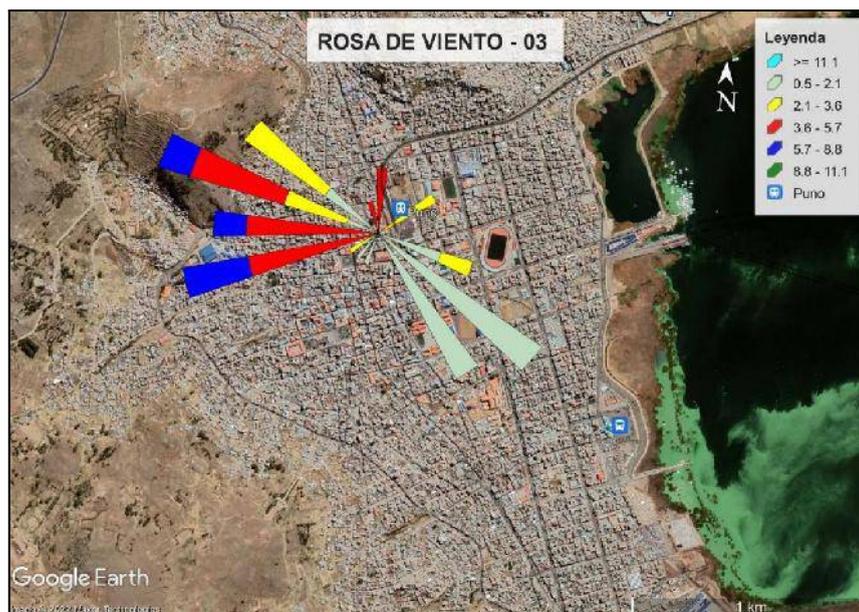


Figura 36: Representación geográfica de la rosa de viento del caso 03 durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021).

4.2.3.2. Resultado y Discusión del Caso 03 frente al ECA - Aire durante la pandemia.

A partir de la reactivación económica durante la Covid 19, se obtuvo una calidad de aire de PM_{10} de $35.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual nos muestra que está por debajo de los ECA – Aire $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ según el D.S. 003-2017 MINAM, como se muestra en la figura 37. Estos resultados corroboran la similitud de caso informe de la Municipalidad Metropolitana de Lima (2020), en el periodo de aislamiento social de la Covid-19, registrándose valores de: depósito SAT $26.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mercado central Ramón Castilla $15.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, subgerencia de Defensa Civil - Ex Setame $19.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Velatorio Municipal $14.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

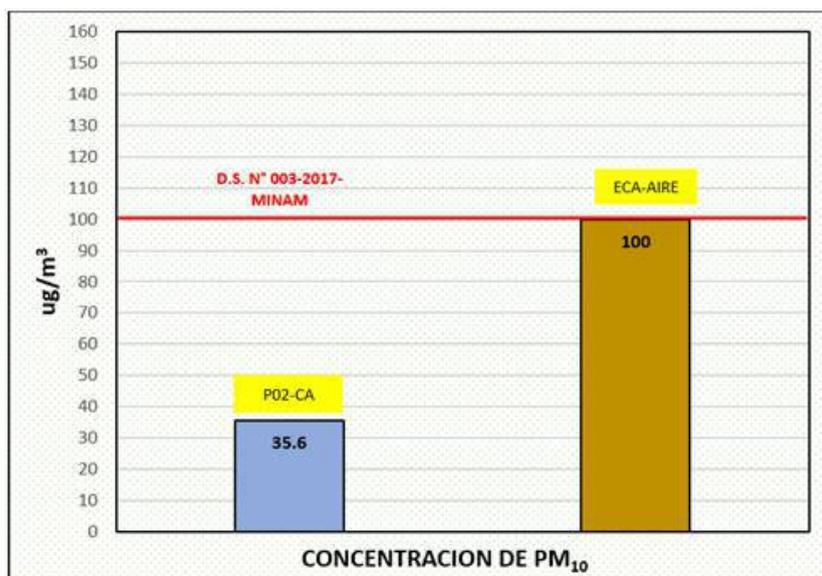


Figura 37: PM₁₀ en la ciudad de Puno durante la pandemia caso 03 durante la pandemia.

Fuente: Elaboración propia y Minam 2017 ECA - Aire.

4.3. CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM MENORES A 10 MICRÓMETROS EN EL AIRE, ENCONTRADOS ANTES Y DURANTE DE LA PANDEMIA EN LA CIUDAD DE PUNO.

4.3.1. Análisis y discusión de datos antes de la pandemia

En esta investigación del objetivo 01 se analizaron la concentración de material particulado PM menores a 10 micrómetros del aire en la ciudad de Puno antes de la pandemia – Covid-19, se pudo encontrar en los resultados en los tres casos, donde el caso 01 tiene una concentración de 50.8 ug/m³, el caso 02 tiene una concentración de 87.0 ug/m³ y el caso 03 tiene una concentración de 49.0 ug/m³, esto quiere decir que están por debajo de los valores según el ECA-Aire (D.S. - 003 - 2017) Minam, la calidad ambiental del aire referentes al material particulado PM₁₀ micrómetros antes de la pandemia superan los ECA-Aire. Frente a lo mencionado, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, donde refiere que superan ECA – Aire antes de la pandemia. Estos resultados son corroborados por Aza & Quispe (2019), en su

investigación denominado “valoración del grado de contaminación por actividades socioeconómicas en la bahía interior del lago Titicaca – Puno, sector Chulluni” el muestreo de aire se estableció dos puntos, dando como resultados en las muestras de aire la concentración de PM_{10} de $33.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $23.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, según el ECA - Aire ambos muestras que están dentro del rango establecido. Así también Hanco (2017), en su trabajo realizado "Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca", en la zona oeste se tiene un promedio de $25.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para la zona centro $56.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para la zona sur este de $49.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el óvalo salida Cusco se presenta un valor alto de $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido por la salida Huancané registrando un valor de $66.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$; esta variación de resultados son influenciados por las diferentes actividades como salida Puno – zona industrial, Taparachi presenta un valor de $33.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, plaza Bolognesi presenta un valor de $29.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, salida Lampa – ladrillera presenta un valor de $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Urb. Santa Adriana – Aeropuerto presenta $46.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Arequipa con $37.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y por último cerro Pocracasi presenta un valor bajo de $7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 13: PM₁₀ en la ciudad de Puno antes de la pandemia.

Estación	Código	Fecha de muestreo	Una sola lectura por 24 horas	Eca-Aire
			Concentración de PM10 (ug/m3)	D.S. 003-2017-Mi nam
Av. La Torre 4ta Cuadra	P01-CA	08 al 09/06/2017	29.4 ug/m ³	100 ug/m ³
Av. Simón Bolívar cuadra 11	P02-CA	10 al 11/06/2017	87.0 ug/m ³	100 ug/m ³
Jr. Huaraz cuadra 1	P03-CA	8 al 07/06/2017	49.0 ug/m ³	100 ug/m ³

Fuente: Ecosouth SRL.

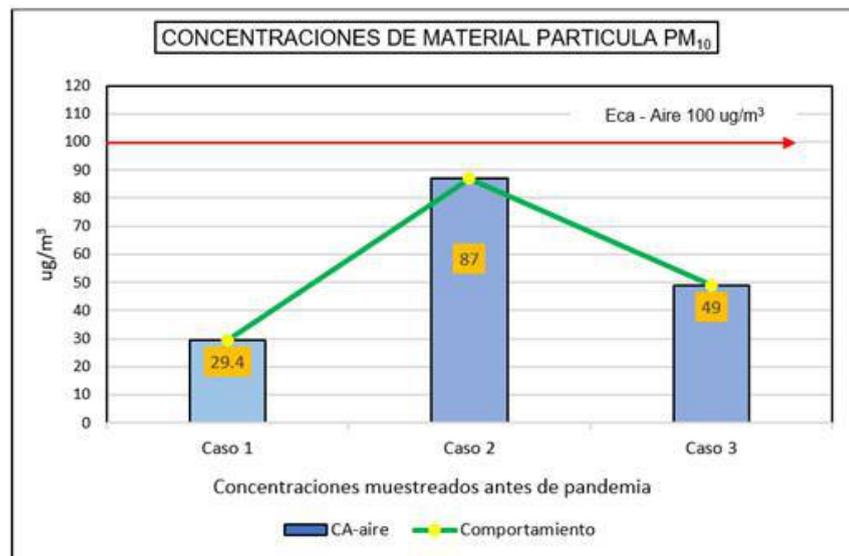


Figura 38: Análisis de las concentraciones de material particulado antes de la pandemia.

Fuente: Ecosouth SRL.

a. Temperatura

Se ha procesado la información obtenida del Senamhi de los tres caso del objetivo 1, los datos son de diferentes fechas, caso 01 corresponden al 8 y 9 de mayo del 2017, caso 02 corresponden 10 y 11 de mayo del 2017 y el caso 03 corresponde 27 y 28 de febrero del 2020, en la figura 39, se aprecia el comportamiento de los tres casos la variación es mínima y tiene un promedio de temperatura 10.7°C, teniendo una temperatura máxima de 18°C y una mínima 4°C.

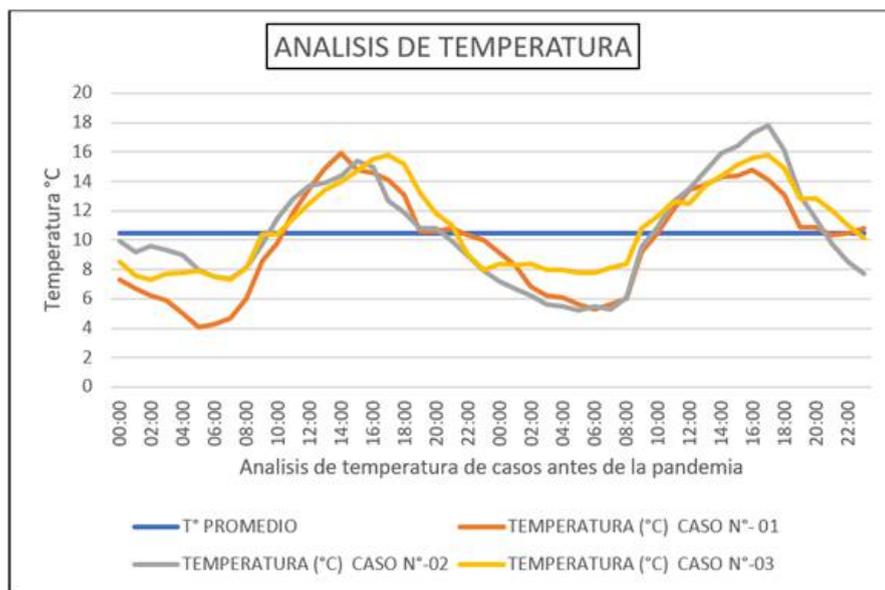


Figura 39: Análisis de las temperaturas antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017 y 2020)

c. Humedad relativa

En la figura 40, se muestra los tres casos de la Humedad Relativa (HR) del objetivo 01, los datos son de diferentes fechas, casó 01 corresponden al 8 y 9 de mayo del 2017, caso 02 corresponden 10 y 11 de mayo del 2017 y el caso 3 corresponde 27 y 28 de febrero del 2020, donde el caso 03 tiene mayor porcentaje HR en horarios nocturnos del debido a la temporada lluviosa lluvia y los caso 01 y 02 tiene una regular HR debido a la temporada seca, siendo el promedio de la HR 45%.

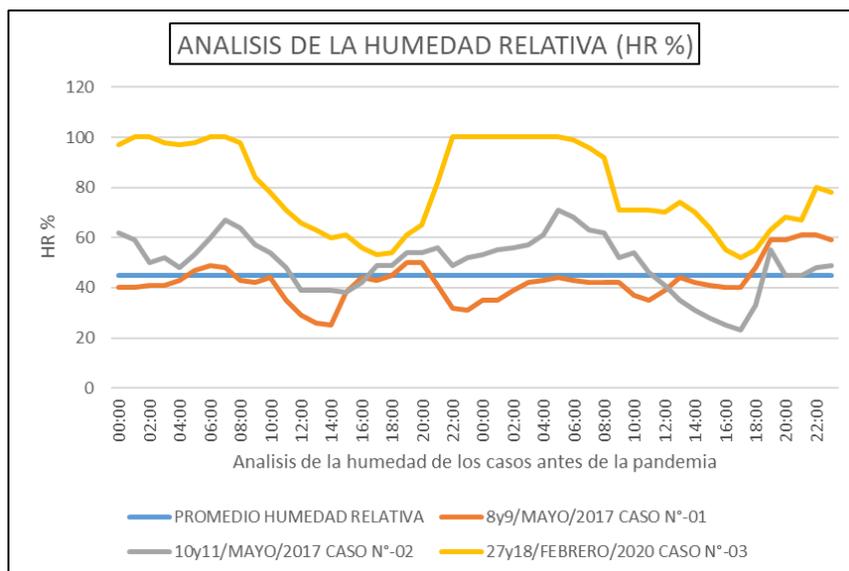


Figura:40, Análisis de la Humedad Relativa antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017 y 2020).

c. Presión atmosférica

El promedio del parámetro de la presión atmosférica del objetivo 01 antes de la pandemia es de 491 mBar.

d. Rosa de vientos

Las figura 41 y 42, nos muestra las medidas de la velocidad y dirección del viento de los tres caso del objetivo 01, según los datos tomados del senamhi en diferentes fechas caso 01 corresponden al 8 y 9 de mayo del 2017, caso 02 corresponden 10 y 11 de mayo del 2017 y el caso 03 corresponde 27 y 28 de febrero del 2020, las direcciones de la velocidad del viento analizamos que con un 46.5% con velocidad entre 0.5 - 2.10 m/s las direcciones predominantes es noroeste con dirección a sureste, con 24.3% con una velocidad entre 2.10 - 3.60 m/s con una predominancia de sur con dirección al oeste como también de sur con dirección al norte, con 20.1% con una velocidad 3.60 - 5.70 m/s con dirección predominante de sur con dirección al oeste como también de sur con dirección al norte, y con una menor porcentaje de 3.5% con una velocidad 5.70 - 8.80 m/s con predominancia de este con dirección al oeste y con un 1.4% vientos calmados.

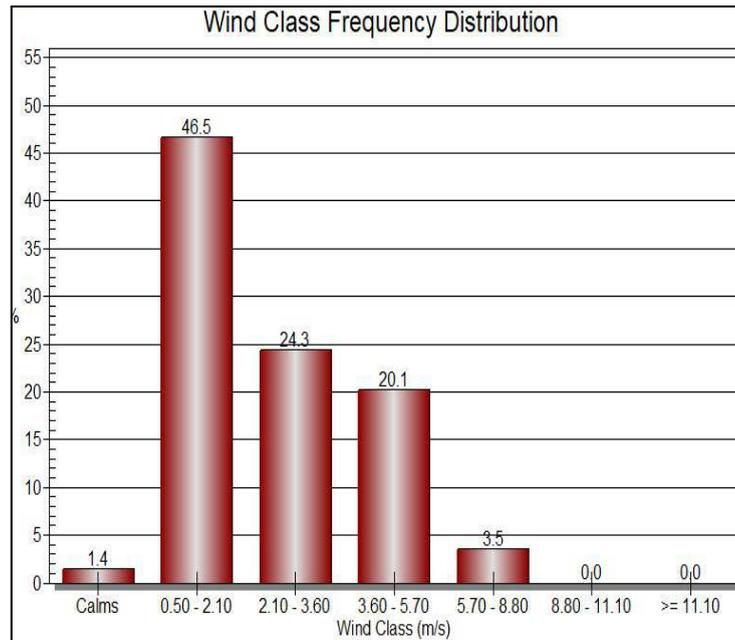


Figura 41: Distribución de frecuencia de clase de viento antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017 y 2020).

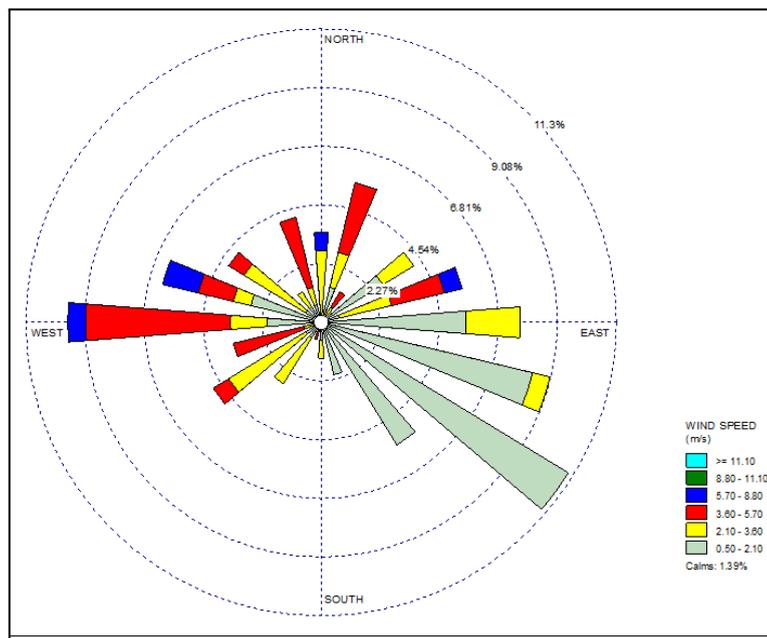


Figura 42: Rosa de vientos antes de la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2017 y 2020).

4.3.2. Analisis y discusion de datos en el contexto de la pandemia

En esta investigación del objetivo 02 es determinar la concentración en el aire de material particulado PM menores a 10 micrómetros durante la Covid-19 en la ciudad de Puno, donde se pudo encontrar en los tres casos los resultados de caso 01 tiene una concentración de 10.1 ug/m^3 , caso 02 tiene una concentración de 28.2 ug/m^3 y el caso 03 tiene una concentración de 35.6 ug/m^3 , esto quiere decir que los resultados están por debajo están por muy debajo de los valores según el ECA-Aire (D.S. - 003 - 2017 Minam), frente a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, donde refiere que el parámetro de contaminación ambiental durante la emergencia sanitaria en referencia al material particulado ha disminuido, serán menores a 100 ug/m^3 de acuerdo a los ECA-Aire. Estos resultados son respaldados por la (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2020), los resultados durante la cuarentena se registró una disminución en la concentración de los contaminantes atmosféricos: PM_{10} en un (58%) durante el periodo de aislamiento social, los valores de mayor concentración de PM_{10} en la primera semana, se presentaron los días lunes y martes con valores de $34.58 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ y $33.43 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ respectivamente, y de menor concentración de PM_{10} los días viernes, sábado y domingo con valores de $21.64 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, $26.83 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ y $21.96 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ respectivamente, esta disminución puede deberse a la prohibición de usos de vehículos particulares a efectuarse a partir del 19 de marzo según Decreto Supremo N° 046-2020-PCM.

Tabla 14: PM₁₀ en la ciudad de Puno durante la pandemia.

Estación	Código	Fecha de muestreo	Una sola lectura por 24 horas Concentración de PM10 (ug/m3)	Eca-Aire D.S. 003-2017-Mi nam
Jr. Cahuide 1ra cuadra	P01-CA-T	08 al 09/06/2020	10.1 ug/m ³	100 ug/m ³
Av. La Torre 1ra Cuadra	P02-CA-T	29 al 30/05/2021	28.2 ug/m ³	100 ug/m ³
Av. La Torre 1ra Cuadra	P02-CA-T	19 al 20/10/2021	35.6 ug/m ³	100 ug/m ³

Fuente: Elaboración propia.

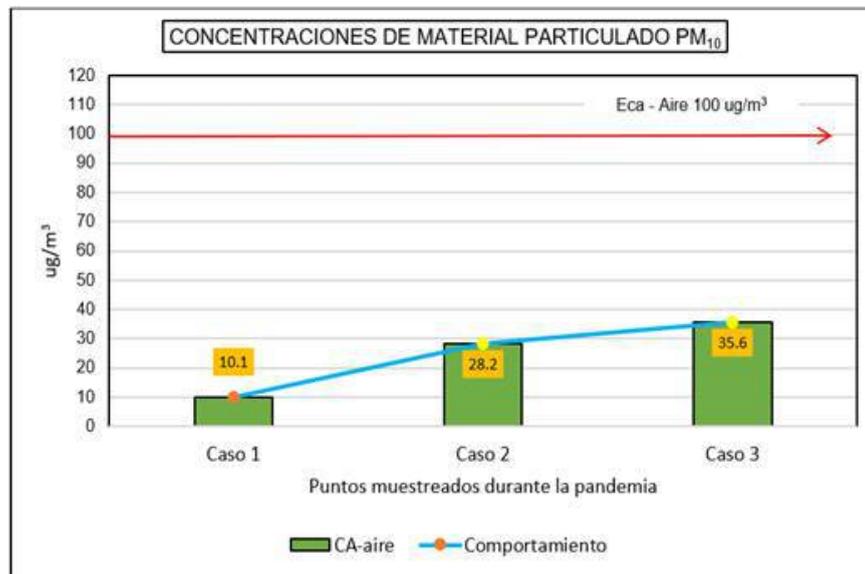


Figura 43: Análisis de los resultados de material particulado durante la pandemia..

Fuente: Elaboración propia.

a. Temperatura

Se ha procesado la información obtenida del senamhi de los tres caso del objetivo 01, los datos son de diferentes fechas, caso 01 corresponden al 16 y 17 de mayo del 2020, caso 02 corresponden 29 y 30 de mayo del 2021 y el caso 03 corresponde 19 y 20 de octubre del 2021, en la figura 44, se aprecia el comportamiento de los tres casos la variación es mínima y tiene un promedio de temperatura 10°C, teniendo una temperatura máxima de 18°C y una mínima 4°C.

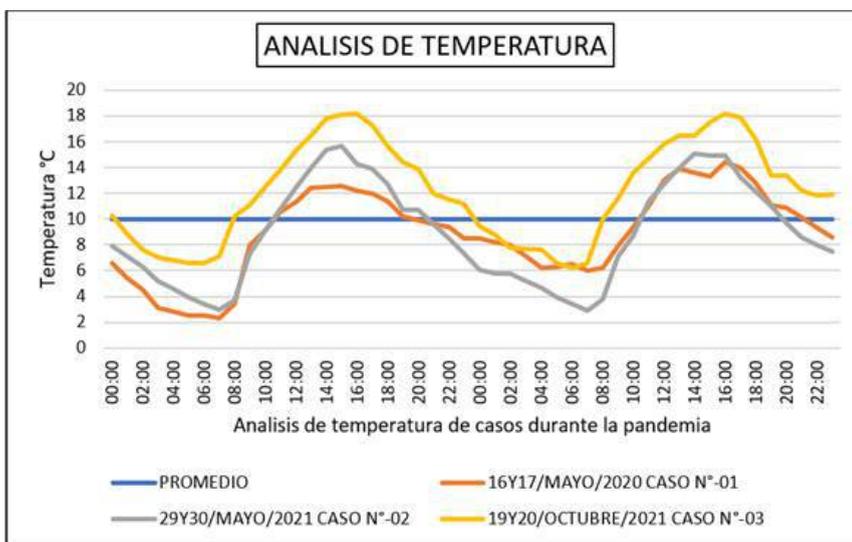


Figura 44: Análisis de las temperaturas durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2020 y 2021).

b. Humedad relativa

En la figura 45, se muestra los tres casos de la humedad relativa (HR) del objetivo 01, los datos son de diferentes fechas, caso 01 corresponden al 16 y 17 de mayo del 2020, caso 02 corresponden 29 y 30 de mayo del 2021 y el caso 03 corresponde 19 y 20 de octubre del 2021, donde la HR% oscila un máximo de 70% de HR en horarios nocturno y una mínima de 10% HR en diurno en temporada seca, siendo el promedio de la HR 40%

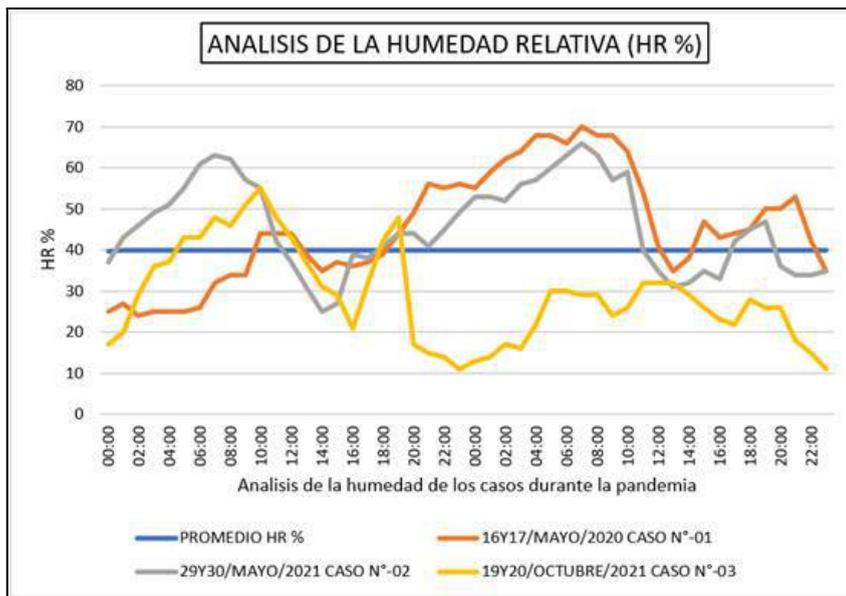


Figura 45: Análisis de las Humedad Relativa durante la pandemia

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2020 y 2021).

c. Presión atmosférica

El parámetro de la presión atmosférica del objetivo 02 durante de la pandemia es de 490 mBar.

d. Rosa de los vientos

Las figura 46 y 47, nos muestra las medidas de la velocidad y dirección del viento de los tres casos del objetivo 02, según los datos tomados del senamhi en diferentes fechas caso 01 corresponden al 8 y 9 de mayo del 2017, caso 02 corresponden 10 y 11 de mayo del 2017 y el caso 03 corresponde 27 y 28 de febrero del 2020, las direcciones de la velocidad del viento analizamos que con un 43.4% con velocidad entre 0.5 - 2.10 m/s las direcciones predominantes es noroeste con dirección a sureste, con 25.9% con una velocidad entre 2.10 - 3.60 m/s con una predominancia de sur con dirección al oeste como también de noroeste con dirección al sureste, con 22.4% con una velocidad 3.60 - 5.70 m/s con dirección predominante de sur con dirección al oeste y con una menor

porcentaje de 2.8% con una velocidad 5.70 - 8.80 m/s con predominancia de este con dirección al oeste y con un 0.7% vientos calmados.

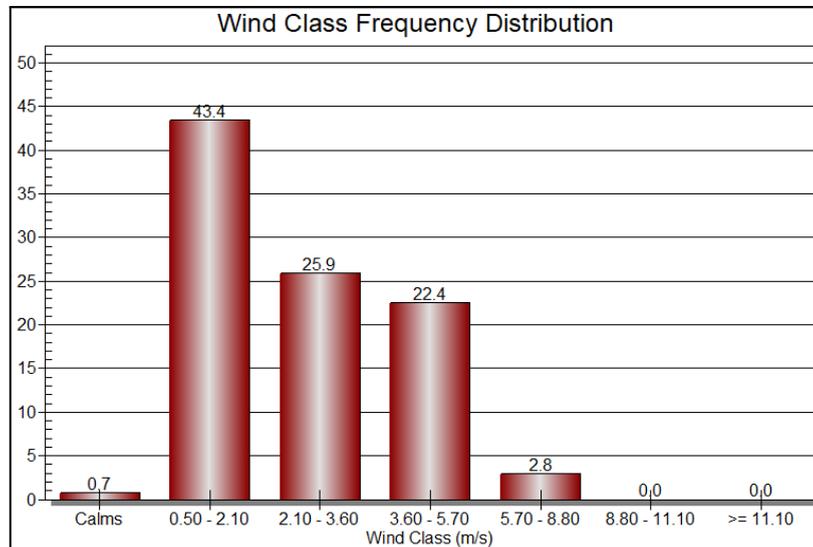


Figura 46: Distribución de frecuencia de clase de viento durante la pandemia.

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2021 y 2021).

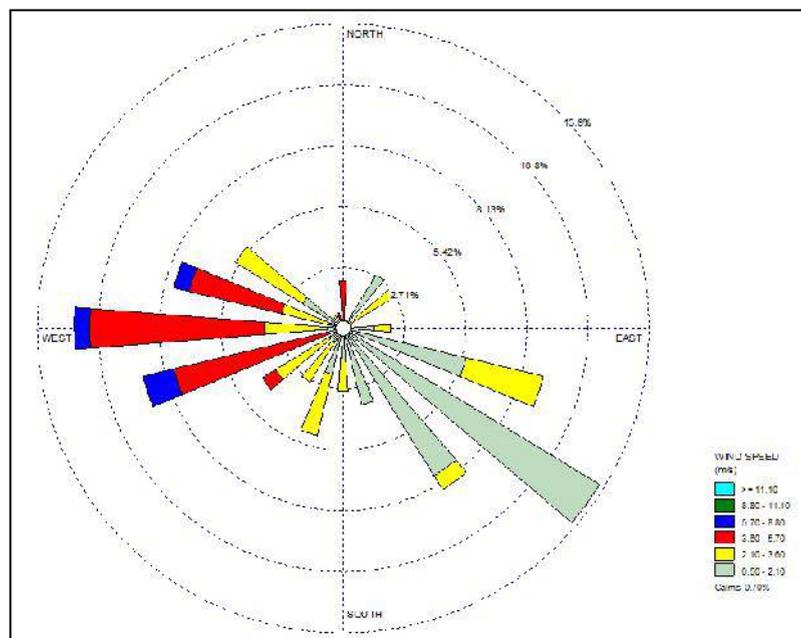


Figura 47: Rosa de vientos durante la pandemia

Fuente: Senamhi, estación 472DD33A (2020 y 2021).

4.3.3. Análisis de datos comparativos

Una vez obtenido los datos recopilatorios antes y durante la pandemia, se muestran los análisis para indicar la diferencia entre uno y otro para así determinar si hay cambios.

En la figura 48, puede notarse los seis casos expuestos, tres para cada situación, según corresponda. Todos los casos son inferiores a los ECA - Aire, notoriamente existe una diferencia marcada antes y durante la pandemia, siendo el punto más bajo de PM10 el caso 03 con 10.1 ug/m³, frente a su punto más alto de 87 ug/m³, según corresponda.

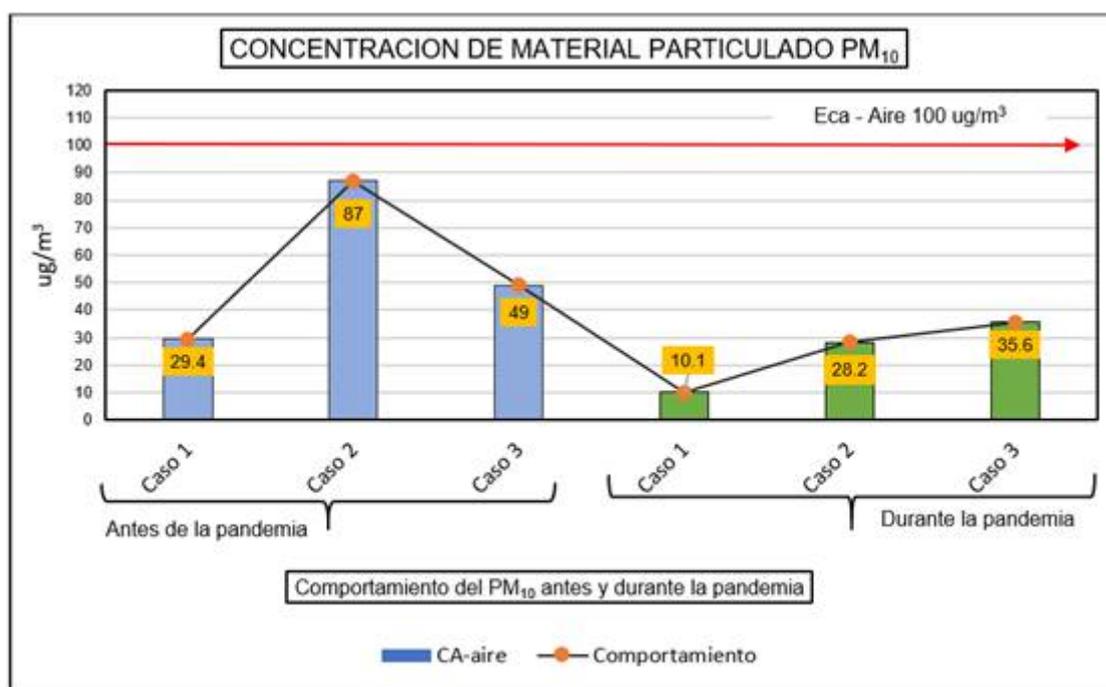


Figura 48: Comparación de PM₁₀ en la ciudad de Puno antes y durante la pandemia.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.1. Prueba de comparación de medias

Dado que las muestras se tomaron en puntos distintos antes y después de la pandemia, se considera que las muestras son independientes, por tanto, se realizará la prueba t-Student para muestras pequeñas.

PRIMERO: Prueba de igualdad de varianzas

i) Planteamiento de hipótesis

Ho: $\sigma^2(\text{antes}) = \sigma^2(\text{durante})$ (Varianzas Iguales)

H1: $\sigma^2(\text{antes}) \neq \sigma^2(\text{durante})$ (Varianzas diferentes)

ii) Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

iii) Estadístico de prueba

ESTADÍSTICA				
Método	GL1	GL2	De prueba	Valor de p
Bonett	1		0.53	0.465
Levene	1	4	0.10	0.763

iv) Decisión

Como $p = 0.763 > 0.05$, se acepta la hipótesis nula (Ho)

v) Conclusión

Se concluye que las varianzas son iguales

SEGUNDO: Prueba de medias

i) Planteamiento de hipótesis

Ho: $\mu(\text{antes}) = \mu(\text{durante})$ (Medias Iguales)

H1: $\mu(\text{antes}) > \mu(\text{durante})$

ii) Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

iii) Estadístico de prueba

T de dos muestras para Concentración

	Número	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media
Antes	3	62.3	21.4	12
Durante	3	24.6	13.1	7.6

Diferencia = $\mu (1) - \mu (2)$

Estimación de la diferencia: 37.6

Límite inferior 95% de la diferencia: 6.7

Prueba T de diferencia = 0 (vs. >): Valor T = 2.59 Valor p = 0.030 GL = 4

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 17.7724

iv) Decisión

Como $p = 0.030 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H_0)

v) Conclusión

Se concluye que, el promedio de las concentraciones de PM_{10} antes de la pandemia es mayor al promedio de las concentraciones de PM_{10} en la pandemia. Siendo la prueba significativa.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se logró validar nuestra hipótesis principal, pues el promedio de las concentraciones de PM_{10} antes de la pandemia es mayor al promedio de las concentraciones de PM_{10} en la pandemia. De forma particular, se visibiliza que:

Primero: Los datos obtenidos a través de los informes realizados por la empresa Ecosouth Medio Ambiente Ingeniería y Geomática S.R.L. de tres casos que se analizaron sobre la concentración de material particulado PM menores a 10 micrómetros del aire en la ciudad de Puno antes de la pandemia – Covid-19, concluyen que las concentraciones están por debajo de los valores según el ECA-Aire (D.S. - 003 - 2017), puesto que los resultados son de 50.8 ug/m^3 , 87.0 ug/m^3 y 49.0 ug/m^3 , respectivamente. En todo caso, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Segundo: En este trabajo se determinó la concentración en el aire de material particulado PM menores a 10 micrómetros durante la Covid-19 en la ciudad de Puno, concluyendo que existió una disminución considerable de material particulado con los resultados. El caso 01 tiene una concentración de 10.1 ug/m^3 , el caso 02 tiene una concentración de 28.2 ug/m^3 y el caso 03 tiene una concentración de 35.6 ug/m^3 ; dichas muestras están por debajo de los ECA-Aire (D.S. - 003 - 2017 Minam); Por tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula,

Tercero: A través de la prueba T-student podemos definir claramente que, debido al poco movimiento económico-social que se desarrolló cotidianamente en la ciudad de Puno producto de las inmovilizaciones que dictaminó la política peruana, durante la pandemia de la Covid-19, la ciudad de Puno tuvo una inferior emisión de material particulado menor a 10 ug/m^3 (media de 26.4 ug/m^3). Esta situación ubica a pensar de manera política cómo manejar una posible crecida dramática de la calidad del aire en ciudades que lejos del pensamiento centralista, aún son todavía “rurales”. De esa forma, aceptamos nuestra tercera hipótesis específica.

RECOMENDACIONES

Primera: Es necesario ver los niveles de aire en los diferentes espacios económicos (manufactura, mercados, transporte, construcción, etc.) de la ciudad de Puno para distinguir cuáles son las zonas que tienen una posibilidad a mediano o corto plazo de superar los niveles de calidad de aire y poder así tener un control que no afecte a la población local. Los gobiernos locales, la empresa privada e investigadores deben asumir esta responsabilidad de manera adecuada y ética..

Segundo: Estudios sobre la calidad de aire durante la pandemia de la Covid-19 en lugares de mucho movimiento económico como Ilave, Desaguadero o Juliaca deben ser realizados para pensar en medidas a futuro.

Tercero: Medidas públicas deben considerarse para ciudad de la calidad de vida (salud) de las poblaciones locales. No se debe esperar que los límites sean traspasados para recién pensar en soluciones. Trabajos como el presente ayudarían a visibilizar situaciones para contrarrestar posibles afectaciones a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias,(2007). Gestión de la Calidad Conceptos Básicos. Recuperado de <https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento10123.pdf>
- Bicentenario Perú. (2021). Calidad del aire. Recuperado de <https://infoaireperu.minam.gob.pe/calidad-de-aire/>
- Escobar & Esplana, (2019). Estudio del potencial eólico para la generación de energía eléctrica, en la región de Huancavelica - 2019. (Tesis pre grado) Universidad Nacional de Huancavelica.
- Green & Sánchez, (2013). *La Calidad del Aire en América Latina*. Washington D.C.: Clean Air Institute. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/La_Calidad_del_Aire_en_América_Latina.pdf
- Inzunza, J. (2006). Meteorología discriptiva. Recuperado de http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap4_Inzunza_Temperatura.pdf
- Maguiña, Gastelo, Tequen, Maguiña, Gastelo & Tequen, (2020). El nuevo Coronavirus y la pandemia del Covid-19. *Revista Medica Herediana*, 31(2), 125-131. <https://doi.org/10.20453/rmh.v31i2.3776>
- Ministerio del Ambiente, (2016). Calidad del Aire y Educación Ambiental. Recuperado de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>
- Minsa. (2021). Prevención COVID-19. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/campa%C3%B1as/3290-que-es-el-coronavirus-covid-19>
- Motocanche, (2019). Influencia de las condiciones meteorológicas en la concentración de PST Y PM10 en inmediaciones de la Universidad Santo Tomás Sede Loma Linda,

- en la ciudad de Tacna - 2019. (Tesis de pregrado). Universidad privada de Tacna.
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2020). *Evaluación de la calidad del aire en el contexto del COVID-19*. Lima: Municipalidad de Lima.
- Peblt, (2017). Humedad Relativa. Recuperado de <http://pelt.gob.pe/sirh/humedad-relativa/>
- Romieu, (2003). *Impactos de la contaminación atmosférica en la morbilidad y mortalidad de la población infantil, Ciudad Juárez, Chihuahua, México*. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- sailandtrip, (2016). Presión Atmosférica; Qué es y cómo se mide. Recuperado de SailandTrip website: <https://sailandtrip.com/presion-atmosferica/>
- US EPA, (2018). Conceptos básicos sobre el material particulado. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA,

Preguntas	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	Indicadores	Técnicas
<p>General: ¿Cuál es la calidad del aire respecto a los parámetros de material particulado menores a 10 micrómetros en el contexto de la pandemia Covid-19 en la ciudad de Puno?</p> <p>Específicas: -¿Cuál es la concentración de material particulado PM menor a 10 micrómetros en la ciudad de Puno, antes de la emergencia sanitaria de la Covid-19?</p>	<p>General: Evaluar la calidad de aire antes y durante el contexto de la Covid-19 respecto a los parámetros de material particulado PM menores a 10 micrómetros en la ciudad de Puno.</p> <p>Específicas: -Analizar los estudios sobre la concentración de material particulado PM menores a 10 micrómetros del aire en la ciudad de Puno antes de la pandemia - Covid-19. - Determinar la concentración en el</p>	<p>General: -Existe diferencia entre la calidad de aire antes y durante el contexto de la Covid-19 en relación a los ECA de material particulado PM menores a 10 micrómetros en la ciudad de Puno.</p> <p>Específicas: - La calidad ambiental del aire referentes al material particulado PM₁₀ micrómetros antes de la pandemia superan los ECA-Aire. - El parámetro de contaminación ambiental durante la emergencia sanitaria</p>	<p>Calidad de Aire</p>	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación por agentes geofísicos Contaminación por agentes socioeconómicos 	<ul style="list-style-type: none"> Guantes de nitrilo. Filtros de microfibras de cuarzo PM₁₀. Bolsa de plástico y sobre de papel. Datos meteorológicos de Puno Planos de la ciudad de Puno Imagen satelital landsat. Hi-Vol marca THERMO. Manómetro. GPS Navegador. Cámara fotográfica.

<p>-¿Cuál será la concentración de material particulado PM menor a 10 micrómetros durante la emergencia sanitaria de la Covid-19 en la ciudad de Puno?</p> <p>- ¿Cuál es la diferencia entre la concentración de material particulado PM₁₀ en el aire encontrado antes y durante la pandemia - Covid-19, en relación a los ECA-Aire de la ciudad de Puno?</p>	<p>aire de material particulado PM menores a 10 micrómetros durante la Covid-19 en la ciudad de Puno.</p> <p>- Comparar los niveles de concentración del material particulado PM menores a 10 micrómetros en el aire en relación al ECA - Aire, encontrado antes y durante la Covid-19 en la ciudad de Puno.</p>	<p>en referencia al material particulado ha disminuido, serán menores a 100 ug/m³ de acuerdo a los ECA-Aire.</p> <p>- Los niveles de concentración PM₁₀ durante la emergencia sanitaria por la Covid-19 no superan a los ECA del aire, a diferencia de estudios anteriores a la pandemia; lo cual pone en evidencia que las actividades económicas diarias afectan la calidad de vida de la población puneña.</p>		<p>· 01 computadora (CORE i7). · ArcGIS 10.5</p>
--	--	---	--	--

Anexo 01: Informe de ensayo de laboratorio ALS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-029



INFORME DE ENSAYO: 25038/2017

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1.

N° ALS - CORPAB	227433/2017-1.0	227434/2017-1.0	227435/2017-1.0
Fecha de Muestreo	06/06/2017	08/06/2017	10/06/2017
Hora de Muestreo	17:00:00	09:15:00	11:00:00
Tipo de Muestra	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación	P1-CA	P2-CA	P3-CA
Parámetro	Ref. Métd.	Unidad	LD
003 ANÁLISIS ESCOQUIMICOS			
Decomposición de Peso PM 10 Alto Volumen	17278	ug/m ³ ra	100
Peso final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	g	---
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	g	---
Código de Filtro Cuarzo	17278	---	---

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp. del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
P1-CA	Cliente	Calidad de Aire	13/06/2017	06/06/2017	1047603N 390488E	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
P2-CA	Cliente	Calidad de Aire	13/06/2017	08/06/2017	8249267N 389820E	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
P3-CA	Cliente	Calidad de Aire	13/06/2017	10/06/2017	8247936N 0590975E	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
17278	ACP	Determinación de Peso: PM10 Alto Volumen (Sin Muestreo) (filtro cuarzo)	EP A/625/R 96/010a Compendium Method 10.3.1; Item 4 y 5 (excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999 - (Validado) No Incluye Muestreo	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM 10 A, 10 Volumen

Descripción: Informe del laboratorio otorgado por el laboratorio ALS y Ecosouth para el caso 01 del objetivo 01.

Anexo 02: Cálculo para la concentración de material particulado PM₁₀

con Control de Flujo Volumétrico.

Empresa: Unidad o Proyecto:

Estación: P02-CA	Fecha: 08/06/2017	Código de Filtro: 40205319	Pesos (gr)		
			Inicial: 4.27151	Final: 4.30125	Diferencia: 0.0297
Horómetro			Funcionamiento		
Inicial: 1	Final: 25		Horas: 24	Minutos: 1440	
Diferencia de Presión Manométrica			Presión ATM. (mmHg): 452	Temperatura (°C): 8.2	Razón de Presión: 0.946
Inicial: 14	Final: 12	Promedio: 13.0	Qreal (m³/min): 1.114	Qstd (m³/min): 0.702	VOLstd (m³): 1010.9
Concentración de Material Particulado PM-10					
Concentración PM10. (ug/m3N)	As (ug/muestra)	As (ug/m³N)	Pb (ug/muestra)	Pb (ug/m³N)	
29.4	1	0.0010	1	0.0010	
<input type="button" value="Limpiar"/> <input type="button" value="Guardar"/>					

[Blog: www.monitoreoambiental.com](http://www.monitoreoambiental.com)

Datos Almacenados

Descripción: Determinación de la concentración de Material Particulado PM₁₀ del caso 01 objetivo 01.

Anexo 03: Informe de ensayo de laboratorio ALS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-029



INFORME DE ENSAYO: 25038/2017

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1.

N° ALS - CORPLAB	227433/2017-1.0	227434/2017-1.0	227435/2017-1.0
Fecha de Muestreo	06/06/2017	08/06/2017	10/06/2017
Hora de Muestreo	17:00:00	09:15:00	11:00:00
Tipo de Muestra	Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación	P1-CA	P2-CA	P3-CA
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD
003 ANÁLISIS ESCOQUÍMICOS			
Determinación de Peso PM 10 Alto Volumen	1727B	ug/m ³ m ³	100
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	1727B	g	---
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	1727B	g	---
Código de Filtro Cuarzo	1727B	---	---

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp. del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
P1-CA	Cliente	Calidad de Aire	13/06/2017	06/06/2017	8247603N 390488E	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
P2-CA	Cliente	Calidad de Aire	13/06/2017	08/06/2017	8248267N 389820E	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
P3-CA	Cliente	Calidad de Aire	13/06/2017	10/06/2017	8247936N 0390975E	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
1727B	ACP	Determinación de Peso: PM10 Alto Volumen (Sin Muestreo) (Filtro cuarzo)	EPA/625/R 96/010a Compendium Method 10 3.1; Item 4 y 5 (excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999 - (Validado) No incluye Muestreo	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM 10 A 10 volumetric

Descripción: Informe del laboratorio otorgado por el laboratorio ALS y Ecosouth para el caso 02 objetivo 01.

Anexo 04: Cálculo para la concentración de material particulado PM₁₀

Determinación de Material Particulado PM-10 con Control de Flujo Volumétrico.

Empresa: Unidad o Proyecto:

Estación:		Fecha:		Código de Filtro:		Pesos (gr)		
P03-CA		10/06/2017		40205321		Inicial:	Final:	Diferencia:
						4,28044	4,37131	0,0909
Horómetro				Funcionamiento				
Inicial:		Final:		Horas:		Minutos:		
1		25		24		1440		
Diferencia de Presión Manométrica				Presión ATM. (mmHg):		Temperatura (°C):		Razón de Presión:
				467		9		0,948
Inicial:		Final:		Promedio:		Qreal (m ³ /min):		Qstd (m ³ /min):
14		12		13,0		1,118		0,726
								VOLstd (m ³):
								1045,4
Concentración de Material Particulado PM-10								
Concentración PM10. (ug/m ³ N)		As (ug/muestra)		As (ug/m ³ N)		Pb (ug/muestra)		Pb (ug/m ³ N)
87,0		1		0,0010		1		0,0010
<input type="button" value="Limpiar"/> <input type="button" value="Guardar"/>								

[Blog: www.monitoreoambiental.com](http://www.monitoreoambiental.com)

Datos Almacenados

Descripción: Determinación de la concentración de Material Particulado PM₁₀ del caso 02 objetivo 01.

Anexo 05: Informe de ensayo de laboratorio ALS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 13111/2020

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1.

N° ALS LS	11/602/2020 1.0
Fecha de Muestreo	27/02/2020
Hora de Muestreo	13:09:00
Tipo de Muestra	Calidad de Aire
Identificación	RP-01

Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM10 Alto Volumen	17278	01/03/2020	µg/muestra	1600	8000	54180
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM10 Alto Volumen	17278	01/03/2020	g	---	---	4,28291
Peso Final Filtro Cuarzo PM10 Alto Volumen	17278	01/03/2020	g	---	---	4,33703
Código de Filtro Cuarzo PM10 Alto Volumen	17278	01/03/2020	---	---	---	420917

Observaciones

- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No aplica para datos proporcionados por el cliente.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp. del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
RP-01	Cliente	Calidad de Aire	29/02/2020	27/02/2020	8249430N 389948E	19	Proporcionado por el cliente	Zona de Influencia de Proyecto

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref. Mét.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
17278	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)	EP1/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1, Item 4 y 5 (excepto 5.1.1, 5.2.3.7 y 5.3), June 1989 - (Validado) No Incluye Muestreo	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM10 Alto volumen

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 13111/2020, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web: www.alsglobal.com e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
RP-01	11/602/2020 1.0	Irrsnrr8.1206/11

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

Descripción: Informe del laboratorio otorgado por el laboratorio ALS y Ecosouth para el caso 03 objetivo 01.



Anexo 06: Cálculo para la concentración de material particulado PM₁₀

Determinación de Material Particulado PM-10 con Control de Flujo Volumétrico.

Empresa: Unidad o Proyecto:

Estación: P04-CA	Fecha: 27/05/2021	Código de Filtro: 420912	Pesos (gr)		
			Inicial: 4,28291	Final: 4,33709	Diferencia: 0,0542
Horómetro			Funcionamiento		
Inicial: 1	Final: 25		Horas: 24	Minutos: 1440	
Diferencia de Presión Manométrica			Presión ATM. (mmHg): 494	Temperatura (°C): 11	Razón de Presión: 0,951
Inicial: 14	Final: 12	Promedio: 13,0	Qreal (m³/min): 1,128	Qstd (m³/min): 0,768	VOLstd (m³): 1105,9
Concentración de Material Particulado PM-10					
Concentración PM10. (ug/m3N)	As (ug/muestra)	As (ug/m³N)	Pb (ug/muestra)	Pb (ug/m³N)	
49,0	1	0,0009	1	0,0009	
<input type="button" value="Limpiar"/> <input type="button" value="Guardar"/>					

[Blog: www.monitoreoambiental.com](http://www.monitoreoambiental.com)

Datos Almacenados

Descripción: Determinación de la concentración de Material Particulado PM₁₀ del caso 03 objetivo 01.

Anexo 07: Informe de ensayo de laboratorio ALS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-029



FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 28139/2020

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 2

N° ALS	28139/2020 1.0					
Fecha de Muestreo	16/05/2020					
Hora de Muestra	17:00:00					
Tipo de Muestra	Calidad de Aire					
Identificación	P1-CA					
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LU	Resultado
003 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS						
Dióxido de Azufre (24h)	17292	17/06/2020	ug SO2/mtra	3,951	11,850	< 3,951
Dióxido de Nitrógeno (1h)	17293	17/06/2020	ug NO2/mtra	0,105	0,263	0,599
Monóxido de Carbono (8h)	17294	17/06/2020	ug CO/muestra	150	3/5	180
Ozono (8h)	17295	17/06/2020	ug O3/mtra	0,114	2,370	< 0,114
Sulfuro de hidrógeno (24h)	17296	17/06/2020	ug H2S/mtra	0,683	3,415	< 0,683
003 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen) (Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	18/06/2020	ug/muestra	1600	8000	1104?
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	18/06/2020	g	---	---	4,23285
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	18/06/2020	g	---	---	4,24385
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	18/06/2020	---	---	---	420905
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Filtros High Vol PM10						
Arsénico (As)	1835	24/06/2020	ug/mtra	2,0	20,0	< 2,0
Plomo (Pb)	1835	24/06/2020	ug/mtra	2,0	20,0	< 2,0

Observaciones

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: límite de cuantificación.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refieren a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp. del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
P1-CA	Cliente	Calidad de Aire	17/05/2020	15/05/2020	3246802N 396140E	15	Proporcionado por el cliente	Puno Ciudad

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

Ref. Mét.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
17278	AQ?	Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen) (Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)*	EPA/525/R 96/010a Compendium Method IO-3.1, Item 4 y 5 (excepto 5.1.1, 5.2.3.7 y 5.3), junio 1999 - (Validado) - No Incluye Muestreo	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM 10 Alto volumen
17292	AQ?	Dióxido de Azufre (24h) en Solución Captadora (Sin Muestreo)*	EPA CFR 40 Appendix A-2 to Part 50 (excepto 7.1.0, 12.2, 12.3), Junio	Determinación de Dióxido de Azufre (SO2) en la atmósfera - Método de Perarrosanilina

Pág. 2 de 3

Revisión: 10
Fecha de Revisión: 16/07/2019

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com

Descripción: Informe del laboratorio otorgado por el laboratorio ALS y Ecosouth para el caso 01 objetivo 02..



Anexo 08: Cálculo para la concentración de material particulado PM₁₀

Determinación de Material Particulado PM-10 con Control de Flujo Volumétrico.

Empresa: Unidad o Proyecto:

Estación: P05-CA	Fecha: 16/05/2020	Código de Filtro: 420906	Pesos (gr)		
			Inicial: 4,23285	Final: 4,24389	Diferencia: 0,0110
Horómetro			Funcionamiento		
Inicial: 1	Final: 25		Horas: 24	Minutos: 1440	
Diferencia de Presión Manométrica			Presión ATM. (mmHg): 487	Temperatura (°C): 9	Razón de Presión: 0,950
Inicial: 14	Final: 12	Promedio: 13,0	Qreal (m³/min): 1,120	Qstd (m³/min): 0,758	VOLstd (m³): 1091,5
Concentración de Material Particulado PM-10					
Concentración PM10. (ug/m3N)	As (ug/muestra)	As (ug/m³N)	Pb (ug/muestra)	Pb (ug/m³N)	
10,1	1	0,0009	1	0,0009	
<input type="button" value="Limpiar"/> <input type="button" value="Guardar"/>					

Blog: www.monitoreoambiental.com

Datos Almacenados

Descripción: Determinación de la concentración de Material Particulado PM₁₀ del caso 01 objetivo 02.

Anexo 09: Informe de ensayo de laboratorio ALS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-029



Registro N° LE - 029

FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 32130/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

Parámetro	Ref. Mé.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado	Incertidumbre (+/-)
Muestras del ítem: 1 N° ALS: 294915/2021-1.0 Fecha de Muestreo: 29/05/2021 Hora de Muestreo: 15:00:00 Tipo de Muestra: Aire Identificación: P1-A							
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS							
Dióxido de Azufre (24h)	17292	09/06/2021	ug SO ₂ /mtra	3,951	11,850	< 3,951	NE
Dióxido de Nitrógeno (1h)*	17293	07/06/2021	ug NO ₂ /mtra	0,105	0,203	0,667	1,8F-2
Ozono (8h)*	17295	07/06/2021	ug O ₃ /mtra	0,414	2,070	< 0,414	NE
Sulfuro de hidrógeno (24h)**	17296	07/06/2021	ug H ₂ S/mtra	0,683	3,415	< 0,683	NE
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM 10 (Alto Volumen) (Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)							
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	08/06/2021	ug/muestra	1600	8000	31250	4,6F+1
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	08/06/2021	g	---	---	4,47345	---
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	08/06/2021	g	---	---	4,50468	---
Código de Filtro Cuarzo PM 10 Alto Volumen	17278	08/06/2021	---	---	---	121911	---
007 ENSAYOS DE METALES							
Plomo (Pb)	1835	09/06/2021	ug/mtra	2,0	20,0	< 2,0	NE

Observaciones

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentren por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Peru S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mé.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- En relación a la estimación de incertidumbre
 - 1/ : Símbolo que denota la definición del intervalo de confianza en el cual se encuentra inmerso el valor reportado.
 - Valores de incertidumbre altos respecto al valor reportado, se dan para concentraciones cuyo orden de magnitud es próximo al límite de cuantificación.
 - El valor de estimación de la incertidumbre indicado en las muestras del presente informe, corresponden solo a la etapa del análisis.
 - Si el valor de incertidumbre es expresado como:
 - NF - No estimable, para concentraciones menores al límite de cuantificación/mayores al rango máximo de trabajo, en los cuales no se puede asegurar la exactitud.
 - - No cuenta con incertidumbre de la medición, por ser analizados por un laboratorio tercero y/o datos proporcionados por el cliente.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp. del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WCS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
P1-A	Ciente	Aire	07/05/2021	29/05/2021	8248810N 350380E	19	Proporcionado por el cliente	Edificio elevado

Pág. 2 de 4

Revisión: 11
Fecha de Revisión: 24/05/2020

Av. República de Argentina N° 1859, Cercado de Lima - Perú Telf: (511) 488-9500
Av. Dolores 167, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa - Perú Telf: (054) 424-570
www.alsglobal.com

Descripción: Informe del laboratorio otorgado por el laboratorio ALS y Ecosouth para el caso 02 objetivo 02..

Anexo 10: Cálculo para la concentración de material particulado PM₁₀

Determinación de Material Particulado PM-10 con Control de Flujo Volumétrico.

Empresa: Unidad o Proyecto:

Estación: P06	Fecha: 29/05/21	Código de Filtro: 421941	Pesos (gr)		
			Inicial: 4.47345	Final: 4.50488	Diferencia: 0.0312
Horómetro			Funcionamiento		
Inicial: 1	Final: 25		Horas: 24	Minutos: 1440	
Diferencia de Presión Manométrica			Presión ATM. (mmHg): 491	Temperatura (°C): 8.5	Razón de Presión: 0.951
Inicial: 14	Final: 12	Promedio: 13.0	Qreal (m ³ /min): 1.121	Qstd (m ³ /min): 0.767	VOLstd (m ³): 1104.5
Concentración de Material Particulado PM-10					
Concentración PM10. (ug/m ³ N)	As (ug/muestra)	As (ug/m ³ N)	Pb (ug/muestra)	Pb (ug/m ³ N)	
28.2	1	0.0009	1	0.0009	
<input type="button" value="Limpiar"/> <input type="button" value="Guardar"/>					

[Blog: www.monitoreoambiental.com](http://www.monitoreoambiental.com)

Datos Almacenados

Descripción: Determinación de la concentración de Material Particulado PM₁₀ del caso 02 objetivo 02.

Anexo 11: Informe de ensayo de laboratorio ALS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-029



Registro N°LE - 029

FDT 001 - 02

INFORME DE ENSAYO: 64853/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 6

N° ALS	589/15/2021-1.0					
Fecha de Muestreo	19/10/2021					
Hora de Muestreo	17:40:00					
Tipo de Muestra	Aire					
Identificación	P-1 Aire					
Parámetro	Ref. Mé.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
003 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS						
Dióxido de Azufre (24h)	17292	29/10/2021	ug SO2/mtra	3,951	11,850	< 3,951
Dióxido de Nitrógeno (1h)	17293	27/10/2021	ug NO2/mtra	0,105	0,263	0,738
Monóxido de Carbono (3h)*	17294	27/10/2021	ug/mtra	150	375	1107
Ozono (8h)	17295	27/10/2021	ug O3/mtra	0,414	2,070	< 0,414
Sulfuro de hidrógeno (24h)*	17296	27/10/2021	ug H2S/mtra	0,683	3,415	< 0,683
003 ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS - Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)						
Determinación de Peso Filtro Cuarzo PM10 Alto Volumen	17278	29/10/2021	ug/muestra	1600	3000	39110
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM10 Alto Volumen	17278	29/10/2021	g	---	---	4,52351
Peso Final Filtro Cuarzo PM10 Alto Volumen	17278	29/10/2021	g	---	---	4,56262
Código de Filtro Cuarzo PM10 Alto Volumen	17278	29/10/2021	---	---	---	473974

Observaciones

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentren por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mé.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WCS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
P-1 Aire	Ciente	Aire	27/10/2021	19/10/2021	8248846N 300050E	15	Preparación por el cliente	Cercado de Puno

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

Ref. Mé.	Cód.	Ensayo	Método de Referencia	Descripción
17278	AQP	Determinación de Peso: Filtros PM10 (Alto Volumen)(Sin Muestreo) (Filtro Cuarzo)	FPA/025/R-96/010a - Compendium Method IC-3.1 (Item 4 y 5) (Excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999. (Validado para pesaje). No incluye muestreo, 2019	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM10 Alto volumen

Descripción: Informe del laboratorio otorgado por el laboratorio ALS y Ecosouth para el caso 03 objetivo 02..



Anexo 12: Cálculo para la concentración de material particulado PM₁₀

Determinación de Material Particulado PM-10 con Control de Flujo Volumétrico.

Empresa: Unid. o Proyecto:

Estación:		Fecha:		Código de Filtro:		Pesos (gr)		
P07-CA		19/10/21		423924		Inicial:	Final:	Diferencia:
						4,52351	4,56262	0,0391
Horómetro				Funcionamiento				
Inicial:		Final:		Horas:		Minutos:		
1		25		24		1440		
Diferencia de Presión Manométrica				Presión ATM. (mmHg):		Temperatura (°C):		Razón de Presión:
				492		12		0,951
Inicial:		Final:		Promedio:		Qreal (m³/min):		Qstd (m³/min):
14		12		13,0		1,127		0,763
								VOLstd (m³):
								1098,7
Concentración de Material Particulado PM-10								
Concentración PM10. (ug/m3N)		As (ug/muestra)		As (ug/m³N)		Pb (ug/muestra)		Pb (ug/m³N)
35,6		1		0,0009		1		0,0009
<input type="button" value="Limpiar"/> <input type="button" value="Guardar"/>								

[Blog: www.monitoreoambiental.com](http://www.monitoreoambiental.com)

Datos Almacenados

Descripción: Determinación de la concentración de Material Particulado PM₁₀ del caso 03 objetivo 02.

Anexo 13: Certificado de calibración por Inacal



Calle Bolognesi 10111 San José 188
 Urb. Copacabana, San Isidro - Lima
 Telf.: 200-4700
 informes@enviroequip.pe
 www.enviroequip.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CERTIFICACIÓN

Nombre Compañía:	ECOSOUTH MEDIO AMBIENTE INGENIERIA Y GEOMATICA S.R.L.	Número Serie Venturi:	P9204X
Fabricante:	THERMO ELECTRON	Procedencia:	Estados Unidos
Modelo:	G10557PM10	Día de Calibración:	14/nov/13
Certificado Calibración:	01.10730-281013	Lugar de Calibración:	TALLER ENVIROEQUIP SJM

	Revisión Instrumento		Entrega Instrumento:
En Tolerancia:	SI	Procedimiento Usado:	EPA VOLUMETRICO
Fuera de Tolerancia:	NO	Calibrado Por:	Yoel Ocmin

ESTADO DEL CUMPLIMIENTO DE LA CERTIFICACION CALIBRACION

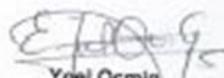
ENVIROEQUIP S.A.C. certifica que este instrumento ha sido inspeccionado y calibrado por nuestros técnicos calificados y cumple o excede las especificaciones de calidad para la Norma EPA Método de Referencia Numero RPPS 1287-063, cuyos archivos y registros son mantenidos por la Empresa ECOSOUTH MEDIO AMBIENTE INGENIERIA Y GEOMATICA S.R.L. y se encuentra en posesión de la compañía en Lima.
 Este documento es la Certificación que el Tubo Venturi se encuentra dentro del Cumplimiento de la Norma ASTM EPA RPPS 1287-063 cuyo valor diferencial es 2.164% < 3%

DATOS CALIBRACIÓN

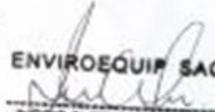
TRAZABILIDAD

Se ha usado el Calibrador Modelo G28A, con numero de serie 2490, trazable NIST y calibrado el 19/abril/2013

Calibrado Por:


 Yoel Ocmin
 ENVIROEQUIP S.A.C.

Aprobado por:


 ENVIROEQUIP SAC
 INGRID BUTRON BILMAYNE
 Jefe de Servicio
 Ingrid Butron
 ENVIROEQUIP S.A.C.



Calle Mariano de los Santos 192,
 Urb. Consep, San Isidro - Lima
 Telf: 200-4700
 informes@enviruequip.com
 www.enviruequip.com

Calibración Muestreador de Alto Volumen (HiVol)

DATOS GENERALES		VARIABLES		CONDICIONES	
FECHA	13/nov/13	m_x	1.0406	T_x	291.00
OPERADOR	Yoel Ocerin	b_x	-0.004195	P_x	760.00
MODELO CAL	G28A	m_{std}	1.6818	T_{std}	298.18
S/N	2490	b_{std}	-0.007429	P_{std}	760.00
FLOW CONTROL		MODELO	G10557PM10	S/N	P9204X

Orificio Calibrador	Q_a (ml/min) ($(1-Pf)P_a)(T_a) - b$)	(H ₂ O) Muestreador	Pf (mmHg) 25.4/(H ₂ O/13.6)	$P_0/P_a = 1 - (Pf/P_a)$	Q_b Lock flow rate	%Diff ($(Q_b - Q_a) / Q_a * 100$)
3.6	1.139	10	18.676	0.975	1.168	2.588
3.55	1.131	13.9	25.960	0.965	1.155	2.135
3.5	1.123	17	31.750	0.958	1.147	2.147
3.45	1.115	20.4	38.100	0.949	1.135	1.806
3.4	1.107	24.7	46.131	0.939	1.123	1.464
Promedio						2.164

$X = Q_a / (T_a)$	$Y = P_0 / P_a$
0.068	0.975
0.068	0.965
0.067	0.958
0.067	0.949
0.066	0.939

Por Correlación	
r	0.9992
m	13.826
b	0.0301

Diff H ₂ O	Pf (mmHg)	$Q_{ac} = ((1 - Pf/P_a) - b) * (T_a) / m$
15	28.022	1.152

La FDA establece que el promedio de dif. entre puntual (10L/min), debe ser $\pm 3\%$.
 Si el %Diff fuera mayor quiere decir que una fuga puede haber estado presente durante la calibración y se debería calibrar nuevamente

PASOS A SEGUIR

- 1) Colocar la base (Top plate)
- 2) Colocar el tubo de orificios (Vari flow)
- 3) Encender el Muestreador Hi Vol
- 4) Instalar el Manometro al tubo de orificios y el otro a la cuerpo del Hi Vol
- 5) Tomar 5 lecturas variando el orificio del vari flow o cambiando los discos de orificios

NOMENCLATURA

m : Pendiente de la relación de calibración del orificio del Q_{actual} (Hoja del calibrador)
 b : Intersección de la relación de calibración del orificio del Q_{actual}
 T_x : Temperatura ambiental °K (°K=273+°C)
 P_a : Presión barométrica mmHg (1atm= 760mmHg)

H₂O: Lecturas del manometro inH₂O en el tubo de calibración

Q_a : Regimen de flujo actual m³/min

Q_{ac} : Flujo Calculado, usando parametros "b" y "m" hallados por correlacion de la calibracion

Pf: Diferencia de presión en mmHg

P_0/P_a : Relación P actual y P ambiental

% Diff: Diferencia porcentual entre los volumenes de flujo del muestreador

Descripción: Certificado de Calibración del equipo HI-VOL.

Anexo 14: Punto de Monitoreo - Jr. Oquendo y Av. La Torre

Descripción: Punto de muestreo durante la pandemia.

Anexo 15: Instalación del equipo Hi-Vol

Anexo 16: Verificación del filtro de cuarzo

Descripción: verificación del filtro de cuarzo durante la pandemia caso 01

Anexo 17: Instalación del equipo Hi-Vol

Descripción: Instalación del filtro de cuarzo durante la pandemia caso 01

Anexo 18: Verificación del filtro de cuarzo

Descripción: Verificación del filtro de cuarzo durante la pandemia caso 02

Anexo 19: Instalación del filtro de cuarzo

Descripción: Instalación del filtro de cuarzo durante la pandemia caso 02

Anexo 20: Verificación del filtro de cuarzo

Descripción: Verificación del filtro de cuarzo durante la pandemia caso 03

Anexo 21: Instalación del filtro de cuarzo

Descripción: Instalación del filtro de cuarzo durante la pandemia caso 03

Anexo 22: Programación del Hi-Vol

Descripción: Programación del equipo HI-VOL por 23:59 horas

Anexo 23: Monitoreo del Hi-Vol

Descripción: vigilancia y monitoreo del proceso de muestreo.