

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**“CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES A 2.5  
MICRÓMETROS PARA LA GESTIÓN DE ÁREAS VERDES EN LA  
CIUDAD DE JULIACA”**

**TESIS**

PRESENTADA POR:

**Bach. PEDRO FÉLIX HUANCA ARACAYO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MENCION: GESTIÓN AMBIENTAL**

PROMOCION: 2014 - II

**PUNO - PERÚ**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**



**TESIS**

**"CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MENORES A 2.5  
MICRÓMETROS PARA LA GESTIÓN DE ÁREAS VERDES EN LA  
CIUDAD DE JULIACA"**

**PRESENTADA POR:  
PEDRO FELIX HUANCA ARACAYO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO  
MENCION: GESTION AMBIENTAL**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: VIERNES 23 DE DICIEMBRE DE 2016**

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

**PRESIDENTE**

:   
Dr. Eleodoro CHAHUARES VELÁSQUEZ

**PRIMER MIEMBRO**

: .....  
Dr. Ernesto Javier CHURA YUPANQUI

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
M. Sc. Ing. Francis MIRANDA CHOQUE

**DIRECTOR DE TESIS**

:   
M. Sc. Flavio ORTIZ CALCINA

**ASESOR DE TESIS**

:   
Dr. Luis Alfredo PALAG ITURREGUI

**PUNO**

-

**PERÚ**

**2016**

Área: Ciencias agrícolas  
Tema: Gestión ambiental

**DEDICATORIA**

*A mi Dios todo poderoso que me dio fuerzas para seguir adelante, ayudándome a superar barreras y dándome la mejor felicidad para vivir siempre con alegría.*

*De igual forma, dedico esta tesis a mis queridos padres Félix Huanca Cusi y Gerónima Aracayo Chuquija por todo su inmenso amor, sacrificio y apoyo incondicional durante mi formación profesional.*

*A mis queridos hermanos (as) Richard, Rosa, Jaime, Rita, Jorge y Elizabeth, que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo incondicional y por compartir conmigo momentos buenos y malos.*

*Y a todos mis amigos (as), que de alguna manera me apoyaron durante toda mi formación académica.*

*A mis maestros de la universidad por inculcarme los diferentes conocimientos que me impartieron y por los ejemplos de seguir adelante a pesar de los obstáculos siguen avanzando.*

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, que gracias a las enseñanzas de sus docentes forman profesionales de gran sabiduría científica y técnica en las ciencias de la Ingeniería Agronómica.
  
- ❖ Al Ing. M. Sc. Flavio Ortiz Calcina, por su iniciativa de realizar el presente proyecto de investigación y su apoyo profesional incondicional en las diferentes etapas del trabajo, por sus valiosos consejos y observaciones como director del presente proyecto de investigación.
  
- ❖ Al Dr. Luis Alfredo Palao Iturregui, por su apoyo como asesor del presente proyecto de investigación, por sus valiosos consejos y por sus diferentes contribuciones y sus observaciones.
  
- ❖ A todos los amigos y compañeros de estudio que de una u otra manera apoyaron la ejecución del presente proyecto de investigación.
  
- ❖ Al empresa CONSULTORÍA Y MONITOREO PERÚ S.A.C. Por facilitarnos todos los equipos de monitoreo de laboratorio para los respectivos análisis.

## ÍNDICE

	pág.
RESUMEN .....	16
INTRODUCCIÓN .....	17
CAPITULO I .....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
CAPITULO II .....	27
MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL Y MARCO LEGAL.....	27
2.1. MARCO TEÓRICO.....	27
2.1.1. Material Particulado - PM <sub>2.5</sub> .....	27
2.1.2. Relación entre el PM <sub>2.5</sub> y el PM <sub>10</sub> .....	27
2.1.3. Tamaño de material particulado .....	28
2.1.4. Medición de partículas en suspensión menores de 2.5 µm por Hi-Vol .	28
2.1.5. Cabezales selectores de partículas .....	29
2.1.6. El aire puro .....	30
2.1.7. Composición del aire .....	30
2.1.8. Principales Contaminantes del Aire .....	31
2.1.9. Modelos de calidad del aire .....	31
2.1.10. Partículas ambientales .....	32
2.1.11. El material particulado respirable.....	32
2.1.12. Efectos del PM <sub>2.5</sub> en la salud .....	33
2.1.13. Efectos de las Partículas en el Ecosistema .....	33
2.1.14. Efectos en las plantas.....	34
2.1.15. Efectos en la salud de los animales.....	34
2.1.16. Beneficios o impactos de las áreas verdes urbanas.....	34
2.1.17. Beneficios de los árboles en el ambiente urbano .....	35

2.1.18.	Las Áreas Verdes y Calidad de Vida, Beneficios Sociales y Funciones Ambientales .....	35
2.1.19.	Funciones Ambientales de las Áreas Verdes .....	36
2.1.20.	Actividades en los programas de áreas verdes urbanas .....	36
2.1.20.1.	Participación y educación del público .....	36
2.1.20.2.	Parques públicos .....	36
2.1.20.3.	Árboles en calles y residencias.....	37
2.1.20.4.	Agricultura urbana .....	37
2.1.20.5.	Vías verdes.....	37
2.1.21.	Gestión Ambiental de Áreas Verdes.....	37
2.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	38
2.2.1.	Contaminación.....	38
2.2.2.	Contaminación del aire .....	38
2.2.3.	Fuentes de Contaminación .....	39
2.2.3.1.	Fuentes naturales .....	39
2.2.3.2.	Fuentes antropogénicas .....	39
2.2.3.3.	Fuentes Puntuales.....	39
2.2.3.4.	Fuentes de área.....	39
2.2.3.5.	Fuentes móviles.....	39
2.2.3.6.	Fuentes lineales.....	40
2.2.4.	Contaminación Industrial y Urbana.....	40
2.2.5.	Estudio de los Parámetros Meteorológicos a Considerar .....	40
2.2.5.1.	Temperatura del Ambiente .....	40
2.2.5.2.	Humedad Relativa .....	41
2.2.5.3.	Presión Barométrica .....	41
2.2.5.4.	Dirección del Viento o roce de viento .....	41
2.2.5.5.	Velocidad del Viento .....	41
2.2.5.6.	Precipitación .....	41
2.2.5.7.	Radiación Solar .....	42
2.2.6.	Densidad Poblacional .....	42
2.2.7.	Carga Vehicular/horas/día .....	42

2.2.8. Áreas Verdes .....	42
2.3. MARCO LEGAL .....	43
CAPITULO III .....	45
CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION .....	45
3.1. UBICACIÓN .....	45
3.1.1. Sectorización de la zona urbana de Juliaca .....	45
3.1.2. Características Físico Y Geográficas .....	46
3.1.3. Superficie .....	46
3.1.4. El microclima urbano .....	46
CAPITULO IV .....	48
MATERIALES Y METODO DE INVESTIGACION .....	48
4.1. MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES .....	48
4.1.1. Materiales .....	48
4.1.2. Equipos .....	48
4.1.3. Softwares .....	49
4.2. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	49
4.2.1. Etapa de ubicación de puntos de monitoreo .....	49
4.2.1.1. Criterio de ubicación de puntos de monitoreo .....	49
4.3. Convalidación de puntos de monitoreo .....	50
4.3.1. Horas que se realizan las observaciones sinópticas .....	51
4.4. Consideraciones sobre ubicación de puntos de monitoreo en la Ciudad de Juliaca .....	51
4.5. Metodología de muestreo del Hi-Vol .....	51
4.6. Etapa de recolección de la muestra de concentración de PM <sub>2.5</sub> en la ciudad de Juliaca .....	52
4.6.1. Recolección de partículas de PM <sub>2.5</sub> .....	52
4.6.2. Cambio de filtro del equipo Hi-Vol .....	53
4.7. ETAPA DE LABORATORIO .....	54
4.7.1. Criterios de metodología para el aseguramiento de la calidad de resultados de PM <sub>2.5</sub> en µg/m <sup>3</sup> .....	54
4.8. TRABAJO DE CAMPO .....	54
4.8.1. Identificación de Actividades Antropogénicas .....	54

4.9. INTERPOLACIÓN CON SPLINE .....	55
4.10. ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS .....	55
CAPITULO V .....	56
EXPOSICION, INTERPRETACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS .....	56
5.1. Concentración de Material Particulado Menores o iguales a $PM_{2.5}$ micrómetros en la ciudad de Juliaca .....	57
5.2. Actividades antrópicas en relación a los puntos de evaluación del material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros de la ciudad de Juliaca .....	61
5.3. Diferencias de Concentraciones de material particulado menores a $PM_{2.5}$ micrómetros en la Ciudad de Juliaca .....	66
5.4. Describir los factores determinantes de la concentración de material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca .....	81
5.5. Áreas verdes Existentes en la Ciudad de Juliaca.....	89
5.5.1. Medidas de Plan Gestión Ambiental del aire para la ciudad de Juliaca .....	90
5.5.3. Propuesta de áreas verdes en la Ciudad de Juliaca.....	97
CONCLUSIONES .....	107
RECOMENDACIONES .....	109
BIBLIOGRAFÍA .....	110
ANEXOS .....	115

## ANEXOS

**Anexo 1:** Certificados De Calibración

**Anexo 2:** Certificados Del Laboratorio SAG PERU SAC

**Anexo 3:** Informes De Ensayo De Laboratorio SAG PERU SAC

**Anexo 4:** Equipo Muestreador De Partículas De Bajo Volumen (Hi - Vol)

**Anexo 5:** Consideraciones sobre ubicación de puntos de monitoreo en la Ciudad de Juliaca.

**Anexo 6:** Flujo Vehicular En Cada Punto De Monitoreo Por Tres Horas Día

**Anexo 7:** Flujo Vehicular Por 24 Horas En La Ciudad De Juliaca

**Anexo 8:** Diagnóstico De Las Actividades Antropogenicas En Las Estaciones Evaluadas

**Anexo 9:** Diseño Experimental (DCA)

**Anexo 10:** Regresión Lineal Múltiple

**Anexo 11:** Datos Meteorológicos

**Anexo 12:** Tabla de Abreviaturas

**Anexo 13:** Fuentes De Contaminación

**Anexo 14:** Panel Fotográfico

**Anexo 15:** Plano de Ubicación Del Estudio

**Anexo 16:** Plano de Ubicación de los Puntos de Monitoreo de  $PM_{2.5}$  En La ciudad de Juliaca

**Anexo 17:** Plano De Distribucion de Valores de Concentracion  $PM_{2.5}$

**Anexo 18:** Plano De Áreas Verdes Existentes En La Ciudad De Juliaca

**Anexo 19:** Plano De Áreas Verdes Propuestas En La Ciudad De Juliaca

## ÍNDICE DE TABLAS

Índice	pág.
Tabla 1: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA Aire). .....	44
Tabla 2: Estándares Internacionales de Calidad Ambiental para Aire. ....	44
Tabla 3: Puntos de monitoreo .....	50
Tabla 4: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA Aire). .....	56
Tabla 5: Estándares Internacionales de Calidad Ambiental del Aire.....	57
Tabla 6: Concentración de material particulado menores o iguales a PM2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca.....	57
Tabla 7: Diferencia de concentraciones de PM2.5 en los puntos de muestreo de zona- oeste.....	66
Tabla 8: Diferencia de concentraciones de PM2.5 en los puntos de muestreo de zona- centro .....	71
Tabla 9: Diferencia de concentraciones de PM2.5 en los puntos de muestreo de zona-sur-este .....	76
Tabla 10: Modelo Semilogaritmico .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1: Techo Triangular de Hi – Vol.....	29
Figura 2: Separador Inercial de Boquillas Opuestas Hi – Vol. ....	30
Figura 3: Composición de un aire normal fuente kiely, G. 1999 .....	30
Figura 4: Sectorización de la ciudad de Juliaca Fuente: PDJ. 2004-2015 .....	45
Figura 5: Concentración de material particulado menores o iguales a PM2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca.....	58
Figura 6: Concentraciones de material particulado de PM2.5 en la ciudad de Puno. Fuente: Quispe, (2015). ....	59
Figura 7: Concentraciones de material particulado de PM <sub>10</sub> en la ciudad de Puno. Fuente: Phocco, H. (2014).....	60
Figura 8: Total de Flujo Vehicular en cada Punto de Evaluación por 24 horas en la Ciudad de Juliaca.....	61
Figura 9: Flujo vehicular por Zonas Evaluadas por 24 / horas .....	62
Figura 10: Total de Actividades Antrópicas por cada punto de evaluación ver (anexo 8).....	63
Figura 11: Actividades Antropogénicas que fueron reconocidos en cada zona de evaluación y tipo de actividad antrópica. Ver (anexo 8) .....	64
Figura 12: Actividades antropogénicas reconocidos en cada punto de evaluación. Fuente: Phocco (2014).....	65
Figura 13: Diferencia de concentraciones de PM2.5 en los puntos de muestreo de zona oeste .....	67
Figura 14: Rosa de vientos en Salida Lampa.....	68
Figura 15: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Lampa.....	68
Figura 16: Rosa de vientos Av. Aviación.....	69
Figura 17: Distribución de frecuencia de clase de viento de Av. Aviación. ....	69
Figura 18: Rosa de vientos Salida Cusco .....	70
Figura 19: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Cusco.....	70

Figura 20: Diferencia de concentraciones de PM <sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de zona Centro.....	72
Figura 21: Rosa de vientos Salida Arequipa .....	73
Figura 22: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Arequipa. ....	74
Figura 23: Rosa de vientos Circunvalación Este .....	74
Figura 24: Distribución de frecuencia de clase de viento de Circunvalación Este ..	75
Figura 25: Rosa de vientos Plaza Bolognesi.....	75
Figura 26: Distribución de frecuencia de clase de viento Plaza Bolognesi .....	76
Figura 27: Diferencia de concentraciones de PM <sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de Zona Sur- Este.....	77
Figura 28: Rosa de vientos Salida Huancané .....	78
Figura 29: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Huancané.....	79
Figura 30: Rosa de vientos Salida Huata.....	79
Figura 31: Distribución de frecuencia de clase de viento Salida Huata.....	80
Figura 32: Rosa de vientos Salida Puno .....	80
Figura 33: Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Puno.....	81
Figura 34: Diagrama de dispersión y recta de regresión de HR y Conc PM <sub>2.5</sub> micras.....	82
Figura 35: Diagrama de dispersión y recta de regresión de Vel. V. y Conc PM <sub>2.5</sub> micras.....	82
Figura 36: Diagrama de dispersión y recta de regresión de T (C°) y Conc PM <sub>2.5</sub> micras.....	82
Figura 37: Diagrama de dispersión y recta de regresión de P.ATM y Conc PM <sub>2.5</sub> micras.....	83
Figura 38: Diagrama de dispersión y recta de regresión de Altura y Conc PM <sub>2.5</sub> micras.....	83
Figura 39: Diagrama de dispersión y recta de regresión de Dir.V. y Conc PM <sub>2.5</sub> micras.....	84
Figura 40: Diagrama de dispersión y recta de regresión de F. Veh. y Conc PM <sub>2.5</sub> micras.....	84

Figura 41: Diagrama de dispersión y recta de regresión de Total Actv. y Conc PM <sub>2.5</sub> micras.....	85
Figura 42: Calificador “r” .....	89
Figura 43: Observación del Smog fotoquímico .....	154
Figura 44: Localización de focos de contaminación.....	154
Figura 45: Instalación de filtro a porta filtro.....	154
Figura 46: Ajuste de llaves de porta filtro.....	154
Figura 47: Instalación de equipo Hi-Vol.....	154
Figura 48: Instalación de filtro a equipo.....	154
Figura 49: Venture o motor de Equipo .....	155
Figura 50: Instalación de carta de .....	155
Figura 51; Medición de parâmetros meteorológicos .....	155
Figura 53: Medicion de presion.....	155
Figura 52: Recoleccion final del filtro .....	155
Figura 54: . Toma de coordenadas .....	155
Figura 55: Lacrado de la muestra.....	156
Figura 56: Guardado de la muestra .....	156
Figura 57: Conteo flujo vehicular .....	156
Figura 58: Elevada presencia del.....	156
Figura 59: Quema de residuos sólidos.....	156
Figura 60: La Indústria ladrillera .....	156
Fgura 61: Talleres de soldadura.....	157
Figura 62: Presencia de construcciones .....	157
Figura 63: Presencia de garajes.....	157
Figura 64: . Presencia de llanterías .....	157
Figura 65: Presencia de pollerías Restaurants .....	157
Figura 66: Parques y jardines descubiertos y susceptibles a la erosión eólica....	157

**ABREVIATURAS**

<b>ABREVIATURAS</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
CONAM	Consejo Nacional de Medio Ambiente
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
DS	Decreto Supremo
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
EPA	Agencia de Protección Ambiental
g	Gramos
PGAA	Plan De Gestión Ambiental Del Aire
GMS	Grados Minutos Segundos
GTMPJ	Gerencia de Traspotes de la Municipalidad Provincial de Juliaca
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INADUR	Instituto Nacional de Desarrollo Urbano
Kg	Kilógramo
LMP	Límites Máximos Permisibles
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
mBa	Milibares
MEGA	Marco Estructural en Gestión del Aire
MINAM	Ministerio del Ambiente
MPS	Material Particulado en Suspensión
MTC	Ministerio de Traspotes y Comunicaciones
OMM	Organización Mundial de Meteorología
OMS	Organización Mundial de la Salud
PCM	Presidente de Consejo de Ministros
PM <sub>10</sub>	Partículas Menores o iguales a 10 micras o micrómetros
PM <sub>2.5</sub>	Partículas Menores o iguales a 2.5 micras o micrómetros
PST	Partículas Suspendidas Totales

S.A.C	Sociedad Anónima Cerrada
SAG	Servicios Analíticos Generales
SIGCA	Sistema de Información de la Gestión de Calidad del Aire
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Microgramos por Metro Cúbico
$\mu\text{m}$	Micrómetros
UNESCO	La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS	World Geodesic System
CA - 01	Calidad de aire (Salida Arequipa)
CA - 02	Calidad de aire (Salida Lampa)
CA - 03	Calidad de aire (Av. Aviación)
CA - 04	Calidad de aire (Salida Cusco)
CA - 05	Calidad de aire (Circunvalación Este)
CA - 06	Calidad de aire (Salida Huancané)
CA - 07	Calidad de aire (Salida Huata)
CA - 08	Calidad de aire (Salida Puno)
CA - 09	Calidad de aire (Plaza Bolognesi)
HR	Humedad relativa
Vel.V.	Velocidad del viento
T (C°)	Temperatura en °C
P.ATM	Presión atmosférica
Dir.V.	Dirección del viento
F.Veh.	Flujo vehicular
Total Actv	Total de actividades antropogenicas

## RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la Ciudad de Juliaca, localizada entre las coordenadas geográficas: 15° 29' 40" latitud Sur y 70° 07' 54" longitud Oeste, frente a la incidencia del problema de la contaminación del aire, específicamente para identificar la concentración de material particulado menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrómetros. Por ello se plantearon los siguientes objetivos específicos, a) Identificar las actividades antropogénicas en relación a los puntos de evaluación del material particulado menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrómetros, b) Identificar la diferencia de concentración de material particulado menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrometros, c) Describir los factores determinantes de la concentración de material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca y por ultimo relacionar las áreas verdes existentes con la densidad poblacional y proponer medidas de gestión ambiental del aire. Para ello se realizó la medición de presencia del material particulado con diámetro aerodinámico  $\leq$  a 2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y se utilizó dos equipos de Hi-Vol de marca THERMO de alta presión atmosférica, con filtros de microfibras de cuarzo, y los resultados de concentración en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se realizaron en el laboratorio de servicios analíticos generales (SAG) S.A.C. para muestro de 9 estaciones de monitoreo, la fecha de muestro se realizó del 7 al 12 de abril del 2015, cubriendo un área total de 50.62 km<sup>2</sup>. Los resultados fueron como sigue: CA-01 (Salida Arequipa) 57.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CA-02 (Salida Lampa) 20.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CA-03 (Av. Aviación) 19.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CA-04 (Salida Cusco) 19.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CA-05 (Circunvalación Este) 54.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CA-06 (Salida Huancané) 27.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CA-07 (Salida Huata) 26.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CA-08 (Salida Puno) 19.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CA-09 (Plaza Bolognesi) 54.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En cuanto a las actividades antropogénicas de mayor relevancia en la ciudad de Juliaca fue el flujo vehicular con un promedio de 10,988 vehículos/24horas. La zona más contaminada con material particulado (PM<sub>2.5</sub>) fue la Zona Centro con un  $55.63 \pm 1.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido por la Zona Sur – Este con  $24.36 \pm 4.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y por último la Zona Oeste con una concentración de  $19.80 \pm 0.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El valor del R cuadrado es de 0.965, es decir, el 96.5% de la variación de la concentración de material particulado menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrómetros están explicadas por las variables independientes. En cuanto al mapeo de las áreas verdes existentes entre plazas y parques en la ciudad de Juliaca, se encontró que solo existe 59.2 has equivalente a (592,000 m<sup>2</sup>), por otra parte en la ciudad de Juliaca tenemos una población de 278,444 habitantes según al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI-2015), lo cual al relacionar las áreas verdes por habitante, tenemos aproximadamente 2.13 m<sup>2</sup>/habitante y el PGAA como una acción correctiva y efectiva frente a la generación de PM<sub>2.5</sub> por el aumento de la combustión fósil, el PGAA se basa mediante un equipo de gesta zonal junto a medidas de vigilancia donde se debe de realizar constantes monitoreos de la calidad del aire y de las actividades antrópicas, medidas políticas y sociales en la cual se incluye la participación de la ciudadanía mediante las capacitaciones para la sensibilización sobre la calidad ambiental del aire.

**Palabras claves:** Calidad de aire, áreas verdes, material particulado, Juliaca ambiente.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire son gases y partículas sólidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera y provienen fundamentalmente de las actividades antropogénicas, las combustiones industriales, domésticas y del parque automotor, afectando el aire que se respira por sustancias contaminantes como: dióxido de azufre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos gaseosos, óxido de plomo, polvo atmosférico, entre otros. (OMS, 2005)

Uno de los contaminantes que resulta de interés por sus afecciones al sistema respiratorio es el material particulado en sus diferentes tamaños aerodinámicos principalmente  $PM_{2.5}$ , para los cuales existen normas de calidad del aire tanto en la legislación nacional como internacional, por su gran generación en procesos de combustión en fuentes fijas y móviles. (DIGESA, 2011)

El deterioro del aire se debe también a las malas prácticas que realiza el hombre como la sobre explotación de los recursos naturales, utilización de tecnologías inapropiadas y todo lo negativo que pueda presentarse contra el ambiente ocasionan graves procesos de deterioro atmosférico (OMS, 2005), Por esta razón, encontramos que el índice de contaminación del aire se presenta en la población de Juliaca, debido a las partículas emitidas por estas actividades: parque automotor, zonas ladrilleras, zonas industriales, canteras cercanas a la ciudad y calles no pavimentadas suman y alteran la contaminación del aire.

Finalmente las autoridades encargadas del medio ambiente en la municipalidad de Juliaca, deben de adoptar acciones que permitan controlar los niveles de contaminación de manera local, sin embargo es necesario abordar esta problemática con una visión regional que permita impulsar la adopción de acciones concretas para reducir los niveles de contaminación del aire, las cuales ser concertadas entre los diferentes entes involucrados.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La contaminación del aire constituye un tema de preocupación mundial que obedece al continuo crecimiento de la población y a las deficiencias estructurales en el desarrollo sostenible industrial y del sector transporte en los principales centros urbanos. Su importancia radica en los efectos sobre la salud, que implican pérdidas económicas y un deterioro en la calidad de vida de la población debido al ausentismo laboral y el incremento de enfermedades respiratorias y muertes asociadas. (OMS, 2008)

La Organización Mundial de la Salud – OMS, estima que alrededor de un billón de personas se encuentran expuestas a la contaminación del aire en concentraciones que exceden las recomendadas, además declara que la contaminación atmosférica constituye un riesgo medio ambiental para la salud y se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo (OMS, 2008), razón por la cual actualmente muchos países están centrando sus esfuerzos en desarrollar mecanismos y políticas para reducir la contaminación atmosférica en pro de la protección de la salud humana y el ambiente. Sin embargo, los esfuerzos locales se ven amenazados por la contaminación

transfronteriza que puede desplazarse grandes distancias y es considerada como una problemática internacional que requiere soluciones globales.

Desde el punto de vista económico, el costo anual de los daños sanitarios causados por la contaminación atmosférica se encuentran entre 305,000 y 875,000 millones de euros (European Environment Agency, 2005)

Según la Organización de Naciones Unidas (2002), más del 50% de la población mundial ya vive en ciudades, de mantenerse el actual ritmo de crecimiento, la cifra podría alcanzar el 60% en 2030 y en 2050, se espera que la población urbana casi se doble, aumentando de 3,300 a 6,500 millones, sobre todo en países empobrecidos, a la vez que la población rural disminuirá de 3,380 a 2,790 millones. Es decir, los desequilibrios territoriales, y en concreto, los desequilibrios y tensiones campo ciudad, aumentarán si se mantienen las tendencias actuales. Además, los metales pesados y los contaminantes atmosféricos persistentes en el aire afectan al funcionamiento de los seres vivos y a su reproducción, tendiendo a bioacumularse y a biomagnificarse a medida que ascendemos en la cadena trófica.

El Perú, no está libre de los problemas de contaminación del aire, éstos se agravan en las ciudades, debido a la sobrepoblación y a un sistema de consumo imperante que actúa sobre la naturaleza y su equilibrio ecológico, despilfarra los recursos y promueve una producción y consumos descontrolados en nuestras vidas. Cuando existe mayor cantidad de población, requiere de mayores servicios de transporte público y privado para atender sus requerimientos, también tienen la necesidad de tener viviendas y los servicios adecuados para una buena calidad de vida. Por lo que, al incrementar las construcciones y usos de vehículos, éstos generan contaminaciones atmosféricas que impactan al bienestar de las personas y de la misma forma a las plantas causando efectos de deficiente fotosíntesis. (Samuel, 2012).

Para el caso de nuestra ciudad capital Lima, los niveles de contaminación atmosférica promedio registrados para las emisiones de partículas menores o iguales a PM2.5 micrómetros entre los años 2007 a 2009 superaron, de manera

significativa, tanto los estándares internacionales de la OMS (Organización Mundial de la Salud) como los ECAs (Estándares de Calidad Ambiental), establecidos por la autoridad nacional. Esto significa un grave riesgo para la salud, que albergan la mayor proporción de la población Peruana y donde se han reportado los máximos niveles de emisión (Samuel, 2012).

En la Región Puno, el hacinamiento humano se concentra en un alto porcentaje en las ciudades principales como Puno y Juliaca principalmente. Lo cual implica un problema urbano de contaminación en el aire y se concentra en zonas vulnerables y que impacta fuertemente en la calidad de vida de los habitantes urbanos.

También en la ciudad de Juliaca la presencia de material particulado tienen efectos negativos en las personas y en las plantas causando diversas enfermedades y entre otros, en la atmósfera que son provenientes de los hogares, intensidad de tránsito, incremento de talleres metálicos, construcciones civiles y entre otros que son responsables de la presencia de material particulado de la ciudad de Juliaca.

Por otro lado las áreas verdes urbanas pueden reducir en cierta medida el nivel de algunos contaminantes en el aire. Los árboles en particular captan partículas contaminantes del aire acumulándolas en sus hojas, o sirven de pantalla para detener el curso de las partículas, aunque pueda afectar de alguna manera su función fotosintética (Santibañez y Uribe, 1993). Mientras tanto en la ciudad de Puno al relacionar las áreas verdes por habitante y según la guía nacional (INADUR) tenemos un déficit de 6.314 m<sup>2</sup>/habitante y con la guía internacional (OMS) tenemos un déficit de 7.314 m<sup>2</sup>/habitante (Quispe, R. 2015)

Ante este panorama se puso de manifiesto la preocupación de determinar la concentración de material particulado en la ciudad de Juliaca y por ello en el presente trabajo de investigación se preñó resolver las siguientes preguntas:

### 1.1.1. Pregunta General:

- ¿Cuál es la concentración de Material Particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca?.

### 1.1.2. Preguntas Específicos:

- ¿Cuáles son las actividades antropogénicas en relación a los puntos de evaluación de material particulado menores o iguales 2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca?
- ¿Cuál es la diferencia de concentración de material particulado menores o iguales 2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca?
- ¿Qué factores son determinantes en la concentración de material particulado menores o iguales a 2.5 micrometros en la ciudad de Juliaca?
- ¿Cuál es la relación de las áreas verdes existente con la densidad poblacional y proponer medidas de gestión ambiental del aire en la ciudad de Juliaca?

## 1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

QUISPE, (2015), en su estudio concluye que las concentraciones de material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la ciudad de Puno tienen como promedio de  $16.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$  de concentración total, donde Laykakota presenta  $30.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  la cual sobrepasa las ECAs nacionales e internacionales ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en  $5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , entonces la población de esta zona se encuentra en riesgo debido al exceso en la concentración de  $\text{PM}_{2.5}$ , en cambio las zonas de Cancharani presenta  $20.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Óvalo Ramón castilla presenta  $19.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Huajsapata presenta  $17.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Mercado Central presenta  $17.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Llavini presenta  $16.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Señor de Huanca presenta  $11.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salcedo presenta  $7.1$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  y Huáscar presenta con  $7.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  están por debajo de los Estándares nacionales e internacionales que establece la OMS.

QUISPE, (2015) concluye que los resultados de la caracterización química de  $\text{PM}_{10}$  en nueve zonas de la ciudad de Puno data la presencia de los elementos: Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeso, Níquel, Plomo y Zinc en diferentes concentraciones, donde la mayor presencia de: arsénico se da en la ZC-03 (Ovalo Ramón Castilla) con  $0.0021 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , plomo en la ZC-03 con  $0.0915 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cobre en la ZS-02 (Laykakota) con  $0.1125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cadmio en la ZS-02 con  $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cromo en la ZC-03 con  $0.0123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hierro en la ZS-02 con  $1.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , manganeso en la ZC-01 (Huajsapata) con  $0.1162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el níquel dio por debajo del límite de detección del método (LDM), y el zinc en la ZC-03 con  $3.4102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , donde la concentración de arsénico dio un valor por debajo del Nivel Máximo Permisible según resolución ministerial N° 315-96-EM/VMM, resultados de Plomo en las estaciones de monitoreo también dio un valor por debajo del estándar de Calidad Ambiental, dada en el D.S. 074-2001-PCM-CONAM y, para los resultados de la concentración de Cobre, Cadmio, Cromo, Hierro, Manganeso, Níquel y Zinc no se realiza comparativa ya que en la actualidad aún no se ha promulgado estándares de calidad de aire.

PHOCCO (2014), Concluye que las concentraciones de Material Particulado menores o iguales a 10 micras en la ciudad de Puno tiene como promedio de  $41.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  de concentración total. Donde el promedio de las diferencias de concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  entre los puntos de muestreos es, zona Norte es de  $16.51 \pm 7.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , zona Centro posee la media de las diferencias de concentración de  $\text{PM}_{10}$  entre los tres puntos de muestreo de  $12.95 \pm 6.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el promedio de diferencias en concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  entre los tres puntos de muestreo de zona Sur es de  $18.46 \pm 9.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

GONZALES (2009), concluye con respecto a los niveles de  $\text{PM}_{2.5}$ , la normatividad mexicana establece que el promedio anual no debe ser mayor a  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nuestros resultados muestran que en ambas zonas se rebasó el límite máximo permisible para el promedio anual. Diciembre fue el mes que presentó los niveles más altos de partículas  $\text{PM}_{2.5}$  y fue este mes en el que ambas zonas rebasaron el

límite de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  una vez al año. La zona 1 excedió el límite en una ocasión y la zona 2 lo excedió en 2 ocasiones. Estos niveles pudieron deberse al alto congestionamiento vehicular causado por las compras navideñas, la pirotecnia 82 utilizada en las festividades propias del mes y el cambio en las condiciones meteorológicas como menor velocidad del viento. El viento dispersa y facilita la limpieza de contaminantes en el aire incluido las  $\text{PM}_{2.5}$  por lo que al disminuir su velocidad disminuye también la dispersión y limpieza de estos contaminantes. En México solo el Distrito Federal y el AMM cuentan con una red de Monitoreo Ambiental. Ambas redes reportaron en 2007 niveles elevados de partículas  $\text{PM}_{2.5}$  que exceden el límite anual promedio de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En Lima, la calidad del aire no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de aire nacionales ni tampoco con las guías sobre calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud, siendo el material particulado de 10 y 2.5 micras el contaminante más crítico en la ciudad debido a sus niveles y sus efectos para la salud. Este estudio determinó que el principal contaminante presente en Lima y Callao, sigue siendo el material particulado,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  el mismo que se dispersa de sur a nor-este por acción de los vientos, lo que podría contribuir al incremento de enfermedades respiratorias de la población expuesta en los distritos ubicados en esas zonas.

ROJANO (2012), demostró las concentraciones de partículas suspendidas totales (PST) y partículas menores de 10 y 2.5 micrómetros ( $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ ) en la zona urbana del municipio de Riohacha, Colombia. Los instrumentos utilizados fueron un muestreador de alto volumen para PST y  $\text{PM}_{10}$  y un muestreador de bajo volumen (Partisol) para las partículas  $\text{PM}_{2.5}$ , todo en seis estaciones de monitoreo. Los resultados mostraron que el promedio de la concentración de  $\text{PM}_{10}$  varió desde 43,69 a  $19,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , las PST de 86,02 a  $27,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y las  $\text{PM}_{2.5}$  mostraron un promedio de  $14.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las relaciones  $\text{PM}_{10}/\text{PST}$  variaron desde 0,50 a 0.68. Las seis estaciones presentaron buena correlación  $\text{PST}/\text{PM}_{10}$  ( $R = 0,795$ ). Las PST pueden implicar presencia de partículas  $\text{PM}_{10}$  en el área urbana esta ciudad, pero las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  no necesariamente indican presencia de partículas  $\text{PM}_{2.5}$  ( $R = 0,035$ ). Los resultados de correlación de  $\text{PM}_{10}/\text{PST}$  son

similares a estudios realizados en otras zonas urbanas de Colombia y de otros países.

DIGESA (2011). Concluye en el estudio del material particulado menor a 2.5 micras de diámetro ( $PM_{2.5}$ ) registrado en el estudio, éste sobrepasó los estándares de calidad ambiental (ECA anual) en 26 distritos de Lima Metropolitana y el Callao presentando la mayor concentración en los distritos ubicados en la zona Este, Norte y Callao, es el caso del distrito de Lurigancho-Chosica que sobrepasó en 408% ( $61.201 \mu g/m^3$ ) lo establecido en la norma peruana de  $15 \mu g/m^3$ , seguido de los distritos de San Juan de Lurigancho, Carabaylo, Puente Piedra y El Agustino. Lo contrario sucedió en 3 distritos como Lurín, Barranco y Cieneguilla cuyos índices fueron de  $9.68 \mu g/m^3$ ,  $13.96 \mu g/m^3$  y  $14.65 \mu g/m^3$  respectivamente, valores que están por debajo de lo establecido.

CORTEZ *et al.*, (2004). Evaluaron los diferentes niveles de Material Particulado  $PM_{2.5}$ , a lo largo de una vía de alto tráfico vehicular (avenida Tecnológico, en Ciudad Juárez, Chihuahua, México). Las determinaciones se realizaron durante cinco (5) días, a diferentes distancias y se analizó la información, haciendo uso de la estadística no paramétrica. Dentro de los resultados, se encontró una tendencia de decrecimiento o disminución significativa, de las medianas de las  $PM_{2.5}$ , conforme se aleja el punto de medición con la distancia de la vía. A partir de los 100m, se presentó una diferencia de la mediana del orden del 40.6%, en comparación con la mediana registrada sobre la avenida.

CONAM (2001). Concluyen que las concentraciones de  $PM_{2.5}$  promedio encontrados tanto en Madrid como Majadahonda fueron:  $27 \mu g/m^3$  con una desviación estándar de  $40 \mu g/m^3$ , un máximo de  $178 \mu g/m^3$  (polvo Sahariano) y un mínimo de  $1 \mu g/m^3$ , para 445 días de muestreo y de  $19 \mu g/m^3$  con una desviación estándar de  $40 \mu g/m^3$ , un máximo de  $92 \mu g/m^3$  (polvo Sahariano) y un mínimo de  $1 \mu g/m^3$ , para 440 días de muestreo.

CABRERA *et al.*, (2010) determinó que el parque automotor de Lima es de 720,000 vehículos de pasajeros con 15 años de antigüedad, con capacidad menor de 15 pasajeros, que circulan por la vía pública, causando la contaminación

atmosférica en partículas en suspensión, polvos, dióxido de azufre, plomo. Asimismo, indica que el índice de calidad ambiental y calidad de vida, mediante la evaluación de indicadores y matrices cuadráticas; partículas menores a 10 micras ( $PM_{10}$ ),  $SO_2$ , plomo en  $PM_{10}$ , sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

ARAGÓN *et al.*, (2006). Indica que la influencia de los vientos y el clima semidesértico de la ciudad de San Luis de Potosí- México, favorecen la suspensión de partículas en el aire en la Zona Industrial y el tránsito vehicular, se halló partículas totales en suspensión (PST) con una media aritmética anual de  $483 \mu g/m^3$ ; el límite máximo permitido es de  $90 \mu g/m^3$ ; y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció  $75 \mu g/m^3$ .

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

- Determinar la concentración de material particulado menores o iguales a  $PM_{2.5}$  micrómetros en la ciudad de Juliaca.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Identificar las actividades antropogénicas en relación a los puntos de evaluación del material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros de la ciudad de Juliaca
- Identificar la diferencia de concentración de material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca.
- Describir los factores determinantes de la concentración de material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca.

- Relacionar las áreas verdes existentes con la densidad poblacional y proponer medidas de gestión ambiental del aire en la ciudad de Juliaca.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL Y MARCO LEGAL

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Material Particulado - PM<sub>2.5</sub>

Las partículas finas PM<sub>2.5</sub> son todas aquellas partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 2.5µm. Estas partículas se pueden acumular en el sistema respiratorio y son asociadas con numerosos efectos negativos de salud, como aumento en enfermedades respiratorias y disminución del funcionamiento pulmonar (CORPOCESAR. 2014)..

##### 2.1.2. Relación entre el PM<sub>2.5</sub> y el PM<sub>10</sub>

La relación entre el PM<sub>2.5</sub> y el PM<sub>10</sub> representa la cantidad de material fino, casi todo de origen antrópico, y el total de partículas menores a diez micras presentes en la atmósfera. Esta relación permitiría estimar la concentración de un parámetro conociendo el otro. Si se conoce esta relación en una ciudad, se cuenta con parte de la información necesaria para tomar acciones de control más adecuadas sobre las fuentes (Boris *et al* 2006).

### 2.1.3. Tamaño de material particulado

Miranda (2008), refiere un importante característica del material particulado es la distribución por tamaño que diferencian sus efectos asociados a la salud y del bienestar. Los diámetros de partículas atmosféricas atraviesan 5 órdenes de la magnitud, extendiéndose de 0,001 micrómetros a 100 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

### 2.1.4. Medición de partículas en suspensión menores de 2.5 $\mu\text{m}$ por Hi-Vol

Para la medición de las concentraciones de material particulado en suspensión, se pueden emplear equipos para la medición de partículas respirables o medidores de bajo volumen  $\text{PM}_{2.5}$ , estos equipos miden exclusivamente todo el material respirable establecido con tamaño de partícula menor que  $2.5\mu\text{m}$ ; las partículas respirables, son aquellas que logran pasar el tracto respiratorio penetrando en los alvéolos pulmonares (Saldarriaga *et al* 2004).

Estos equipos arrastran aire ambiente a una velocidad de flujo constante hacia una entrada de forma especial, donde el material particulado se separa por inercia en una o más fracciones, dentro del intervalo de tamaño de  $\text{PM}_{2.5}$ . Cada fracción dentro del intervalo de tamaño de  $\text{PM}_{2.5}$  se recolecta en un filtro separado en un periodo de muestreo específico. Cada filtro se pesa (después de equilibrar la humedad), antes y después de usarlo, para determinar el peso neto (masa) ganado debido al  $\text{PM}_{2.5}$  colectado.

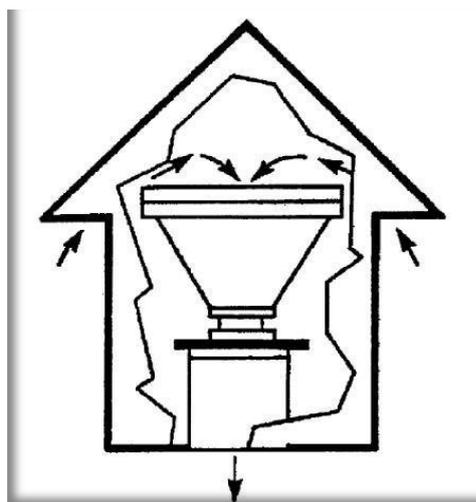
El volumen total de aire muestreado, corregido a las condiciones de referencia ( $25^{\circ}\text{C}$ ,  $101,3\text{ kPa}$ ), se determina a partir de la velocidad de flujo medida y el tiempo de muestreo. La concentración másica de  $\text{PM}_{2.5}$  en el aire ambiente, se calcula como la masa total de partículas recolectadas en el intervalo de tamaño de  $\text{PM}_{2.5}$  dividido por el volumen de aire muestreado y se expresa en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ std}$ .

Para muestras de  $\text{PM}_{2.5}$  recolectadas a temperaturas y presiones significativamente diferentes de las condiciones de referencia, las concentraciones corregidas algunas veces difieren sustancialmente de las concentraciones reales (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ real}$ ), particularmente a grandes elevaciones. Aunque no es requerido,

la concentración real de  $PM_{2.5}$  puede calcularse a partir de la concentración corregida, usando la temperatura ambiente y la presión barométrica promedio durante el periodo de muestreo.

### 2.1.5. Cabezales selectores de partículas

De Techo Triangular. Cabezal de estructura triangular con la hipotenusa hueca, situada sobre el filtro. La efectividad de este selector depende de su orientación respecto a la dirección del viento y de la velocidad de éste. Utilizado para el muestreo de Partículas Totales en Suspensión (PTS)



**Figura 1:** Techo Triangular de Hi – Vol

Separador Inercial de Boquillas Opuestas. En este cabezal el aire muestreado pasa a través de sucesivos arreglos de boquillas opuestas. Estos arreglos retiran del flujo las partículas mayores de  $10\mu m$  o  $2.5\mu m$  que quedan atrapadas en el cabezal, y las partículas más pequeñas son arrastradas hacia el filtro.

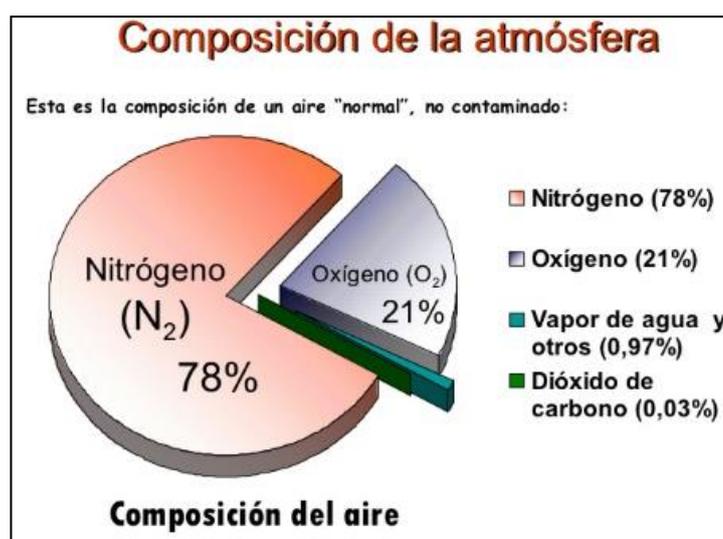


**Figura 2:** Separador Inercial de Boquillas Opuestas Hi – Vol.

### 2.1.6. El aire puro

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define al aire puro como “la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros 14 hasta 0,5 milímetros,” los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre.

### 2.1.7. Composición del aire



**Figura 3:** Composición de un aire normal fuente kiely, G. 1999

### 2.1.8. Principales Contaminantes del Aire

ROBERTS, (2000). Los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores, no sólo geofísicos (ciclos estacionales de energía y radiaciones en superficie terrestre) y 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. Así, la población, el desarrollo industrial y la 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, constituido 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.

Los contaminantes más importantes derivados de los combustibles fósiles que se emiten a la atmósfera son: el material particulado (PM), óxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs). (Gómez, 2008)

### 2.1.9. Modelos de calidad del aire

Los modelos de calidad del aire consisten en un conjunto de ecuaciones matemáticas que representan el transporte, dispersión, depositación, advección y difusión de contaminantes emitidos a la atmósfera. Sirven para interpretar y predecir las concentraciones y depositación de contaminantes causadas por la dispersión y por el impacto de fuentes de distinto tipo. Estos modelos contienen

los parámetros de dispersión y las diferentes condiciones meteorológicas, incluidos los factores relacionados con la temperatura, la velocidad del viento, la estabilidad atmosférica y la topografía (Chen, Ying y Kleeman, 2009).

#### **2.1.10. Partículas ambientales**

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 aquellas que se emiten directamente de las fuentes por ejemplo: materiales 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. (González, 2009)

#### **2.1.11. El material particulado respirable**

Son partículas de diámetro menor o igual a 2.5 micrones (un micrón es la milésima parte de un milímetro). Por su tamaño, el  $\text{PM}_{2.5}$  es capaz de ingresar al sistema respiratorio del ser humano. Mientras menor sea el diámetro de estas partículas, mayor será el potencial daño en la salud. (González, 2009)

Además, el tamaño no es la única diferencia. Cada tipo de partículas está compuesto de diferente material y puede provenir de diferentes fuentes. En el caso de las  $\text{PM}_{2.5}$ , su origen está principalmente en fuentes de carácter antropogénico como las emisiones de los vehículos diesel, mientras que las partículas de mayor tamaño pueden tener en su composición un importante componente de tipo natural, como partículas de polvo procedente de las intrusiones de viento. (González, 2009)

### 2.1.12. Efectos del PM<sub>2.5</sub> en la salud

Actualmente ha aumentado el interés en relación a los riesgos para la salud humana a diferencia de las partículas no generadas en procesos de combustión. Además, se ha estimado que el 50% de las emisiones presentes en áreas urbanas altamente industrializadas son generadas principalmente por el tránsito vehicular.

Estudios sobre la contaminación en interiores por estas partículas muestran incremento de síntomas respiratorios (tos, flema, garganta, silbilencias, etc.), incremento de mortalidad perinatal, cáncer nasofaríngeo y laríngeo, cataratas, infecciones respiratorias que son la causa principal de muerte en niños pequeños en países en desarrollo, disminución de la función pulmonar, enfermedad obstructiva, bronquitis crónica, neumonía, tuberculosis pulmonar y controversialmente asma. (Martínez *et al*, 2006).

### 2.1.13. Efectos de las Partículas en el Ecosistema

Los ecosistemas también sufren los efectos directos o indirectos de la exposición al material particulado atmosférico, tanto por deposición seca como húmeda. Estos efectos adversos se producen bajo la acción de las partículas atmosféricas pero también cuando éstas actúan como soporte para otros contaminantes atmosféricos. Las partículas de mayor diámetro (moda gruesa) tales como el polvo mineral, al depositarse sobre las hojas de las plantas pueden reducir la capacidad de intercambio gaseoso así como afectar a la fotosíntesis, lo cual limita el crecimiento. Cuando las partículas se depositan sobre la superficie terrestre, las concentraciones de metales presentes en el material particulado pueden afectar a las características edáficas e inhibir funciones como la toma de nutrientes por parte de las plantas. Asimismo, la deposición del material particulado atmosférico puede suponer la acidificación y eutrofización de suelos y aguas superficiales, lo cual a su vez puede repercutir sobre la composición de las aguas subterráneas. (Ondarza, 1997)

#### **2.1.14. Efectos en las plantas**

Al depositarse el polvo y el hollín en las hojas de las plantas se bloquean los poros de éstas, restringiendo la absorción de CO<sub>2</sub> y el paso de la luz. Esto reduce el proceso de fotosíntesis y aumenta la pérdida de agua por transpiración. También se presentan daños directos debidos a cambios en el pH de las células. Dichos efectos alteran el proceso de crecimiento de la planta y por tanto reducen el valor de las cosechas y el rendimiento agrícola de una región. En la localidad de Leeds (Inglaterra) se han observado reducciones en el crecimiento de las cosechas de rábanos y hortalizas en zonas de alta contaminación en comparación con zonas de baja contaminación (Ondarza, 1997)

#### **2.1.15. Efectos en la salud de los animales**

Aunque no se tiene mucha información al respecto, se ha comprobado por ejemplo que el ganado que pastorea cerca de industrias de aluminio o ladrillo desarrolla fluorosis, la cojera y la rigidez de las articulaciones y es bajo en la producción de leche (Nieto, 1993).

#### **2.1.16. Beneficios o impactos de las áreas verdes urbanas**

Las áreas verdes urbanas mejoran el aire, el agua y los recursos del suelo al absorber contaminantes del aire, incrementar las áreas de captación y almacenamiento de agua y estabilizar los suelos. Los bosques urbanos actúan como amortiguadores de la temperatura --al dar sombra en el verano y detener el viento en el invierno-- además de reducir la contaminación por ruido y los niveles de CO<sub>2</sub> y proporcionar hábitat para la fauna silvestre. Los beneficios económicos incluyen madera y productos agrícolas, así como una variedad de productos forestales no maderables, tales como artículos artesanales y miel de abejas. Estos beneficios son de especial importancia para los pobres urbanos. Por último, los beneficios globales a la sociedad son significativos e incluyen la contribución que los árboles y otro tipo de vegetación prestan a la salud mental y física de la población, la provisión de oportunidades de recreación, oportunidades educativas

en el tema ambiental y el mejoramiento estético de un ambiente, que de otra manera estaría dominado por asfalto y concreto (Nowak, *et al* 1997).

#### **2.1.17. Beneficios de los árboles en el ambiente urbano**

Las partículas suspendidas pueden ser reducidas por la presencia de árboles y arbustos. Los árboles captan partículas como arena, polvo, ceniza, polen y humo. Las hojas, ramas, troncos y sus estructuras asociadas (como la pubescencia de las hojas), atrapan las partículas que más tarde serán lavadas por la precipitación.

La creación de áreas verdes urbanas puede reducir en cierta medida el nivel de algunos contaminantes en el aire. Los árboles en particular captan partículas contaminantes del aire acumulándolas en sus hojas, o sirven de pantalla para detener el curso de las partículas, aunque pueda afectar de alguna manera su función fotosintética. (Nowak, *et al* 1997).

#### **2.1.18. Las Áreas Verdes y Calidad de Vida, Beneficios Sociales y Funciones Ambientales**

La calidad de vida constituye un concepto de redefinición del espacio en cuanto a su significación y concreción en el espacio urbano. Las áreas verdes forman parte importante en la calidad de vida y forman partes de esos espacios, al cumplir una función social y beneficios ambientales en el medio urbano. En el primero albergan las actividades en el tiempo libre, como el deporte, el esparcimiento, la recreación y el beneficio estético. Como funciones ambientales, en la calidad de aire, enriquecimiento de la biodiversidad y beneficios en el suelo.

En suma, las áreas verdes al cumplir una función social favorecen la entidad, ya que fomentan la convivencia comunitaria en los grandes grupos sociales y la cohesión social proporcionando una dimensión de equidad. La salud y bienestar se beneficia con la interacción del contacto humano, con la naturaleza favoreciendo, favoreciendo el equilibrio sociedad-naturaleza que requiere la sostenibilidad (Miyasako, 2009).

### **2.1.19. Funciones Ambientales de las Áreas Verdes**

Las áreas verdes urbanas desempeñan también importantes funciones ambientales como son beneficios en la calidad del aire, enriquecimiento de la biodiversidad y en el suelo, la recarga de los mantos acuíferos y evita la desertificación, entre muchos otros. En el mejoramiento de la calidad del aire, combate la contaminación atmosférica permitiendo retener por absorción una parte de contaminación, lo que genera incremento de la proporción de oxígeno, mediante el proceso de fotosíntesis, asimismo, reduce los efectos en las islas de calor, enfriando el aire. (Miyasako, 2009).

### **2.1.20. Actividades en los programas de áreas verdes urbanas**

#### **2.1.20.1. Participación y educación del público**

El elemento clave de cualquier programa de áreas verdes urbanas es la participación activa de las partes interesadas de la sociedad y el público en general durante su planificación e implantación. La participación de quienes serán más afectados por los proyectos de manejo de áreas verdes urbanas es esencial para manejar y preservar esas áreas. Muchas ciudades de América Latina y el Caribe han puesto en práctica este tipo de enfoque en sus programas (Sorensen *et al* 1998).

#### **2.1.20.2. Parques públicos**

Uno de los componentes más visibles y populares de un programa de áreas verdes urbanas son los parques de una ciudad. En América Latina y el Caribe hay una larga tradición de establecer una plaza arbolada y bien mantenida, como el lugar de mayores reuniones sociales en el centro de las ciudades. Ciertos parques como el Central Park en Nueva York o Chapultepec en la Ciudad de México, están tan integrados a la identidad de estas ciudades que es difícil imaginarlas sin ellos. Tales parques proporcionan recreación activa y pasiva, refugio del tráfico y del ambiente artificial urbano, así como mejoras en los valores estéticos y la calidad ambiental de una ciudad. Dependiendo del acceso, variedad de servicios,

mantenimiento y seguridad, los parques tienen el potencial a sectores de la sociedad que de otra manera no se hubieran mezclado: jóvenes y viejos, ricos y pobres, y diferentes razas (Sorensen *et al* 1998).

#### **2.1.20.3. Árboles en calles y residencias**

Dueños de tiendas, residentes y turistas por igual aprecian los múltiples beneficios que pueden aportar los árboles a lo largo de las calles urbanas. Una de las principales actividades de cualquier proyecto de arborización de calles es la definición de la ubicación y mantenimiento de los árboles (Sorensen *et al* 1998).

#### **2.1.20.4. Agricultura urbana**

Ningún programa de áreas verdes urbanas estaría completo sin incluir un componente de agricultura urbana. Numerosas ciudades tienen programas de jardines o huertos familiares como parte de su sistema de áreas verdes urbanas (Sorensen *et al* 1998).

#### **2.1.20.5. Vías verdes**

Las vías verdes, en contraste, son corredores más estrechos de vegetación que pueden tener usos y funciones múltiples, como el mejoramiento de la calidad ambiental, ofrecer oportunidades de recreación y servir como rutas alternativas de transporte (senderos para bicicletas y peatones). Estos corredores a menudo están situados a lo largo de sistemas naturales como ríos, barrancas, cumbres y llanuras de inundación. También pueden establecerse en caminos y ferrocarriles abandonados, entre otros. Usualmente estas son tierras con bajo valor comercial sobre las que no se puede construir debido a las limitaciones ambientales y físicas (Sorensen *et al* 1998).

#### **2.1.21. Gestión Ambiental de Áreas Verdes**

Municipalidad de Villa el Salvador, (2012). El manejo sostenible de las áreas verdes urbanas contribuye al bienestar ambiental, social, económico:

- Actúan como filtro natural para contener la contaminación del ambiente.
- Contribución al buen estado de ánimo de la población.
- Mejora de la calidad ambiental, contribuye a reducir el calentamiento global.
- Aumento en el valor de los predios.

Para realizar estas medidas de Gestión de Áreas verdes se debe de tomar en mucha consideración lo siguiente:

- Involucrar a la participación de entidades públicas y privadas, y de la participación vecinal.
- Planes integrales estratégicos a corto mediano y largo plazo

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Contaminación**

La contaminación es la introducción de algún tipo de sustancia o energía que atentará contra el normal funcionamiento y equilibrio que ostentaba el medio inicialmente, provocando además un daño casi irreversible. (González, 2009).

### **2.2.2. 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).

### **2.2.3. Fuentes de Contaminación**

Según Ávila (1996), las fuentes contaminantes de la atmósfera se pueden clasificar de la siguiente manera

#### **2.2.3.1. Fuentes naturales**

Las fuentes naturales de contaminación son procesos propios de la naturaleza, como erupciones volcánicas, la actividad biológica de microorganismos, los huracanes, tornados, incendios naturales, plantas en descomposición (metano, sulfuro de hidrogeno). La contaminación atmosférica por fuentes naturales es mayor que la antropogénica; sin embargo estos últimos presentan amenaza para el ecosistema cuando superan los límites máximos permisibles (Ávila, 1996).

#### **2.2.3.2. Fuentes antropogénicas**

Procesos industriales, calderas de vapor, centrales térmicas de electricidad utilizan combustibles fósiles en la generación de calor, la contaminación del aire depende del contenido de azufre en el combustible carbón, petróleo; la combustión libera emisiones de azufre en forma de anhídrido sulfuroso, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, metales pesados, plomo, etc. (Ávila, 1996).

#### **2.2.3.3. Fuentes Puntuales**

Son las grandes empresas industriales o de servicios que por su magnitud se consideran de forma individual: cementeras, fundidoras, etc. (Contreras, 1999).

#### **2.2.3.4. Fuentes de área**

Son las pequeñas empresas industriales o de servicios que son consideradas en grupos: tortillerías, panaderías, restaurantes, etc. (Contreras, 1999).

#### **2.2.3.5. Fuentes móviles**

Los automóviles emiten monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, y compuestos de plomo (tetra etilo de plomo, aditivo que se añade para aumentar su índice de octano); los vehículos a motor Diesel emiten partículas en forma de hollín, hidrocarburos no quemados, óxido de nitrógeno y anhídrido sulfuroso. (Contreras, 1999).

#### **2.2.3.6. Fuentes lineales**

Son fuentes con longitudes prolongadas donde hay emisiones constantes como: bandas transportadoras o vías del ferrocarril (Contreras, 1999).

#### **2.2.4. Contaminación Industrial y Urbana**

La población industrial es una combinación de varias fuentes emitiendo al mismo tiempo diferentes tipos de contaminantes y pueden clasificarse como:

- Contaminantes primarios: Procedentes de la fuente de emisión.
- Contaminantes secundarios: Originados por la interacción entre el contaminante primario y la composición atmosférica (Garranza, 2001).

#### **2.2.5. Estudio de los Parámetros Meteorológicos a Considerar**

Los parámetros meteorológicos que se utilizan en caso de estudios ambientales, son los siguientes: temperatura ambiente, humedad relativa, humedad relativa, presión barométrica, dirección del viento, precipitación y radiación solar (Santibáñez *et al* 1993)

##### **2.2.5.1. Temperatura del Ambiente**

Se presenta cuando una parcela de aire está en la misma temperatura que sus aireadores y sus unidades son grados centígrados, Fahrenheit o Kelvin.

#### **2.2.5.2. Humedad Relativa**

Es el porcentaje del vapor de agua en un momento dado y a una determinada temperatura contiene aire, en relación con la máxima cantidad de vapor que a esa misma temperatura el aire puede tener.

#### **2.2.5.3. Presión Barométrica**

La presión barométrica se calcula en base a la altura que alcanza el mercurio dentro de una columna de vidrio en base a la fuerza que ejerce la presión atmosférica sobre éste, generalmente su unidad es el milibar.

#### **2.2.5.4. Dirección del Viento o roce de viento**

Por lo general se mide en grados ( $^{\circ}$ ), minutos ( $'$ ) y segundos ( $''$ ) y el marco de referencia con respecto al cual se realizan estas mediciones es la rosa de vientos y la dirección del viento donde nos da a conocer de dónde viene el viento.

#### **2.2.5.5. Velocidad del Viento**

Gunter (2003), lo define como la compensación de las diferencias de presión atmosférica entre dos puntos.

En el espacio exterior, la velocidad del viento es el movimiento de un punto a otro acompañado de gases o partículas cargadas del sol a través del espacio, el viento planetario es la desgasificación de elementos químicos ligeros de la atmósfera de un planeta hacia el espacio. Allí, los vientos se suelen clasificar según su dimensión espacial, la velocidad, los tipos de fuerzas que causan, las regiones donde se producen y sus efectos

#### **2.2.5.6. Precipitación**

Se produce por la caída directa en virtud de su peso, de gotas de agua o de cristales de hielo que se funden. Generalmente su medición se da en milímetros (Contreras, 1999).

### **2.2.5.7. Radiación Solar**

Se refiere a la energía solar que llega a la Tierra en forma de ondas electromagnéticas desde que sale el Sol hasta que se oculta; se puede medir en Joules o Watts/m<sup>2</sup>

### **2.2.6. Densidad Poblacional**

Según Sidney (1960), la densidad poblacional es el número total de habitantes dividido entre el número de km<sup>2</sup> de una zona, región o país.

### **2.2.7. Carga Vehicular/horas/día**

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.

La movilidad urbana sustentable es un tema que hoy en día forma parte de una solución factible para los problemas que se tiene con el congestionamiento vehicular en diferentes ciudades del mundo. Muchas de éstas ciudades que han logrado ejecutar diferentes estrategias inteligentes lo han logrado gracias al apoyo de los presupuestos económicos que les otorgan en sus países. La manera de desplazarse de un punto a otro dentro de una ciudad, impacta no solo al usuario que utiliza un vehículo motorizado, sino que también involucra a los peatones que circulan por la calle. La movilidad urbana tiene como objetivo crear hábitos de transporte integrales que reduzcan el costo energético, la contaminación ambiental y los accidentes viales. (Gómez, 2008)

### **2.2.8. Áreas Verdes**

Se consideran áreas verdes los espacios ocupados principalmente por árboles, arbustos o plantas y esos espacios pueden tener distintos usos, esparcimiento,

recreación, ecología, protección, rehabilitación del entorno, paisajismo, etc. (Miyasako, 2009)

### Recomendaciones

- La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un estándar de 9 m<sup>2</sup>/habitante como mínimo (Reyes y Figueroa, 2010).
- INADUR, recomienda 8 m<sup>2</sup>/habitante como mínimo.

### 2.3. MARCO LEGAL

Los criterios para la evaluación de la calidad del aire están dados por dos tipos de instrumentos legales.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) proporcionan los criterios de calidad que se aplican al aire ambiental en su condición de cuerpo receptor de emisiones de contaminantes atmosféricos (emisiones gaseosas o de material particulado)

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) proporcionan los criterios de calidad exigidos para las fuentes puntuales de emisión de contaminantes atmosféricos. Los ECAs y los LMP están definidos por las siguientes normas:

- Los Estándares de Calidad Ambiental para Aire han sido fijados por el Estado Peruano mediante el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire del Perú, aprobado por el D.S. N° 074-2001-PCM y el D.S. N° 003-2008-MINAM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire” La tabla 1 muestra los Estándares aplicables al presente estudio.
- Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005.

**Tabla 1:** Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA Aire).

PARÁMETRO	PERIODO	VALOR $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VIGENCIA	FORMATO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )	24 horas	80	1 de enero del 2009	Media Aritmética	Fluorescencia UV (método Automático)
	24 horas	20	1 de enero del 2014		
Benceno	Anual	4	1 de Enero del 2010	Media Aritmética	Cromatografía de gases
		2	1 de enero del 2014		
Hidrocarburos Totales (HT) expresado como	24 horas	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero del 2010	Media Aritmética	Ionización de la llama de hidrogeno
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras $\text{PM}_{2.5}$	24 horas	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero del 2010	Media Aritmética	Separación Inercial filtración (gravimétrica)
	24 horas	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero del 2014	Media Aritmética	
Hidrogeno Sulfurado $\text{H}_2\text{S}$	24 horas	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero del 2009	Media Aritmética	Fluorescencia UV (método Automático)

**Fuente:** D.S. N° 003-2008-MINAM.

**Tabla 2:** Estándares Internacionales de Calidad Ambiental para Aire.

Parámetro	Periodo	Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>PM<sub>10</sub></b>	24 Horas	50
	Media Anual	20
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	24 Horas	25
	Media Anual	10

**Fuente:** OMS (2005).

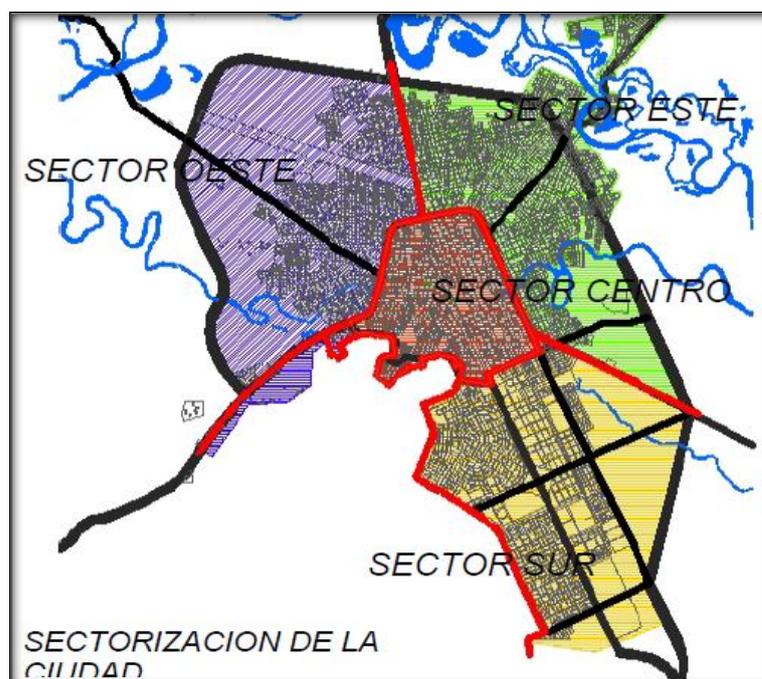
## CAPITULO III

### CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION

#### 3.1. UBICACIÓN

La Ciudad de Juliaca se ubica, en la parte central de la meseta del Collao entre las cordilleras oriental y occidental de los andes; Al lado Nor-oeste del Lago Titicaca, en la parte Norte de la provincia de San Román. Como eje principal de las vías de comunicación, se ubica en la convergencia de las principales vías que unen los principales departamentos del sur del país. (Ver anexo 15)

##### 3.1.1. Sectorización de la zona urbana de Juliaca



**Figura 4:** Sectorización de la ciudad de Juliaca Fuente: PDJ. 2004-2015

### 3.1.2. Características Físico Y Geográficas

De acuerdo a la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional, la ciudad de Juliaca se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas: 15° 29' 40" de latitud Sur y 70° 07' 54" de longitud Oeste. Según la clasificación regional del Dr. Javier Pulgar Vidal, Juliaca pertenece a la Zona de las "Tierras altas" o Región Suni. Las diferentes mediciones indican las siguientes alturas:

3825 m.s.n.m.	Zona Central (Plaza de Armas).
3824 m.s.n.m.	Zona del Aeropuerto (INEI).
3828 m.s.n.m.	Puente Maravillas (INEI).
4139 m.s.n.m.	Cima de Cerro Monos (IGP).

### 3.1.3. Superficie

La Superficie Territorial del distrito de Juliaca es de 533.47 Km<sup>2</sup> (de la ciudad es de 50.62 Km<sup>2</sup>) lo que representa el 25.72% de la superficie de la Provincia de San Román, el 1.09% del Departamento y 0.042% del Territorio Nacional.

### 3.1.4. El microclima urbano

Según los estudios del Proyecto Especial Lago Titicaca, el clima de la ciudad de Juliaca está clasificado como semilluvioso y frío, con otoño, invierno y primavera secos, y está descrito como frío y seco. La temperatura fluctúa entre los 19°C y -7°C, siendo la temperatura promedio anual de 8.4°C. Los meses más cálidos son de noviembre a marzo y los más fríos de junio a agosto. El promedio anual de precipitaciones pluviales es de 610.3 mm, donde los meses de mayor precipitación son de enero a abril. Juliaca ha sido denominada innumerables veces como la "ciudad de los vientos", hecho que se confirma con los datos de velocidad y dirección de los vientos. Las mediciones muestran una intensidad máxima de 6 m/seg y un promedio anual de 3.4 m/seg, proveniente de las cuatro direcciones, principalmente la noroeste – sureste, desde el Lago Titicaca y la Laguna de Arapa. Los vientos se intensifican de julio a setiembre, sobrepasando los 7.3 nudos, dando origen a "vientos huracanados" que transportan polvo y otros

contaminantes que cruzan toda la ciudad, causando destrozos en viviendas precarias.

La poca humedad relativa anual de 54°° existente en la ciudad causa en gran medida, la sequedad del clima, que es agravada por la ausencia de áreas verdes y el precario estado de las vías; asimismo, el promedio de radiación solar e insolación muestra una ciudad de grandes diferencias entre el sol y la sombra, en el primero el calor es extremo a medio día principalmente y en la segunda, las temperaturas descienden perceptiblemente a cualquier hora del día.

Finalmente, Juliaca es una zona con grandes volúmenes de evaporación, debido a los procesos hidrológicos del Altiplano y la influencia del Lago Titicaca; la disminución o alteración sustancial de los indicadores de evaporación, podría significar la alteración de los ciclos hidrológicos y la modificación del clima de este sector del Altiplano, poniendo en riesgo el normal funcionamiento de las actividades en la ciudad.

## CAPITULO IV

### MATERIALES Y METODO DE INVESTIGACION

#### 4.1. MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES

##### 4.1.1. Materiales

- ❖ Guantes de Nitrilo o látex.
- ❖ Filtros de microfibra de cuarzo PM<sub>2.5</sub>
- ❖ Imagen satelital Ikonos 2011 e imagen satelital Landsat 2011.
- ❖ Planos de la Ciudad de Juliaca
- ❖ Plan director de la Ciudad de Juliaca 2004-2015
- ❖ Datos meteorológicos de Juliaca SENAMI

##### 4.1.2. Equipos

- ❖ Hi-Vol marca Thermo.
- ❖ Manómetro.
- ❖ Kestrel.

- ❖ GPS Navegador.
- ❖ 01 Computadora CORE i5 4ta Generación.
- ❖ Brújula.
- ❖ Cámara Fotográfica.

#### **4.1.3. Softwares**

- ❖ ArcGIS 10.3
- ❖ AutoCaD Civi 3D 2016
- ❖ ArcBruTile.
- ❖ WRPLOT View-freeware.

## **4.2. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **4.2.1. Etapa de ubicación de puntos de monitoreo**

#### **4.2.1.1. Criterio de ubicación de puntos de monitoreo**

La metodología es la observación visual directa, la cual consistió primeramente ubicar las estaciones de observación o localidades para determinar los puntos de monitoreo. Se han determinado tres estaciones estratégicos de observación directa siendo: Cerró San Sebastián (coord. X = 378726, Y = 8285818), Huayna Roque (coord. X = 378133, Y = 8286387), y Cerrito De Pocracasi (coord. X = 377987, Y = 8290144); seguidamente se procede a observar varias veces las diferentes partes de la ciudad de Juliaca, para localizar los focos de contaminación o el smog fotoquímico que es la asociación de partículas sólidas en suspensión, emisión de gases, vapor de agua y con la radiación solar de la mañana (5:00 a 5:30am) se puede ver ese manto gris y/o emisión densa.

## Puntos de monitoreo

**Tabla 3:** Puntos de monitoreo

NRO DE MONITOREO	COORD. X	COORD. Y	FECHA DE MUESTREO	UBICACIÓN DE ESTACIONES
CA-1	377003	8286267	07/08-04-2015	Av. Pacifico con Circunvalación (Salida Arequipa)
CA-2	374765	8288936	09/10-04-2015	Av. Lampa altura Escuela de Choferes San Martin (Salida Lampa)
CA-3	375996	8288714	08/09-04-2015	Av. Aviación con Av. Sacsayhuaman (Av. Aviacion)
CA-4	377797	8290595	10/11-04-2015	Av. Independencia con Jr. Pucracasi (Salida Cusco)
CA-5	378312	8288106	09/10-04-2015	Circunvalación con Jr. tumbes (Circunvalación Este)
CA-6	380844	8289318	07/08-04-2015	Av. Huancané con Circunvalación 2 (Salida Huancané)
CA-7	381472	8285059	11/12-04-2015	Av. Modesto Borda altura del Cementerio Chilla (Salida Huata)
CA-8	379746	8283571	10/11-04-2015	Av. 4 de Noviembre – Jr. Marañon (Salida Puno)
CA-9	378624	8286390	08/09-04-2015	Plaza Bolognesi con Jr. Loreto (Plaza Bolognesi)

Ver (Anexo 16)

### 4.3. Convalidación de puntos de monitoreo

Un vez determinado los 9 puntos de monitoreo en las azoteas de las casas, y de cada zona, de la ciudad. Se convalido los puntos de monitoreo, con la meteorología que presenta la ciudad de Juliaca y se tomó en cuenta también el Código de Regulaciones Federales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (1970) y se describe en (3.2.1.3. Criterios y características de puntos de monitoreo)

#### **4.3.1. Horas que se realizan las observaciones sinópticas**

La hora observacional depende del tipo, finalidad y uso de cada observación. Es importante que las observaciones sean sincrónicas y continuadas durante varios años, para que puedan utilizarse en cualquier estudio o investigación.

Para determinado tipo de observaciones, en especial las sinópticas, la OMM ha establecido horas fijas, en Tiempo Universal Coordinado (UTC).

Las horas principales, para efectuar observaciones sinópticas de superficie son: 00:00 - 03:00 - 06:00 - 09:00, 12:00 - 15:00 - 18:00 - 21:00 horas UTC.

Las horas fijas para la observación sinóptica en altitud son: 00:00 - 12:00 UTC. Las observaciones aeronáuticas se realizan en forma horaria, las de despegue y aterrizaje en el momento mismo en que el piloto efectúa dichas operaciones, y en vuelo en cualquier momento.

En el Perú, la hora local, tiene una diferencia de menos 5 horas, con respecto al UTC, es decir, que si el UTC es 12:00 horas, en el Perú serán las 07:00 hora local (SENAMHI, 2001.)

#### **4.4. Consideraciones sobre ubicación de puntos de monitoreo en la Ciudad de Juliaca.**

Para las consideraciones en los puntos de muestreo, se debe de considerar: la dirección de las casas, la fecha de monitoreo y por 24 horas, la ubicación de coordenadas cartesianas, altitud correspondiente, algunas observaciones sobre mediciones de altura de muestreo y por último tomar las respectivas fotos. (Anexo 5)

#### **4.5. Metodología de muestreo del Hi-Vol**

Según el Código de Regulaciones Federales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (CFR 40), establece los criterios de

representatividad para la localización de los sitios de muestreo de material particulado, de la siguiente forma:

- ❖ Altura de la toma de muestra sobre el piso: 2-15 m.
- ❖ Distancia al árbol más cercano: > 20 m de la circunferencia que marca el follaje o las raíces y por lo menos 10 m, si los árboles actúan como un obstáculo.
- ❖ La distancia del muestreador a obstáculos como edificios, debe ser mínimo, el doble de la altura en que sobresale el obstáculo sobre el muestreador. Se recomienda un radio libre de 10 m.
- ❖ El equipo debe tener un flujo de aire sin restricciones, 270° alrededor de la toma de muestra y/o un ángulo de 120° libre por encima del equipo.
- ❖ No podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos. Se recomienda 20 m de distancia del sitio de muestreo.
- ❖ La distancia a las carreteras/caminos debe ser de 2 a 10 m del borde a la línea de tráfico más cercana.

Además se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para el sitio de muestreo:

- ❖ Fácil acceso, para visitas regulares de inspección, mantenimiento, calibración, etc.
- ❖ Seguridad contra vandalismo.
- ❖ Infraestructura: el sitio debe contar con energía eléctrica segura y teléfono.
- ❖ Libre de obstáculos que afecten el flujo de aire en las cercanías del muestreador (ejemplo: edificios, árboles, balcones, etc.).

#### **4.6. Etapa de recolección de la muestra de concentración de $PM_{2.5}$ en la ciudad de Juliaca**

##### **4.6.1. Recolección de partículas de $PM_{2.5}$**

El procedimiento para recolectar la concentración de la muestra de partículas de  $PM_{2.5}$  con el equipo Hi-Vol comprende los siguientes pasos:

1. Abrir la carcasa del equipo y fijarla con un gancho en la parte atrás.

2. Quitar los 4 tornillos de sujeción de porta filtros.
3. Hacer la limpieza del compartimento de filtración.
4. Colocar el filtro numerado y pesado previamente con la superficie rugosa hacia arriba, registrar los datos del filtro en el formato de campo Hi-Vol.
5. Para colocar el filtro, usar una pinza un guantes de nitrilo, no tocar con las manos sin guantes.
6. Ajustar la porta filtro apretado firmemente los tornillos de sujeción con el propósito de evitar escapes de aire.
7. Cerrar la carcasa del equipo y asegurar con los ganchos.
8. Programar el Timer para un periodo de 24 horas.
9. Prender el equipo, accionando manualmente el contador de tiempo.
10. Tomar la lectura de presión inicial del equipo con el manómetro.
11. Una vez finalizado el tiempo de 24 horas de muestreo se realiza el cambio del filtro.

#### **4.6.2. Cambio de filtro del equipo Hi-Vol**

- i. Al llegar a la estación de muestreo para hacer el cambio de filtro del equipo, la metodología es el siguiente:
  - a. Hacer la lectura final del contador de tiempo para verificar el tiempo programado.
  - b. Tomar la presión final del equipo utilizando el manómetro.
  - c. Registrar la lectura final en el contador de tiempo.
- ii. Abrir la carcasa del equipo y fijarla con un gancho en la parte de atrás.
- iii. Quitar cuatro tornillos de sujeción de porta filtro.
- iv. Se retira el filtro usado y doblarlo en 2 partes con la superficie impactada hacia adentro, de manera que no se toque ésta área y se identifique fácilmente el número del filtro, el filtro debe ser guardada en un sobre para su traslado al laboratorio.

#### 4.7. ETAPA DE LABORATORIO

##### 4.7.1. Criterios de metodología para el aseguramiento de la calidad de resultados de PM<sub>2.5</sub> en µg/m<sup>3</sup>

- Los ensayos se realizaron en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. (SAG).
- Los ensayos son controlados realizando controles internos utilizando materiales de referencia. Este control incluye la participación en comparaciones de calidad de resultados entre diferentes laboratorios a nivel internacional. Así mismo dentro de Sistema de Calidad de Aires existen diferentes niveles de control de manera que aseguren la calidad de los resultados.
- El programa de control y aseguramiento de calidad de SAG. Consiste en las recomendaciones de publicaciones internacionales, oficiales y estandarizadas, como las que se nombra a continuación:
  - ❖ Determinación de límite de detección.
  - ❖ Lectura de blancos.
  - ❖ Lectura de muestras de control (estándares).
  - ❖ Lectura de duplicados.
  - ❖ Definiciones de los compartimentos de las muestras estándares en el tiempo mediante gráficas de Control.
  - ❖ Criterios de aceptación o rechazo de resultados

#### 4.8. TRABAJO DE CAMPO

##### 4.8.1. Identificación de Actividades Antropogénicas

Las actividades antropogénicas se identifica con la observación directa durante el monitoreo del material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en cada punto de evaluación, por lo cual se contó y filmó la carga vehicular que pasan por minuto alrededor de los puntos en evaluación y se hizo cálculos a una hora y finalmente se hizo cálculos por 24 horas. Así mismo se registra todas las

actividades antrópicas operativas en todas las zonas de evaluación.

#### 4.9. INTERPOLACIÓN CON SPLINE

$$P(u) = ea(u)A + eb(u)B$$

**Dónde:**

$$f_a(u) = (1-u) \text{ y } f_b(u) = u$$

Las funciones lineales no contienen radicales o potencias mayores en (u).

Estas son conocidas como funciones de mezclas, de la sumatoria de A y B obtenemos los resultados P(u), independientemente del valor (u).

$$f_a(u) + f_b(u) = 1$$

#### 4.10. ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS

Para su ploteo respectivo de las áreas verdes existentes en la Ciudad de Juliaca, se debe de tener primero el plano correspondiente, generalmente se encuentra en formato dwg que es compatible con el software AutoCAD y Arc Gis, pero para trabajar mejor en el Software Arc Gis se debe de convertir en formato Shape file, y para obtener las imágenes satelitales debemos ingresar a la página de Google Earth o el SAS PLANET que nos brinda imágenes de forma gratuita. Teniendo todo esos materiales se proceden a zonificar las áreas como parques, plazas, plazoletas, residencias y las vías verdes que existen en el ámbito de estudio.

## CAPITULO V

### EXPOSICION, INTERPRETACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### Marco Legal

Los criterios para la evaluación de la calidad del aire están dados por dos tipos de instrumentos legales, expresados en D.S. N° 003-2008-MINAM y OMS (2005).

**Tabla 4:** Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA Aire).

PARÁMETRO	PERIODO	VALOR $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VIGENCIA	FORMATO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras $\text{PM}_{2.5}$	24 horas	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero del 2010	Media Aritmética	Separación Inercial filtración (gravimétrica)
	24 horas	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 de enero del 2014	Media Aritmética	

**Fuente:** D.S. N° 003-2008-MINAM

**Tabla 5:** Estándares Internacionales de Calidad Ambiental del Aire

Parámetro	Periodo	Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
PM <sub>10</sub>	24 Horas	50
	Media Anual	20
PM <sub>2.5</sub>	24 Horas	25
	Media Anual	10

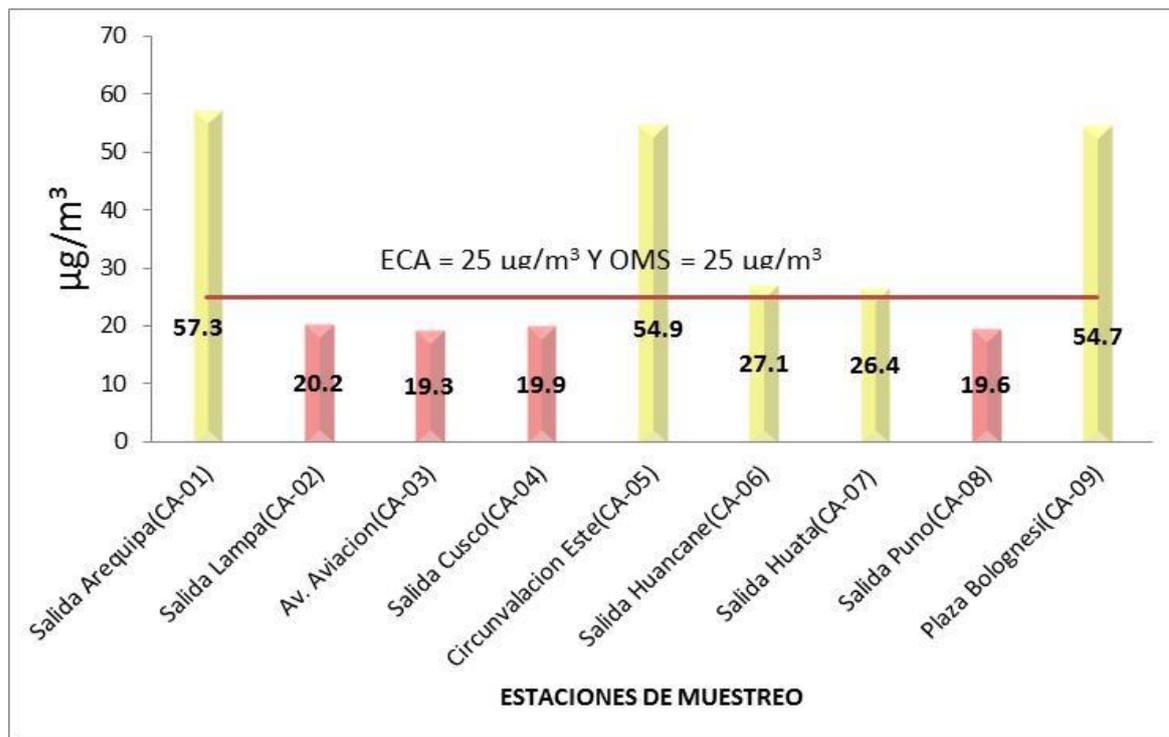
Fuente: OMS (2005).

**5.1. Concentración de Material Particulado Menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrómetros en la ciudad de Juliaca**

Los resultados del análisis de laboratorio de los 9 puntos de muestro en la ciudad de Juliaca, arrojaron los siguientes resultados que aparecen en la tabla 6 y la figura 5.

**Tabla 6:** Concentración de material particulado menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrómetros en la ciudad de Juliaca.

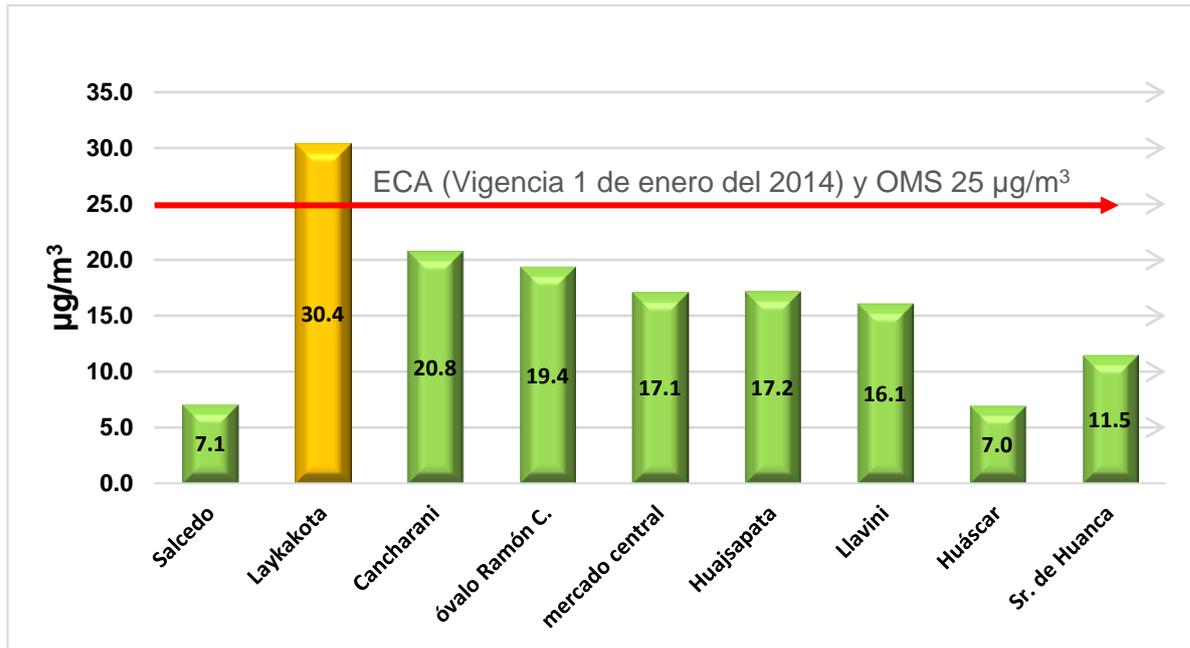
CODIGO	ESTACION	FECHA DE MUESTREO	Una sola lectura por 24 horas	Observaciones sinópticas		
			CONCENTRACIÓN DE PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (mBar)	HUMEDAD RELTIVA (HR)	T° (°C)
CA - 01	Salida Arequipa	2015-04-07/08	57,3	644.6	35.2	10.3
CA - 02	Salida Lampa	2015-04-09/10	20,2	646.0	70.5	9.0
CA - 03	Av. Aviación	2015-04-08/09	19,3	644.7	74.4	4.6
CA - 04	Salida Cusco	2015-04-10/11	19,9	644.6	88.3	8.8
CA - 05	Circunvalación Este	2015-04-09/10	54,9	643.8	63.5	14.2
CA - 06	Salida Huancané	2015-04-07/08	27,1	645.0	67.0	9.0
CA - 07	Salida Huata	2015-04-11/12	26,4	641.0	67.3	11.7
CA - 08	Salida Puno	2015-04-10/11	19,6	644.6	82.1	9.3
CA - 09	Plaza Bolognesi	2015-04-08/09	54,7	644.0	58.5	12.6
Promedio			33.3	644.3	67.4	9.94
ECA			25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
OMS			25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			



**Figura 5:** Concentración de material particulado menores o iguales a PM2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca

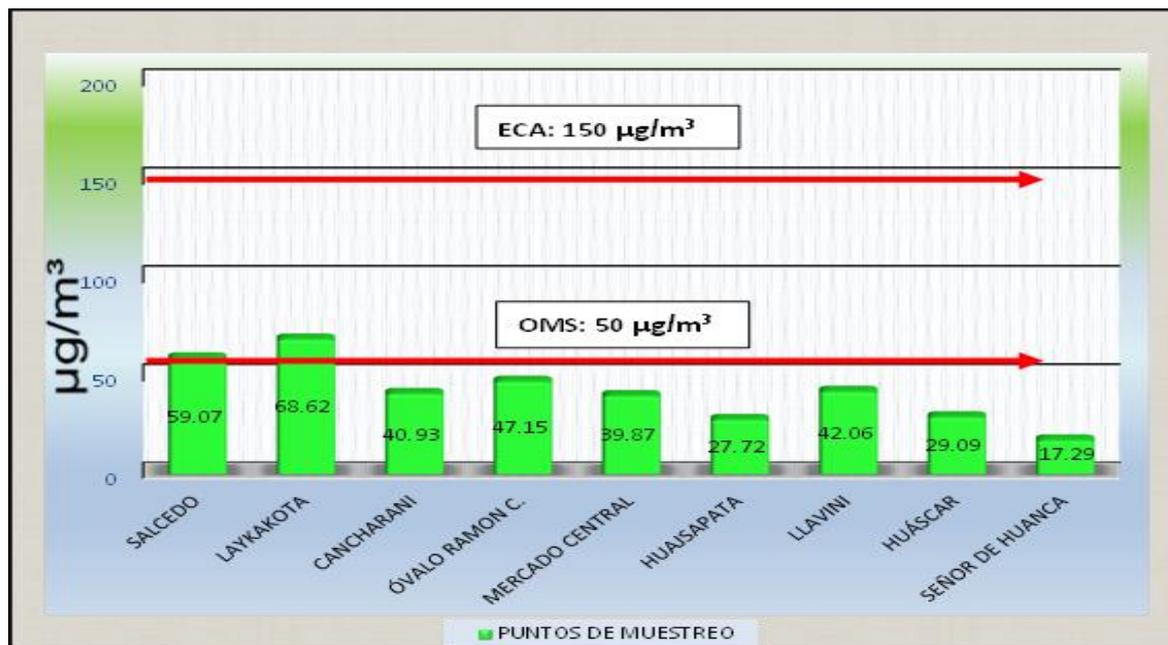
Según a la figura 5, Las concentraciones de material particulado menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrómetros, registradas para las estaciones de monitoreo CA-01(Salida Arequipa), CA-05 (Circunvalación Este), CA-06 (Salida Huancané), CA-07 (Salida Huata) y CA-09 (Plaza Bolognesi); indican valores por encima del límite máximo establecido en el D.S N°003-2008-MINAM, y por la Organización Mundial de Salud (OMS). En cambio las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, registradas para las estaciones de monitoreo CA-02 (Salida Lampa), CA-03 (Av. Aviación), CA-04 (Salida Cusco) y CA-08 (Salida Puno) están por debajo del límite máximo establecido en el D.S N°003-2008-MINAM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

El promedio de la concentración en la ciudad de Juliaca es de 33.3 μg/m³, con la variación que va desde 19.3 a 57.3 μg/m³,



**Figura 6:** Concentraciones de material particulado de PM<sub>2.5</sub> en la ciudad de Puno. Fuente: Quispe, (2015).

En cambio, para la ciudad de Puno, según el trabajo desarrollado por Quispe, (2015), con fecha de 4 – 9 de Diciembre en época de primavera, los niveles de concentración de PM<sub>2.5</sub>, fueron menores a las de Juliaca, tal como se observa en la figura 6. La mayor concentración en Puno se dio en la zona sur estación de Laykakota con 30.4 ug/m<sup>3</sup> pasando los estándares del Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. Y la OMS. El resto de los puntos como: Salcedo, Cancharani, Ovalo ramón castilla, Mercado central, Huajsapata, Llavini, Huascar y Sr. de Huanca, indican que están por debajo de los límites máximos permisibles. La concentración nos indica que la ciudad de Juliaca presenta mayor concentración de partículas respecto a Puno. El efecto podría deberse a la evaluación de ambas ciudades en estaciones diferentes, Puno en primavera y Juliaca en otoño.

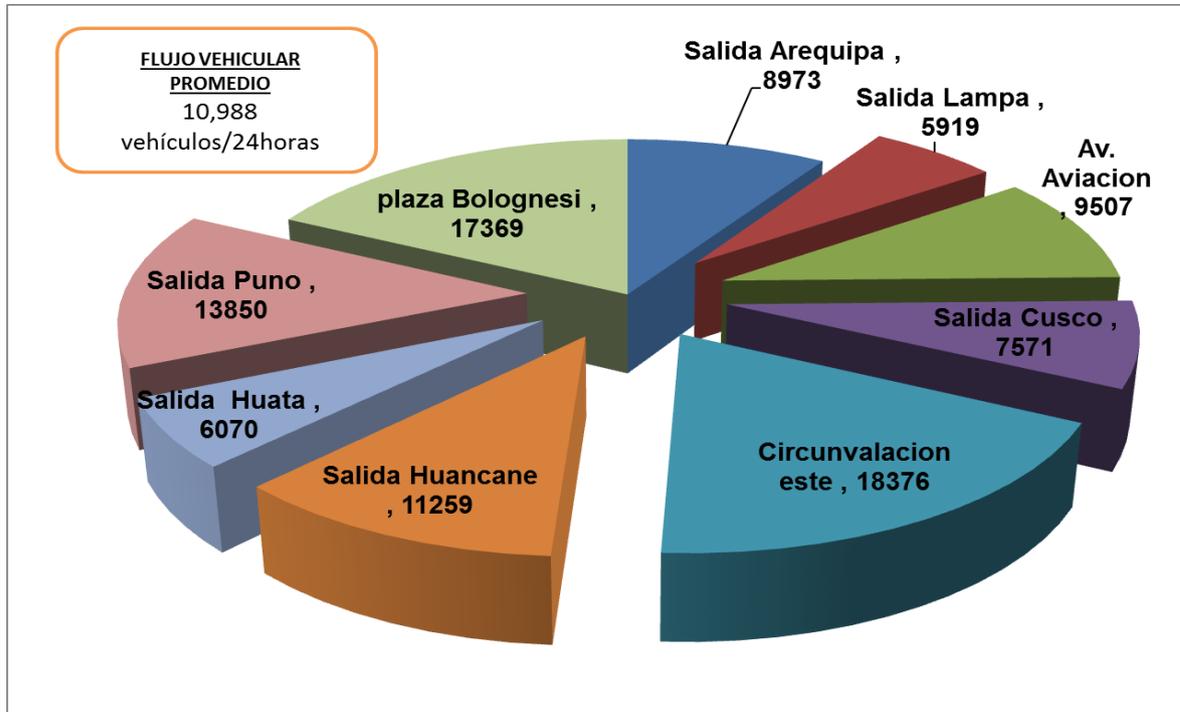


**Figura 7:** Concentraciones de material particulado de  $PM_{10}$  en la ciudad de Puno. Fuente: Phocco, H. (2014).

En material particulado  $PM_{10}$ , figura 7, Phocco, (2014) para la ciudad de Puno, evalúa del 7-12 de Octubre pleno primavera sobre la concentración de material particulado menores o iguales a  $PM_{10}$  micrómetros. Indica que ningún punto de monitoreo están por encima del Decreto Supremo N°074-2001 PCM-CONAM de  $PM_{10}$ , mientras tanto según lo establecido por la OMS exceden Salcedo y Laykakota, lo que los indica a analizar que Puno tendría menor concentración de material particulado que Juliaca.

Así mismo Quispe, (2015) concluye que los resultados de la caracterización química de  $PM_{10}$  en nueve zonas de la ciudad de Puno, el más abundante ha sido el Zinc con un promedio de  $0.7672 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo los valores encontrados en cada zona de evaluación se encuentran por debajo de los estándares exigidos Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM, así mismo está por debajo del D.S. 074-2001-PCM-CONAM

**5.2. Actividades antrópicas en relación a los puntos de evaluación del material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros de la ciudad de Juliaca**



**Figura 8:** Total de Flujo Vehicular en cada Punto de Evaluación por 24 horas en la Ciudad de Juliaca

En la figura 8, se muestra el total de flujo vehicular en cada punto de evaluación como promedio total se tiene con 10,988 vehículos/24horas, donde el mayor flujo vehicular es en Circunvalación Este (CA-05) con un flujo de 18,376 vehículos/24 horas, seguida por Plaza Bolognesi 17,369 vehículos/24 horas, seguida por Salida Puno con 13,850 vehículos/24 horas, seguida por Salida Huancane con 11,259 vehículos/24 horas, seguida por Av. Aviacion con 9,057 vehículos/24 horas, seguida por Salida Arequipa con 8,973 vehículos/24 horas, seguida por Salida cusco con 7,571 vehículos/24 horas, m seguida por Salida Huata con 6,070 vehículos/24 horas y finalmente es seguido por Salida Lampa con un flujo de 5,919 vehículos/24 horas. (Anexo 7)

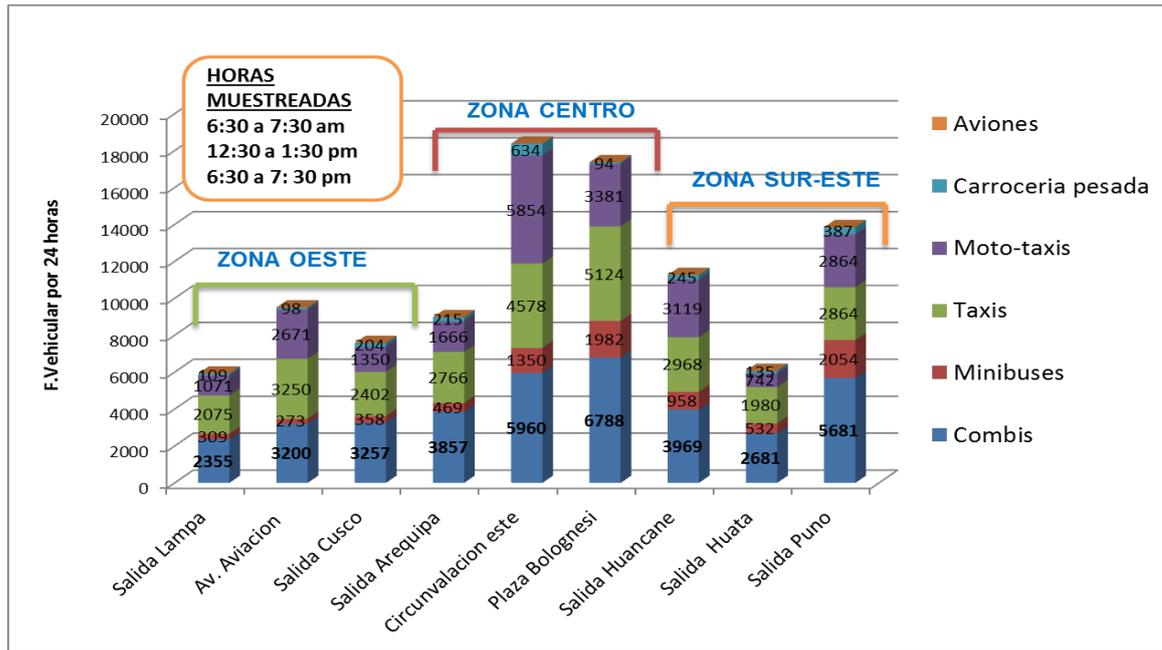


Figura 9: Flujo vehicular por Zonas Evaluadas por 24 / horas

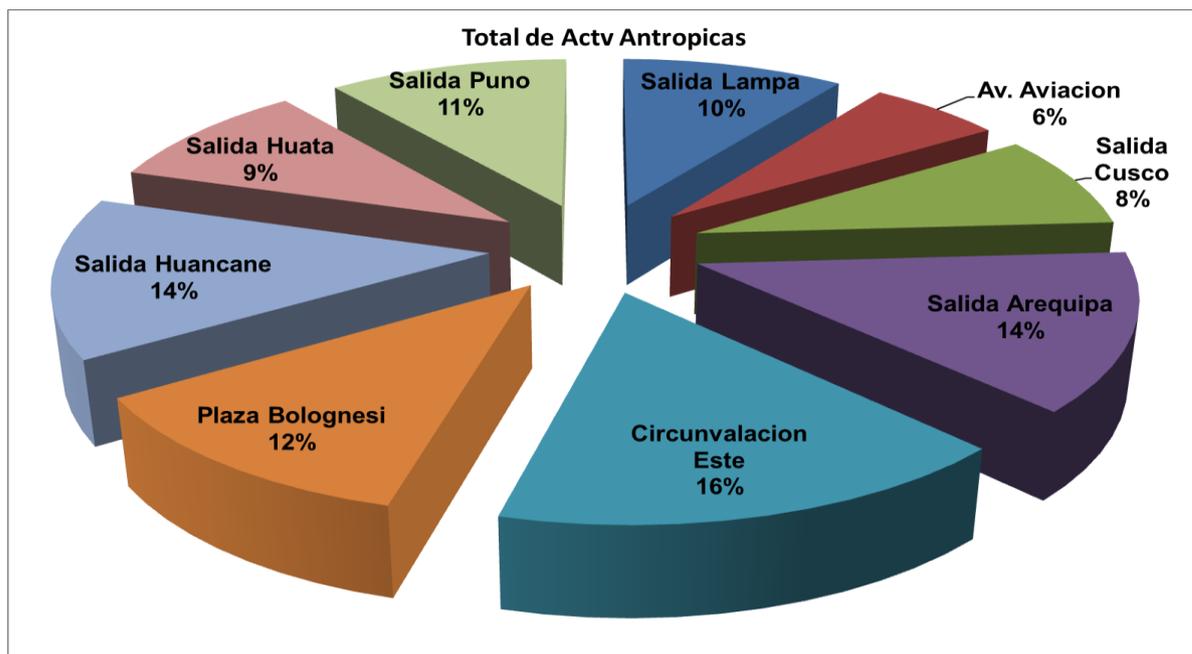
En la figura 9, se observa el flujo vehicular por zonas, en la zona centro la estación con mayor flujo vehicular fue Circunvalación este con 5,960 combis, 1,350 minibuses, 4,578 taxis, 5,854 moto taxis y 634 de carrocería pesada por 24/horas. A su vez en la zona sur-este la estación con mayor flujo vehicular es Salida puno con 5,681 combis, 2,054 minibuses, 2,864 taxis, 2,864 moto taxis y 387 de carrocería pesada esto por 24/horas. A si mismo ocurre en zona oeste la estación con mayor flujo vehicular fue Av. Aviación con 3,200 combis, 273 minibuses, 3,250 taxis, 2,671 moto taxis, 98 de carrocería pesada y un aproximado de 15 aviones por 24/horas.

Según Quispe (2015), obtiene que el promedio total del flujo vehicular por 24 horas es de 6,784 vehículos/24horas, donde el mayor flujo vehicular es en el óvalo Ramón Castilla con un flujo de 20,442 vehículos/24 horas, seguida por Laykakota con 11,666 vehículos/24 horas, seguida por Mercado Central con 9,836 vehículos/24 horas, seguida por Huáscar con 6,683 vehículos/24 horas y finalmente es seguido por el Llavini con un flujo de 4, 409 vehículos/24 horas.

Mientras tanto Phocco (2014), en la ciudad de Puno, obtiene que el promedio total del flujo vehicular fue de 4,037 vehículos/24horas, donde el mayor flujo vehicular es en el óvalo Ramón Castilla con un flujo de 5,833 vehículos/24 horas, seguida por Laykakota con 5,790 vehículos/24 horas, seguida por Salcedo con 5,095 vehículos/24 horas, seguida por Huáscar con 5,074 vehículos/24 horas y finalmente es seguido por el mercado central con un flujo de 5,026 vehículos/24 horas.

Por otro lado Quispe, (2015), En nuestra ciudad de Puno, obtiene en promedio total de 6,844 vehículos/12horas día, donde el mayor flujo vehicular es en Laykakota con 17,136 vehículos/12 horas día, seguida por óvalo Ramón Castilla con 14,928 vehículos/12 horas día, seguida por el mercado central con 12,225 vehículos/12 horas día, seguida por Huáscar con 5,460 vehículos/24 horas día y seguida por Salcedo con 5,124 vehículos/12 horas día

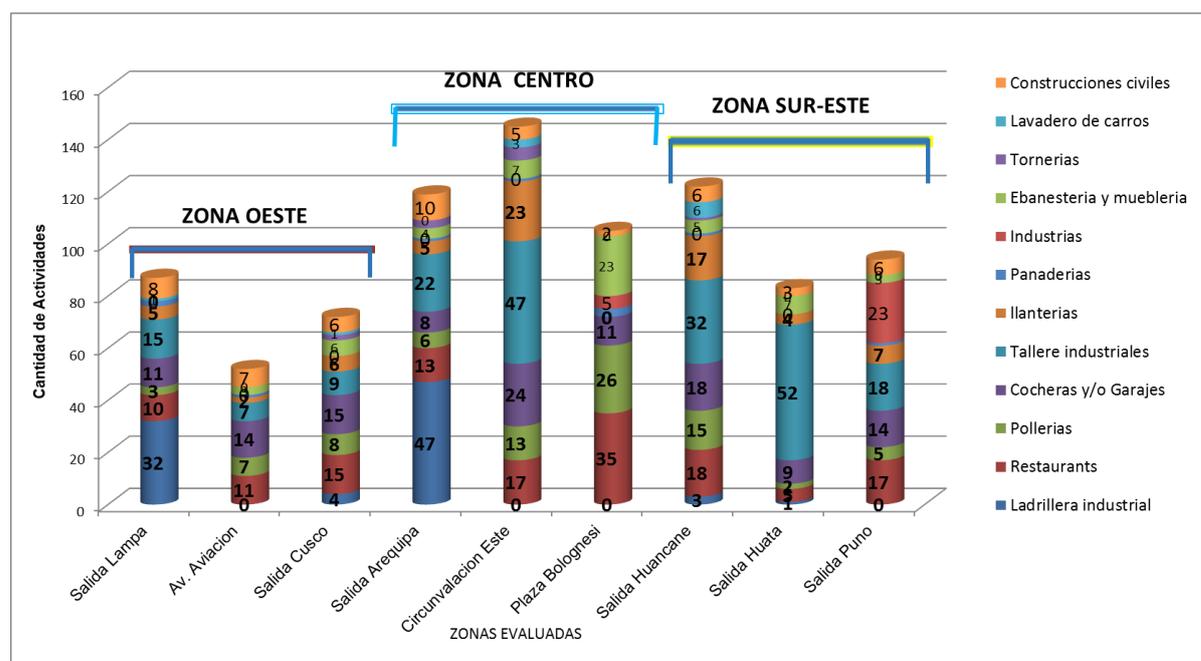
### Actividades antropogenicas en los puntos de evaluación



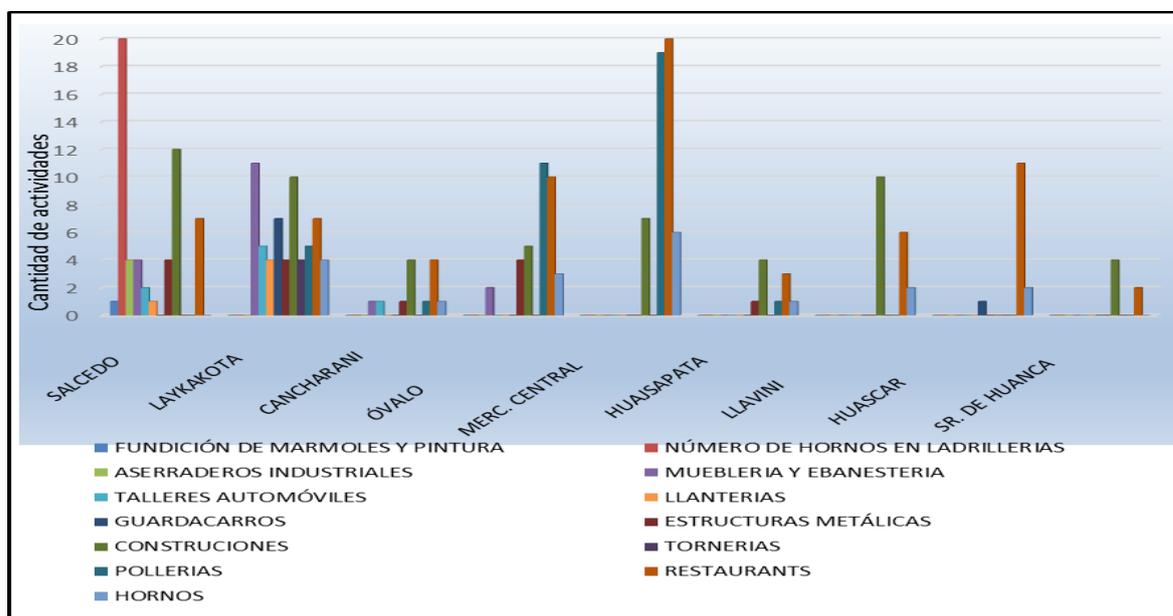
**Figura 10:** Total de Actividades Antrópicas por cada punto de evaluación ver (anexo 8)

De la Figura 10, se puede apreciar el total de Actividades antrópicas por cada punto de evaluación, en donde tienen una relevancia enorme en la concentración de

material particulado menores o iguales a  $PM_{2.5}$  micrómetros. A continuación se detalla las Actividades de mayor a menor. En primer lugar se tiene Circunvalación Este (CA-05), con un total de 16°° de Actividades antrópogénicas, seguido por Salida Arequipa (CA-01), con un total de 14°° de Actividades antrópogénicas, Salida Huancané (CA-06), con un total de 14°° de Actividades antrópogénicas, plaza Bolognesi (CA-09), con un total de 12°° de Actividades antropogénicas Salida Puno (CA-08), con un total de 11°° de actividades antropogénicas, salida lampa (CA-02), con un total de 10°° de actividades antropogénicas, salida huata (CA-07), con un total de 9°° de actividades antropogénicas, salida cusco (CA-04), con un total de 8°° de actividades antropogénicas y Noveno lugar Av aviación (CA-03), con un total de 6 °° actividades antropogénicas.



tornerías, 3 lavadero de carro, 5 construcciones civiles. A su vez en la zona sur este la estación con mayor cantidad de actividades antropogénicas es salida Huancané con 3 ladrilleras, 18 restaurants, 15 pollerías, 18 cocheras y/o garajes, 32 talleres industriales, 17 llanterías, 1 panadería, 5 ebanistería y mueblería, 1 tornería, 6 lavadero de carros, 6 construcciones civiles. A si mismo en la zona oeste la estación con mayor cantidad de actividades antropogénicas es salida Lampa con 32 ladrilleras industriales, 10 restaurants, 3 pollerías, 11 cocheras y/o garajes, 15 talleres industriales 5 llanterías, 2 panaderías, 1 lavadero de carro y 8 construcciones civiles.



**Figura 12:** Actividades antropogénicas reconocidos en cada punto de evaluación. Fuente: Phocco (2014)

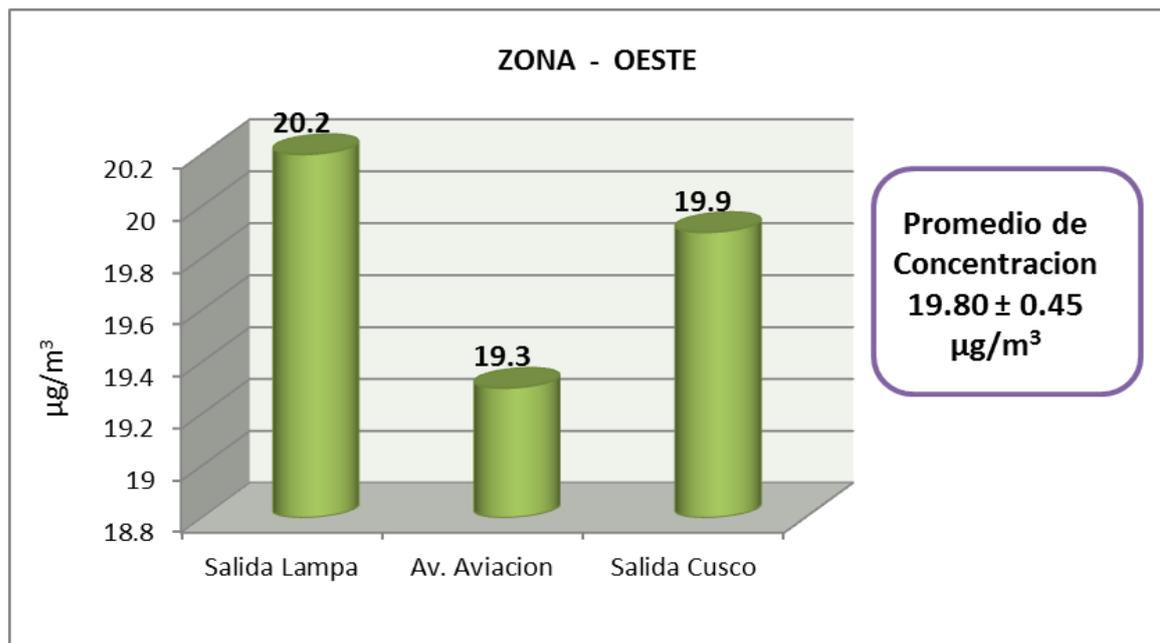
De la figura 12, realizado en la ciudad de Puno sobre PM10, se deduce que la ZS-02 “Laykakota” presenta mayores actividades antropogénicas, prosiguiendo la ZS-03 “Salcedo del mismo modo la ZS-01 “Cancharani” con menos número de actividades antropogénicas. Entonces los resultados del presente trabajo de investigación se corroboran en el aumento de concentraciones de partículas PM<sub>2.5</sub> en función a la actividad antropogénica.

### 5.3. Diferencias de Concentraciones de material particulado menores a $PM_{2.5}$ micrómetros en la Ciudad de Juliaca

#### 5.3.1. Diferencias de Concentraciones de material particulado de $PM_{2.5}$ en los puntos de muestreo de Zona – Oeste

**Tabla 7:** Diferencia de concentraciones de  $PM_{2.5}$  en los puntos de muestreo de zona- oeste

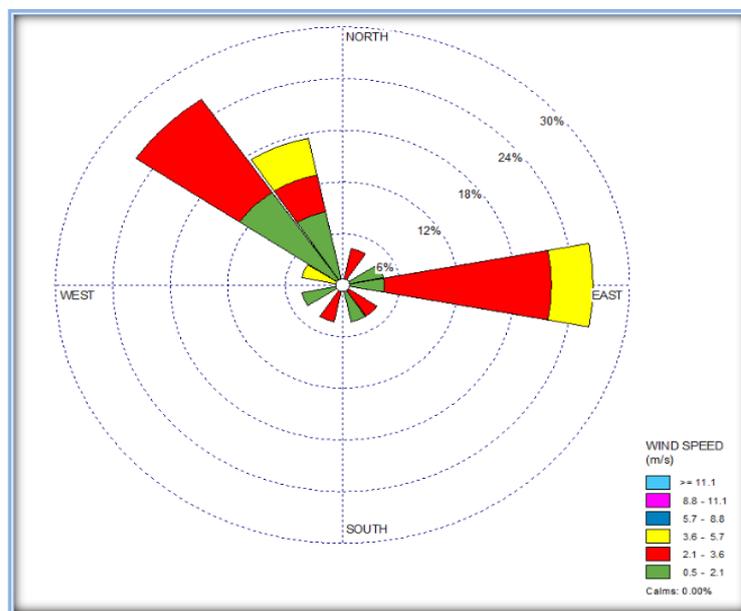
LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CONCENTRACIONES POR 24 HORAS	UNIDAD
Salida Lampa	CA-02	20.2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Av. Aviación	CA-03	19.3	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Salida Cusco	CA-04	19.9	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Promedio de Concentración		19.80	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Desviación estándar		$\pm 0.45$	



**Figura 13:** Diferencia de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de zona oeste

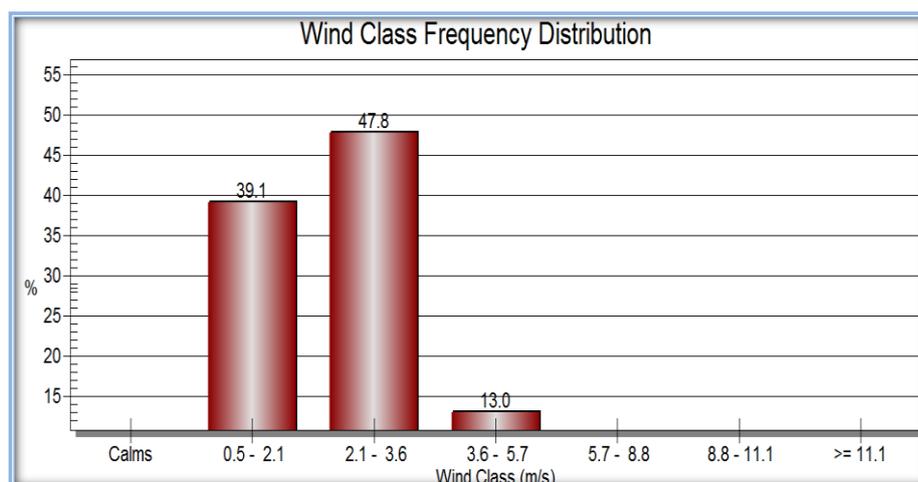
Según a la figura 13, la máxima concentración de Material particulado PM<sub>2.5</sub> se da en la CA-02 "Salida Lampa" con 20.2 µg/m<sup>3</sup>, seguidamente de la CA-04 "Salida Cusco" con 19.9 µg/m<sup>3</sup> y por último la mínima concentración se da en la CA-03 "Av. Aviación" con 19.3 µg/m<sup>3</sup>, y el promedio entre los tres puntos de muestreo es de 19.80 ± 0.45 µg/m<sup>3</sup>, tomando en cuenta (figura 11) la mayor actividad antrópica fue en la Salida Lampa destacándose la industria ladrillera, talleres mecánicas, construcciones civiles, además en horas de la noche hay presencia de quema de basuras en las calles que se puede relacionar con una mayor actividad antropogénica. Así mismo Quispe, R (2015) & Phocco (2014) indican que la máxima concentración en zona Norte es (Llavini) con 16.1 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>2.5</sub>) y 42.06 µg/m<sup>3</sup> de (PM<sub>10</sub>) la fuente sería el flujo vehicular. También cabe señalar que la dirección del viento es sumamente necesario a ser identificado para saber las direcciones preferenciales del viento en donde nos indica de dónde y hacia donde se desplaza la pluma de contaminantes de cada punto de muestreo, lo cual se muestran en los siguientes gráficos las ROSAS DE VIENTOS.

**Presencia de variables meteorológicas durante el monitoreo y flujo de contaminantes en la zona oeste**



**Figura 14:** Rosa de vientos en Salida Lampa

De acuerdo a la figura 14, nos muestra las direcciones del viento y la pluma de contaminantes que se encuentran en **Salida Lampa**, son aquellas que se dirigen de noroeste, noreste y sureste.



**Figura 15:** Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Lampa.

En la figura 15, se observa que el 47.8 % de vientos predominan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s, el 39.1 % representa con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s y 13.0 % oscilan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s

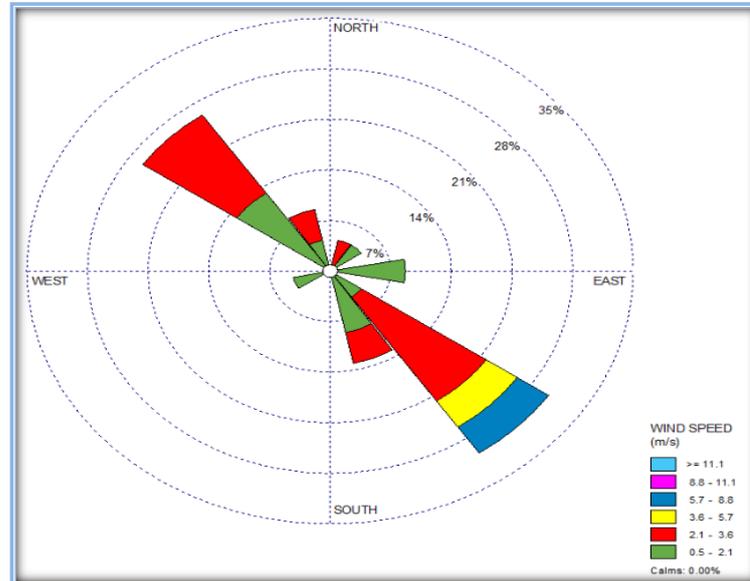


Figura 16: Rosa de vientos Av. Aviación

En cuanto a la figura 16, se muestra las direcciones del viento y la pluma de contaminantes con mayor magnitud en Av. Aviación - Aeropuerto, son aquellas que se se dirigen de sureste, noroeste y las de menor magnitud son de noreste.

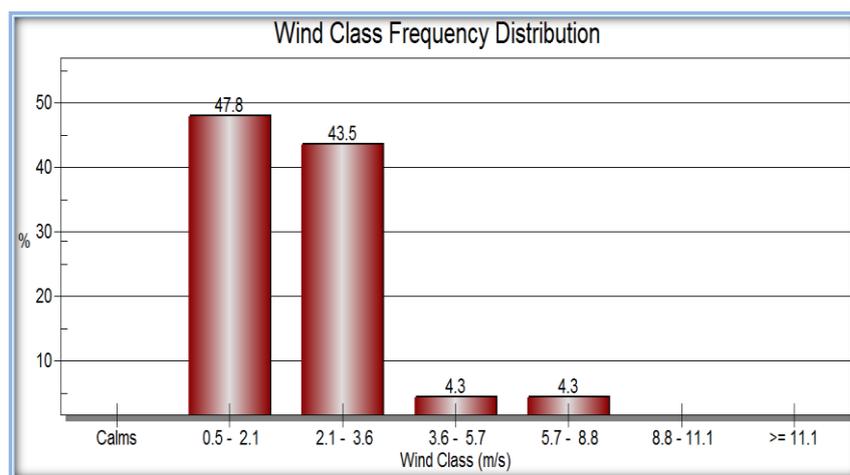
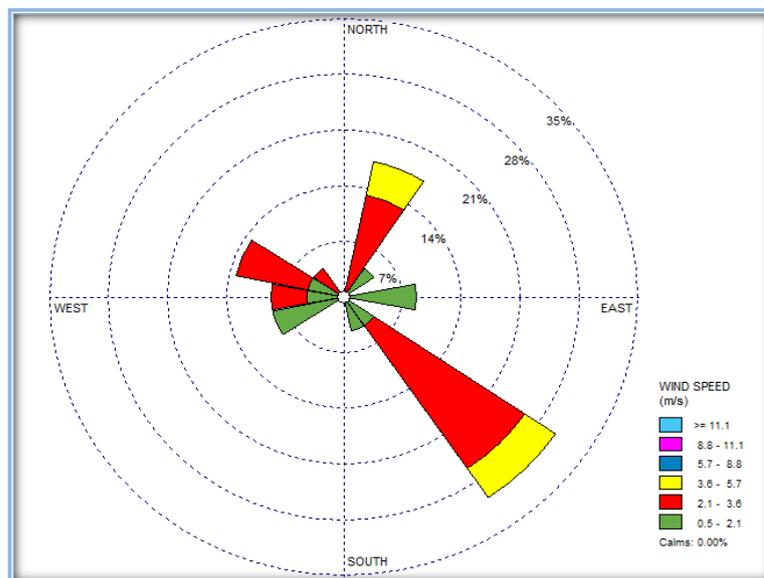


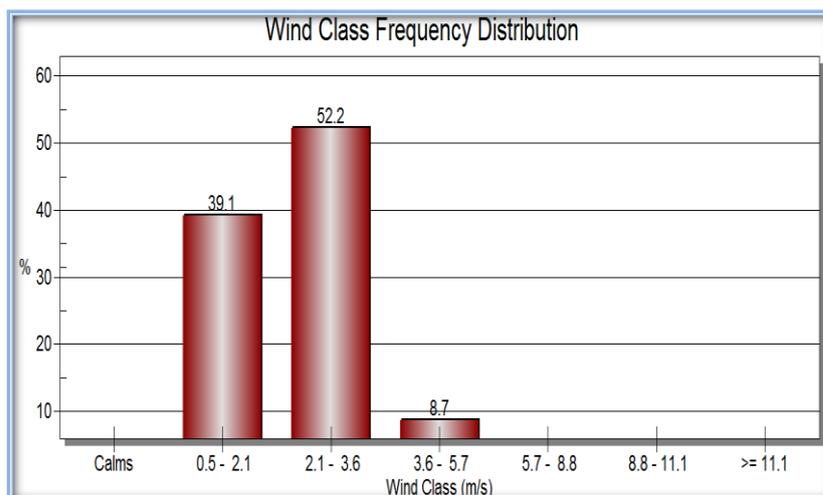
Figura 17: Distribución de frecuencia de clase de viento de Av. Aviación.

En la figura 17, se aprecia que el 47.8 % de vientos predominan con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 43.5 % representa con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s y el 4.3 % oscilan con velocidades de 3.6 – 5.7 y 5.7-8.8 m/s.



**Figura 18:** Rosa de vientos Salida Cusco

En la figura 18, se aprecia que las direcciones del viento y la pluma de contaminantes con mayor magnitud en **Salida Cusco**, son aquellas que se se dirigen de sureste, noreste y las de menor magnitud son noroeste y suroeste.



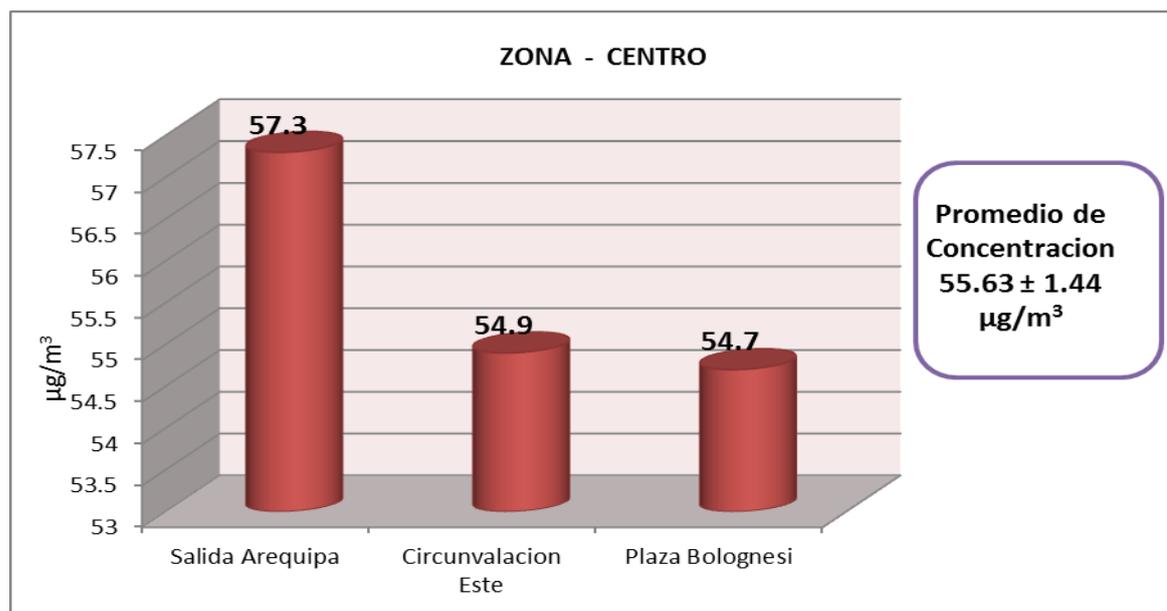
**Figura 19:** Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Cusco

En la figura 19, se observa que el 52.2 % de vientos predominan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s, el 39.1 % representa con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s y 8.7 % oscilan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s

### 5.3.2. Diferencias de Concentraciones de material particulado de PM<sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de Zona Centro

**Tabla 8:** Diferencia de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de zona- centro

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CONCENTRACIONES POR 24 HORAS	UNIDAD
Salida Arequipa	CA-01	57.3	µg/m <sup>3</sup>
Circunvalación Este	CA-05	54.9	µg/m <sup>3</sup>
Plaza Bolognesi	CA-09	54.7	µg/m <sup>3</sup>
Promedio de Concentración		55.63	µg/m <sup>3</sup>
Desviación estándar		± 1.44	



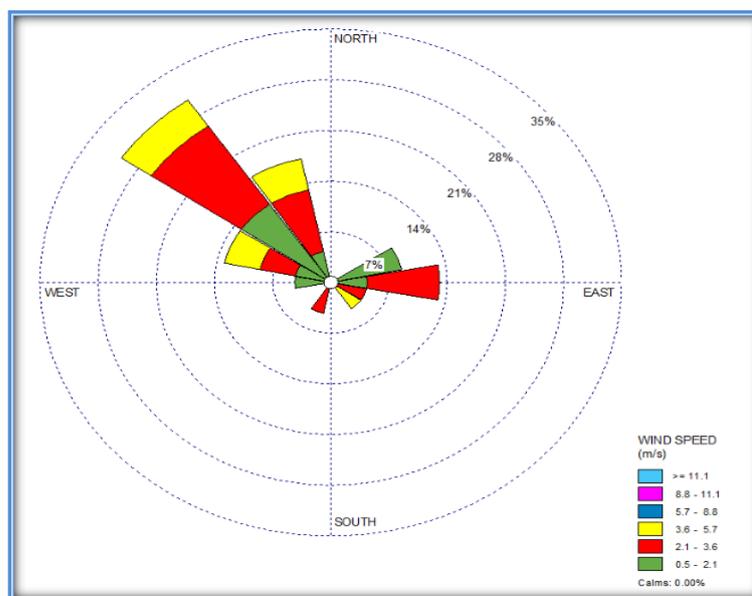
**Figura 20:** Diferencia de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de zona Centro

Según a la figura 20, la máxima concentración de Material particulado PM<sub>2.5</sub> se da en la CA-01 "Salida Arequipa" con 57.3 ug/ µg/m<sup>3</sup>, seguidamente de la CA-05 "Circunvalación Este" con 54.9 µg/m<sup>3</sup> y por último la mínima concentración se da en la CA-09 "Plaza Bolognesi" con 54.7 µg/m<sup>3</sup>, y el promedio entre los tres puntos de muestreo es de 55.63±1.44 µg/m<sup>3</sup>, y de acuerdo a la (figura 9), la fuente principal de concentración de partículas sería el flujo vehicular, sobre todo en los puntos de CA-05 "Circunvalación Este" y CA-09 "Plaza Bolognesi" donde mostraron mayores flujos de carros y viendo la (figura11), efectivamente hay una asociación con la actividad antrópica siendo una de las posibles causas de la concentración de partículas. La estación CA-01 "Salida Arequipa" en cierta manera existen alta Industria ladrillera, talleres industriales, construcciones civiles, y es más se encontró una cantera en funcionamiento en la colina del cerro espinar que está muy cerca al punto de evaluación. Por otro lado se concuerda con Gonzales (2009), donde indica que la calidad del aire de la ciudad de Monterrey (Zona 1), México: Los valores mínimo y máximo de partículas PM<sub>2.5</sub> fueron 11.44 y 73.66 µg/m<sup>3</sup>, con un promedio anual de 26.63 µg/m<sup>3</sup>. Los cuales estos niveles de concentraciones estuvieron asociados principalmente al alto tráfico vehicular. y en la (Zona 2), México: los valores mínimo y máximo fueron 12.28 y 79.64 µg/m<sup>3</sup>

respectivamente, con un promedio anual de  $29.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la cual esta Zona es de alta actividad industrial

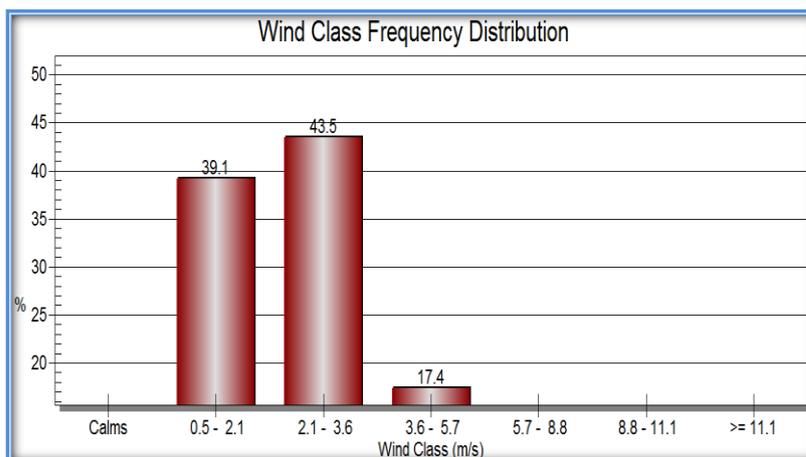
Además Quispe, R (2015) & Phocco (2014) reportan que la concentración más alta en la zona centro de Puno fue la estación (Ramon castilla) con  $19.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) y  $47.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{10}$ ) esto por la alta presencia de flujo vehicular, Quispe, A (2015) menciona que la zona centro es más abundante con el elemento metálico entre los diferentes puntos de evaluación fue la ZC-03 (Ovalo Ramón Castilla) con  $3.4102 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de Zinc, además indica que la fuente principal sería las soldaduras mecánicas, la remoción de tierras y la presencia de numerosas pollerías.

**Presencia de variables meteorológicas durante el monitoreo y flujo de contaminantes en la zona Centro.**



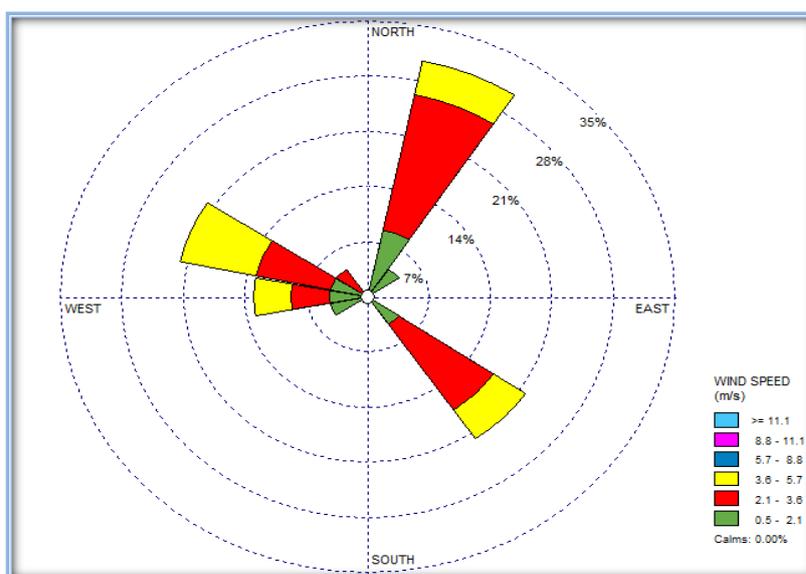
**Figura 21:** Rosa de vientos Salida Arequipa

En la Figura 21, muestra que las direcciones del viento y la pluma de contaminantes con mayor magnitud en **Salida Arequipa**, son aquellas que se dirigen de noroeste y las de menor magnitud son de noreste y sur-este.



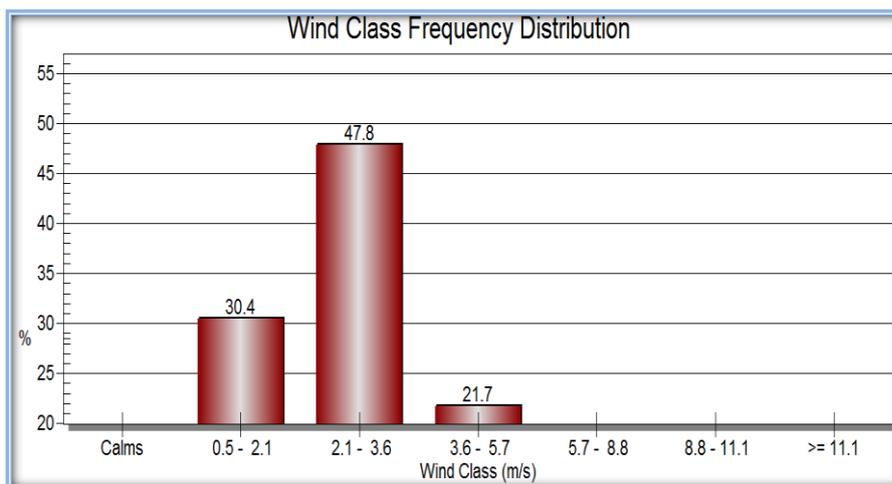
**Figura 22:** Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Arequipa.

En la figura 22, se muestra que el 43.5 % de vientos predominan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s, el 39.1 % representa con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s y 17.4 % scilan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s



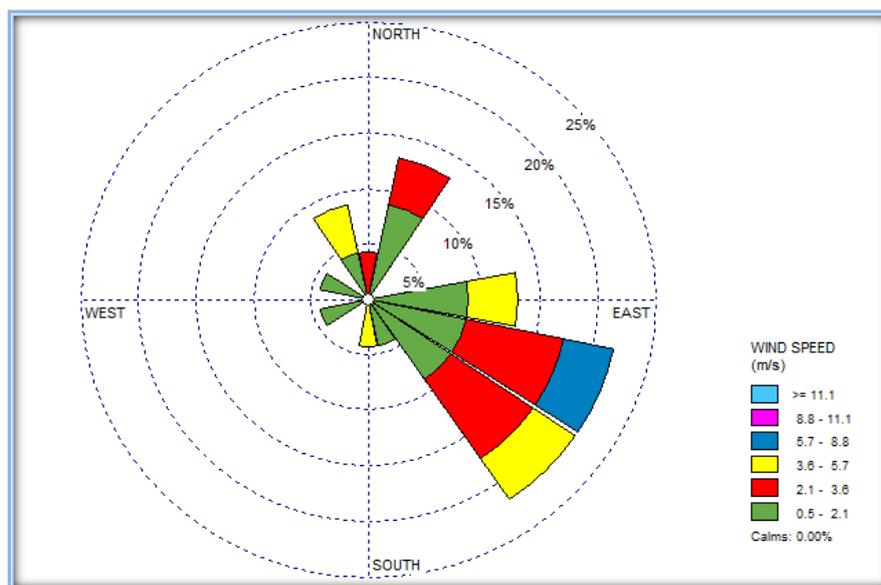
**Figura 23:** Rosa de vientos Circunvalación Este

En la Figura 23, se observa que las direcciones del viento y la pluma de contaminantes con mayor magnitud en **Circunvalación Este**, son aquellas que se dirigen de noreste, sureste, noroeste.



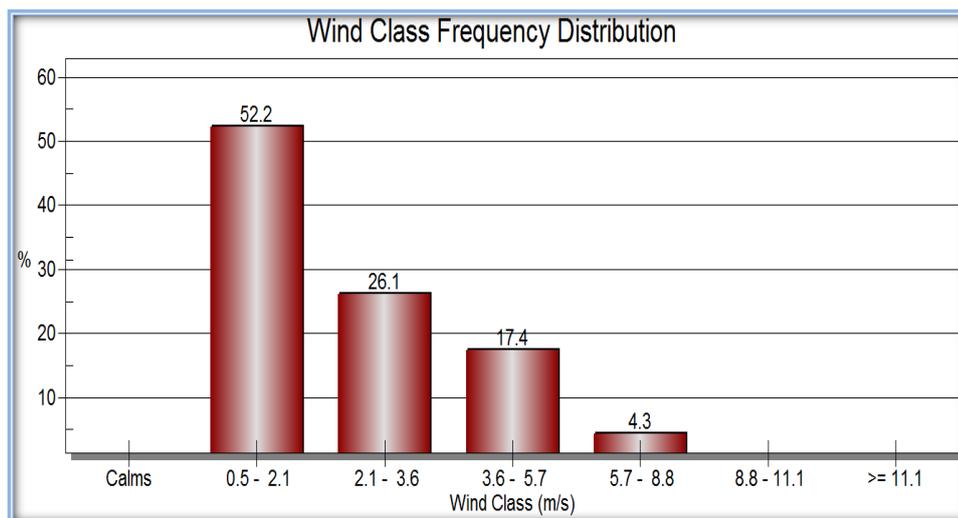
**Figura 24:** Distribución de frecuencia de clase de viento de Circunvalación Este

En la figura 24, se muestra que el 47.8 % de vientos predominan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s, el 30.4 % representa con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s y el 21.7 % oscilan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s.



**Figura 25:** Rosa de vientos Plaza Bolognesi

En la Figura 25, se aprecia que las direcciones del viento y la pluma de contaminantes con mayor magnitud en **Plaza Bolognesi**, son aquellas que se dirigen de sureste, noreste y noroeste.



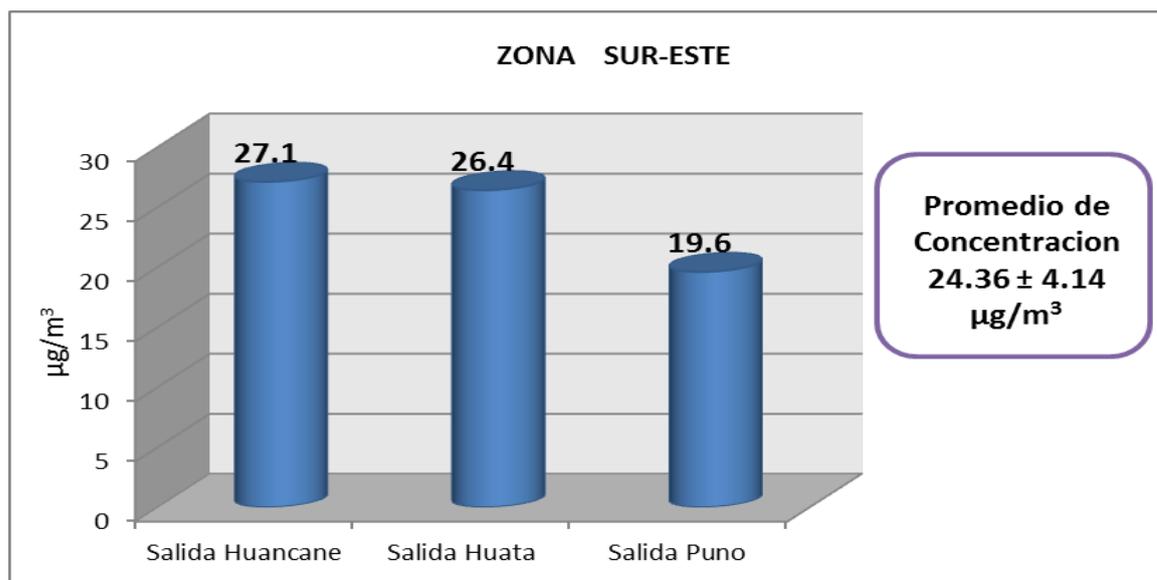
**Figura 26:** Distribución de frecuencia de clase de viento Plaza Bolognesi

En la figura 26, se aprecia que el 52.2 % de vientos predominan con velocidades de 0.5-2.1m/s, el 26.1% representa con velocidades de 2.1-3.6 m/s, el 17.4 % representa 3.6-5.7m/s y el 4.3% oscilan con velocidades de 5.7 – 8.8 m/s.

**5.3.3. Diferencias de Concentraciones de material particulado de PM<sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de Zona Sur-Este**

**Tabla 9:** Diferencia de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de zona-sur-este

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO	CONCENTRACIONES POR 24 HORAS	UNIDAD
Salida Huancané	CA-06	27.1	µg/m <sup>3</sup>
Salida Huata	CA-07	26.4	µg/m <sup>3</sup>
Salida Puno	CA-08	19.6	µg/m <sup>3</sup>
Promedio de Concentración		24.36	µg/m <sup>3</sup>
Desviación estándar		± 4.14	

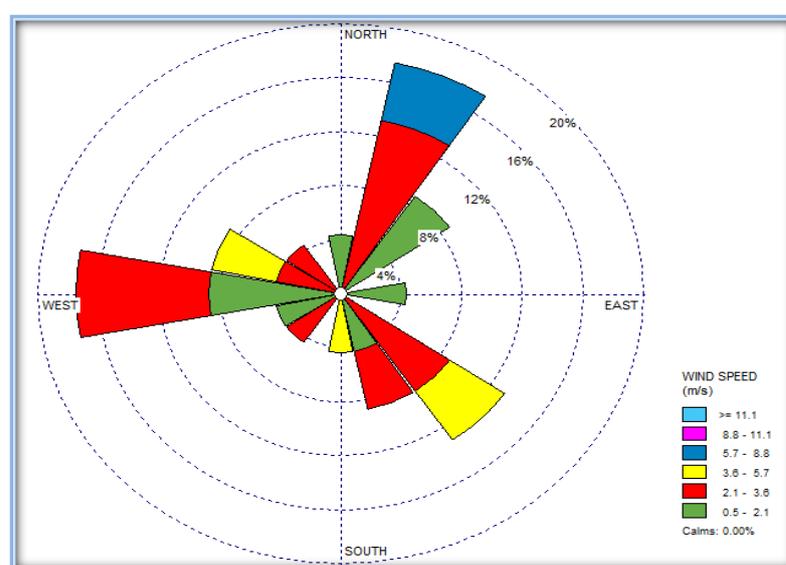


**Figura 27:** Diferencia de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en los puntos de muestreo de Zona Sur- Este

Según a la figura 27, la máxima concentración de Material particulado PM<sub>2.5</sub> se da en la CA-06 “Salida Huancané” con 27.1 µg/m<sup>3</sup>, seguidamente de la CA-07 “Salida Huata” con 26.4 µg/m<sup>3</sup> y por último la mínima concentración se da en la CA-08 “Salida Puno” con 19.6 µg/m<sup>3</sup>, y el promedio de diferencia entre los tres puntos de muestreo es de 24.36 ± 4.14 µg/m<sup>3</sup>, en esta zona se ve a dos puntos que están por encima de los estándares nacionales e internacionales de acuerdo a la (figura 11) la fuente principal en estos dos puntos sería por la alta presencia de actividades antrópicas. Y la CA-06 “Salida Huancané” es uno de los 3 puntos con mayor presencia de actividades antrópicas y es la estación con mayor presencia de concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub> la razón sería que efectivamente ahí presencia de talleres industriales, llanterías, calles no pavimentadas, que son susceptibles a la erosión eólica y pollerías que utilizan el carbón como fuente, en CA-07 “Salida Huta” la actividad más predominante es la alta presencia de talleres industriales y por las noches sobre todo por las madrugadas suelen ocurrir quema de residuos sólidos en las calles aledañas, así mismo esta zona estaría asociado con el flujo vehicular según a la (figura 9). Por otro lado se corrobora con los resultados de Phocco (2014) & Quispe, R. (2015) donde indican que la máxima concentración de partículas en (zona sur), Puno fue en la estación Laykakota con

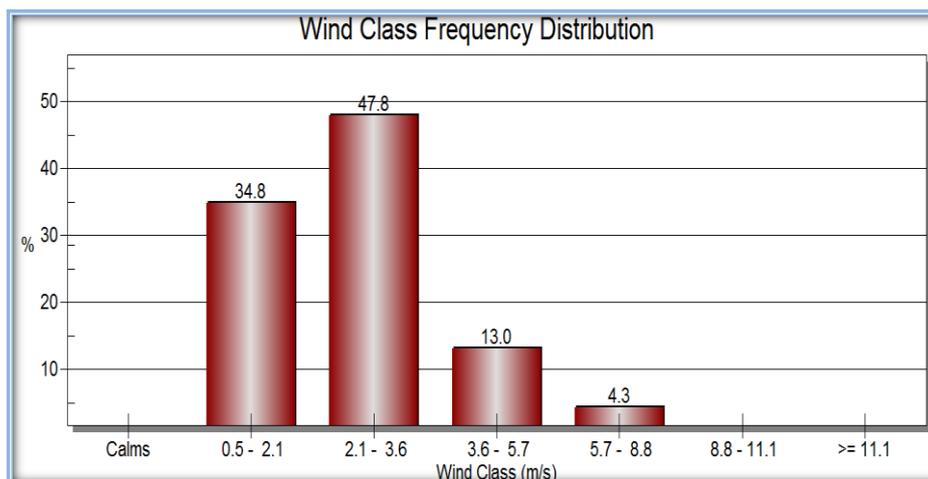
68.62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{10}$ ) y 30.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ). Por otro lado Quispe (2015) concluye que la máxima concentración de los metales como Cobre, Cadmio y Hierro fue en Laykakota. La fuente principal en este punto sería la alta Actividad Antrópica y la más destacada fue en Mueblería y ebanistería.

### Presencia de variables meteorológicas durante el monitoreo y flujo de contaminantes en la zona sur-este



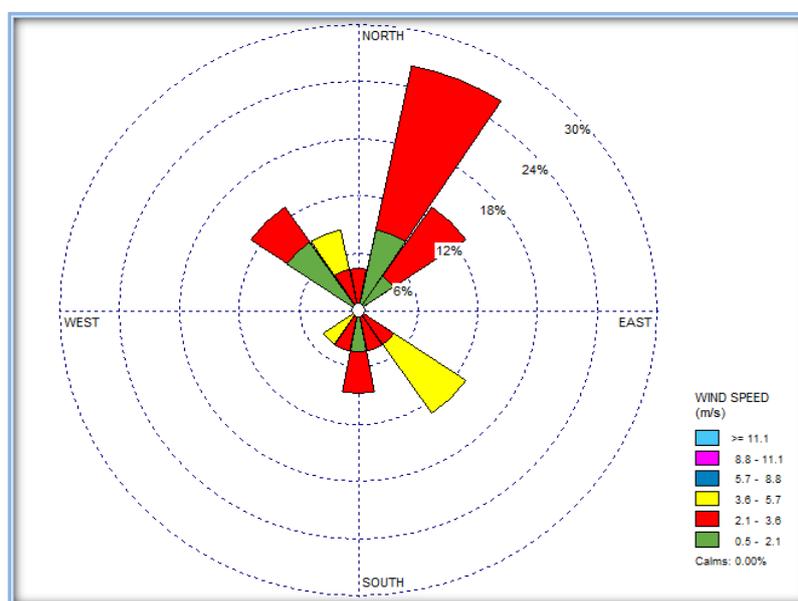
**Figura 28:** Rosa de vientos Salida Huancané

En la Figura 28, se muestra que las direcciones del viento y la pluma de contaminantes con mayor magnitud en **Salida Huancané**, son aquellas que se dirigen de noreste, noroeste, suroeste y sureste.



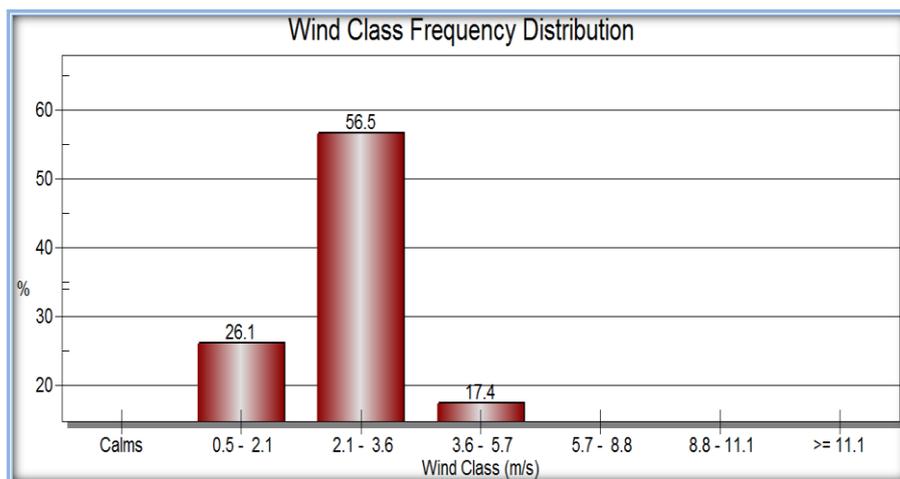
**Figura 29:** Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Huancané

En la figura 29, se indica que el 47.8 % de vientos predominan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s, el 34.8 % representa con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 13.0 % representa con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s y el 4.3% oscilan con velocidades de 5.7 – 8.8 m/s.



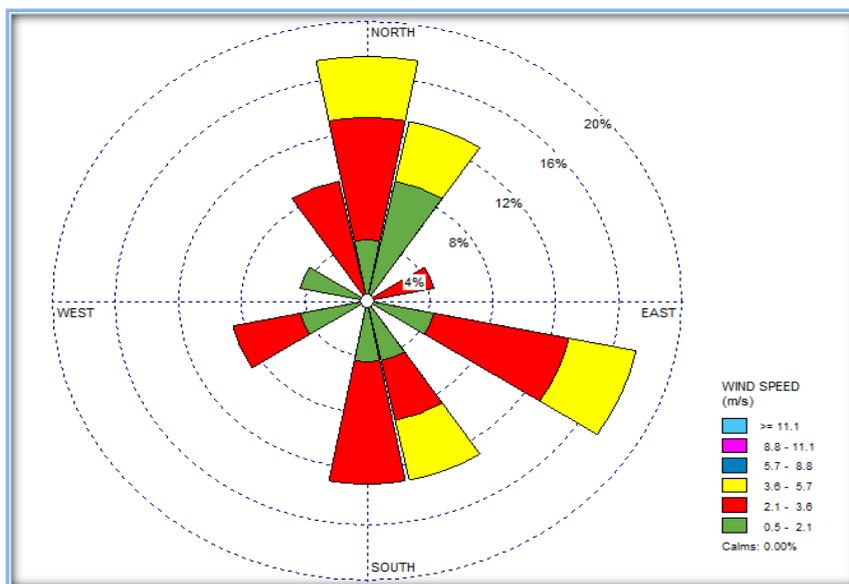
**Figura 30:** Rosa de vientos Salida Huata

En la Figura 30, se muestra las direcciones del viento y la pluma de contaminantes con mayor magnitud en Salida Huata, son aquellas que se dirigen de noreste, sureste, noroeste



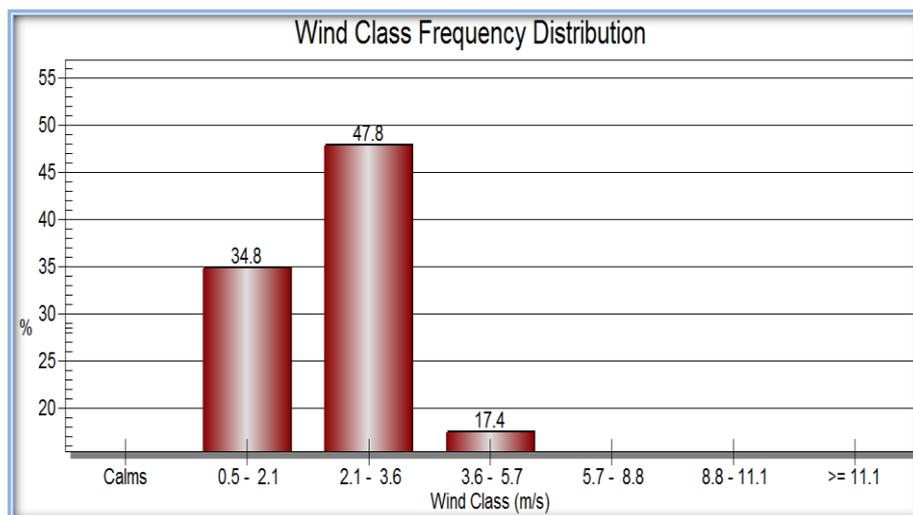
**Figura 31:** Distribución de frecuencia de clase de viento Salida Huata

En la figura 31, se aprecia que el 56.5 % de vientos predominan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s, el 26.1 % representa con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s y el 17.4 % oscilan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s.



**Figura 32:** Rosa de vientos Salida Puno

En la Figura 32, se muestra las direcciones del viento y la pluma de contaminantes con mayor magnitud en Salida Puno, son aquellas que se dirigen de norte, noreste, sureste y suroeste



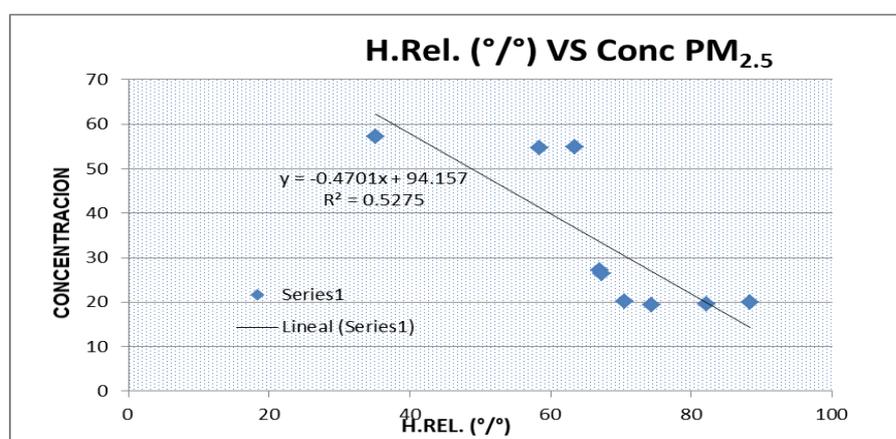
**Figura 33:** Distribución de frecuencia de clase de viento de Salida Puno

En la figura 33, se observa que el 47.8 % de vientos predominan con velocidades de 2.1 – 3.6 m/s, el 34.8 % representa con velocidades de 0.5 – 2.1 m/s, el 17.4 % oscilan con velocidades de 3.6 – 5.7 m/s.

**5.4. Describir los factores determinantes de la concentración de material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la ciudad de Juliaca**

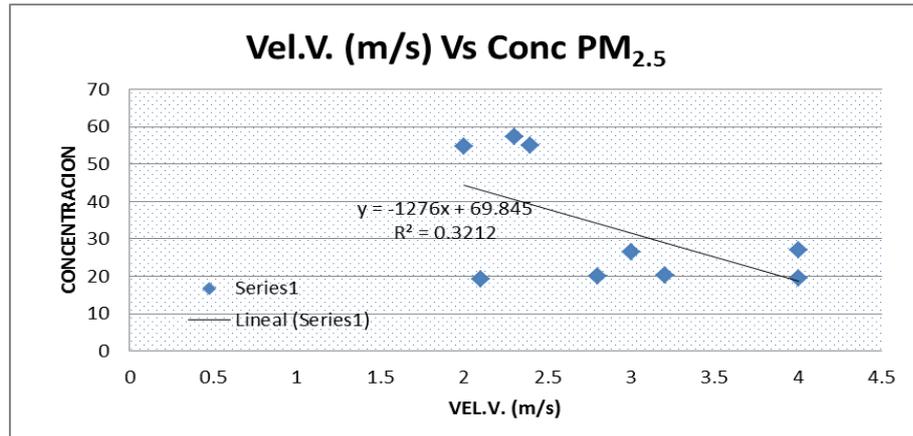
Se han establecido relaciones entre variables con el objeto de identificar los factores medio ambientales y actividades antropogenicas a traves de modelos de regresion lineal simple.

**5.4.1. Modelos De Regresion Lineal Simple**



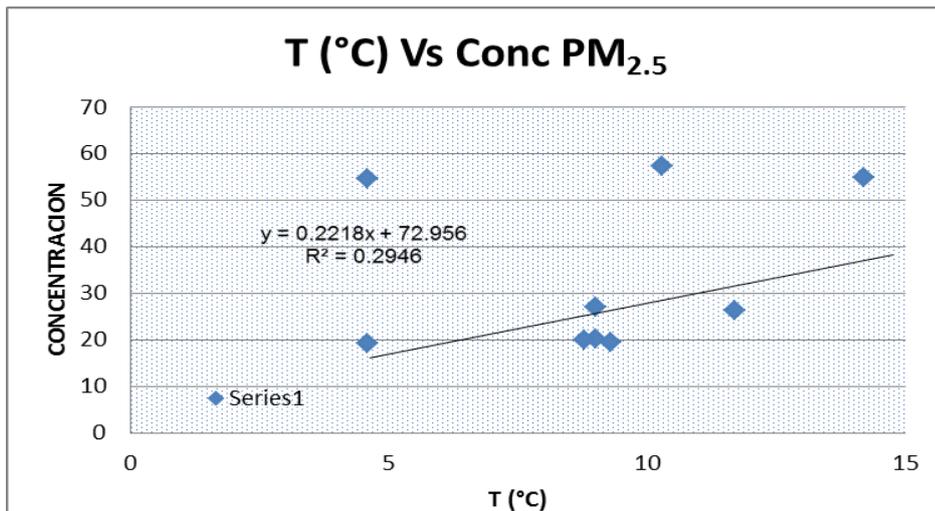
**Figura 34:** Diagrama de dispersión y recta de regresión de HR y Conc PM<sub>2.5</sub> micras

De acuerdo a la Figura 34, según a la ecuación de regresión estimada, el valor del coeficiente indica que si incrementamos en 1° la HR, la concentración PM<sub>2.5</sub> podría disminuir en -47.0°. Han evidenciado que efectivamente hacen una relación inversa.



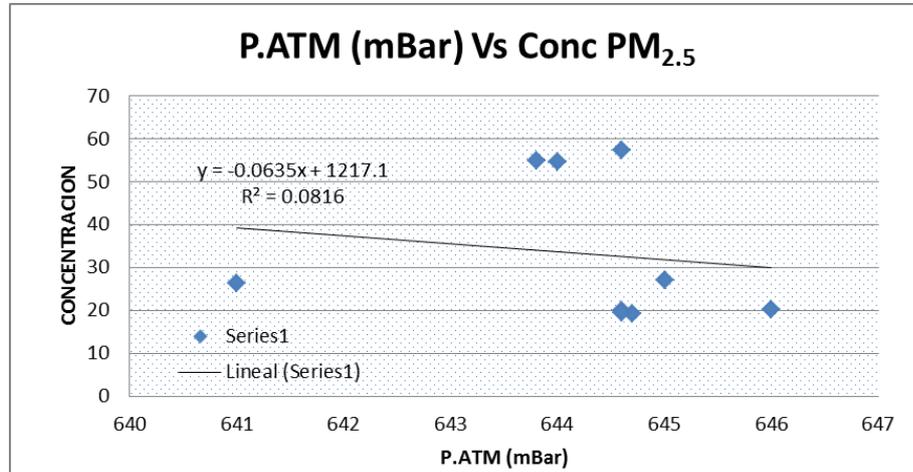
**Figura 35:** Diagrama de dispersión y recta de regresión de Vel. V. y Conc PM<sub>2.5</sub> micras

De acuerdo a la Figura 35, según a la ecuación de regresión estimada, el valor del coeficiente indica que si incrementamos en 1m/s la Velocidad del viento la concentración PM<sub>2.5</sub> podría disminuir en -12.7°. Hacen una relación inversa.



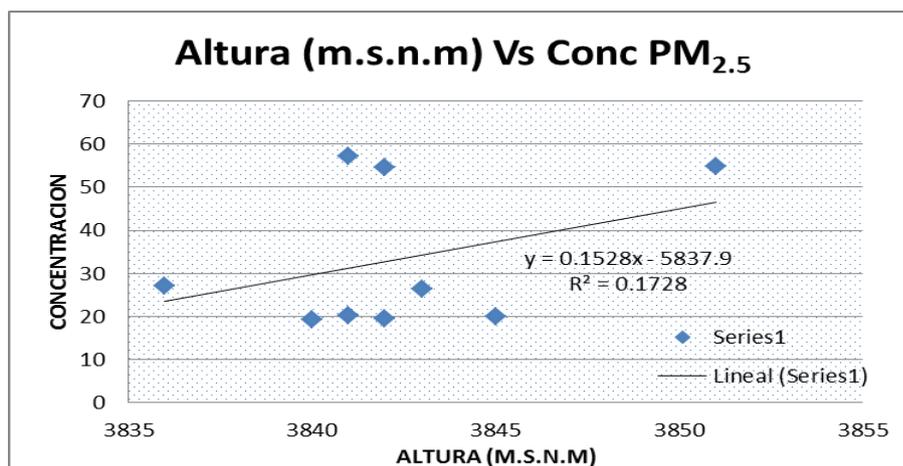
**Figura 36:** Diagrama de dispersión y recta de regresión de T (C°) y Conc PM<sub>2.5</sub> micras

De la Figura 36, según a la ecuación de regresión estimada, el valor del coeficiente indica que si incrementamos en 1 C° la Temperatura, la concentración de PM<sub>2.5</sub> aumenta en 22.2 °°. Y el R<sup>2</sup> tiene como grado de relación, asociación de 29.4 °°.



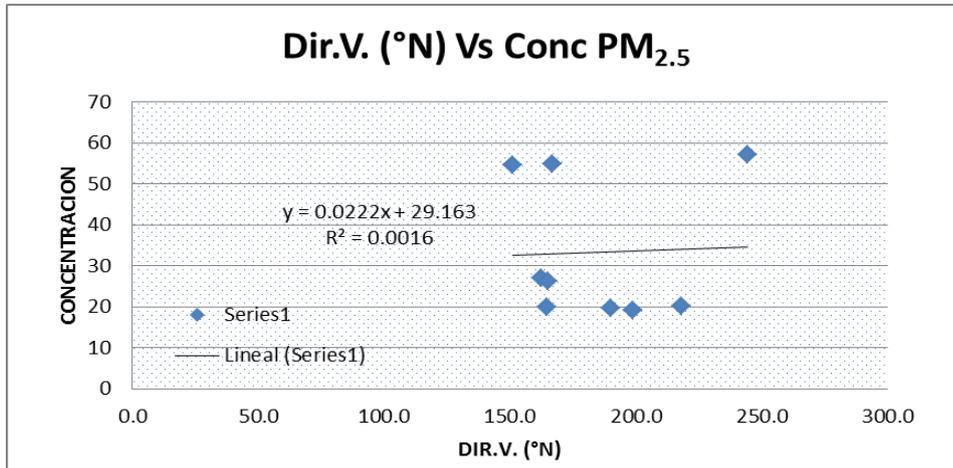
**Figura 37:** Diagrama de dispersión y recta de regresión de P.ATM y Conc PM<sub>2.5</sub> micras

De la Figura 37, según a la ecuación de regresión estimada, la presión atmosférica no influye en la concentración de partículas 2.5 micras, la cual esta variable no es tan importante en el modelo.



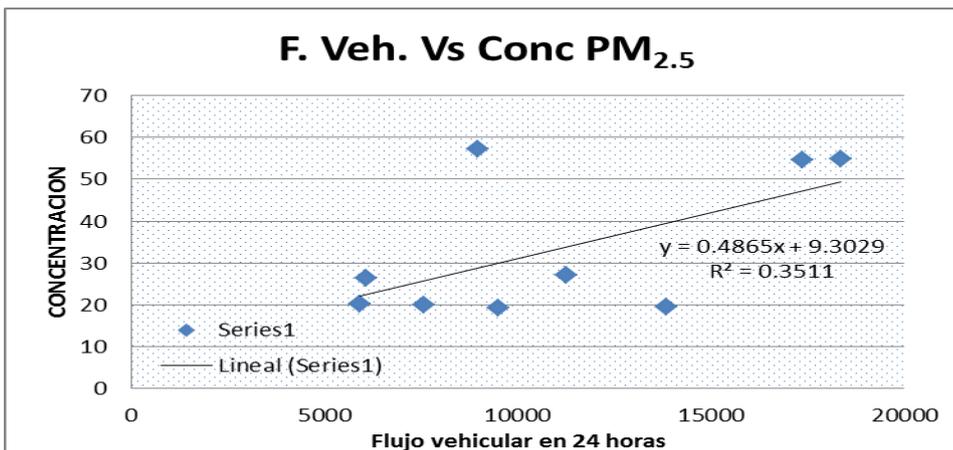
**Figura 38:** Diagrama de dispersión y recta de regresión de Altura y Conc PM<sub>2.5</sub> micras

De la Figura 38, según a la ecuación de regresión estimada, el valor del coeficiente y  $R^2$  se encuentran muy bajos, de manera que no habría una relación inversa entre las variables de altura y concentración de  $PM_{2.5}$ .



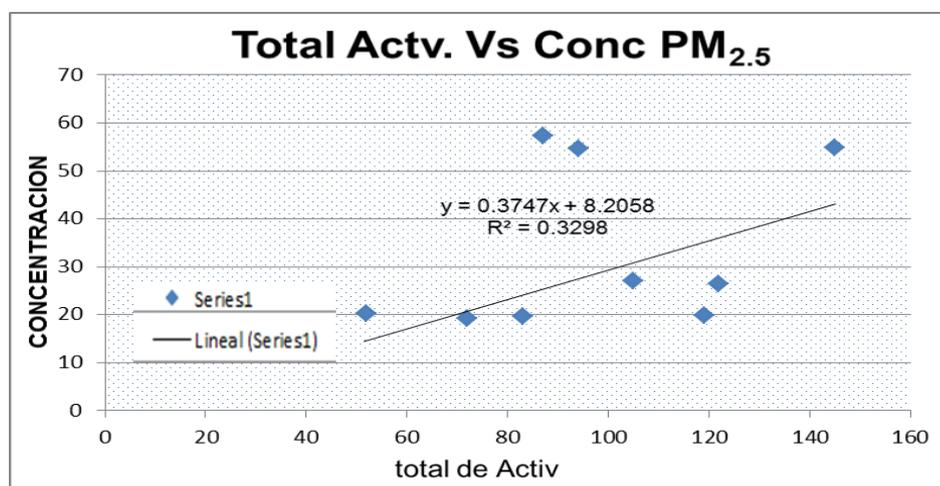
**Figura 39:** Diagrama de dispersión y recta de regresión de Dir.V. y Conc  $PM_{2.5}$  micras

De la Figura 39, según a la ecuación de regresión estimada, la dirección del viento y la variable de concentración  $PM_{2.5}$  hacen evidencia que efectivamente no hacen una relación inversa.



**Figura 40:** Diagrama de dispersión y recta de regresión de F. Veh. y Conc  $PM_{2.5}$  micras

De la Figura 40, según a la ecuación de regresión estimada, el valor del coeficiente indica que si incrementamos en 1 hora el flujo vehicular, la concentración  $PM_{2.5}$  podría aumentar en 48.6  $\%$ . Han evidenciado que efectivamente hacen una relación inversa



**Figura 41:** Diagrama de dispersión y recta de regresión de Total Actv. y Conc  $PM_{2.5}$  micras.

De la Figura 41, según a la ecuación de regresión estimada, el valor del coeficiente indica que si incrementamos en 1 la Actividades Antropogenicas, la concentración  $PM_{2.5}$  podría aumentar en 37.4  $\%$ . Han evidenciado que efectivamente hacen una relación inversa

Según Carlos y Mario (2012), en su estudio realizado de calidad de aire en la zona centro oriente de la ciudad de Manizales, Colombia, indica que las variables meteorológicas como precipitación, humedad relativa y temperatura, fueron reconocidas como factores influyentes en los cambios de concentración del  $PM_{2.5}$ , entonces los resultados se corroboran con las diferencias de concentraciones en la ciudad de Juliaca.

#### 5.4.2. Modelo de regresión lineal múltiple

En la concentración de material particulado  $PM_{2.5}$  estimados por el método logarítmico, se eligió la mejor regresión, en función a los criterios econométricos, es decir, que los coeficientes de las variables tengan los signos esperados y reflejan una relación lógica con la variable dependiente, además de que los coeficientes de las variables independientes sean significativos al 1<sup>o</sup>°, 5<sup>o</sup>° según sea el caso.

A continuación se presenta los resultados de la estimación y el análisis correspondiente a los determinantes de las ecuaciones de la concentración de material particulado menores iguales a  $PM_{2.5}$  micrómetros en la ciudad de Juliaca; tomando como data los datos meteorológicos (SENAMHI-2015) y actividades antropogénicas que han sido evaluados en cada estación de monitoreo.

#### **Modelo semilogarítmico**

$$(1) \quad \ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots \dots \dots + \beta_{12} X_{12} + \beta_{13} X_{13} + E$$

#### **Dónde**

$Y =$  Variable Explicada

$X =$  Es La Variable Predictora O Independiente

$\beta =$  Es La Pendiente De La Línea De Regresión

$E =$  Es Error Aleatorio

$\ln =$  Logaritmo

**Tabla 10: Modelo Semilogaritmico**

Variable	Concentración de Material Particulado 2.5 micras	Modelo	
		coeficiente	Desv. E standar
<b>1. Ecuación de la concentración de Material Particulado</b>			
<b>Constante</b>		-0.97.34545755	
<b>Descripción</b>			
H.R (%)	Humedad relativa	-0.47005961**	2.241855589
Vel.V. (m/s)	Velocidad del viento	-0.11641407**	6.421259661
T (°C)	Temperatura en C°	0.238165583*	2.162507013
P.ATM (mBar)	Presión atmosférica	-0.06290274**	1.653141872
Altura (m.s.n.m)	Altura	0.152976888*	7.743566755
F. Veh.	Flujo vehicular	0.47985499**	5.701126006
llanterías	llanterías	0.087534534*	6.656456454
Ladr. Industr	Ladrillera Industrial	0.19355445**	4.565355656
Restaurant	Restaurants	0.13585563**	3.465645456
Pollería	Pollerías	0.234545445*	0.345445454
Cocheras	Cocheras o garajes	0.066445554*	1.343453334
Tall. Industr	Talleres Industriales	0.28434543**	5.567644564
Constr civil	Construcciones civiles	0.123342343*	2.343434352
<b>2.- Análisis de varianza</b>			
F	9.616842905		
Sig.	0.000		
<b>3.- Estadísticos de la influencia</b>			
Coeficiente de correlación múltiple		0.94565767	
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>		0.96565255	
R <sup>2</sup> ajustado		0.75576768	
Error típico		4.67665672	

Significancia al (0.05\*, 0.01\*\*)

La tabla 10, muestra que la variable Humedad relativa (HR) guarda una relación negativa con la variable dependiente y estadísticamente significativo al 99% de confianza, es decir, si aumentamos mayor humedad (HR), la concentración de  $PM_{2.5}$  disminuye en 47.0%, mientras que la temperatura ( $T$  °C) guarda una relación positiva con la variable dependiente y estadísticamente significativo al 95% de confianza, que permite concluir que, una unidad adicional en la temperatura ( $T$ ), la concentración de  $PM_{2.5}$  aumenta en 23.6%, sin embargo el flujo vehicular (F. Veh) es positivo con un valor de 47.9% y estadísticamente significativo con un 99% de confianza, lo que significa que un vehículo en funcionamiento aumenta la probabilidad de incrementar la concentración de  $PM_{2.5}$  en 0.479%, esta correlación inversa puede ser explicada por carencias en el mantenimiento de los vehículos, a su vez la ladrillera industrial guarda una relación positiva con la variable dependiente y estadísticamente significativo al 99% de confianza, es decir, si aumentamos mayores industrias ladrilleras, la concentración de  $PM_{2.5}$ , aumenta en 19.4 %, en ese mismo sentido las pollerías guarda una relación positiva y estadísticamente significativo al 95% de confianza, es decir, si aumentamos mayores cantidades de pollerías , la concentración de  $PM_{2.5}$ , aumenta en 23.5% y por último los talleres industriales guarda una relación positiva y estadísticamente significativo al 99% de confianza, es decir, si aumentamos mayores talleres industriales , la concentración de  $PM_{2.5}$ , aumenta en 28.4%.

### **Análisis de varianza (ANOVA)**

*La Sig. 0.000 indica que si existe relación lineal significativa. Podemos afirmar que la regresión ofrece un buen ajuste a la nube de puntos*

### **Estadísticos de la influencia**

*Dos valores importantes:*

- $R^2$  = 0.96565255
- $R^2$  ajustado = 0.75576768

Por lo tanto el  $R^2$  es de 0.96 lo cual indica que hay una bondad de ajuste al modelo de regresión múltiple, como se puede observar en el calificador “r” que está en la parte inferior (Figura 42)



**Figura 42:** Calificador “r”

### 5.5. Áreas verdes Existentes en la Ciudad de Juliaca

Realizado el mapeo respectivo de las áreas verdes actuales en la Ciudad de Juliaca (Anexo 19), se encontró de que sólo existe 59.2 has equivalente (592,000  $m^2$ ) entre parques y jardines. Juliaca tiene una población de 278,444 habitantes (INEI, 2015), lo cual al relacionar las áreas verdes existentes por habitante tenemos de 2.13  $m^2$ /habitante, y comparando con las guías nacionales (INADUR, recomienda 8  $m^2$ /habitante como mínimo) e internacionales como la (OMS que recomienda un estándar de 9  $m^2$ /habitante como mínimo), podemos ver de que con la guía nacional (INADUR) tenemos un déficit de 5.87  $m^2$ /habitante y con la guía internacional (OMS) tenemos un déficit de 6.87  $m^2$ /habitante. Analizando estos resultados de las áreas verdes existentes por persona, nos falta incrementar una cantidad considerable para poder alcanzar esas recomendaciones nacionales e internacionales.

Para poder alcanzar a las recomendaciones nacionales según INADUR, debemos incrementar en 1'635.552  $m^2$  equivalente a (163.55 Has), y para poder alcanzar a los estándares de la OMS se debe incrementar con 1'913.996  $m^2$  equivalente a (191.39 Ha) de áreas verdes urbanas en la ciudad de Juliaca.

Por otro lado Quispe, R. (2015) En su estudio en la ciudad de Puno encontró apenas 23 has equivalente a (233,600 m<sup>2</sup>) de áreas verdes, una población de 138,548 habitantes (INEI, 2012), y al relacionar con la densidad poblacional se encuentra 1.686 m<sup>2</sup>/habitante, su déficit encontrado según la guía nacional (INADUR) es de 6.314 m<sup>2</sup>/habitante y con la guía internacional (OMS) es de 7.314 m<sup>2</sup>/habitante.

### **5.5.1. Medidas de Plan Gestión Ambiental del aire para la ciudad de Juliaca**

#### **5.5.1.1. Prevención y control de la contaminación del aire**

Los diferentes tipos de estrategias aplicables que abordan los problemas de contaminación atmosférica para asegurar que las concentraciones de contaminantes se reduzcan o mantengan por debajo de un nivel específico, o en general, aceptables para la protección de la salud humana; deben conducir al establecimiento de un sistema eficiente y efectivo de reducción de emisiones y de prevención, vigilancia y control de la contaminación del aire, así como los mecanismos adecuados y suficientes para la evaluación del cumplimiento de dichos niveles. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, “el aire limpio es un requerimiento básico de la salud humana y su bienestar” y “la contaminación del aire continúa representando una significativa amenaza a la salud a nivel mundial”.

### **5.5.2. Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire**

#### **5.5.2.1. Desarrollo del Inventario Local de Emisiones**

La realización de un inventario de emisiones es un componente clave de todo programa de gestión de la calidad del aire. A nivel mundial los inventarios de emisiones a la atmósfera son reconocidos como un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire. Para desarrollar estrategias de mejora de la calidad del aire, es indispensable disponer de información confiable sobre las emisiones, determinar los tipos de fuentes de emisiones, cantidades de contaminantes

emitidos, características temporales y espaciales de las fuentes, procesos y prácticas de control de emisiones que usan las fuentes o sus entes de control. En la actualidad, las tres herramientas principales de evaluación de la calidad del aire son: a) monitoreo del aire ambiente; b) modelamiento de emisiones y del aire ambiente c) inventarios y medición de emisiones.

El inventario de emisiones se usa para identificar de forma precisa los sectores de mayor contribución por tipo de contaminante, y consecuentemente las fuentes a las cuales deben aplicarse medidas de control prioritariamente, para medir la efectividad de los programas de control y predecir futuros niveles de calidad del aire a través de modelación. Los datos de emisiones también se utilizan para evaluar la relación costo-efectividad de posibles estrategias de control de la contaminación, permiten evaluar los programas de mejoramiento de calidad del aire, son de extrema utilidad para las autoridades ambientales encargadas de coordinar y aplicar las medidas de gestión de la calidad del aire, y mantienen informada a la población de las emisiones contaminantes que se generan en su área habitacional o ciudad.

Los inventarios de emisiones se emplean durante todo el proceso de planeación y gestión de la calidad del aire. Los datos del inventario deben emplearse como puntos de partida o referenciales para entender los orígenes de la calidad del aire en la zona estudiada. Un adecuado inventario de emisiones permitirá determinar sectores de la producción en donde concentrar esfuerzos de las normas de calidad del aire, especialmente durante condiciones meteorológicas adversas. Siendo, además, un factor clave al proporcionar la información para los modelos de calidad del aire, al permitir establecer variaciones horarias y temporales de las emisiones.

### **Agentes participantes**

- Ministerio del Ambiente.
- Ministerio de Salud (DIGESA).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (INADUR)
- Gobierno Regional y Local.

- Sociedad.
- Sector Productivo.
- Sector de servicios (excluido transporte).
- Universidades.
- Transporte público.
- Transporte privado.

#### **5.5.2.2. Creación del Sistema Local de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire**

Una red de monitoreo es un instrumento de la gestión de la calidad del aire equipado para medir los contaminantes, estas mediciones son indicadores representativos de la calidad de aire ambiente. Los parámetros a medir por las redes de monitoreo deben ser definidos basados en un estudio previo de las emisiones y los costos que involucraría la medición. Los parámetros comunes de análisis de una red de monitoreo son: CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, y datos meteorológicos.

Una red de monitoreo de la calidad de aire es un elemento del sistema de gestión de la calidad del aire, y deberá ser considerado en este Plan, como un instrumento cuya función principal es suministrar información analizada en forma regular y eficiente. El monitoreo de la calidad del aire y de las variables meteorológicas se fundamenta en el conocimiento de la evolución de las concentraciones de los contaminantes, las tendencias, la ocurrencia de episodios de contaminación y el comportamiento de las variables meteorológicas que inciden directamente en las condiciones de mezcla y dispersión de contaminantes. Un factor importante en la estructura final de la red serán los recursos económicos y humanos que disponga el Gobierno Local.

#### **Agentes participantes**

- Ministerio del Ambiente.
- Gobiernos Regional y Local.
- Autoridades sectoriales.

- Sociedad.
- Universidades.
- Ministerio de Salud (DIGESA).
- Sector Industrial.
- SENAMHI.

### **5.5.2.3. Elaboración de un Sistema de Información de la Gestión y la Calidad del Aire (SIGCA)**

De forma general un estudio de línea base se define como un conjunto de datos en base a los cuales se establecen indicadores para el seguimiento y la evaluación sistemática de políticas y programas. Los indicadores se ordenan, de acuerdo a su importancia relativa, obtenida del análisis de marco lógico realizado para un proyecto. Quienes diseñan y ejecutan la política, obtienen en los indicadores la información general sobre la forma cómo evolucionan los problemas así como información puntual que explica o complementa la suministrada por dichos indicadores.

Estos datos, y sus correspondientes indicadores, son de vital importancia y tienen por objeto dar una idea de la situación existente antes de que se ejecute o intervengan las políticas y programas.

Los datos del año base proporcionan un "piso" o "año cero" del sistema de indicadores del plan, desde el cual se podrá medir el cambio y probar la fiabilidad, validez y factibilidad de ciertos tipos de información sobre los cuales se puede establecer el seguimiento y la evaluación.

Los datos de línea base describen la situación al "año cero" cuantificando los niveles de los indicadores seleccionados de manera que se puedan volver a examinar más tarde para verificar los avances del plan o efectuar una evaluación. La expectativa es que los cambios en los niveles de comportamiento de los indicadores tengan una relación verosímil con los efectos de los programas del plan.

### **Agentes participantes**

- Ministerio del Ambiente.
- Gobierno Regional y Local.
- Sector productivo.
- Sociedad.
- Sector de servicios (excluido transporte).
- Universidades.
- Transporte público.
- Transporte privado.

#### **5.5.2.4. Creación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Respiratorias Generadas por Contaminación del Aire**

El objetivo principal de la gestión de calidad del aire es la protección de la salud humana. Los principales efectos de la contaminación del aire en la salud se producen en el aparato respiratorio. Consecuentemente, para evaluar las políticas de mejoramiento de la calidad de aire y de sus impactos en los indicadores de salud, es necesario contar con datos válidos de la relación entre la generación de enfermedades respiratorias y los datos de calidad del aire.

### **Agentes participantes**

- Ministerio de Salud (DIGESA).

#### **5.5.2.5. Desarrollo de Modelos Predictivos de Calidad de Aire**

Los modelos de calidad de aire utilizan técnicas matemáticas y numéricas, para lo cual se requiere conocimientos extensos en el tema y herramientas tecnológicas para simular los procesos físicos y químicos que afectan a los contaminantes del aire mientras se dispersan y reaccionan en la atmósfera. Se basa en información meteorológica, información de emisiones e inmisiones e información fotoquímica.

Estos modelos están diseñados para caracterizar contaminantes primarios y contaminantes secundarios que se forman en la atmósfera por reacciones químicas complejas. Estos modelos son importantes para los sistemas de gestión del recurso aire pues permiten a las entidades encargadas simular y diseñar estrategias efectivas para reducir contaminantes.

Pueden utilizarse para predecir las concentraciones futuras de contaminantes de fuentes múltiples después de la aplicación de una política o plan regulatorio, para estimar la efectividad del mismo, y reducir el riesgo de exposición a los seres humanos y el ambiente.

### **Agentes participantes**

- Ministerio del Ambiente.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Gobierno Regional y Local.
- Autoridades sectoriales.
- Sector productivo.
- Sociedad.
- Sector de servicios (excluido transporte).
- Universidades.
- Transporte público.
- Transporte privado.

#### **5.5.2.6. Creación del Programa Local de Reducción de Emisiones**

Un elemento fundamental para la gestión de la calidad del aire es la implementación de programas de reducción y control de emisiones en las fuentes de generación. Esto tiene como objetivo el mejoramiento de la calidad del aire y la reducción de los contaminantes del aire ambiente que causan impacto y problemas en la salud.

El conocimiento de las características de las fuentes de emisión, sus medidas de control posibles e implementadas y la medición de los resultados obtenidos en el tiempo, permiten desarrollar políticas de reducción de emisiones claras y precisas que marcarán un norte en la gestión ambiental de la calidad del aire en busca de mejores condiciones de vida que aseguren la eficiencia productiva, la equidad social y el equilibrio ecológico.

Un Plan Local de Reducción de Emisiones propende a la optimización de los mecanismos de prevención y control de emisiones existentes y focalizados, y a la generación de nuevos, o iguales, mecanismos difundidos e implantados a nivel nacional, así como a la instauración de nuevas iniciativas que permitan reducir la carga contaminante de las fuentes fijas y móviles sobre el recurso aire.

#### **Agentes participantes**

- Ministerio del Ambiente.
- Gobierno Regional y Local.
- Autoridades sectoriales.
- Sector productivo.
- Sociedad.
- Sector de servicios.
- Universidades.
- Transporte público.
- Transporte privado.

#### **5.5.2.7. Desarrollo del Sistema de Participación Ciudadana en Tema de Calidad del Aire**

La participación ciudadana, además de ser un componente fundamental para mejorar la calidad del aire de la ciudad de Puno, lo que hace aún más importante es el desarrollo de estrategias que apoyen a que la ciudadanía participe activamente.

Al ser el tema de calidad de aire relativamente nuevo para nuestra ciudad, no existe mayor información accesible para la sociedad sobre los efectos que ésta causa.

Por estos motivos se propone dentro del programa de participación ciudadana el componente de información, para que en los barrios donde exista una percepción de la problemática fuerte, se sepa las reales consecuencias y en aquellas donde la percepción sea baja o nula se sitúe la contaminación del aire como un problema.

### **Agentes participantes**

- Ministerio del Ambiente.
- Gobierno Regional y Local.
- Autoridades sectoriales.
- Ciudadanía.
- Ministerio de Educación.
- Ministerio de Cultura.
- Ministerio de Salud (DIGESA).
- Ministerio de Agricultura y Riego.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
- Organizaciones no gubernamentales.
- Medios de comunicación.

### **5.5.3. Propuesta de áreas verdes en la Ciudad de Juliaca**

#### **5.5.3.1. Situación actual**

actualmente el ornato de la ciudad de Juliaca se encuentra deteriorado debido a que las plazas y parques de la ciudad, lugar donde la población acude a distraerse, se encuentra en mal estado ya que no existe un adecuado plan de mantenimiento por parte de las autoridades y la población que hacen uso de estos servicios.

A nivel de la ciudad de Juliaca existen 252 urbanizaciones, de las cuales sólo 49 de ellas destinaron terrenos para áreas verdes, siendo el 80% que no cuentan con espacios para la construcción de parques y jardines, quedando perjudicados los mismos vecinos, quienes no tienen espacios donde recrearse. (PDJ 2004-2015)

La mayoría de áreas verdes urbanas de la ciudad de Juliaca se encuentran sucias, sin árboles, llenas de pintas, prácticamente están abandonadas a su suerte. Ya que en algunas urbanizaciones como el Aeropuerto, San Isidro, Santa María, San Julian, Villa las Palmeras y Cincuentenario Miraflores, se han lotizado y vendido casi el 80% de los terrenos, y en el centro de la ciudad, como Túpac Amaru, no hay espacios para áreas verdes”. La ciudad de Juliaca ya debe tomar conciencia con respecto a las áreas verdes ya que son de todos, todos los ciudadanos disfrutamos de ellas y de los beneficios que nos proporcionan, por ende debemos cuidarlas, protegerlas y respetarlas; la responsabilidad de mantenerlas limpias es de todos: municipio y ciudadanos, y la responsabilidad del municipio es tener una cultura ecológica que fomente la construcción de parques, jardines, plantaciones de árboles, etc. Esperamos que poco a poco se pueda tomar conciencia para realizar trabajos como elaborar:

- Plan integral para manejar las áreas verdes
- Plan Verde que incluya acciones de arborización y manejo de parques y jardines.
- Programa Adopta un Árbol.
- Programa de Ampliación de Parques

### **5.5.3.2. Objetivo**

Como objetivo se tiene el mejoramiento y ampliación de los espacios públicos y áreas verdes en la ciudad, para tener una mejor calidad de vida en la población de Juliaca.

### **5.5.3.3. Total de área intervenida**

Total de área zonificada para su intervención tanto urbana y semiurbana es de 758.136 Has.

Para lograr esa propuesta, se debe de practicar la forestación y la reforestación con especies de cubresuelos y flores en general, plantas herbáceas semileñosas y con plantas arbóreas leñosas en todo el anillo de la Circunvalación Este, Oeste, sur y algunas urbanizaciones ya mencionadas, del mismo modo las avenidas principales como (Salida Arequipa, salida Lampa, salida Cusco, salida Huancané, salida Huata y salida Puno), así mismo por el centro de la ciudad como “Tupac Amaru” deberá ser recuperado y mantenido sus plazas y parques, Esto con la finalidad de formar una barrera de contención para disminuir la contaminación del aire.

Así mismo, la propuesta incluye la reutilización de áreas potenciales en el área central como espacios públicos, tales como: la estación de ferrocarril, el cuartel de artillería y el camal municipal, por ser usos no conformes así como el rediseño de la Av. Del ferrocarril como paseo y ciclovía de interconexión entre espacios públicos y áreas verdes.

#### **5.5.3.4. Beneficios que ofrece la Arborización Urbana**

Entre los beneficios principales se encuentran:

- retienen contaminantes como dióxido de carbono y material particulado (polvo) que flotan en el aire.
- Producción de oxígeno, lo cual ayuda a minimizar el Cambio climático.
- Mejoramiento del clima mediante el control y la regulación de la temperatura ambiente y la velocidad del viento.
- Mejoramiento paisajístico, estético, cultural y simbólico.
- Libera vapor de agua que refresca el aire de la ciudad.
- En grandes masas funcionan como amortiguadoras de ruido

De igual forma, el conjunto de todos estos beneficios se verán reflejados en el mejoramiento de la calidad de vida.

#### 5.5.3.5. Beneficios Sociales:

- Aportan belleza y agrado en el ámbito urbano, rural y silvestre.
- Ayudan a generar sentido de identidad y pertenencia a un determinado barrio, comuna, ciudad o región.
- Contribuyen a mejorar la salud física y psicológica de las personas al ayudar a la formación de lugares con alto valor paisajístico.

#### 5.5.4. Especies de plantas destinadas a las áreas verdes en la ciudad de Juliaca.

##### 5.5.4.1. Pasturas:

Ichu (*Stipa ichu*),

Rye grass ingles (*Ray grass inglés*)

Rye grass italiano (*Italian ryegrass*)

##### 5.5.4.2. Plantas herbáceas y semileñosas destinados para las áreas verdes urbanas

- Agapanto (*Agapanthus africanus*).
- Campanilla (*Penstemon barbatus*).
- Boca y sapo (*Antirrhinum majus*).
- Dedal de oro (*Eschscholzia californica*).
- Girasol (*Helianthus annuus*).
- Lirio (*Iris germanica*).

- Narciso (*Narcissus spp.*)
- Pensamientos (*Viola tricolor*)
- Margarita (*Bellis perennis*)
- Claveles (*Dianthus caryophyllus*)
- Clavel chino (*Dianthus sinensis*)
- Fucsia (*Fuchsia spp.*)
- Amapola (*Papaver rhoeas*).
- Dalia (*Dahlia spp.*)
- Crisantemo (*Chrysanthemum leucanthemum*)
- Cosmos (*Cosmos bipinnatus*).
- Azulejo (*Centaurea Cygnus*).
- Rosa (*Rosa spp.*)

Las mencionadas, en el altiplano se han adaptado muchísimas plantas que son utilizadas en áreas verdes y jardines. Solo es cuestión de mantenerlas sanas, podarlas, regarlas y protegerlas para que vivan fuertes, sanas y manifiesten su belleza a través de sus flores de variables colores.

#### **5.5.4.3. Plantas arbóreas o leñosas para ser plantados en la zona urbana de la ciudad de Juliaca**

El paisaje urbano está caracterizado significativamente por el pavimento y los edificios, lo que modifica el microclima urbano: disminuye la velocidad del viento, eleva las temperaturas, baja la humedad relativa y aumenta la cantidad de contaminantes. Los árboles de la calle están sometidos a una serie de factores adversos que dificultan un normal crecimiento y desarrollo.

#### **Lista de árboles destinados para áreas verdes urbanas**

##### **a. Pinos (*Pinus spp.*)**

El género *Pinus* es ampliamente conocido en nuestro país, principalmente por las extensas plantaciones de la especie forestal *Pinus radiata*, originaria de California,

Estados Unidos e introducida al país a fines del siglo XIX. Cubre extensas superficies del territorio nacional desde la V a X Región, aportando con casi el 80% de la materia prima para la industria de la madera. Hay numerosas especies pertenecientes a este género, que se pueden diferenciar por el número de acículas por braquiblasto y las características de los conos o piñas.

**b. Ciprés (*Cupressus macrocarpa*).**

Conocido como ciprés macrocarpa. Por muchos años fue la especie predilecta para formar setos cortavistas en los balnearios de la zona central, los que requieren de poda periódica para su mantención. Se caracteriza por presentar un crecimiento piramidal, que en el estado de adultez forma una copa ancha. Las hojas escumiformes desprenden una suave fragancia. Es una especie de gran resistencia a la sequía y prefiere los suelos bien drenados y más bien arenosos. Se han desarrollado diversas variedades ornamentales a partir de esta especie.

**c. Queñua (*Polylepis spp*)**

Para muchos es imposible creer que por encima de los 4 mil 500 metros sobre el nivel del mar, en la cordillera del Vilcanota, pueda crecer y sobrevivir un árbol, pero esto no es novedad en la serranía peruana porque en las provincias de Calca y Urubamba, en el Cusco, existe uno originario: La queñua es uno de los árboles más resistentes al frío en el mundo, existen especies dentro de su familia que se desarrollan por encima de los 5 mil 200 metros sobre el nivel de mar, la evidencia concreta se encuentra en las faldas del nevado Sajama (Bolivia) donde existe un bosque inmenso catalogado como uno de los más altos del orbe. La importancia de los queñuales no solo se mide en la capacidad de crecer en lugares gélidos, sino en las funciones ecológicas que cumple: regula el clima, previene la erosión de los suelos y almacena grandes cantidades de agua que tras un proceso de filtración (por la tierra) alimentan manantiales y puquios (ojos de agua). Una queñua requiere el 5% del agua que utiliza un eucalipto para desarrollarse, por eso esta planta es muy útil para las políticas de desarrollo de cambio climático.

**d. Sauco (*Sambucus nigra*)**

Árbol de hasta 8 m de altura, originario de Europa meridional, Asia Central y norte de África (Padilla & Ansaza, 2001), es usado para la curación de la tos mediante la decocción de sus inflorescencias (Padilla & Ansaza, 2001). Los frutos sirven como laxante y contienen vitamina C (PérezArbeláez, 1990). Se suministra como estimulante y sudorífico (Martínez, 1959). Es bastante abundante en el campus universitario, parques, etc.

**f. Molle (*Schinus molle*)**

Árbol de hasta 8 m de altura; originario de los Andes de Ecuador y Perú; cultivado como ornamental en numerosas ciudades de América; las semillas son utilizadas como sustituto de la pimienta y el aceite esencial derivado de éstas es usado para el tratamiento de las vías urinarias y afecciones reumáticas (Padilla & Asanza, 2001); en México el fruto es usado para alimento de pájaros, contra las fiebres y para “ahuyentar al maligno”; es el árbol nacional de Perú.

**g. Cerezo (*Prunus serótina*) y frutales varios (manzano, pero, etc)**

Árbol de 8-10 m de altura; originario probablemente de México e introducido en Sur América en tiempos precolombinos, en la actualidad se distribuye en Estados Unidos, México, Colombia, Bolivia y Ecuador (W3-TROPICOS, 2008). Además de sus frutos comestibles esta planta tiene una corteza con propiedades astringentes y de sus semillas se extrae un tipo de aceite utilizado en cosmética.

**5.5.4.4. LA PODA**

La poda es una práctica habitual en jardinería, que consiste en eliminar partes de una planta con fines ornamentales o productivos. Es una labor especializada que requiere de personal bien entrenado, por lo mismo no se debe permitir su ejecución a trabajadores nuevos o sin preparación técnica ni estética. Las

consecuencias de una mala poda pueden significar desde la pérdida del ejemplar hasta causar una disminución del valor ornamental de un árbol o arbusto, siendo la recuperación un proceso lento, difícil y en ocasiones imposible. Es importante tener presente que si no se poda un árbol o arbusto, las consecuencias son menos graves que las que ocasionarían una poda mal efectuada. En el peor de los casos los arbustos se pueden volver más desordenados, disminuir la floración y fructificación, dificultar la cosecha y aumentar la incidencia de plagas y enfermedades. Cada árbol y arbusto ornamental tiene una manera de crecer, un porte y una estructura que es propia de su especie.

### Tipos de poda

- **Poda de formación:** con el propósito de dar una forma particular.
- **Poda de producción (flores y/o frutos):** para favorecer flores y frutos.
- **Poda de renovación:** puede ser drástica (corte de ramas desde la base) o leve para aliviar el follaje (entresacado de ramas).
- **Poda de limpieza:** consiste en eliminar rama seca, enferma y mal ubicado en cualquier época del año.

### Objetivos De La Poda

- a. **Formar.** Favorecer un cierto modo de crecimiento según el requerimiento paisajístico o productivo.
- b. **Mejorar la floración.** Muchos árboles y arbustos interesan fundamentalmente por sus flores, un caso muy conocido es el de los rosales que se benefician con podas invernales intensas.
- c. **Mejorar la producción de frutos.** Existen técnicas específicas para cada especie frutal que consisten en podas de formación los primeros 3 años, y luego podas anuales de producción. La agricultura moderna busca formar árboles de baja altura y lograr una buena exposición de todas las partes a la luz solar directa para asegurar fruta de buena calidad y facilitar la cosecha.

- d. Conservar un seto vivo tupido y que otorgue privacidad.** Es necesario efectuar cortes periódicos durante los meses de crecimiento activo; en dicho lapso se requiere podar una vez a la semana o cada 15 días.
- e. Favorecer una buena salud de las plantas,** lo que se logra:
- Eliminando ramas enfermas y secas.
  - Permitiendo un buen asoleamiento. En árboles y arbustos muy densos es necesario eliminar algunas ramas, especialmente las que se entrecruzan de tal modo que el sol llegue al interior de la planta; este tipo de poda es frecuentemente requerida por los cítricos, con lo que se logra disminuir la incidencia de enfermedades.
- f. Por seguridad.** Se busca evitar el desgancho y caída de ramas sobre casas, calles y lugares de paso, así mismo evitar daños al alumbrado público y otros cables. Es posible detectar ramas muy largas y pesadas con un ángulo de inserción muy amplio que con facilidad pueden caer.
- g. Fomentar el desarrollo de hojas nuevas.** Siempre el follaje nuevo es más brillante y vigoroso.
- h. Lograr o incentivar una forma determinada desde el punto de vista paisajístico,** ejemplos:
- Despuntar arbustos para formar y mantener plantas compactas (**Hebe spp, Myrtus spp**).
  - Entresacar ramas en los **Acer palmatum** para favorecer la creación de estratos horizontales.
  - Entresacar ramas en arbustos de ramas decumbentes, lo que aliviana el follaje sin alterar su forma natural.
  - Podas constantes y orientadas a la formación de esculturas vegetales, lo que se conoce como arte topiario.
- i. Rejuvenecer plantas a través de una poda drástica.** Especialmente indicada para arbustos que se observan mal formados, que han estado abandonados o descuidados y por lo mismo presentan mal aspecto; sin embargo hay arbustos que no responden bien y la brotación es débil, lo que se observa en lavandas y retamos muy leñosos.

- j. Controlar volumen y mantener un tamaño de planta.** Se ejecuta durante el verano y se la conoce con el nombre de poda verde, ya que se cortan las ramas con hojas.

#### **5.5.4.5. Riego en general (árboles, arbustos, flores, etc.)**

Los jardines y las áreas verdes en el hogar pueden convertirse en importantes consumidores de agua. Normalmente, estos espacios se riegan con agua potable, por lo que es necesario lograr la mayor eficiencia posible en esta actividad.

#### **Las cinco recomendaciones**

1. Las horas de menos calor (temprano, por la mañana, o en la noche) son las más adecuadas para regar las plantas; así, se perderá menos agua por evaporación.
2. Es mejor regar árboles y arbustos con menor frecuencia, pero con generosidad, que regarlos superficialmente varias veces. Así, desarrollarán mejor las raíces y se harán más resistentes a las sequías.
3. Reusa el agua del hogar para regar las plantas. Recógela en una cubeta mientras esperas que salga el agua caliente de la regadera; lava las frutas y trastes en un recipiente, y aprovecha esta agua recolectada para el jardín. Para mayor información sobre el reuso del agua en el hogar, consulta la sección de aguas grises.
4. La mejor manera de regar es echando el agua directamente a la base de las plantas.
5. Si utilizas un sistema de riego automático, asegúrate de que no se desperdicie agua en banquetas y entradas de autos o la calle. También cerciórate de que los cabezales de los aspersores estén funcionando bien y que el sistema no tenga fugas.

## CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de material particulado menores o iguales a 2.5 micrometros en la Ciudad de Juliaca tiene como promedio de  $33.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$ , donde Salida Arequipa presenta  $57.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Circunvalación Este  $54.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Plaza Bolognesi  $54.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Huancané  $27.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Huata  $26.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Lampa  $20.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Cusco con  $19.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Salida Puno  $19.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y Av. Aviación presenta con  $19.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
2. Las actividades antropogenicas en los puntos de evaluación son: Salida Arequipa con un flujo de 8,973 carros/24horas y un total de 14°° actividades identificadas, Salida Lampa con un flujo de 5,919 carros/24horas y un total de 10°° actividades identificadas, Av. Aviación con un flujo de 9,507 carros/24horas y un total de 6°° actividades identificadas, Salida Cusco con un flujo de 7,571 carros/24horas y un total de 8°° actividades identificadas, Circunvalación Este con un flujo de 18,376 y un total de 16°° actividades identificadas, Salida Huancané con un flujo de 11,259 y un total de 14°° actividades identificadas, Salida Huata con un flujo de 6070 carros/24horas y un total de 9°° actividades identificadas, Salida Puno con un flujo de 13,850 carros/24horas un total de 11°° actividades identificadas y por ultimo Plaza Bolognesi con 17,369 y un total de 12°° actividades identificadas.
3. El promedio en las diferencias de concentraciones de material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  entre los puntos de muestreo es, Zona Oeste  $19.80 \pm 0.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Zona Centro posee una diferencias de concentración de  $\text{PM}_{2.5}$  de  $55.63 \pm 1.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el promedio de diferencia en concentraciones de  $\text{PM}_{2.5}$  entre los tres puntos de muestreo de Zona Sur-este es de  $24.36 \pm 4.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$

4. Los resultados del modelo lineal muestran que las variables cuentan con el signo esperado y es relevante al 96<sup>o</sup> de significancia. El valor del R cuadrado es de 0.965, es decir, el 96.5<sup>o</sup> de la variación de la concentración de material particulado menores o iguales a PM<sub>2.5</sub> micrómetros están explicadas por las variables independientes.
  
5. Las áreas verdes como (plazas, parques, plazoletas y otros espacios públicos para el disfrute de la población), se tiene un total de 592,000m<sup>2</sup> y al relacionar con la densidad poblacional, se tiene un déficit de 5.26m<sup>2</sup>/habitante esto comparadas con el Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (INADUR), y si comparamos con la Organización Mundial de la Salud (OMS), tenemos un déficit de 6.26 m<sup>2</sup>/habitante, lo cual nos lleva una gran preocupación por el alto déficit de áreas verdes que presenta nuestra Ciudad Juliaca esto debido a la mala planificación urbana y por otro lado el Plan de Gestión Ambiental del Aire es eficiente como acción preventiva controlando y evaluando constantemente los potenciales impactos del contaminante PM<sub>2.5</sub> para no llegar a niveles críticos en corto plazo, utilizando métodos computacionales para realizar simulaciones, haciendo más efectiva este plan de gestión ambiental del aire

## RECOMENDACIONES

1. Según los resultados obtenidos se recomienda que la presente investigación de concentración de material particulado de  $PM_{2.5}$  micras sirva como línea de base para los posteriores proyectos ambientales. Así mismo se recomienda realizar estudios de caracterización química de  $PM_{2.5}$  en la ciudad de Juliaca, para determinar la procedencia de elementos que componen el material particulado y su grado de contaminación.
2. Se recomienda tomar acciones inmediatas con especies como pastos, plantas herbáceas y con plantas arbóreas o leñosas esto en todo el anillo de la Circunvalación Este, Oeste, sur y los corredores principales como (Salida Arequipa, Salida Imapa, Salida Cusco, Salida Huancané, Salida Huata y Salida Puno), así mismo por el centro de la ciudad deberá ser recuperado y mantenido sus plazas y parques, de la misma forma las periferias de la ciudad como Cerros Huaynaroque, Espinar, Monos, Tahuantinsuyo, San Sebastián y Cerrito de Pucracasi deberán de formar parte de la forestación ambiental. esto con la finalidad de formar una barrera de contención para disminuir la contaminación del aire
3. Se recomienda implementar medidas, establecer políticas y los lineamientos en cada sector de Gobierno Local y Regional en la gestión de la calidad del aire. En vista de que cinco puntos de monitoreo sobrepasó los límites máximos permisibles.
4. También se recomienda realizar el monitoreo y evaluación en diferentes épocas del año, conjuntamente con los especialistas en medio ambiente y áreas verdes, para formular ordenanzas y obras como la instalación de semáforos por parte del Gobierno Local en favor a la reducción de la contaminación ambiental del aire.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andía, W. y Andía J. 2013. Manual de Gestión Ambiental. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 3ra Edición. 382 p.
- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Campos, A., & Holguin, C. (2008). Retención de polvo atmosférico en especies arbóreas indicadoras de la planeación urbana sustentable: ciudad de Chihuahua, México. México.
- Ávila, G. 1996. Difusión des pollutansatmosphériquesdans une zone a topographiecomplexe. Validationdunmodéle a laide des mesures DAIRPARIF. Tesis de doctoral, Universidad Paris, Francia.
- Aragón, V., Giménez 2006. La gestión de la calidad del aire urbano: Los inventarios. Boletín No 9. Redaire. Medellín.
- Bedoya, J. y Martínez, E. 2009. Calidad del aire en el valle de aburra Antioquia, Colombia. Dyna, Vol. 76. Pp. 7 – 15.
- Boris, 2006 Módulo de Materiales de la Construcción. Politécnico colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín.
- Cabrera. 2010, aprueba el proyecto definitivo de la norma primaria de calidad del aire para PM2.5. República de Chile, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Carlos, N. & Mario (2012). Modelos de concentración de contaminantes del aire: Ingeniería de control de la contaminación del aire. Colombia: Mc Graw Hill.
- Chen, J., Ying, Q., & Kleeman, M. (2009). Source apportionment of visual impairment during the California regional PM10/PM2.5 air quality study. California, Estados Unidos: Atmospheric Environmet.
- Chow, J. & Watson, J. 1998. Guidelineonspeciattedparticulatemonitoring. DesertResearchInstitute, Reno. US-EPA.
- Conam (Consejo Nacional de Medio Ambiente). 2001. Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Lima, Perú.
- Contreras. 1999. Apuntes para la materia de climatología. Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Cortez - LUGO.2004. Marlene y cols. Niveles ambientales de las PM2.5 y distancia a una vía de alto tránsito en la ciudad de Juarez, Chihuahua México.

Revista Salud Pública de México. Volumen 46.

Corpocesar. 2014. Informe de Operación del Sistema Especial De Vigilancia de Calidad de Aire en la Zona Carbonífera del Departamento del César. Colombia. 88 p.

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2011. Estudio de Saturación Lima Metropolitana y Callao Año 2011. Lima, Perú.

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2005. Protocolo de Monitoreo de calidad del aire y gestión de los datos. Lima, Perú.

Dix, H. M. 1981. Environmental pollution: atmosphere, land, water, and noise. Chichester, England.

Echeverri, Carlos *ET AL.* 2004. Partículas suspendidas (PST) y partículas respirables (PM10). Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, No 32. ISSN 0120-6230. en el Valle de Aburrá, Colombia

European Environment Agency (2005). The European environment – State and Outlook 2005. Copenhagen.

Federal Register, 1987. Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter. Environmental Protection Agency. North Carolina. Volume 52, N° 52, 40 CFR Parts 50, 51, 52, 53 and 58.

Gallegos, M. 2010. Inventario de emisiones de partículas y modelado de su transporte a partir de fuentes de área de una industria minera. Tesis para obtener el grado de Maestro de Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

Gobierno Regional de Puno Gestión (2015-2018), a través de la Sub Gerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Ejecuta PIP Instalación y Recuperación de la Cobertura Forestal en el Anillo Circunlacustre del Altiplano Puno-Perú.

Garranza, N. 2001 Medio Ambiente Problemas Soluciones, Universidad Nacional del Callao. Lima, Perú. Primera Edición. 201 p.

Gómez M. Miryam *et al.* 2008 Determinación de la contribución de fuentes de material particulado PST y PM 10 en tres zonas del Valle de Aburrá. Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

González S. O. (2009). Determinación del contenido de PAHs en partículas PM2.5 en una zona de alto tráfico vehicular y otra con potencial exposición industrial de Área Metropolitana de Monterrey. v.gr. Tesis Doctoral.

Universidad Autónoma de Nuevo León.1-111.

- Gunter, D. 2003. Formaciones nubosas y otros fenómenos meteorológicos. Situaciones meteorológicas generales. Pronósticos del tiempo. Barcelona, España. Ediciones Omega.
- INEI (Instituto Nacional Estadística e Informática). 2007. Compendio Analítico. Tomo I. Puno, Perú.
- Kiely, G. 1999. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, vol. II y III. McGraw-Hill/Interamericana de España.
- Martínez S. R I (2006). Exposición a Hidrocarburos Aromáticos policíclicos en población infantil. v.gr., Tesis Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.1-90.
- Miyasako, E. 2009. Las áreas verdes en el contexto urbano de la ciudad de México. Tesis doctoral, Universidad de Alicante. México. 523 p.
- Miranda, Romero K. 2008. Tesis: Evaluación de la concentración de material particulado suspendido PM10 y su relación con la morbilidad asociados a ERA`S en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria aguda en el municipio de Tolviejo (Sucre)” Facultad de Ingeniería Ambiental. Salle, Bogotá
- Municipalidad Provincial de Cusco. 2009. Informe: Ordenamiento del Transporte Urbano en Ciudades Patrimonio de la Humanidad Ciudad Cusco. Cusco, Perú.
- Navarro, R., 1981. Química Ambiental: Contaminación del aire y del agua. Editorial Blume, Barcelona. ISBN: 84-7031259- 6. pág. 67-136.
- Nelson, N.2006. TrafficReductionStrategiesStudy, Report and variousappendices, City of Pasadena. California, Estados Unidos.
- Nieto, O., 1993. Efectos en la salud de la contaminación por material particulado. En: Curso Contaminación del Aire por Material Particulado. AINSA. Medellín.
- Nowak, D., J. Dwyer y G. Childs. 1997. Beneficios y costos de manejo de áreas verdes urbanas. Manuscrito para publicación en Anales del Seminario sobre Áreas Verdes Urbanas desarrollado en la Ciudad de México, 2-4 de diciembre, Krishnamurthy, L. y J. Rente Nascimento, eds. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2005. Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la Salud en América Latina. Caribe, Washington.

- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.(Agosto de 2008). ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Recuperado el 01 de setiembre de 2010, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) 2002. Estimaciones y proyecciones de población total, por años calendario y edades simples, 1930-2050.
- Ondarza, 1997. Raúl N. Ecología: El hombre y su ambiente. Ed. Trillas, Mexico,
- Plan Director de Juliaca (PDJ 2004 - 2015) MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN. JULIACA
- Phocco, H. 2014. Concentración de Material Particulado Menores a 10 Micrómetros en la Ciudad de Puno. Tesis Ingeniería Agronómica. UNA – Puno. Puno, Perú. 90 p.
- Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PELT), Plan Operativo Institucional 2016-puno-peru 35p
- Quispe, R. 2015. Concentración de Material Particulado Menores a 2.5 Micrómetros Para la Gestion de Areas Verdes en la Ciudad de Puno. Tesis Ingeniería Agronómica. UNA – Puno. Puno, Perú. 162 p.
- Quispe, A. 2015. Caracterización Química, Modelación de la Concentración del Material Particulado (PM10) y Plan de Gestión Ambiental del Aire para la Ciudad de Puno. Tesis Ingeniería Agronómica. UNA – Puno. Puno, Perú. 167 p.
- Roberts, E. Alley & Associates, INC. 2000. Manual de Control de la Calidad del Aire. México. Tomo I, p. 2.5.
- Reyes, S. Y Figueroa, I. M. 2010. Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales, 36(109), 89-110.
- Rojano, Néstor y Galvis, Boris., 2012. Relación entre PM2.5 y PM10. En: Revista de Ingeniería, Universidad de Los AndesBogotá. N° 22, pp 54–60.
- Rojas, Néstor. 2008. Modelos de receptor. Seminario aerosoles y contaminación atmosférica.
- Ross, Richard. 1974. La industria y la contaminación del aire Traductora: MaríaOrtiz. Editorial Diana, México.
- Saldarriaga, G., Lozano, R. y Suárez, R., 2004. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos renovables en Colombia: Calidad del Aire. IDEAM.

- Samuel, D. y Jaramillo, Souza. 2012. Calidad del aire y gasto de bolsillo en salud en Lima metropolitana una aproximación a los modelos de producción de salud. Lima, Perú. Editora y Comercializadora E.I.R.L.
- Sorensen, M., Barzetti V., Keipi, K. y Williams, J., 1998. Manejo de las Áreas Verdes Urbanas. Washington, D.C. 81 p.
- Sidney, H. 1960. Teorías de la población y su interpretación económica. México. Fondo de Cultura Económica.
- Santibáñez, F. y Uribe, J. M. (1993) Atlas Agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Universidad de Chile y Ministerio de Agricultura.
- SENAMHI, 2001. Guía Básica de Meteorología. Lima, Perú. Pág. 9 – 11.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2011. Puno, Perú.
- Watson, John. . 2004. Protocol for applying and validating the CMB model for PM2.5 and VOC. US EPA, EPA451/R-04-001

## ANEXOS

**Anexo 5:** Certificados De Calibración

**Anexo 6:** Certificados Del Laboratorio SAG PERU SAC

**Anexo 7:** Informes De Ensayo De Laboratorio SAG PERU SAC

**Anexo 8:** Equipo Muestreador De Partículas De Bajo Volumen (Hi - Vol)

**Anexo 5:** Consideraciones sobre ubicación de puntos de monitoreo en la Ciudad de Juliaca.

**Anexo 6:** Flujo Vehicular En Cada Punto De Monitoreo Por Tres Horas Día

**Anexo 7:** Flujo Vehicular Por 24 Horas En La Ciudad De Juliaca

**Anexo 8:** Diagnóstico De Las Actividades Antropogenicas En Las Estaciones Evaluadas

**Anexo 9:** Diseño Experimental (DCA)

**Anexo 10:** Regresión Lineal Múltiple

**Anexo 11:** Datos Meteorológicos

**Anexo 12:** Tabla de Abreviaturas

**Anexo 13:** Fuentes De Contaminación

**Anexo 14:** Panel Fotográfico

**Anexo 15:** Plano de Ubicación Del Estudio

**Anexo 16:** Plano de Ubicación de los Puntos de Monitoreo de  $PM_{2.5}$  En La ciudad de Juliaca

**Anexo 17:** Plano De Distribucion de Valores de Concentracion  $PM_{2.5}$

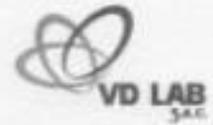
**Anexo 18:** Plano De Áreas Verdes Existentes En La Ciudad De Juliaca

**Anexo 19:** Plano De Áreas Verdes Propuestas En La Ciudad De Juliaca

# **Anexo 1:**

## **Certificados De Calibración**

❖ PM<sub>2.5</sub>



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

N° 012-2015-VD/MA

- 1. **Cliente:** SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.
- 2. **Dirección:** Av. Naciones Unidas 1565 Urb. Chacra Ríos Norte Lima
- 3. **Datos del instrumento:**
  - Equipo:** Muestreador de Partículas
  - Marca:** General Metal Works
  - Modelo:** Volumétrico
  - Serie:** P 05671
- Especificaciones del instrumento:**
  - Medición:** Material Particulado
  - Flujo:** 1.13 m<sup>3</sup>
  - Motor:** 1 HP / 220V
  - Cabezal:** PM2.5
- 4. **Lugar de calibración:** VD LAB S.A.C.
- 5. **Fecha de calibración:** 02/02/15 **Vence:** 02/02/16
- 6. **Método de Calibración:** La calibración fue realizada de acuerdo a norma EPA 40 CFR Part 50

7. **Trazabilidad:**

Descripción	Marca / Modelo	Serie / Lote	N° Certificado
Calibración Varioflow	Tish	2707	TE-5028A
Manómetro de columna	Dwyer	N/A	041013-06
Med. Temp. Y Humedad	FLUKE	24090982	LT-453-2014
Barómetro	FLUKE	24620341	LT-561-2014

- 8. **Condiciones ambientales:**
  - Temperatura: 20.5 - 23.1 °C
  - Humedad: 31.6 - 39.1 % H.R.



9. **Resultados:**

TA (°C):	22.00	Pa (inHg):	23.52	Slope:	1.04149
Ta (°F):	296.00	Pa (mmHg):	597.41	Int.:	-0.005850

Corrida N°	Orificio "H <sub>2</sub> O"	Qa m <sup>3</sup> /min	or "H <sub>2</sub> O"	Pf mmHg	Po/Pa	Look Up m <sup>3</sup> /min	% de diferencia
1	2.90	1.154	10.00	18.663	0.969	1.171	1.47
2	2.90	1.154	12.00	22.395	0.963	1.163	0.78
3	2.80	1.134	13.90	25.941	0.957	1.155	1.85
4	2.70	1.114	16.10	30.047	0.950	1.146	2.67

10 **Observaciones:**

Los resultados del presente documento son válidos únicamente para el objeto verificado.  
 El cliente define la frecuencia de verificación en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento se encuentra en buen estado y dentro de las tolerancias establecidas.  
 El método de referencia establece que los flujos deben tener un % de diferencia máxima de +/-4%.

Fecha: 02/02/15 Realizado por:

Prolongación Huáscar 200 Dpto. 202 Lote 3 Yanahuara- Arequipa  
 Cel. 958405400 / 999663045  
 ronyvarsa@hotmail.com / kcdelgbar@gmail.com

❖ PM<sub>2.5</sub>



# Certificado de Calibración

AQC-03422014

---

1 Solicitante : SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C

2 Dirección : CAL. BERLIN NRO. 216 URB. SANTA ROSA - MARIANO MELGAR- AREQUIPA

3 Datos del Equipo

.Equipo de Medición	: Muestreador de Partículas	.N° de serie del equipo	: P05172
.Marca	: GENERAL METAL WORKS	.Flujo	: 1.13 m <sup>3</sup> /min
.Modelo	: Volumétrico	.Motor	: 1 HP / 220V
.Identificación	: N.A	.Condición	: usado

4 Lugar de Calibración : Laboratorio de Flujo de Aire

5 Fecha de Calibración : 2014-09-17

6 Método de Calibración

La Calibración fue realizada de acuerdo al EPA Compendium Method 10 - 2.1.

7 Condiciones de Calibración.

Temperatura 19 - 20 °C	Humedad Relativa 78 - 75%	Presión Absoluta 1000 mbar
------------------------	---------------------------	----------------------------

8 Patrones de Referencia

Patron Usado	Código Interno	N° Lote/Certificado	F. Validación
Calibrador Varioflow Tisch / TE-5028A	GGP-08	1837	2014-10-23
Barómetro / Termómetro	GGP-02	132277812	2015-06-01

9 Resultados

Ta (°K)	: 293	Presión (in hg) :	29.50	Slope :	0.95887
Ta (°C)	: 19.77	Pa (mmHg) :	750.3	Int :	0.01100

Corrida Número	Orificio "H2O"	Qa m <sup>3</sup> /min	Muestreador "H2O"	PP mm Hg	Pa/Pa	Leak Up m <sup>3</sup> /min	% de Diferencia
1	2.95	1.130	10.13	18.905	0.975	1.107	-2.03%
2	2.92	1.125	12.16	22.694	0.970	1.101	-2.33%
3	2.93	1.126	14.09	26.296	0.965	1.095	-2.25%
4	2.82	1.125	16.29	30.402	0.959	1.081	-3.29%
5	2.90	1.123	18.10	33.780	0.965	1.081	-3.39%

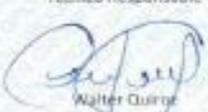
10 Observaciones

a) El método de referencia establece que se debe tener un % de diferencia menor al +/- 4%.

Los resultados emitidos son válidos solo para el motor instalado y venturi calibrado, en el momento de la Calibración.

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

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

Fecha de Emisión	Jefe de Laboratorio Calibración	Técnico Responsable
2014-09-18	 Eric Barrera	 Walter Quiroz

❖ ROTÁMETRO

VD LABORATORIO AMBIENTAL S.A.C.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

N° 002-2015-VDMA

- 1. Cliente: SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.
- 2. Dirección: Av. Naciones Unidas 1565 Urb. Chacra Rios Norte Lima
- 3. Datos del instrumento:
  - Equipo: Rotámetro Rango de Trabajo: 0 a 1000 CCPM
  - Marca: Dwyer Serie o Código Interno: No aplica
  - Modelo: T49Z Condición: Usado
- 4. Lugar de calibración: VD LAB S.A.C.
- 5. Fecha de calibración: 15/01/15 Vence: 15/01/16
- 6. Equipo de Calibración: Trazable a NIST.

Descripción	Marca / Modelo	Serie / Lote	N° Certificado
Patrón de Flujo	Bios / 520-H	133657	517899

- 7. Condiciones ambientales:
  - Temperatura: 20.5 °C
  - Humedad: 32.0 % H.R.
  - Presión: 576 mmHg

- 8. Procedimiento:
  - 1.- Armeo de tren de calibración con bomba de succión, rotámetro de prueba y patrón de flujo primario.
  - 2.- Regulación de flujo a valor deseado con 3 repeticiones en cada punto.
  - 3.- Cálculo de flujo estándar y reporte de valores.

El cálculo de flujo estándar se realiza con la siguiente fórmula:

$Q_1 =$  Flujo observado en patrón primario de flujo

$Q_2 =$  Flujo corregido a temperatura y presión estándar

$P_1 =$  Presión actual en mmHg

$P_2 =$  Presión estándar - 760mmHg

$T_1 =$  Temperatura actual en °K

$T_2 =$  Temperatura estándar (20°C) - 293.65 °K

$$Q_2 = Q_1 \times \sqrt{\frac{P_1 \times T_2}{P_2 \times T_1}}$$

Durante Pruebas:

$T_1 =$  293 a 294 °K

$P_1 =$  576 mmHg

**REPORTE DE PRUEBAS**

Rotámetro	Q1	Q2
500	527	526
	523	523
	525	524



10 Observaciones:

Todos los flujos en CCPM

Fecha de Emisión: 15/01/15

Realizado por:

ING. CP RONY VARGAS SALAS  
 Registro 163620 - AMBIENTAL

Prolongación Huáscar 200 Dpto. 202 Lote 3 Yanahuara - Arequipa  
 Cel. 958405400 / 998663045  
 ronyvarsa@hotmail.com / kodelgbar@gmail.com



**Anexo 2:**  
*Certificados Del Laboratorio SAG PERU  
SAC*



El Servicio Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI – en ejercicio de sus facultades que le confieren el Decreto Legislativo 1030 y el Decreto Legislativo 1033, mediante Cédula de Notificación N° 174.2012/SNA-INDECOPI y Contrato de Acreditación N° 012-2012/INDECOPI-SNA, renueva la **Acreditación** a:

### SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

ubicado en Av. Naciones Unidas N° 1565, Urb. Chacra Ríos Norte, Lima - Lima, como **Laboratorio de Ensayo**, al haber demostrado el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 17025:2006, para el alcance que obra en el expediente N° 0152-2011-SNA, facultándolo a emitir informes de Ensayo con Valor Oficial.

FECHA DE RENOVACIÓN : 16 de junio del 2012  
 FECHA DE VENCIMIENTO : 16 de junio del 2016

Augusto Mello Romero  
 Jefe del Servicio Nacional de Acreditación  
 INDECOPI

Registro N° LE - 047  
 FECHA DE EMISIÓN: 02 de julio de 2012  
 SNA-act-01P-02M



**Anexo 3:**  
Informes De Ensayo De Laboratorio SAG  
PERU SAC

## INFORME DE ENSAYO N° 091492-2015

RAZÓN SOCIAL	: PEDRO FELIX HUANCA ARACAYO
DOMICILIO LEGAL	: GIRON UNIÓN N° 110 HUANCANÉ - PUNO
SOLICITADO POR	: PEDRO FELIX HUANCA ARACAYO
REFERENCIA	: MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE - JULIACA
PROCEDENCIA	: JULIACA - PUNO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2015-04-15
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2015-04-07
MUESTREO POR	: SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. <sup>(1)</sup>

## I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Material particulado PM2.5 (Alto volumen)	40CFR PR.50 Cap.1 App. L: Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM2.5 in the Atmosphere (2006).	0.2	ug/m <sup>3</sup>

L.C.: Límite de cuantificación.

(1) Toma de muestra de acuerdo a plan de muestreo N° 091492 y procedimiento PL-009.

## II. RESULTADOS:

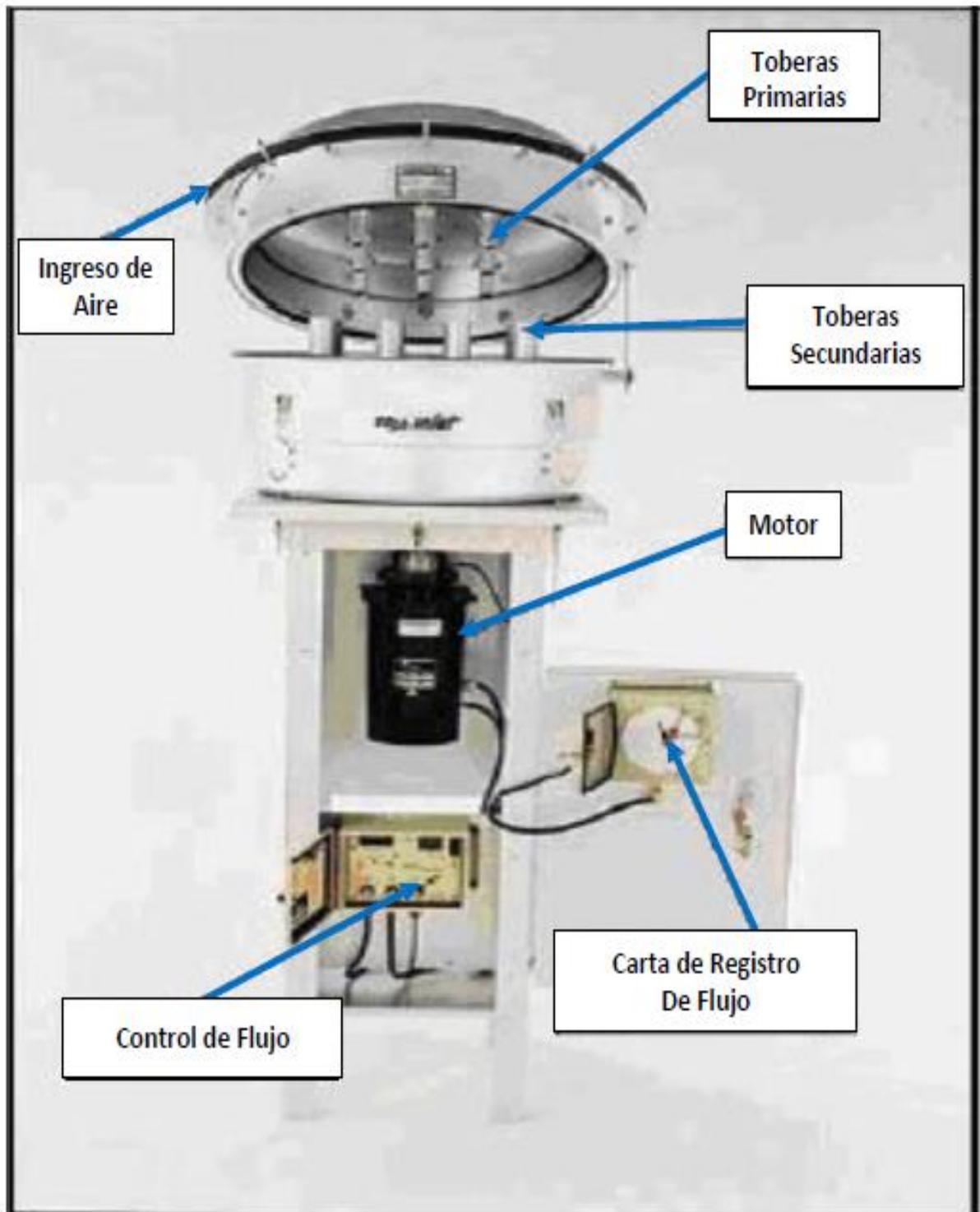
Producto declarado	Aire	Aire	Aire	Aire
Matriz analizada	Aire	Aire	Aire	Aire
Fecha de muestreo	2015-04-07/08	2015-04-07/08	2015-04-08/09	2015-04-08/09
Hora de inicio de muestreo (h)	08:00	09:00	10:00	11:00
Coordenadas UTM WGS 84	0377003E 8286267N	0380844E 8289318N	0378624E 8286390N	0375996E 8288714N
Altitud (msnm)	3841	3836	3842	3840
Condiciones de la muestra	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada
Descripción del punto de muestreo	Salida Arequipa	Salida Huancané	Plaza Bolognesi	Urb. Santa Adriana - Aeropuerto
Código del Cliente	CA-01	CA-06	CA-09	CA-03
Código del Laboratorio	1504686	1504687	1504688	1504689
Ensayos	Unidades	Resultados		
Material particulado PM2.5 (Alto volumen)	ug/m <sup>3</sup>	57.3	27.1	54.7 19.3

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Aire	Aire	Aire	Aire	
Matriz analizada	Aire	Aire	Aire	Aire	
Fecha de muestreo	2015-04-09/10	2015-04-09/10	2015-04-10/11	2015-04-10/11	
Hora de inicio de muestreo (h)	12:00	13:00	14:00	15:00	
Coordenadas UTM WGS 84	0374765E	0378312E	0377797E	0379746E	
	8288936N	8288106N	0290595N	8283571N	
Altitud (msnm)	3841	3851	3845	3842	
Condiciones de la muestra	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	
Descripción del punto de muestreo	Salida Lampa - Ladrillera	Ovalo salida Cuzco	Cerro Pocracasi - Salida Cuzco Norte	Salida Puno - Zona industrial Taparachi	
Código del Cliente	CA-02	CA-05	CA-04	CA-08	
Código del Laboratorio	1504690	1504691	1504682	1504683	
Ensayos	Unidades	Resultados			
Material particulado PM2.5 (Alto volúmen)	ug/m <sup>3</sup>	20.2	54.9	19.9	19.6
Producto declarado	Aire	Blanco			
Matriz analizada	Aire	---			
Fecha de muestreo	2015-04-11/12	---			
Hora de inicio de muestreo (h)	16:00	---			
Coordenadas UTM WGS 84	0381472E	---			
	8285059N	---			
Altitud (msnm)	3843	---			
Condiciones de la muestra	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada			
Descripción del punto de muestreo	Salida Coata	---			
Código del Cliente	CA-07	BKV(Blanco)			
Código del Laboratorio	1504684	1504685			
Ensayos	Unidades	Resultados			
Material particulado PM2.5 (Alto volúmen)	ug/m <sup>3</sup>	26.4	<0.2		

Lima, 27 de Abril del 2015

**Anexo 4:**  
*Equipo Muestreador De Partículas De Bajo  
Volumen (Hi - Vol)*



## **Anexo 5:**

### *Consideraciones sobre ubicación de puntos de monitoreo en la Ciudad de Juliaca.*

**Monitoreo de la CA-01**

**Punto de monitoreo**  
Av. Pacifico con Circunvalación  
(Salida Arequipa)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-07/08  
**Variables monitoreadas:**  
concentración de PM<sub>2.5</sub>  
**Código de estación:** CA-01  
**Altura:** 3841m.s.n.m.  
**Coordenadas UTM:**  
X: 377003 Y: 8286267  
**Altura de la toma de muestra:**  
7.95 metros sobre la vía  
adyacente del piso  
**Humedad relativa promedio:**  
35.2°  
**Presión atmosférica:**  
644.6mBar  
**Velocidad de Viento:**  
2.3m/s

**Observaciones de campo**

- Tránsito vehicular constante
- Grifo a 20 metros
- Cielo parcialmente nublado
- Talleres mecánicos alrededor como (llanterías, tornerías, soldaduras, etc.)



**Monitoreo de la CA-02****Punto de monitoreo**

Av. Lampa altura Escuela de Choferes  
San Martin (Salida Lampa)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-09/10

**Variables monitoreadas:**  
concentración de PM2.5

**Código de estación:** CA-02

**Altura:** 3841m.s.n.m.

**Coordenadas UTM:**

X: 374765 Y: 8288936

**Altura de la toma de muestra:**  
5.60 metros sobre la vía  
adyacente del piso

**Humedad relativa promedio:**  
70.5°

**Presión atmosférica:**  
646.0mBar

**Velocidad de Viento:**  
3.2m/s

**Observaciones de campo**

- Tránsito vehicular constante
- Zona ladrillera
- Día lluvioso
- Talleres mecánicas en la avenida
- Construcciones
- Llanterías



**Monitoreo de la CA-03**

**Punto de monitoreo**  
Av. Aviación con Av. Sacsayhuaman  
(Av. Aviación)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-08/09  
**Variables monitoreadas:**  
concentración de  $PM_{2.5}$   
**Código de estación:** CA-03  
**Altura:** 3840m.s.n.m.  
**Coordenadas UTM:**  
X: 375996 Y: 8288714  
**Altura de la toma de muestra:**  
6.25 metros sobre la vía  
adyacente del piso  
**Humedad relativa promedio:**  
74.4°  
**Presión atmosférica:**  
644.7mBar  
**Velocidad de Viento:**  
2.1m/s

**Observaciones de campo**

- Tránsito vehicular constante
- Presencia de aviones
- Cielo nublado con lluvias
- Presencia de pollerías, restaurant
- Construcciones



**Monitoreo de la CA-04****Punto de monitoreo**

Av. Independencia con Jr. Pucracasi  
(Salida Cusco)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-10/11

**Variables monitoreadas:**  
concentración de  $PM_{2.5}$

**Código de estación:** CA-04

**Altura:** 3845m.s.n.m.

**Coordenadas UTM:**

X: 377797 Y: 8290595

**Altura de la toma de muestra:**  
6.25 metros sobre la vía  
adyacente del piso

**Humedad relativa promedio:**  
88.3°°

**Presión atmosférica:**  
644.6mBar

**Velocidad de Viento:**  
2.8m/s

**Observaciones de campo**

- Pollerías, restaurants
- Llanterías
- Remoción de tierras (aguas pluviales)
- Tránsito vehicular constante
- Presencia de llluvias
- Talleres mecánicos



**Monitoreo de la CA-05**

**Punto de monitoreo**  
Circunvalación con Jr. tumbes  
(Circunvalación Este)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-09/10  
**Variables monitoreadas:**  
concentración de  $PM_{2.5}$   
**Código de estación:** CA-05  
**Altura:** 3851m.s.n.m.  
**Coordenadas UTM:**  
X: 378312 Y: 8288106  
**Altura de la toma de muestra:**  
9.54 metros sobre la vía  
adyacente del piso  
**Humedad relativa promedio:**  
63.5°  
**Presión atmosférica:**  
643.8mBar  
**Velocidad de Viento:**  
2.4m/s

**Observaciones de campo**

- Se encuentran pollerías, restaurants, panaderías, etc...
- Tránsito vehicular constante, tornerías
- Construcciones
- Cielo nublado
- Talleres mecánicos alrededor.



**Monitoreo de la CA-06**

**Punto de monitoreo**  
Av. Huancané con Circunvalación 2  
(Salida Huancané)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-07/08

**Variables monitoreadas:**  
concentración de  $PM_{2.5}$

**Código de estación:** CA-06

**Altura:** 3836m.s.n.m.

**Coordenadas UTM:**  
X: 380844 Y: 8289318

**Altura de la toma de muestra:**  
5.80 metros sobre la vía  
adyacente del piso

**Humedad relativa promedio:**  
67.0°°

**Presión atmosférica:**  
645mBar

**Velocidad de Viento:**  
2.0m/s

**Observaciones de campo**

- Lavado de carros
- Existencia de pollerías, restaurants, panaderías, etc...
- Tránsito vehicular constante
- Cielo nublado
- Talleres mecánicos alrededor.
- Grifo rubí a 50m



## Monitoreo de la CA-07

**Punto de monitoreo**

Av. Modesto Borda altura del Cementerio  
Chilla (Salida Huata)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-11/12

**Variables monitoreadas:**  
concentración de  $PM_{2.5}$

**Código de estación:** CA-07

**Altura:** 3843m.s.n.m.

**Coordenadas UTM:**

X: 381472 Y: 8285059

**Altura de la toma de muestra:**  
6.10 metros sobre la vía  
adyacente del piso

**Humedad relativa promedio:**  
67.3°°

**Presión atmosférica:**  
641mBar

**Velocidad de Viento:**  
3.0m/s

**Observaciones de campo**

- Alta actv. de Talleres de soldaduras
- Flujo vehicular constante
- Construcciones
- Día lluvioso
- Quema de RS.
- Mínima existencia de restaurants y pollerías



**Monitoreo de la CA-08**

**Punto de monitoreo**  
Av. 4 de Noviembre – Jr. Marañón (Salida  
Puno)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-10/11  
**Variables monitoreadas:**  
concentración de PM<sub>2.5</sub>  
**Código de estación:** CA-08  
**Altura:** 3842m.s.n.m.  
**Coordenadas UTM:**  
X: 379746 Y: 8283571  
**Altura de la toma de muestra:**  
5.90 metros sobre la vía  
adyacente del piso  
**Humedad relativa promedio:**  
82.1°°  
**Presión atmosférica:**  
644.6mBar  
**Velocidad de Viento:**  
2.9m/s

**Observaciones de campo**

- Zona industrial
- flujo vehicular constante
- Construcciones
- Talleres mecánicos
- Presencia de pollerías, restaurants y panadería
- Llanterías



## Monitoreo de la CA-09

**Punto de monitoreo**  
Plaza Bolognesi con Jr. Loreto (Plaza  
Bolognesi)



**Fecha de instalación:**  
2015-04-08/09  
**Variables monitoreadas:**  
concentración de PM<sub>2.5</sub>  
**Código de estación:** CA-09  
**Altura:** 3842m.s.n.m.  
**Coordenadas UTM:**  
X: 378624 Y: 8286390  
**Altura de la toma de muestra:**  
7.97 metros sobre la vía  
adyacente del piso  
**Humedad relativa promedio:**  
58.5°°  
**Presión atmosférica:**  
644.0mBar  
**Velocidad de Viento:**  
2.6 m/s

**Observaciones de campo**

- Cielo despejado
- Flujo vehicular constante
- Presencia de pollerías, restaurants, etc...
- Mínimas construcciones



**Anexo 6:**  
Flujo Vehicular En Cada Punto De Monitoreo  
Por Tres Horas Día

FLUJO VEHICULAR POR 1 HORA										
zona	Hora de conteo	Fecha de Conteo	Coord. . X	Coord. Y	Combis	Minibús	Taxis	Moto Taxis	Carrocería Pesada	Aviones
Salida Arequipa	6:30am	07 al 08/04/2015	377003	8286267	347	42	249	150	19	0
	12:30pm	07 al 08/04/2015	377003	8286267	502	52	360	217	14	0
	6:30pm	07 al 08/04/2015	377003	8286267	424	61	304	183	24	0
Salida Lampa	6:30am	09 al 10/04/2015	374765	8288936	212	40	187	96	10	0
	12:30pm	09 al 10/04/2015	374765	8288936	306	34	270	139	12	0
	6:30pm	09 al 10/04/2015	374765	8288936	259	28	228	118	28	0
Av. Aviación	6:30am	08 al 09/04/2015	375996	8288714	288	25	423	240	9	5
	12:30pm	08 al 09/04/2015	375996	8288714	416	35	293	347	11	5
	6:30pm	08 al 09/04/2015	375996	8288714	352	30	358	294	13	5
Salida Cusco	6:30am	10 al 11/04/2015	377797	8290595	293	32	216	122	18	0
	12:30pm	10 al 11/04/2015	377797	8290595	424	47	312	176	27	0
	6:30pm	10 al 11/04/2015	377797	8290595	358	39	264	149	22	0
Circunvalación Este	6:30am	09 al 10/04/2015	378312	8288106	536	122	595	527	57	0
	12:30pm	09 al 10/04/2015	378312	8288106	775	176	412	761	82	0
	6:30pm	09 al 10/04/2015	378312	8288106	656	149	504	644	70	0
Salida Huanané	6:30am	07 al 08/04/2015	380844	8289318	357	125	267	281	22	0
	12:30pm	07 al 08/04/2015	380844	8289318	516	86	386	405	32	0
	6:30pm	07 al 08/04/2015	380844	8289318	437	105	326	343	27	0
Salida Huata	6:30am	11 al 12/04/2015	381472	8285059	241	48	178	96	12	0
	12:30pm	11 al 12/04/2015	381472	8285059	349	59	257	103	18	0
	6:30pm	11 al 12/04/2015	381472	8285059	295	69	218	82	15	0
Salida Puno	6:30am	10 al 11/04/2015	379746	8283571	739	185	258	258	35	0
	12:30pm	10 al 11/04/2015	379746	8283571	511	267	372	372	50	0
	6:30pm	10 al 11/04/2015	379746	8283571	625	226	315	315	43	0
Plaza Bolognesi	6:30am	08 al 09/04/2015	378624	8286390	611	178	461	304	12	0
	12:30pm	08 al 09/04/2015	378624	8286390	882	258	666	440	8	0
	6:30pm	08 al 09/04/2015	378624	8286390	747	218	564	372	10	0

## **Anexo 7:**

### **Flujo Vehicular por 24 horas en la ciudad de Juliaca**

zona	Código	Fecha de conteo	Coord. X	Coord. Y	Combis	Minibuses	Taxis	Moto taxis	Carrocería pesada	Aviones	Flujo vehicular en 24 horas
Salida Arequipa	CA-01	07 al 08/04/2015	377003	8286267	3857	469	2766	1666	215	0	8973
Salida Iampa	CA-02	09 al 10/04/2015	374765	8288936	2355	309	2075	1071	109	0	5919
Av. Aviación	CA-03	08 al 09/04/2015	375996	8288714	3200	273	3250	2671	98	15	9507
Salida cusco	CA-04	10 al 11/04/2015	377797	8290595	3257	358	2402	1350	204	0	7571
Circunvalación Este	CA-05	09 al 10/04/2015	378312	8288106	5960	1350	4578	5854	634	0	18376
Salida Huancané	CA-06	07 al 08/04/2015	380844	8289318	3969	958	2968	3119	245	0	11259
Salida Huata	CA-07	11 al 12/04/2015	381472	8285059	2681	532	1980	742	135	0	6070
Salida Puno	CA-08	10 al 11/04/2015	379746	8283571	5681	2054	2864	2864	387	0	13850
Plaza Bolognesi	CA-09	08 al 09/04/2015	378624	8286390	6788	1982	5124	3381	94	0	17369
<b>PROMEDIO/VEHICULO</b>											<b>10,988</b>
											<b>15</b>

## **Anexo 8:**

### Diagnóstico de las actividades antropogénicas en las estaciones evaluadas

**DIAGNOSTICO DE LAS ACTIVIDADES ANTROPICAS EN LAS ZONAS EVALUADAS**

zona	Ladrillera industrial	Restaurants	Pollerías	Cocheras y/o Garajes	Talleres industriales	Ilanterías	Panaderías	Industrias	Ebanistería y mueblería	Tornierías	Lavadero de carros	Construcciones civiles	Total de Activ. Antropogenicas	Expresado en porcentaje
Salida Lampa	32	10	3	11	15	5	2	0	0	0	1	8	87	10
Av. Aviacion	0	11	7	14	7	2	1	0	3	0	0	7	52	6
Salida Cusco	4	15	8	15	9	6	0	0	6	2	1	6	72	8
Salida Arequipa	47	13	6	8	22	5	1	0	4	3	0	10	119	14
Circunvalacion Este	0	17	13	24	47	23	1	0	7	5	3	5	145	16
Plaza Bolognesi	0	35	26	11	0	0	3	5	23	0	0	2	105	12
Salida Huancane	3	18	15	18	32	17	1	0	5	1	6	6	122	14
Salida Huata	1	5	2	9	52	4	0	0	7	0	0	3	83	9
Salida Puno	0	17	5	14	18	7	1	23	3	0	0	6	94	11

## **Anexo 9:** Diseño Experimental (DCA)

DESCRIPTIVOS

CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Zona Sur - Este	3	24.367	4.1429	2.3919	14.075	34.658	19.6	27.1
Zona Centro	3	55.633	1.4468	.8353	52.039	59.227	54.7	57.3
Zona Oeste	3	19.800	.4583	.2646	18.662	20.938	19.3	20.2
Total	9	33.267	17.0346	5.6782	20.173	46.361	19.3	57.3

Análisis de Varianza (ANVA).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Concentración de PM2.5	2282.487	2	1141.243	175.877	.000
Error experimental	38.933	6	6.489		
Total	2321.420	8			

$$CV = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{x}} \times 100$$

C.V = 7.657

Realizado la ANVA para la DCA, respecto a la evaluación entre Zonas de concentración de material particulado menores o iguales a 2.5 micrómetros en la Ciudad de Juliaca, se encontró que la F calculada es mayor que la F tabulada (0.05 y al 0.01) por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir que si existe una diferencia estadística altamente significativa (\*\*). A sí mismo el coeficiente de variabilidad (C.V.) Hallado fue 7.65°° el mismo que se considera como muy eficiente.

**PRUEBA DE SIGNIFICANCIA TUKEY ( $Pr \leq 0.05$ ).**

**COMPARACION DE PROMEDIOS**

$$55.63 - 19.80 = 35.83 > ALS(T) = 6.38 \quad *$$

$$55.63 - 24.36 = 31.27 > ALS(T) = 6.38 \quad *$$

$$24.36 - 19.80 = 4.56 < ALS(T) = 6.38 \quad N.S.$$

**RESUMEN.**

T <sub>3</sub> 55.63	a	
T <sub>2</sub> 24.36		b
T <sub>1</sub> 19.80		b

T<sub>1</sub> = Zona Oeste T<sub>2</sub> = Zona Sur-Este T<sub>3</sub> = Zona Centro

Realizada la prueba de significancia de TUKEY a una probabilidad de ( $Pr \leq 0.05$ ) se encontró que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub> , T<sub>3</sub> y T<sub>1</sub> con respecto a T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> no se encontró una diferencia significativa. Por lo tanto se asume que la T<sub>3</sub> (Zona Centro) es la más contaminada por material particulado (PM<sub>2.5</sub>) con un promedio de 55.63 µg/m<sup>3</sup> que lamentablemente supera los estándares nacionales e internacionales de calidad del aire, por lo que habrá que tomar las medidas adecuadas para poder minimizar esa contaminación ambiental del aire, seguido por T<sub>2</sub> (Zona Sur-Este) con 24.36 µg/m<sup>3</sup>, por último la concentración más baja fue la T<sub>1</sub> (Zona Oeste) con un promedio de 19.80 µg/m<sup>3</sup>.

## **Anexo 10:**

### **Regresión Lineal Múltiple**

ESTADÍSTICAS DE REGRESIÓN

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.94565767
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.96565255
R <sup>2</sup> ajustado	0.75576768
Error típico	4.67665672
Observaciones	9

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Regresión	7	2287.440326	326.7771894	9.616842905	0.000
Residuos	1	33.97967427	33.97967427		
Total	8	2321.42			

DESCRIPCIÓN	Coefficientes	Div. estándar	Estadístico t
Intercepción	0.9734545755	23.68386	-0.020463441
H.R. (°/°)	-0.47005961**	2.241855	-0.521342556
Vel.V. (m/s)	-0.11641407**	6.421259	-0.276347539
T (°C)	0.238165883*	2.162507	0.017648882
P.ATM (mBar)	-0.06290274**	1.653141	-0.038050416
Altura (m.s.n.m)	0.152776888*	7.743566	0.205736364
F. Veh.	0.47985499**	5.701126	4.155468545
Manterías	0.087534534*	6.656456	0.456565456
Ladr. Industr	0.19355445**	4.565355	3.456445456
Restaurant	0.13585563**	3.465645	0.456445455
Pollería	0.234545445*	0.345445	0.676445435
Cocheras	0.066445554*	1.343453	3.565645645
Tall. Industr Constr civil	0.28434543**	5.567644	2.445435455
	0.123342343*	2.343434	0.455676867

Significancia al (0.05 \*, 0.01\*\*) )

## **Anexo 11:**

### **Datos Meteorológicos**

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - DIRECCION REGIONAL PUNO**

**ESTACION** EMA JULIACA  
**LATITUD** 15° 26' 8.90"  
**LONGITUD** 70° 12' 28.30"  
**ALTURA** 3826 msnm

DATA	H. REL. MIN. % 24H	H. REL. MAX. % 24H	VEL. V. RACHA (m/s) 24H	DIR. V. RACHA (°N) 24H	PRECIP. ACUM. (mm) 24H	T. MAX. (°C) 24H	T. MIN. (°C) 24H	P. ATM. (hPa) 24H	P. ATM. (hPa) 24H
01/04/2015	33	92	10.3	162	0	17.6	4.4	647.3	643.1
02/04/2015	36	96	9.7	75	24	18.1	4.6	648.2	643.8
03/04/2015	37	97	10.7	109	22	17.1	2.1	648.8	643.9
04/04/2015	35	97	11.5	100	0	18.5	1.3	647.4	642.4
05/04/2015	28	97	6.2	313	0	18.3	2.3	645.7	641.8
06/04/2015	30	96	12.5	336	0	17.9	1.5	646.5	642.7
07/04/2015	50	96	7.8	312	0	14	2.6	647.5	645
08/04/2015	38	95	8.4	303	1	17.1	6	646.9	642.4
09/04/2015	71	95	7.3	78	31	10.5	3.9	647.3	643.8
10/04/2015	40	92	13.7	99	0	14.2	5.2	647.8	644.6
11/04/2015	46	96	8.5	172	3	15	3.7	648.1	644.6
12/04/2015	66	95	9.3	75	3	11.7	4.9	648.8	645.3
13/04/2015	51	96	10	36	1	13.5	5.6	648.3	644.9
14/04/2015	45	94	12.7	9	2	15.5	5.4	649	645.3
15/04/2015	41	96	8.2	333	1	16.4	4.4	649	644.4
16/04/2015	46	95	7.8	333	10	15.1	3.9	648	644.5
17/04/2015	36	89	12.4	329	0	16	2.7	648.2	643.5
18/04/2015	28	97	5.7	319	0	15.6	2.5	647.1	643.2
19/04/2015	34	94	10	97	0	17.8	5	646.7	642.5
20/04/2015	34	95	11.2	107	1	17.5	4.2	646.6	642.4
21/04/2015	38	95	9.7	134	16	17.4	4.5	647.6	642.8
22/04/2015	44	96	11.3	55	0	15.1	3	647.8	644.1
23/04/2015	35	96	6.5	176	0	16.2	5.1	647.9	644.1
24/04/2015	48	94	7.5	316	3	15	5.4	649	644.6
25/04/2015	39	96	7.3	335	15	16.7	3.4	649.6	645
26/04/2015	37	96	9.3	318	15	16.5	4.3	649.6	644.9
27/04/2015	54	94	7.2	311	0	15	4.6	648.9	644.7
28/04/2015	31	94	10.5	316	0	17.3	5	648.2	643.6
29/04/2015	45	96	5.4	318	1	15.3	3.5	647.3	643.9
30/04/2015	41	98	9.2	16	0	16.4	1.6	647.4	644.1

**Fuente:** SENAMHI - Oficina de Estadística Puno, 2015

DATA	H. REL. MIN. % 24H	H. REL. MAX. % 24H	VEL. V. RACHA (m/s) 24H	DIR. V. RACHA (°N) 24H	PRECIP. ACUM. (mm) 24H	T. MAX. (°C) 24H	T. MIN. (°C) 24H	P. ATM. (hPa) 24H	P. ATM. (hPa) 24H
01/03/2015 07:00	42	96	8.9	301	9	17.3	5.2	647.1	642.9
02/03/2015 07:00	41	96	9.6	314	5	17.1	4.4	647.3	642.9
03/03/2015 08:00	46	93	7.3	340	0	17.3	5.8	646.7	641.9
04/03/2015 07:00	26	95	8.2	267	15	18	5.4	646	641.5
05/03/2015 07:00	50	94	8.5	317	8	16.1	5.1	646.4	642
06/03/2015 07:00	47	95	9.7	324	1	16.3	5.8	646	642.6
07/03/2015 07:00	53	97	6.8	300	16	14.9	5.4	646.7	642.9
08/03/2015 07:00	54	94	8.7	309	0	16.4	6.2	647.5	642.9
09/03/2015 07:00	46	96	7.5	306	0	17	6.3	646.7	642.9
10/03/2015 07:00	43	97	7.4	315	0	17.7	4.1	647.2	643.2
11/03/2015 07:00	35	96	6.6	308	0	17.9	5.6	647.9	643.9
12/03/2015 07:00	38	96	7.6	315	0	17.8	2.9	648.2	644.3
13/03/2015 07:00	36	96	12.8	353	1	18.5	3.9	647.8	642.6
14/03/2015 07:00	28	95	9.6	326	0	19.8	3.2	646.2	641.5
15/03/2015 07:00	45	98	8.4	352	2	15.6	0.5	647.4	642.8
16/03/2015 07:00	37	98	7.3	300	0	16.6	3.8	647.2	643.5
17/03/2015 07:00	33	92	8.7	336	0	18.3	3.2	647.7	643.4
18/03/2015 07:00	32	96	8.9	294	7	18.4	6.1	647.8	642.8
19/03/2015 07:00	34	97	9	301	0	16.6	4.1	647.4	643
20/03/2015 07:00	42	96	8.2	335	2	16.7	5.8	647.4	643.7
21/03/2015 07:00	51	95	7.9	206	4	14.8	5.7	648.3	643.9
22/03/2015 07:00	42	92	10.3	295	0	16	5.6	647.7	644.1
23/03/2015 07:00	32	93	7.5	334	0	16.8	2.8	647.6	643.5
24/03/2015 07:00	33	98	12.1	354	0	17.7	1.1	647.5	643.8
25/03/2015 07:00	29	96	10.6	100	1	18.8	4.7	647.6	643.3
26/03/2015 07:00	40	95	9	283	11	15.8	4.7	647.1	643.1
27/03/2015 07:00	51	95	10.4	359	1	14.2	3.5	646.9	643
28/03/2015 07:00	30	95	10.7	95	0	17.9	1.8	648.1	642.9
29/03/2015 07:00	17	97	6.5	83	0	18.4	-0.9	648.6	644.6
30/03/2015 07:00	33	93	11.6	113	0	18.9	2.3	648.4	644
31/03/2015 07:00	24	94	8.9	154	0	18.7	0.6	647.4	643.7

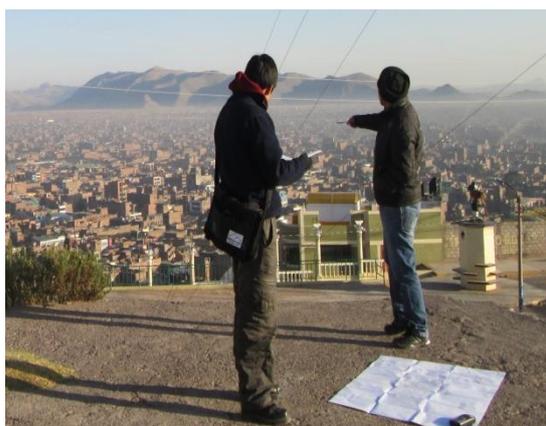
## **Anexo 13:**

### Fuentes De Contaminación

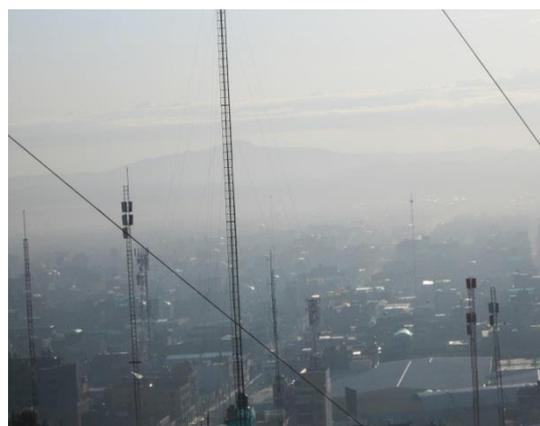
PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE	
FUENTE	CONTAMINANTE
Vehículos (tráfico intenso)	Dióxido de nitrógeno Monóxido de carbono Dióxido de azufre PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>
Domicilios / consumo de leña	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub> Monóxido de carbono
Industrias y domésticas / consumo de carbón	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub> Dióxido de azufre
Industrias / consumo de combustible residual	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub> Dióxido de azufre
Pesqueras	Sulfuro de hidrógeno; PM
Fundición	Dióxido de azufre
Cemento	PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>
Generación eléctrica / consumo de carbón, residual y DIESEL	Dióxido de azufre PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>
Generación eléctrica / consumo de gas	Dióxido de nitrógeno

**Fuente:** DIGESA, 2005.

## **Anexo 14:** Panel Fotográfico



*Figura 44: Localización de focos de contaminación*



*Figura 43: Observación del Smog fotoquímico*



*Figura 47: Instalación de equipo Hi-Vol*



*Figura 45: Instalación de filtro a porta filtro*



*Figura 48: Instalación de filtro a equipo*



*Figura 46: Ajuste de llaves de porta filtro*

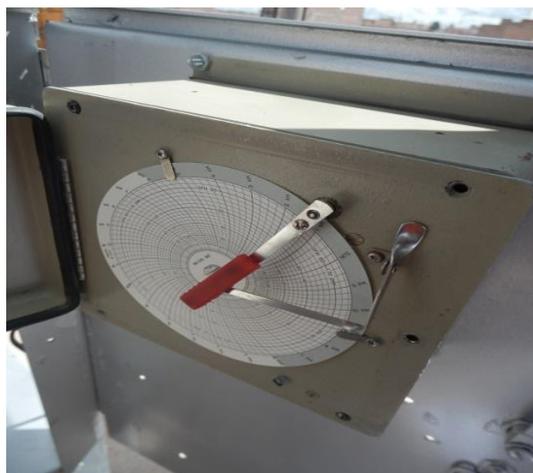


Figura 50: Instalación de carta de Registro de flujo



Figura 49: Venture o motor de Equipo



Figura 53: Medicion de presion atmosférica



Figura 51; Medicion de parâmetros meteorológicos



Figura 54: . Toma de coordenadas



Figura 52: Recoleccion final del filtro



*Figura 56: Guardado de la muestra*



*Figura 55: Lacrado de la muestra*

**ACTIVIDADES ANTROPICAS**



*Figura 58: Elevada presencia del tráfico vehicular*



*Figura 57: Conteo flujo vehicular*



*Figura 60: La Industria ladrillera*



*Figura 59: Quema de residuos sólidos*



Figura 62: Presencia de construcciones civiles



Figura 61: Talleres de soldadura



Figura 64: . Presencia de llanterías



Figura 63: Presencia de garajes



Figura 65: Presencia de pollerías  
Restaurants



Figura 66: Parques y jardines descubiertos y susceptibles a la erosión eólica

## **Anexo 15:**

### **Plano De Ubicación Del Estudio**

01:  
UBICACION

## **Anexo 16:**

Plano De Ubicación De Los Puntos De  
Monitoreo De Pm2.5 En La Ciudad De  
Juliaca

## 02: UBICACION DE PUNTOS DE MONITOREO

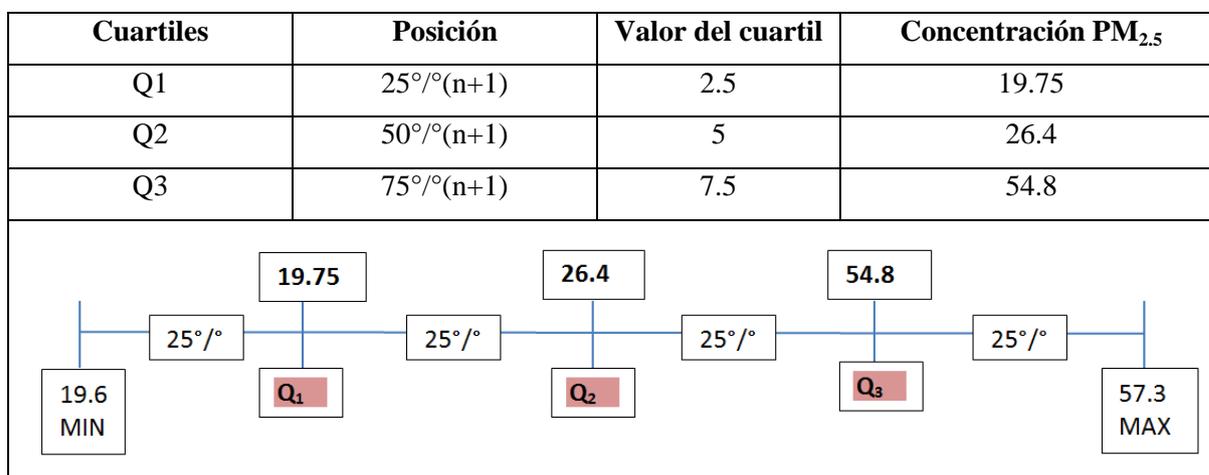
**Anexo 17:**  
Plano De Distribucion de Valores de  
Concentracion  $PM_{2.5}$

# VALORES DE DISTRIBUCION DE CONCENTRACION PM 2.5

1.- Datos de forma ascendente en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

19.3, 19.6, 19.9, 20.2, 26.4, 27.1, 54.7, 54.9, 57.3

2.- conjunto ordenado en 4 partes iguales.



**Interpretación:**

- El  $25^{\circ}/^{\circ}$  de los valores de muestreo tiene una concentración de material particulado menores o iguales a 2.5 que esta entre el 19.6 a  $19.75^{\circ}/^{\circ}$
- El otro  $25^{\circ}/^{\circ}$  de los valores de muestreo tiene una concentración de material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  que esta entre 19.75 a  $26.4^{\circ}/^{\circ}$
- A su vez el  $25^{\circ}/^{\circ}$  de los valores de muestreo tiene una concentración de material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  que esta entre 26.4 a  $54.8^{\circ}/^{\circ}$
- Y lo mismo para el último cuarto es decir que el  $25^{\circ}/^{\circ}$  de los valores de muestreo tiene una concentración de material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  que esta entre 54.8 a  $57.3^{\circ}/^{\circ}$

**Anexo 18:**  
**Plano De Áreas Verdes Existentes En La  
Ciudad De Juliaca**

## 03: AREAS VERDES EXISTENTES

## **Anexo 19:**

# Plano De Áreas Verdes Propuestas En La Ciudad De Juliaca

## 05: PROPUESTA DE AREAS VERDES EN LA CIUDAD DE JULIACA