



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Composición de los aerosoles atmosféricos y su relación con las fuentes contaminantes en las Estaciones de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra - 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

AUTORA

Gina Mishel Ilizarbe Gonzales

ASESOR

Msc. Wilber Samuel Quijano Pacheco

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

Año 2017 - II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) Ilizarbe Gonzales Giña Mishel, cuyo título es:

**"COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS Y SU RELACIÓN CON LAS FUENTES CONTAMINANTES EN LAS ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE DE SAN JUAN DE LURIGANCHO Y PUENTE PIEDRA - 2017"**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 18 (número) Dieciocho (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho 09 de diciembre del 2017.



.....  
Dr. Milton Cesar Túllume  
Chavesta  
PRESIDENTE



.....  
Mg. Fernando Antonio Sernaque  
Auccahuasi  
SECRETARIO



.....  
Mg. Wilber Samuel Quijano Pacheco  
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## DEDICATORIA

*A mi madre con mucho amor dedico todo mi esfuerzo y perseverancia puesto en la realización del presente trabajo de investigación. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y por ayudarme a corregir mis errores en el día a día y me enseña a dar todo y lo mejor de mí. Por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que todo por ser madre y padre para mí y estar luchando conmigo.*

*Liz Gina Gonzales Chamorro*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por haberme permitido avanzar hasta este punto en mi desarrollo académico y por darme una vida de plenitud, salud, paciencia, sabiduría, tolerancia y sobre todo por guiarme en el camino que escogí para lograr mis objetivos y metas.*

*A la Universidad César Vallejo-Lima Este, por ser parte de mi desarrollo profesional, a mis asesores académicos; el Ing. Wilber Quijano, Ing. Antonio Delgado, Ing. Luis Gamarra, Ing. Máximo Zevallos y el Ing. Milton Túllume, por haberme brindado su tiempo y validar mis instrumentos de investigación, con la paciencia y ayudarme a corregir los errores que pudieron existir y presentar un buen trabajo de investigación..*

*A los que fueron parte de mi asesoramiento para el desarrollo del presente trabajo de investigación, a la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales a cargo del director José Silva Cotrina del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, por darme la oportunidad de ser parte de la etapa de monitoreo de su estudio “Caracterización de la composición química de los aerosoles atmosféricos en Lima Metropolitana” con la finalidad de que pueda elaborar y desarrollar mi proyecto de investigación. Al Ingeniero Jhojan Rojas Q. por brindarme su tiempo y sus conocimientos para asesorarme en el desarrollo del presente trabajo de investigación.*

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Gina Mishel Ilizarbe Gonzales con DNI N° 70307547, a afecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de diciembre del 2017



**Gina Mishel Ilizarbe Gonzales**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros de Jurado:

Presento ante ustedes la tesis titulada “Composición de los aerosoles atmosféricos y su relación con las fuentes contaminantes en las Estaciones de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Gina Mishel Ilizarbe Gonzales

## ÍNDICE

RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	17
I. INTRODUCCIÓN .....	18
1.1 Realidad Problemática .....	19
1.2 Trabajos Previos .....	21
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA .....	26
1.3.1 Marco Teórico.....	26
1.3.2 Marco Conceptual.....	32
1.3.2.1 La contaminación del aire .....	32
1.3.2.2 Aerosoles atmosféricos .....	33
1.3.2.3 Contaminantes .....	33
1.3.2.4 Clasificación de contaminantes .....	33
1.3.2.5 Fuentes emisoras de contaminantes en el aire .....	33
1.3.2.6 Tipos de Fuentes Industriales .....	35
1.3.2.7 Principales contaminantes del aire .....	36
1.3.2.8 Contaminantes a medir .....	37
1.3.2.9 Equipo Muestreador de Material Particulado.....	40
1.3.2.10 Software PMF Model EPA.....	41
1.3.2.11 Análisis Químico ICP-MS .....	41
1.3.3 Marco Legal .....	42
1.3.3.1 Ley General del Ambiente – Ley N°28611 .....	42
1.3.3.2 Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM .....	42
1.3.3.3 Decreto Supremo N° 009-2003-SA009.....	45
1.4 Formulación del problema:.....	47
1.4.1 Problema General.....	47
1.4.2 Problemas Específicos .....	47
1.5 Justificación del estudio .....	47
1.6 Hipótesis .....	49
1.6.1 Hipótesis General .....	49
1.6.2 Hipótesis Específicos.....	49
1.7 Objetivos.....	50

1.7.1	Objetivo General .....	50
1.7.2	Objetivos Específicos.....	50
II.	MÉTODO .....	51
2.1	Diseño de Investigación .....	51
2.2	Variables y Operacionalización .....	51
2.2.1	Variable Independiente .....	51
2.2.2	Variables Dependiente.....	51
2.2.3	Operacionalización de Variables.....	52
2.3	Población y Muestra.....	53
2.3.1	Población.....	53
2.3.2	Muestra.....	53
2.3.3	Diseño muestral.....	53
2.4	Procedimiento, técnicas, instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad, metodología.....	54
2.4.1	Descripción del procedimiento .....	54
2.4.2	Técnica de recolección de datos.....	56
2.4.3	Instrumento recolección de datos .....	56
2.4.4	Validez y confiabilidad .....	58
2.5	Metodología de análisis de datos .....	59
2.6	Ética Ambiental .....	65
III.	RESULTADOS.....	66
3.1	VARIABLE X - Aerosoles Atmosféricos.....	66
3.1.1	Composición Física del Material Particulado.....	66
3.1.1.1	Peso del PM <sub>10</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho.....	66
3.1.1.2	Peso del PM <sub>10</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de Puente Piedra .....	67
3.1.1.3	Peso del PM <sub>2.5</sub> filtrados en la Estación de Calidad del San Juan de Lurigancho .....	68
3.1.1.4	Peso del PM-2.5 filtrados en la Estación de Calidad del Aire de Puente Piedra .....	68
3.1.2	Composición Química del Material Particulado.....	69
3.1.2.1	Concentración de PM <sub>10</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho.....	69
3.1.2.2	Concentración de PM <sub>10</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de Puente Piedra .....	69
3.1.2.3	Concentración de PM <sub>2.5</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho.....	70



3.1.2.4	Concentración de PM <sub>2.5</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de Puente Piedra .....	70
3.1.2.5	Concentración de metales pesados filtrados en PM <sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho .....	71
3.1.2.6	Concentración de metales pesados filtrados en PM <sub>10</sub> en Puente Piedra .....	71
3.1.2.7	Concentración de metales pesados filtrados en PM <sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho .....	72
3.1.2.8	Concentración de metales pesados filtrados en PM <sub>2.5</sub> en Puente Piedra .....	72
3.1.2.9	Concentración promedio de metales livianos filtrados en PM <sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho .....	73
3.1.2.10	Concentración promedio de metales livianos filtrados en PM <sub>10</sub> en Puente Piedra .....	73
3.1.2.11	Concentración promedio de metales livianos filtrados en PM <sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho .....	74
3.1.2.12	Concentración promedio de metales livianos filtrados en PM <sub>2.5</sub> en Puente Piedra .....	74
3.2	VARIABLE Y – Fuentes Contaminantes.....	75
3.2.1	Análisis de la composición química del Material Particulado para identificar las principales Fuentes Puntuales o Fijas .....	75
3.2.1.1	Análisis Químico del PM <sub>10</sub> en Puente Piedra.....	75
3.2.1.2	Análisis Químico del PM <sub>2.5</sub> en Puente Piedra .....	76
3.2.1.3	Análisis Químico del PM <sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho.....	77
3.2.1.4	Análisis Químico del PM <sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho .....	77
3.2.2	Análisis de la composición química del Material Particulado para identificar las principales Fuentes Móviles.....	79
3.2.2.1	Análisis Químico del PM <sub>10</sub> en Puente Piedra.....	79
3.2.2.2	Análisis Químico del PM <sub>2.5</sub> en Puente Piedra.....	80
3.2.2.3	Análisis Químico del PM <sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho.....	80
3.2.2.4	Análisis Químico del PM <sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho.....	81
3.2.3	Análisis de la composición química del Material Particulado para identificar las principales Fuentes de Área .....	82
3.2.3.1	Análisis Químico del PM <sub>10</sub> en Puente Piedra.....	82
3.2.3.2	Análisis Químico del PM <sub>2.5</sub> en Puente Piedra.....	83
3.2.3.3	Análisis Químico del PM <sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho.....	85
3.2.3.4	Análisis Químico del PM <sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho.....	87
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	90
V.	CONCLUSIONES .....	96

VI. RECOMENDACIONES .....	98
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	99
ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	104
ANEXO N°2: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL MONITOREO .....	105
ANEXO N°3: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE LAS FUENTES CONTAMINANTES.....	108
ANEXO N° 4: CUADROS DE RECONOCIMIENTO DE POSIBLES FUENTES CONTAMINANTES EN PPD Y SJL. ....	113
ANEXO N°5: ROSA DE VIENTOS DE LOS DISTRITOS DE SJL Y PPD.....	115
ANEXO N° 6: FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	116
ANEXO N° 7: CUADROS DE RESUMEN DE LOS RESULTADOS EN PPD Y SJL. ....	128
ANEXO N° 8: GRÁFICOS DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO POR CATEGORÍA EN SJL Y PPD.....	130
ANEXO N° 9: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO A EMPLEAR POR EL JUICIO DE EXPERTOS EN EL TEMA. ....	134
ANEXO N° 10: FINANCIAMIENTO. ....	138

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla N°1: Principales contaminantes del aire
- Tabla N°2: Clasificación de Partículas
- Tabla N°3: Características toxicológicas de los metales pesados.
- Tabla N°4: Características toxicológicas de los metales livianos o ligeros.
- Tabla N°5: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire.
- Tabla N°6: Valores de tránsito.
- Tabla N°7: Normas Internacionales de estándares de Calidad del Aire.
- Tabla N°8: Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire
- Tabla N°9: índice de Calidad del Aire por la EPA - EPA-456/F-14-002.

## ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro N°1: Matriz de Operacionalización
- Cuadro N°2: Tiempo de Muestreo
- Cuadro N°3: Periodo de Monitoreo
- Cuadro N°4: Instrumento para la Segunda Etapa.
- Cuadro N°5: Instrumento para la Tercera Etapa.
- Cuadro N°6: Instrumento para la Tercera Etapa.
- Cuadro N°7: Instrumento para la Tercera Etapa.
- Cuadro N°8: Instrumento para la Cuarta Etapa.
- Cuadro N°9: Validación promedio de los Instrumentos por variable.
- Cuadro N°10: Estadística de fiabilidad de los Instrumentos
- Cuadro N°11: Resumen SJL PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°12: Resumen PPD PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°13: Resumen SJL PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°14: Resumen PPD PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°15: Resumen SJL PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°16: Resumen PPD PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°17: Resumen SJL PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°18: Resumen PPD PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°19: Especies representativas en PPD PM<sub>10</sub>

- Cuadro N°20: Especies representativas en PPD PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°21: Especies representativas en SJL PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°22: Especies representativas en SJL PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°23: Especies representativas en SJL PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°24: Especies representativas en PPD PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°25: Especies representativas en PPD PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°26: Especies representativas en SJL PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°27: Especies representativas en SJL PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°28: Especies representativas en PPD PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°29: Especies representativas en PPD PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°30: Especies representativas en PPD PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°31: Especies representativas en PPD PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°32: Especies representativas en SJL PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°33: Especies representativas en SJL PM<sub>10</sub>
- Cuadro N°34: Especies representativas en SJL PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°35: Matriz de Consistencia
- Cuadro N°36: Etapa 2- Muestreo con el Equipo Partisol 2000i PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>
- Cuadro N°37: Reconocimiento de fuentes contaminantes en Puente Piedra.
- Cuadro N°38: Reconocimiento de fuentes contaminantes en San Juan de Lurigancho.
- Cuadro N° 39: Ficha de recolección de datos del Equipo Partisol de SJL.
- Cuadro N° 40: Ficha de recolección de datos del Equipo Partisol de SJL.
- Cuadro N° 41: Ficha de recolección de datos para composición física del PM<sub>10</sub> en PPD
- Cuadro N° 42: Ficha de recolección de datos para composición física del PM<sub>2.5</sub> en PPD.
- Cuadro N° 43: Ficha de recolección de datos para composición física del PM<sub>10</sub> en SJL.
- Cuadro N° 44: Ficha de recolección de datos para composición física del PM<sub>2.5</sub> en SJL.
- Cuadro N° 45: Ficha de recolección de datos de metales pesados en PM<sub>10</sub> en PPD.
- Cuadro N° 46: Ficha de recolección de datos de metales pesados en PM<sub>2.5</sub> en PPD.

Cuadro N° 47: Ficha de recolección de datos de metales livianos en  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en PPD.

Cuadro N° 48: Ficha de recolección de datos de metales pesados en  $PM_{10}$  en SJL.

Cuadro N° 49: Ficha de recolección de datos de metales pesados en  $PM_{2.5}$  en SJL.

Cuadro N° 50: Ficha de recolección de datos de metales livianos en  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en SJL.

Cuadro N°51: Resumen de la identificación de las principales fuentes contaminantes y su contribución en la contaminación del aire del distrito de Puente Piedra

Cuadro N°52: Resumen de la identificación de las principales fuentes contaminantes y su contribución en la contaminación del aire del distrito de San Juan de Lurigancho.

Cuadro N°53: Reconocimiento de fuentes contaminantes en San Juan de Lurigancho

Cuadro N°54: Reconocimiento de fuentes contaminantes en Puente Piedra.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N°1: Categorización de cada especie o muestra.

Fig. N°2: Definición de los puntos de inicio.

Fig. N°3: Contribución de cada especie o muestra por factor (fuente).

Fig. N°4: Representación de la contribución de cada factor o fuente.

Fig. N° 5: Proceso de análisis en el Software PMF Model – EPA.

Fig. N°6: Manejo de filtros de teflón (Análisis químico).

Fig. N°7: Manejo de filtros de cuarzo (Análisis físico).

Fig. N°8: Manipulación cuidadosa de los filtros.

Fig. N°9: Muestras de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .

Fig. N°10: Recojo de datos en las Fichas elaboradas por SENAMHI.

Fig. N°11: Colocación de filtros blancos en los Equipos Partisol ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ).

Fig. N°12: Recojo de filtros después del muestreo con equipos Partisol

Fig. N°13: Manipulación de los Equipos Partisol 2000i.

Fig. N°14: Estación Automática de Calidad del Aire del SENAMHI.

Fig. N°15: Estación Automática de Calidad del Aire del SENAMHI.

Fig. N°16: Estación de Calidad del Aire - Puente Piedra

Fig. N°17: Industria de Pinturas

Fig. N°18: Fuente Inmobiliaria y Resuspensión del suelo

Fig. N°19: Resuspensión del suelo y desechos de residuos sólidos.

Fig. N°20: Factor comercial

Fig. N°21: Tráfico Vehicular

Fig. N°22: Fundición de metales y soldaduras

Fig. N°23: Estación de Calidad del Aire del Senamhi en San Juan de Lurigancho

Fig. N°24:

Fig. N°25:

Fig. N°26: Factor comercial

Fig. N°27: Rosa de vientos de San Juan de Lurigancho

Fig. N°28: Rosa de vientos de Puente Piedra

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Peso del PM<sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho.

Gráfico N°2: Peso del PM<sub>10</sub> en Puente Piedra.

Gráfico N°3: Peso de partículas PM<sub>25</sub> en San Juan de Lurigancho.

Gráfico N°4: Peso de partículas PM<sub>25</sub> en Puente Piedra.

Gráfico N°5: Concentración de partículas PM<sub>10</sub> en SJL.

Gráfico N°6: Concentración de partículas PM<sub>10</sub> en PPD

Gráfico N°7: Concentración de partículas PM<sub>2.5</sub> en SJL.

Gráfico N°8: Concentración de partículas PM<sub>2.5</sub> en PPD.

Gráfico N°9: Concentración Promedio de metales pesados en SJL (PM<sub>10</sub>)

Gráfico N°10: Concentración Promedio de metales pesados en PPD (PM<sub>10</sub>).

Gráfico N°11: Concentración promedio de metales pesados en SJL.

Gráfico N°12: Concentración promedio de metales pesados en PPD.

Gráfico N°13: Concentración Promedio de metales livianos en SJL

Gráfico N°14: Concentración Promedio de metales livianos en PPD.

Gráfico N°15: Concentración Promedio de metales livianos en SJL

Gráfico N°16: Concentración Promedio de metales livianos en PPD.

Gráfico N°17: Industria Química

Gráfico N°18: Fundición de metales

Gráfico N°19: Industria Petroquímica

Gráfico N°20: Industria Química

Gráfico N°21: Industria Cerámica

Gráfico N°22: Tráfico Vehicular

Gráfico N°23: Tráfico Vehicular

Gráfico N°24: Tráfico Vehicular

Gráfico N°25: Tráfico Vehicular

Gráfico N°26: Aerosol Marino

Gráfico N°27: Factor Comercial y Resuspensión del Suelo

Gráfico N°28: Aerosol Marino

Gráfico N°29: Fuente Mineral

Gráfico N°30: Industria Inmobiliaria y Fuente Mineral

Gráfico N°31: Factor Comercial

Gráfico N°32: Fuente Mineral

Gráfico N°33: Gráfico de torta – Contribución total de cada fuente en la contaminación del aire de Puente Piedra por  $PM_{10}$

Gráfico N°34: Gráfico de torta – Contribución total de cada fuente en la contaminación del aire de Puente Piedra por  $PM_{2.5}$

Gráfico N°35: Gráfico de torta – Contribución total de cada fuente en la contaminación del aire de San Juan de Lurigancho por  $PM_{10}$

Gráfico N°36: Gráfico de torta – Contribución total de cada fuente en la contaminación del aire de San Juan de Lurigancho por  $PM_{2.5}$

Gráfico N°37: Concentración Promedio de  $PM_{10}$  durante la Madrugada.

Gráfico N°38: Concentración Promedio de  $PM_{10}$  durante el Día.

Gráfico N°39: Concentración Promedio de  $PM_{10}$  durante la Tarde

Gráfico N°40: Concentración Promedio de  $PM_{10}$  durante la Noche.

Gráfico N°41: Concentración Promedio de  $PM_{2.5}$  durante la Madrugada.

Gráfico N°42: Concentración Promedio de  $PM_{2.5}$  durante el Día.

Gráfico N°43: Concentración Promedio de  $PM_{2.5}$  durante la Tarde.

Gráfico N°44: Concentración Promedio de  $PM_{2.5}$  durante la Noche.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes contaminantes puntuales, móviles y de área en las Estaciones de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017. Para ello, se manejó los Equipos Partisol 2000i para el muestreo de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  de manera continua durante 24 horas durante el periodo del 19 de abril al 11 de mayo del 2017, y cada filtro fue llevado a su prepesado y postpesado. El análisis químico de las muestras obtenidas con la técnica Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS), la cual proporcionó información multielemental de cada muestra. Obteniéndose 25 elementos metálicos analizados para cada muestra de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , y para cada distrito.

En la fase de gabinete, para realizar el análisis de datos de cada elemento se usó el software Modelo de Factorización de Matriz Positiva aprobado por la Agencia de Protección Ambiental (PMF Model – EPA), para lograr identificar el tipo de fuente contaminante y sus contribuciones a través de la comparación con perfiles medidos o huellas dactilares. Posterior, se pasó a realizar un diagnóstico de los resultados para realizar la discusión con otros estudios de investigación similares.

Se obtuvo como resultado, que las principales fuentes que contribuyen en la contaminación por  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , son; la industria petroquímica, la industria de química y de cerámicas, el tráfico vehicular, la industria inmobiliaria, el factor comercial y la fuente mineral en el distrito de San Juan de Lurigancho. En el distrito de Puente Piedra, se logró identificar; a la industria química, industria metálica o fundición de metales, tráfico vehicular, factor comercial, fuente mineral y al aerosol marino.

Se concluye que el análisis de la composición química de los aerosoles atmosféricos que comprende al  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , permitió identificar las principales fuentes contaminantes puntuales o fijas, móviles y de área en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra – Lima, Perú.

**Palabras claves:** Partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , fuente contaminante, composición química.



## ABSTRACT

The objective of this research work is to evaluate atmospheric aerosols to identify the sources of air pollutants from San Juan de Lurigancho and Puente Piedra 2017. For this purpose, the Partisol 2000 equipment was manipulated to sample PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> particles. 24 hours continuously during the period from April 19 to May 11, 2017, and each of them was taken to its pre-weighing and post-weighing.

Subsequently, the chemical analysis of the samples was performed with the Mass Spectrometry technique with Inductive Coupling Plasma (ICP-MS), which provided multi-element information of each sample. Obtaining 25 analyzed elements for each sample of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>, and for each district.

Then, it was moved to the cabinet phase, to perform the analysis of data of each element with the Model of Positive Matrix Factoring approved by the Environmental Protection Agency (Model PMF - EPA), to identify the type of pollutant source . and their contributions through comparison with the measured profiles or fingerprints. Subsequently, a diagnosis of the results was made to carry out the discussion with other similar research studies.

It was obtained as a result, that the main sources for contamination by PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>, are; the petrochemical industry, the chemical industry and the industries, the vehicular traffic, the real estate industry, the commercial factor and the mineral source in the district of San Juan de Lurigancho. In the district of Puente Piedra, it was possible to identify; to the chemical industry, metal industry or metal smelting, vehicular traffic, commercial factor, mineral source and marine aerosol.

To conclude, it is concluded that the analysis of the chemical composition of atmospheric aerosols comprising PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>, identified the main point or fixed, mobile and area pollutant sources in the districts of San Juan de Lurigancho and Puente Piedra - Lima Peru.

**Keywords:** PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> particles, pollutant source, chemical approach

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes contaminantes puntuales, móviles y de área en las Estaciones de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017. Para ello, se realizó el monitoreo del material particulado con los Equipos Partisol 2000i para el muestreo de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  de manera continua durante 24 horas durante el periodo del 19 de abril al 11 de mayo del 2017.

Para definir, los aerosoles atmosféricos son pequeñas partículas menores a 100 micras de diámetro en estado sólido o líquido que se encuentran en suspensión en la atmósfera, también conocidos como material particulado. Son generados por eventos naturales y en su mayoría por acción del hombre, estos eventos son conocidos como contaminación del aire por material particulado, ya que está asociado a las emisiones industriales, comerciales, del parque automotor y fuentes naturales. Logrando afectar al clima, alterar la composición natural del aire, afectar la visibilidad de los seres, daños en las infraestructuras y sobre todo causa efectos adversos sobre la salud de la población que esté en constante contacto con el material particulado, y su efecto va a depender del tamaño de las partículas respirables.

Los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra son representativos de la zona Lima Este y Lima Norte respectivamente, ya que presentan concentraciones altas de material particulado según los boletines de Vigilancia de Calidad del Aire emitidos por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología- SENAMHI (2014), debido a la intensidad de fuentes contaminantes puntuales, móviles y de área que presentan en ambos distritos, afectando no solo al ambiente sino a la salud del hombre.

Es a partir de esta problemática que surge la importancia de desarrollar el presente trabajo de investigación con la finalidad de identificar las principales fuentes causantes de la contaminación del aire a través del análisis químico del  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  dentro de los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra, para que a posterior se tomen medidas preventivas y/o correctivas sobre las emisiones de estas fuentes.

## 1.1 Realidad Problemática

Hoy en día las grandes ciudades del mundo, debido al aumento de la población y de las zonas industrializadas se observa un gran impacto en la calidad del aire que a causa de las emisiones de sustancias a la atmósfera resultan perjudiciales para la salud de la humanidad, y estos contaminantes emitidos exceden los parámetros establecidos en las normas nacionales y normas internacionales.

La Organización Mundial de la Salud (2014) publicó un informe donde se analizó el estado de la calidad del aire en 1600 ciudades de 91 países, y se obtuvo como resultado que solo el 12% de la población mundial que reside en ciudades respira aire limpio. Lima es una de las ciudades con mayor contaminación en el aire en toda Latinoamérica, además, sería la capital latinoamericana con mayor índice de partículas contaminantes suspendidas en el aire.

En la investigación se midió dos tipos de partículas respirables; el  $PM_{10}$  y el  $PM_{2.5}$ , y el informe señala que los estándares normales y aprobados por la OMS son 20 microgramos por metros cúbicos ( $\mu g/m^3$ ) para  $PM_{10}$  y  $10 \mu g/m^3$  para  $PM_{2.5}$ . Sin embargo, en Lima las cifras son de  $94 \mu g/m^3$  y  $51 \mu g/m^3$ , respectivamente, lo cual resulta perjudicante para el organismo de las personas. La situación empeora en la zona norte de la capital, tales como en los distritos de Ventanilla, Puente Piedra y San Martín de Porres, donde se obtuvo hasta  $58 \mu g/m^3$  de  $PM_{2.5}$ , es una cifra 6 veces más de lo que se permite (OMS, 2014).

En ese año, Juan Narciso Chávez quien tenía el cargo como director general de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente aseguró que el sistema de transporte en la ciudad es el responsable del 70% de contaminación del aire y que ello podría cambiar si se mejora el parque automotor, la calidad del combustible o con la implementación de transporte masivo que contribuyan positivamente con el medio ambiente.

Por ello, se requieren más estudios, evaluaciones y mediciones de la tendencia del comportamiento de contaminantes atmosféricos para lograr contribuir en la protección de la salud de la población y de los ecosistemas, así también que se logre implementar planes de prevención y reducción de la contaminación del aire (OMS, 2015).

Por lo que a partir de este problema ambiental, surge la importancia de realizar el estudio sobre el análisis de la composición química y física del material particulado para identificar sus principales fuentes emisoras y de los contaminantes atmosféricos que lo comprende, para que así se puedan tomar medidas correctivas y preventivas sobre los sectores involucrados para lograr una sostenibilidad ambiental sin que haya un impacto negativo sobre la población futura y la de ahora; este estudio por ello tiene como objetivo general realizar el análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos para su posterior identificación de fuentes puntuales, móviles y fuentes de área en dos de los distritos más afectados por la contaminación por material particulado en Lima Metropolitana, San Juan de Lurigancho y Puente Piedra, quienes presentan altas concentraciones de partículas en suspensión anteriormente mencionado por el estudio de la OMS publicado en el 2014.

“El distrito de San Juan de Lurigancho es una zona muy crítica debido a que presenta altos niveles de contaminación ambiental porque su geografía contribuye a que las partículas contaminantes permanezcan a baja altura y afecte a la población que está en contacto con ellas” (Concepción, 2014, p. 36).

Gran parte de la contaminación generada en el sur de la ciudad es arrastrada por los vientos hacia el norte, y finalmente es disipada, lo que no ocurre en el distrito de San Juan de Lurigancho por su geografía.

Un estudio realizado por el Senamhi en el año 2014, en la estación de monitoreo de San Juan de Lurigancho; se determina que las concentraciones promedio diarias de Material Particulado menor a 10 micras registradas en la estación exceden los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA) en tres oportunidades a lo largo del año 2014, y estas concentraciones de PM<sub>10</sub> fueron 174,4 microgramos por metros cúbicos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y 154,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (SENAMHI, 2014, p.31). Por otro lado, el distrito de Puente Piedra presenta concentraciones diarias de Material Particulado menor a 10 micras, las cuales exceden el ECA en varias oportunidades a lo largo del año 2014, alcanzando entre 198,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 195,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio (SENAMHI, 2014, p.34).

## 1.2 Trabajos Previos

Aliaga, R; Rojas, J. y Norabuena, M. (2016) quienes realizaron la investigación, análisis y la redacción "*Vigilancia de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana en agosto 2016*" el cual fue sustentado en SENAMHI en octubre del mismo año, se planteó como objetivo determinar el comportamiento horario y diario de los contaminantes como el Material Particulado de la Red de Monitoreo de la Calidad de Aire en Lima Metropolitana. Como resultado en base a las concentraciones de material particulado menor a 10 y 2.5 micras, del comportamiento promedio horario a lo largo del día, se obtuvo que es a causa de la intensidad del tráfico vehicular, emisiones de procesos industriales y de las actividades comerciales. En el análisis se dio prioridad entre las horas diurnas (7h - 11h) y vespertinas (12h - 18h), ya que hay mayor actividad antropogénica en estas horas y por ende mayor exposición de las personas a los contaminantes. Se concluye, respecto al estado de la calidad del aire relacionado con el PM<sub>10</sub> que en todas las zonas de Lima la calidad del aire se mantiene similar al mes anterior por presentar solo días con estados buenos y moderados, debido principalmente por la presencia de garúas en las distintas zonas, que actúa como un agente limpiador de partículas o polvo en el aire. Por otro lado, respecto a las concentraciones diarias de PM<sub>2.5</sub> se concluye que en este mes las siguientes estaciones superaron el ECA; Villa María del Triunfo, Ate, Santa Anita, Huachipa, San Martín, Carabayllo y el distrito de Puente Piedra.

Ortiz, R. (2015) quien realizó el trabajo de investigación "*Influencia de las variables meteorológicas en la contaminación del por material particulado fino durante la mañana, tarde y noche en el aire del distrito de Ate en Abril del 2015*" el cual fue sustentado en la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este, el enfoque de su investigación fue definido como cuantitativo, de tipo exploratorio y el diseño de investigación es no experimental ya que en el estudio nos se realizó manipulación de las variables, más si se analizó el comportamiento de las variables según lo observado. Como objetivo general era evaluar la influencia que tenían las variables meteorológicas en la contaminación del aire por MP fino durante la mañana, tarde y noche en el distrito de Ate en Abril del 2015, como resultado la velocidad del viento en la mañana tuvo el mayor grado de influencia directa de 65,60, la temperatura para la mañana representó un grado de influencia

directa de 24,79, la humedad relativa fue de 8,73 y la presión atmosférica tuvo un grado de influencia inversa de -9,36. Así mismo, se concluye que en la contaminación por material particulado en el aire de Ate durante el mes de abril del 2015, no hay una influencia significativa de las variables meteorológicas.

Sánchez, O; Ordóñez, C; Aliaga, R. y Rojas, J. (2015) quienes realizaron el trabajo de investigación *“Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana en el año 2014”* el cual fue sustentado en el SENAMHI en el año 2015, el estudio tiene como objetivo general caracterizar la contaminación del aire a través de los valores horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales de los aerosoles atmosféricos. Se tomará en cuenta el material particulado inhalable  $PM_{10}$  y el  $PM_{2.5}$ , además de las siguientes variables meteorológicas: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y altura de inversión térmica en Lima Metropolitana. Como resultado se obtuvo que en el cono norte de Lima Metropolitana, durante la tarde hay mayores concentraciones horarias respecto a  $PM_{10}$ , y en las noches se alcanzó valores máximos tanto en Puente Piedra con  $157 \mu g/m^3$ , en Carabayllo con  $106.7 \mu g/m^3$  y en el tercer distrito de San Martín con  $60.3 \mu g/m^3$ , debido a que en esas horas la congestión vehicular es alta. Para concluir, en el año 2014, el cono norte presentó días moderados, debido al intenso tráfico vehicular y a los vientos con baja velocidad en dirección del norte y que a la vez no permiten la dispersión de este tipo de contaminantes.

Gonzales, G. y Steenland K. (2014) quienes fueron parte de la reunión de expertos en donde se presentó investigaciones desarrolladas en el Perú sobre contaminación del aire *“La salud ambiental en el Perú”* el cual se llevó a cabo en la ciudad de Lima, se planteó como objetivo identificar y evaluar el principal problema de contaminación en Lima. Esta investigación tuvo como resultado que la ciudad de Lima presenta una alta contaminación del aire, ya que estaban por encima de la norma los valores del Material particulado fino tanto del Perú con  $20 \mu g/m^3$  y de la OMS con  $10 \mu g/m^3$ . Así mismo, se determinó que Lima es una de las ciudades con mayor contaminación del aire exterior por el material particulado fino de América Latina llegando a los  $38 \mu g/m^3$ . Al mismo tiempo, Lima Norte es la zona más contaminada, ya que en los últimos diez años el promedio de  $PM_{2.5}$  en el aire de  $50 \mu g/m^3$  excede a la norma de OMS frente a  $10 \mu g/m^3$ . Por último, se estima que en la

ciudad de Lima respecto a la salud humana, la muerte cardiopulmonar sería 1,25 y el exceso de PM<sub>2,5</sub> sería aproximadamente 2300 muertes prematuras al año.

Concepción, E. y Rodríguez, M. (2014). Quienes fueron parte del estudio de la calidad del aire para la elaboración del *“Informe Nacional de la Calidad del Aire entre los años 2013 y 2014”*, se planteó como objetivo presentar información de las 31 Zonas de Atención Prioritaria (ZAP) para los parámetros: Material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Estos parámetros, objeto de evaluación y análisis son de importancia por los niveles alcanzados y los riesgos a la salud que conllevan. Como resultado de esta investigación, en los muestreos puntuales realizados entre el año 2013 y 2014 en las 21 ciudades, se observan que 11 ciudades presentan una calidad del aire moderada y el resto buena, para el PM<sub>10</sub>, siendo las ciudades de Chiclayo, Cusco, Pisco y Chachapoyas las que presentan los mayores valores. Para el PM<sub>2,5</sub> se observa tres clases de ciudades, las que presentan niveles bajos con una concentración menor a 12,5 µg/m<sup>3</sup> pertenecen a la categoría buena (5 ciudades: Ayacucho, Abancay, Huaraz, Huánuco y Huancavelica); mientras que 10 ciudades presentan niveles de contaminación moderada y 6 ciudades pertenecen a la categoría mala, excediendo el valor ECA, estas son Chachapoyas, Cajamarca, Tacna y Juliaca, Moquegua y Cusco. Para finalizar, la evaluación del estado de la Calidad del Aire a nivel nacional es muy importante para la toma de decisiones de entidades que cumplen como la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la entidad adscrita al MINAM, quienes vienen realizando esfuerzos para medir constantemente parámetros en las zonas críticas e implementar programas locales y nacionales de vigilancia de la calidad del aire.

Sánchez, O; Ordoñez, C; Gavidia, M. (et al). (2013) quienes realizaron el trabajo *“Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana en el año 2011”* el cual fue sustentado en SENAMHI en el año 2013, se tiene como objetivo general evaluar el estado de la calidad de aire en las estaciones de la red de monitoreo de los siguientes distritos; Villa María del Triunfo, Ate, Jesús María, San Borja y Santa Anita. Esta investigación tuvo como resultado, que en Lima Metropolitana el mayor problema es PM<sub>10</sub> a altas concentraciones, y que en Ate sobrepasaron 48 veces el

ECA Nacional en el año 2011. Por otro lado, en algunos días se observaron altas concentraciones de NO<sub>2</sub> debido al aumento de la flota vehicular, y se registraron bajas concentraciones de ozono y dióxido de azufre debido a la posible mejora de combustibles. En conclusión, las estaciones de monitoreo en los distritos de Santa Anita y Ate registran mayores valores de contaminación, mientras que en San Borja y Jesús María son los distritos más limpios.

Huatuco, R. (2011) quien realizó el trabajo de investigación *“Estudio de la Calidad del Aire en la Ciudad Universitaria de San Marcos de Lima – Perú en el año 2011”* se planteó como objetivo general evaluar el estado de la calidad del aire a través del monitoreo en las diversas zonas de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para determinar las zonas de alto riesgo que contenga un nivel de afectación sobre la salud humana de los trabajadores, docentes y estudiantes que circulan en las diversas áreas. Como principales resultados se destaca que; se identificó la presencia de diversos tipos de metales los cuales pueden tener efectos nocivos a la salud humana, debido a las tres principales avenidas que circundan la universidad, hay gran concentración de gases y partículas suspendidas en el aire, la dirección y velocidad del viento es de 3,85m/s y se originan entre S y SSW, y por último de acuerdo con los análisis gravimétricos de los filtros que contienen material particulado presentaron concentraciones por debajo de los estándares ambientales para aire que es de 150 µg/m<sup>3</sup>. En conclusión, la realización del monitoreo de la calidad del aire es recomendable que sea de forma periódica para conocer la concentración de diversos gases y del material particulado a los que están expuestos diariamente la población universitaria.

Organización Mundial de la Salud. (2005) realizaron *“Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre”*, las guías de calidad del aire de la OMS tienen por objeto ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud. Como resultado, las pruebas realizadas de PM suspendido en el aire y sus consecuencias en la salud pública se producen en los sistemas respiratorio y cardiovascular, la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad y se ha demostrado que con a mayor tiempo de exposición hay mayores y



diversos riesgos a la salud humana. En conclusión, el estudio de la OMS menciona que son más de dos millones las muertes prematuras en cada año debido a la consecuencia de la contaminación del aire en espacios cerrados y abiertos urbanos. Y en los países en desarrollo, recae más de la mitad de estas enfermedades.

Brunekreef, B. y Holgate, S. (2002) quien realizó el estudio *“Air Pollution and Health”* la cual tiene como finalidad evaluar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud humana que ha sido tema de muchos estudios en los últimos años. Como resultado final, la exposición continua de los contaminantes en el aire participa de la materia y el ozono que se ha asociado con el aumento de la mortalidad debido a enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Para concluir, estos efectos se han encontrado en estudios a corto plazo, que relacionan las variaciones cotidianas en la contaminación del aire y la salud, y estudios a largo plazo, que han seguido a individuos expuestos a lo largo del tiempo. En esta revisión, discutimos la evidencia de efectos adversos sobre la salud de determinados contaminantes del aire.

Sánchez, O. (2002), quien realizó el estudio *“The influence of meteorological conditions on the behavior of pollutants concentrations in Sao Paulo, Brazil”*. Realizando en conjunto con el departamento de Ciencias de la Atmósfera del Instituto de Astronomía y Geofísica de Sao Paulo (USP). Cuyo estudio tuvo como instrumento de muestreo el aerosol de una unidad apilada filter (SPU) teniendo como análisis de datos meteorológicos a la temperatura del aire, cantidad de precipitación, presión atmosférica, humedad relativa, velocidad del viento, frecuencia de concurrencia de vientos divididos en cuatro cuadrantes y la estabilidad de la dinámica atmosférica. Concluyendo que en lugares donde se presentan bajas concentraciones asociadas a intensa ventilación, precipitación y humedad relativamente alta, presentan altos valores de concentración de contaminantes ya que estos están asociados a la ventilación débil, esto se hace más evidente si se estudia a una micro escala meteorológica.

### 1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

#### 1.3.1 Marco Teórico

José Vicente físico y astrónomo en su publicación titulada “*Aerosoles Atmosféricos*” en su libro electrónico Universo Blog: Experiencias Astronómicas, indica que: Es de gran Importancia el estudio de los aerosoles atmosféricos debido a su alta variabilidad temporal y espacial porque son parte de diferentes procesos que se da en la atmósfera y que pueden afectar o alterar el clima, calidad del aire, la visibilidad, y sobre todo a la salud humana. Para lograr una caracterización, es necesario conocer su origen, su concentración en la atmósfera, sus propiedades y su dinámica global (2015).

Según Lozano Freddy en su trabajo de tesis titulado “*Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana – Ciudad de Moyobamba, 2012*” especifica que las partículas pueden ser emitidas al aire de forma directa cuando provienen de fuentes como los procesos de combustión o el polvo arrastrado por el viento; una de las fuentes de generación de partículas en las ciudades es el tráfico, actividades que generan combustión dentro de su proceso, calles sin pavimento, construcciones, entre otras actividades (2012).

Préndez Margarita, Corvalán Roberto y Cisternas Michael, en su Trabajo de Investigación “*Estudio Preliminar del Material Particulado de Fuentes Estacionarias: Aplicación al Sistema de Compensación de Emisiones en la Región Metropolitana, Chile*”, sostienen que la ciudad de Santiago se encuentra en una cuenca cuyas condiciones geográficas y climatológicas favorecen los altos niveles de contaminación que la caracterizan debido a la falta de ventilación, y principalmente debido al aumento fuentes emisoras. Lo que obligó a las autoridades locales a diseñar estrategias y una de ellas es la implementación de un sistema de compensación que es una especie de derecho para cierta cantidad de emisiones, es decir, toda nueva fuente que inicie operaciones en la región, debe compensar sus emisiones a través de la reducción de emisiones de una o más fuentes. Realizaron un estudio orientado a la caracterización y la distribución de tamaño,

número de partículas y composición elemental, y las partículas de tamaño menor a  $2,5 \mu\text{m}$  de diámetro pueden tener tiempos de residencia de días o incluso semanas y podrían ser transportadas miles de kilómetros, partículas de tamaño mayor a  $2,5 \mu\text{m}$  tienen tiempos de residencia de minutos a horas y pueden ser transportadas hasta unos pocos centenares de kilómetros. En la fracción más fina ( $<2,5 \mu\text{m}$ ) provienen de fuentes como las calderas industriales, calderas de calefacción, calderas de fluido térmico, generadores de vapor, hornos industriales, hornos de panadería y procesos industriales. De acuerdo con el registro de fuentes, las calderas de calefacción representan un 40,3% del total de fuentes; los hornos de panaderías un 25%; los generadores de vapor un 13,8%; los procesos industriales un 10,9%; los hornos industriales un 7,9%; las calderas de fluido térmico un 1,2% y las calderas industriales un 0,9% (Préndez y Corvalán, 2007).

Así mismo, Pablo Vial Valdés, en su publicación *“Contaminación Ambiental en Chile”* en el primer capítulo, se menciona que en las ciudades de la zona norte de Chile registran niveles elevados de  $\text{PM}_{10}$  a nivel anual, debido a que las principales fuentes de emisión corresponden a procesos de la industria minera. No obstante, algunas ciudades con más presencia de actividades como generación termoeléctrica o fundiciones de cobre, presentan niveles más elevados de  $\text{PM}_{2.5}$ . Las principales fuentes emisoras de contaminantes, pueden ser clasificadas, según sus características en fuentes fijas, móviles y fugitivas. Las fuentes fijas consideran las emisiones generadas por la quema de combustibles producto de actividades industriales y residenciales, también incluyen las emisiones generadas por la quema de otros combustibles como la biomasa, asociada a la calefacción de viviendas. Las fuentes móviles corresponden a las emisiones provenientes de los gases de escape, desgaste de frenos y neumáticos, de distintos tipos de transporte. Las fuentes fugitivas, consisten en emisiones que no son canalizadas por ductos, chimeneas u otros sistemas hacia el exterior, tales como emisiones provenientes de calles pavimentadas y sin pavimentar, así como de la construcción, demolición, y de este tipo de fuente proviene el  $\text{PM}_{10}$  siendo el 90% (Vial, p.31).

Seguidamente, Edgar Vivar, en su trabajo de tesis titulado “Cuantificación de material particulado  $PM_{10}$  y su efecto toxicológico-ambiental, en la ciudad de Azogues”, indica a cerca de las fuentes emisoras en la ciudad de Azogues que se ve afectado por diferentes fuentes, como el excesivo número de vehículos que circulan por la ciudad, las fábricas de cemento, ladrillos, tejas, bloques, una central termoeléctrica y zonas de áridos. Cada uno de estos focos de contaminación presenta una tendencia hacia el crecimiento de la contaminación por  $PM_{10}$  (2014).

Por otro lado, respecto al origen de los contaminantes metálicos son emitidos por las siguientes fuentes puntuales, móviles y de área:

Para empezar, según la publicación de la Agencia de Sustancias Tóxicas del Departamento de Salud de los EEUU (1992), en las industria químicas, metálicas y fundidoras, el metal de antimonio (Sb) se rompe muy fácilmente como para ser utilizado por sí solo, generalmente se mezcla con otros metales como plomo, hierro y zinc para formar mezclas de metales llamadas aleaciones para hacerlo más fuerte, estas aleaciones son utilizadas en soldaduras, metal para hacer láminas y tuberías, rodamientos, moldes y ciertos tipos de metales. El Sb es liberado al medio ambiente durante su extracción, procesamiento y su incineración, usualmente se necesitan muchos días para que el antimonio sea eliminado del aire ya que puede estar adherido a partículas muy pequeñas lo que hacen que permanezcan en el aire durante más de un mes. Las concentraciones de antimonio en el aire oscilan entre una parte de un nanogramo (1 nanogramo equivale a una milmillonésima parte de un gramo) en un metro cúbico ( $m^3$ ) de aire ( $ng/m^3$ ) y es aproximadamente  $170 ng/m^3$ , sin embargo, en lugares cercanos a industrias químicas por ejemplo, que transforman el mineral de antimonio en metal o producen óxido de antimonio, las concentraciones pueden estar por encima de  $1\ 000 ng/m^3$  y la mayor parte del óxido de antimonio que se produce es añadido a textiles y plásticos para evitar que se incendien

Así mismo, según Gunnar Nordberg (S/A), en las fundiciones el antimonio (Sb) es estable a temperatura ambiente, pero cuando se calienta, desprendiendo un humo blanco y denso de óxido de antimonio ( $Sb_2O_3$ ), y se combina fácilmente con el arsénico, el plomo, el estaño, el zinc, el hierro y el bismuto. Durante su proceso, el mineral de antimonio, que es un material extremadamente quebradizo, se convierte en polvo fino

con más rapidez que las demás rocas, lo que produce concentraciones atmosféricas elevadas de polvo fino de antimonio durante las operaciones de reducción y cribado en las fundidoras metálicas.

Por otro lado, respecto a las emisiones de las fundidoras de metales, según Michael McCann, los residuos contaminantes generados en la fundición de metales y afino del cobre son lodos que contienen impurezas como plomo, arsénico, níquel, zinc, hierro, cal y sílice, todo eso durante las etapas de fundición, conversión y afino electrolítico de metales. Según Bertram D. Dinman (S/A), la producción de aluminio comprende dos etapas básicas, el Afino; producción de alúmina a partir de la bauxita la cual es digerida a alta temperatura y presión en una solución concentrada de sosa cáustica, y por etapa de Reducción de la alúmina a aluminio virgen, utilizando electrodos de carbón y fundente de criolita. Los residuos contaminantes generados en la fundición y afino de metales son residuos contenidos en hierro, titanio, selenio, azufre, zinc, cobre, cadmio, óxidos de calcio, entre otros.

La Guía de la Corporación Financiera Internacional (2007), también respecto a las emisiones de una fundidora, los distintos procesos emiten material particulado con distintos niveles de óxidos minerales, metales como el manganeso y plomo; y estas emisiones provienen de los hornos de fundición, de los procesos químicos/físicos y de acciones mecánicas como procesos de desmolde y acabado. Durante el proceso de fundido, las emisiones del material particulado y de los materiales metálicos, varían en función del tipo de horno, combustible, metal a fundir y propiedades de fusión. Los hornos de cubilote son los que generan un mayor volumen de material particulado, por ejemplo el coque, sílice, óxido y caliza.

Según Guillermo Castro (2009), respecto a la fundición con aluminio, recientemente se han comenzado a emplearlos. La adición de cantidades de aluminio superiores al 6,5% hace desaparecer el grafito en las fundiciones, las fundiciones con 7% de aluminio, tienen buena resistencia al fuego y pueden utilizarse hasta 950 °C y se mecanizan bastante bien. Las fundiciones con más de 8% de aluminio, tienen muy buena resistencia a la oxidación y pueden ser utilizadas a más altas temperaturas, hasta unos 1000 °C.

Por otro lado, respecto al tráfico vehicular, según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones-MTC (2012), se cuenta con 2 999 223 unidades vehiculares aproximado a nivel nacional; entre automóviles, camionetas, ómnibus, camiones, remolcadores y semi remolcadores, y 1 268 049 son automóviles. Lima cuenta con 1 395 576 unidades vehiculares parte del parque automotor, y en el año 2007 se contaba con 957 368, lo que significa que aumentó en 438 208 unidades en 5 años, podría ser que en Lima Metropolitana circulen actualmente 1 833 784 unidades vehiculares 5 años después. Se menciona dentro del registro del MTC, que 6 197 089 son vehículos pesados y 6 186 363 son el flujo de vehículos ligeros. Respecto a la emisión de plomo del tráfico vehicular, según Castillo, Y. (2010), alrededor del 50% o más, el plomo emitido al aire por fuentes antropogénicas corresponde a las emisiones del parque automotor que usan gasolina con aditivos de plomo como el tetraetilo de plomo  $Pb(C_2H_5)_4$ , que es usado para aumentar el octanaje de 84 y 95 octanos. Las concentraciones de plomo en el aire varían con la distancia a las fuentes contaminantes, en lugares muy remotos, las concentraciones mínimas de plomo en el aire son del orden de 0,1 microgramos por metro cúbico ( $\mu g/m^3$ ), en áreas rurales muy cercanas a ciudades se han hallado concentraciones de 0,21  $\mu g/m^3$ , en ciudades con actividad industrial y vehicular importante los valores fluctúan entre 1-10  $\mu g/m^3$ , en calles urbanas de alto tráfico vehicular los valores pueden sobrepasar los 10  $\mu g/m^3$  y en zonas vecinas a fundiciones el aire puede llegar a contener sobre 100  $\mu g/m^3$ .

Por otro lado, según Arciniégas, el escape de los vehículos diesel es la principal causa del alto nivel de Material Particulado en la zonas urbanas y los principales elementos encontrados por la quema de combustibles fósiles son el plomo, cobre, vanadio, cadmio, zinc, antimonio y níquel (Arciniégas, César, 2012).

La contaminación del tráfico vehicular se da también por el desgaste de frenos y ruedas emitiendo elementos metálicos como el hierro, el bario, silicio el cobre, zinc y el cadmio (Amato, [et al], 2009)

Así mismo según Pacyna, el vanadio (V), el cobalto (Co), el molibdeno (Mo), el níquel (Ni), el antimonio (Sb), el cromo (Cr), el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y el estaño (Sn) son emitidos durante la combustión de hidrocarburos (Pacyna ,1986).

Por otro lado respecto a los contaminantes que emite una industria química de pinturas, según Gunnar Nordberg (S/A); el aluminio se emplea como finas partículas para la fabricación de pinturas, los artículos fabricados con aluminio reciben frecuentemente un tratamiento de superficie como protección y con fines decorativos. Así mismo el trióxido de antimonio ( $Sb_2O_3$ ) es el más relevante porque cuando se encuentra en el aire, tiende a permanecer en suspensión durante un período de tiempo muy largo, y se utiliza como pigmento de pinturas, esmaltes y barnices; al igual que el pentóxido de antimonio ( $Sb_2O_5$ ) se produce por la oxidación en caliente con ácido nítrico del trióxido de antimonio o del metal puro, se utiliza para la fabricación de pinturas, en la alfarería y en la industria farmacéutica. Por otro lado el cobre, en forma de óxido cúprico también se utiliza como componente de las pinturas para los fondos de las embarcaciones y como pigmento para vidrio, cerámica, esmaltes, vitrificado de porcelanas y gemas artificiales. Así mismo el cromo, en forma de cromato de zinc ( $ZnCrO_4$ ), o amarillo de zinc, se produce por la acción del ácido crómico sobre la pasta de óxido de zinc y se utiliza en pigmentos, pinturas, barnices y lacas. Y por último el zinc en forma de sulfuro de zinc se utiliza como pigmento para pinturas, lienzos, cuero, tintas, lacas y cosméticos.

Según una publicación por California Air Board, menciona que el porcentaje de cromo emitido se debe a que este es utilizado en procesos de cromado como capa brillante de cromo en la industria de plástico, y su nivel de emisión es porque la corriente eléctrica durante este proceso ocasiona que el cromo hexavalente sea emitido como aerosol, y una vez en el aire puede ser inhalado y atraparse dentro de los pulmones. La inhalación de aire con contenido de cromo hexavalente por largos períodos de tiempo puede aumentar el riesgo de contraer cáncer, y sus emisiones se vuelven de mucha preocupación cuando este tipo de industrias se encuentran cerca de zonas residenciales (California Air Resources Board).

Respecto a las emisiones de la industria petroquímica, según Peláez, M.; Bustamante, J. y Gómez, E. en su estudio *“Presencia de cadmio y plomo en suelos y su*

*bioacumulación en tejidos vegetales en medio Colombiano*” mencionan que la industria petroquímica es una de las principales fuentes emisoras de metales tóxicos que son el plomo y cadmio, representando esta industria un potencial peligro para salud pública, como consecuencia de la emisión pueden incorporarse a la cadena trófica estos contaminantes (Bustamante y Gómez, 2015).

Según la Guía de emisiones de la Junta de Andalucía de la Consejería de Medio Ambiente (2010), la industria del tratamiento y recubrimiento de superficies de plásticos, tiene el fin de aplicar diversos métodos para la obtención de contornos o acabados especiales según la utilidad posterior del plástico y de proteger la superficie contra la corrosión o el desgaste, lubricarla, variar la reflectividad al calor, a la luz, entre otros. Las emisiones de la industria petroquímica va a depender de los tratamientos que se le dé, el más habitual es la Galvanotecnia, lo cual involucra procesos de cobreado, niquelado, cromado, zincado, cadmiado, estañado, entre otros.

### **1.3.2 Marco Conceptual**

#### **1.3.2.1 La contaminación del aire**

Según Wark y Warner, definen la contaminación del aire en su libro titulado *“Contaminación del aire: Origen y control”*:

“La presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes o sus combinaciones, con tal duración y en tales cantidades y que en su mayoría afecta la calidad de vida de las personas, animales y plantas, y puede interferir en el goce de la vida, la propiedad y en las actividades” (Wark y Warner, 2007, p.20).

Por otro lado, José Vicente físico y astrónomo en su publicación titulada “Aerosoles Atmosféricos” en su libro electrónico define que:

“La contaminación atmosférica por aerosoles, es el cambio en la composición natural de la atmósfera a causa de la suspensión de partículas. A la vez, los aerosoles atmosféricos presentan alta variabilidad espacial y temporal por lo que su estudio es muy importante para conocer los efectos que producen sobre la calidad del aire” (Vicente, 2015, p.3).



### 1.3.2.2 Aerosoles atmosféricos

Según Teresa Moreno, define a los aerosoles atmosféricos como:

“Pequeñas partículas menores a 100 micras de diámetro en estado sólido o líquido presentándose en la atmósfera en suspensión, son generados por eventos naturales, también emitidos en considerables cantidades por actividades humanas, que logran afectar al clima como a la salud del hombre. [...] Los efectos que tienen en la salud se debe al hecho que los aerosoles inferiores a 10 micras son fácilmente inhalados por lo que son potencialmente dañinos para las funciones pulmonares y cardiovascular” (Moreno, 2007, p.2).

### 1.3.2.3 Contaminantes

Un contaminante es cualquier sustancia introducida directa o indirectamente por el hombre en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana o el medio ambiente en su conjunto (CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA, Art. 2).

### 1.3.2.4 Clasificación de contaminantes

Según el compendio teórico del MINAM, establece que la clasificación de contaminantes es de acuerdo a su origen, y lo define como los siguientes:

**Primarios:** son sustancias contaminantes emitidas directamente a la atmósfera desde los focos emisores. Estas sustancias no han pasado por ninguna modificación química desde el momento que han salido de su punto de emisión, ejemplo el monóxido de carbono, óxidos de azufre y otros (MINAM, 2009, p. 8).

**Secundarios:** no son vertidos directamente a la atmósfera. Se producen a consecuencia de transformaciones y reacciones químicas o fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en la atmósfera [...] (MINAM, 2009, p. 8).

### 1.3.2.5 Fuentes emisoras de contaminantes en el aire

Se define como fuente contaminante o emisora a cualquier dispositivo o instalación, ya sea estático o móvil, que vierte o emite de forma continua o discontinua sustancias contaminantes en estado sólido, líquido o gaseoso, y pueden generar una modificación del medio natural (MINAM, 2009, p. 21)

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales:

La contaminación del aire es originada de una mezcla de muchas fuentes de emisiones desde chimeneas industriales y vehículos automotores hasta el uso de productos de limpieza y pinturas. [...] Para realizar un inventario de emisiones, las fuentes se agrupan en tres categorías principales:

### **Fuentes Móviles**

Están constituidas por los vehículos automotores los cuales son los automóviles, camiones y autobuses. En zonas urbanas, los que emiten CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, COT, Material Particulado son principalmente originados por los vehículos automotores, los cuales resultan ser tóxicos para el aire y pueden reducir la visibilidad. Los vehículos se establecen separadamente de otras fuentes de área, debido a la magnitud de sus emisiones y a las consideraciones especiales para estimar su volumen. Los contaminantes emitidos por los vehículos automotores son provenientes de diferentes procesos, el más considerado son las emisiones del escape, que resultan del uso del combustible (SEMARNAT, 2005, p. 5).

### **Fuentes Puntuales**

Son grandes fuentes estacionarias de emisiones a la atmósfera tales como fábricas, fundiciones, refinerías y plantas químicas. Por lo que tienden a ser directamente identificadas por sus orígenes de actividad antropogénica.

La emisión es localizada en un lugar muy preciso, de dimensiones no muy grandes (MINAM, 2009, p. 22).

### **Fuentes de Área**

Son aquellas que son demasiado numerosas y dispersas, y son incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales. Por otro lado, las fuentes de área pueden representar un porcentaje importante de las emisiones de contaminantes, por lo que deben ser incluidas en un inventario de emisiones para asegurar que el estudio de identificación se encuentre completo (SEMARNAT, 2005, p. 5).

Los datos de las emisiones de este tipo de fuentes se agrupan por las siguientes categorías; combustión, uso de solventes, fuentes semi estacionarias, fuentes

agrícolas, fuentes industriales, fuentes de puestos comerciales ligeros y manejo de residuos.

### 1.3.2.6 Tipos de Fuentes Industriales

Según Corona, A.; Cruz, M.; Téllez, Berenice; (et al), en su publicación "*Principales industrias en México*" se denominan a las siguientes industrias:

#### **Industria Metalúrgica**

Se basa en la obtención de metales (acero, cobre, aluminio) a partir de sus menas naturales.

Se realiza el procesamiento de las materias primas naturales para obtener metales elementales y someterlos a diversos tratamientos para producir metales con las propiedades especiales. Las etapas iniciales de este tipo de industria para la mayoría de los metales se basan en tres procesos; la primera es la concentración de la mena por atracción magnética o por diferencia de densidades, la segunda es la reducción química del elemento (reacción química) y la tercera es la separación de las impurezas del metal por medio de los procesos de refinación.

#### **Industria Química**

Involucra a un conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados, de forma masiva, es decir, se ocupa, a gran escala, de los cambios químicos de los materiales, proceso que se inicia desde la extracción, continúa con el procesamiento de las materias primas, tanto naturales como sintéticas, hasta su transformación en otras sustancias con características diferentes a las que tenían originalmente.

#### **Industria Petroquímica**

Es la industria que se ocupa de los productos derivados del petróleo y su utilización. Así como las industrias de los plásticos y resinas sintéticas, y las de fabricación de detergentes, fertilizantes, lubricantes y solventes (p.8).

#### **Industria textil**

Dedicada a la obtención de fibras que se transforman en tejidos. Es una de las industrias más antiguas, tanto por ser una de las primeras ocupaciones del hombre en sociedades organizadas (p.10)

#### **Industria inmobiliaria y de materiales de construcción**

La industria inmobiliaria está referida a toda aquella actividad relacionada con la compra de bienes inmobiliarios o de bienes raíces. Estos bienes pueden ser casas ya construidas o que se encuentren en proceso de construcción. La industria de materiales de construcción se refiere aquella dedicada a la fabricación de cementos, cerámicas, yesos, pinturas, etc.

### **Industria automotriz**

Esta es la industria que se encarga de todos los procesos que involucran la producción de automóviles, desde su diseño, desarrollo, fabricación hasta su ensamblaje, comercialización y venta. Es la industria encargada de la fabricación de automóviles y ensamblaje (p.13).

#### **1.3.2.7 Principales contaminantes del aire**

Son aquellos contaminantes que se producen directamente por procesos naturales o actividades humanas, y pueden ser contaminantes primarios o precursores. Si el tiempo de residencia de estos contaminantes en la atmósfera es suficiente, pueden ser parte de reacciones químicas y transformarse en otras sustancias denominadas contaminantes secundarios (MINAM, 2009, p. 9).

**Tabla N°1: Principales contaminantes del aire**

<b>Contaminante</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Forma Física</b>	<b>Tipo</b>
<b>Monóxido de Carbono</b>	CO	Gas	Primario
<b>Dióxido de Azufre</b>	SO <sub>2</sub>	Gas	Primario
<b>Dióxido de Nitrógeno</b>	NO <sub>2</sub>	Gas	Primario y Secundario
<b>Ozono</b>	O <sub>3</sub>	Gas	Secundario
<b>Hidrocarburos</b>	HC	Gas	Primario
<b>Partículas</b>	PTS, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Sólido, líquido	Primario y Secundario
<b>Plomo</b>	Pb	Sólido	Primario

**Fuente:** Compendio Teórico: Ministerio del Ambiente del Perú

### 1.3.2.8 Contaminantes a medir

#### Material Particulado

Es una mezcla de partículas sólidas microscópicas y gotas líquidas suspendidas en el aire (aerosoles), el cual se clasifica de acuerdo a su tamaño, en partículas con diámetro menor a 10 micras, 2,5 micras y 1 micra.

Proviene en su mayoría del uso de combustibles fósiles que contienen azufre y de los oxidantes fotoquímicos formados en la atmósfera por reacciones químicas complejas entre los HC, óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y CO, todos relacionados con las emisiones vehiculares. Las fuentes móviles contribuyen con un 50% o más en las concentraciones de material particulado en las áreas urbanas (MINAM, 2014, p. 18).

El PM-10 a causa de su irregularidad en forma, densidad, composición y estructura, el material particulado es caracterizado por su diámetro aerodinámico equivalente, y puede penetrar las vías respiratorias y llegar hasta los pulmones, depositándose en las paredes alveolares (MINAM, 2009, p. 16).

A continuación se presenta la clasificación del material particulado según su tamaño en el siguiente cuadro:

**Tabla N°2: Clasificación de Partículas**

Clasificación	Tamaño de diámetro	Tipo de Partícula	
Partículas Sedimentables (PS)	<i>Aprox</i> $< 100\mu$	Partículas Gruesas	Constituidas usualmente por óxidos de silicio, Al, sal del mar, partículas de plantas y de automotores, hierro.
Partículas Totales en Suspensión (PTS)	<i>Aprox</i> $< 20\mu$		
Partículas Menores a 10 Micras (PM-10)	$> 2.5 < 10\mu$		
Partículas Menores a 2.5 Micras (PM-2.5)	$< 2.5 \mu$	Partículas Finas	Están constituidas típicamente de sulfatos, nitratos, metales, carbonatos orgánicos, amonio.
Partículas Menores a 1 Micra (PM-1)	$< 1\mu$		

**Fuente:** Ruben Marcos Huatuco, UNMSM, 2011. A partir de: Compendio Teórico: Ministerio del Ambiente del Perú.

### Metales Pesados

Algunos metales han sido identificados en pequeñas concentraciones en la atmósfera tales como el calcio, aluminio, plomo y hierro, y en proporciones más pequeñas se encuentran el sodio, potasio, vanadio, magnesio, cobre, cromo y manganeso (MINAM, 2009, p. 18).

En el siguiente cuadro se presenta las características toxicológicas que causan los metales pesados, no metales y sus principales fuentes emisoras.

**Tabla N°3: Características toxicológicas de los metales pesados.**

<b>Metal</b>	<b>Características Toxicológicas</b>	<b>Principales Fuentes</b>
<b>CADMIO</b>	Efectos agudos por inhalación y a bajas concentraciones produce neumonitis, osteoporosis.	Combustión de combustibles fósiles, incineración de basura, humo del cigarrillo; se encuentra en el aire en forma de partículas o vapores provenientes de procesos de alta temperatura.
<b>ZINC</b>	La inhalación de humos produce fiebre, dolores musculares.	Resultado de la minería, la refinación de minerales zinc y cadmio, la producción de acero, la incineración de carbón y de desperdicios; está presente en forma de partículas finas de polvo.
<b>COBRE</b>	En dosis elevadas provoca lesiones hepáticas.	Está ampliamente distribuido en el medio ambiente, es transportado por el viento al aire en polvos de metales; se puede liberar en la combustión de combustibles fósiles e incendios forestales.
<b>CROMO</b>	El cromo hexavalente, está clasificado como agente cancerígeno por la IARC, cuando la exposición es por vía inhalación.	Se encuentra en el aire en forma de material particulado; las principales fuentes de emisiones son las centrales térmicas, humo del cigarrillo.

<b>PLOMO</b>	Efectos agudos sobre el sistema nervioso central, neuromusculares.	Humos desprendidos de la soldadura, quema de combustibles fósiles, de la gasolina con plomo, humo del cigarrillo. El plomo es removido del aire por la lluvia.
<b>HIERRO</b>	Provoca irritación de las mucosas, su exposición a una cantidad suficiente produce daño hepático.	Es el elemento que registra concentraciones más altas con respecto a los otros metales analizados, ya que al ser un elemento natural del medio ambiente, por su peso es el cuarto elemento más abundante en la corteza de la tierra.
<b>MANGANESO</b>	La intoxicación aguda provoca neumonía, embolia de los pulmones y bronquitis, así como puede causar parkinson.	La presencia de este elemento puede deberse a su uso como aditivo en gasolina para mejorar el octanaje; el agente que contiene este elemento puede degradarse rápidamente en el ambiente cuando se expone a la luz natural, liberando así el manganeso.
<b>BARIO</b>	Los compuestos de bario presentan efectos irritantes sobre los ojos.	Se utiliza en la fabricación de aleaciones para las piezas de níquel-bario del sistema de encendido de automóviles, en la fabricación de vidrios y cerámicas.

**Fuente:** Ruben Marcos Huatuco, UNMSM, 2011. A partir de: Centro de Estudios Ambientales Universidad de Cuenca, Ecuador, y Water Treatment Solutions Lenntech.

### **Metales Livianos o ligeros:**

Son aquellos elementos metálicos que tienen un peso atómico bajo, baja densidad y los metales de este tipo tienden a tener un nivel inferior de la toxicidad que los metales pesados. Entre ellos destaca el aluminio, titanio, berilio y magnesio (Santiago, 2015, p. 3)

**Tabla N°4: Características toxicológicas de los metales livianos o ligeros.**

<b>Metal</b>	<b>Características Toxicológicas</b>	<b>Principales Fuentes</b>
<b>ALUMINIO</b>	Puede acumularse en las plantas y causar problemas en la salud humana; es uno de los metales más ampliamente usados.	Se encuentra suspendido en pequeñas partículas de polvo.
<b>MAGNE-SIO</b>	En la industria su toxicidad se considera baja.	Se utiliza principalmente en forma de aleación, para componentes de automóviles y para herramientas de mano que requieren resistencia.

**Fuente:** Ruben Marcos Huatuco, UNMSM, 2011. A partir de: Centro de Estudios Ambientales Universidad de Cuenca, Ecuador, y Water Treatment Solutions Lenntech.

### 1.3.2.9 Equipo Muestreador de Material Particulado

#### **Thermo Scientific Partisol 2000i Air Sampler de Bajo Volumen:**

El equipo Muestreador de Material Particulado Partisol 2000i provee el muestreo de partículas y el monitoreo de parámetros meteorológicos como temperatura ambiente y presión atmosférica

Este equipo cuenta con un poderoso motor que puede muestrear de manera continua durante 24 horas, lo cual le permite un trabajo de muestreo continuo y sin demoras o pérdidas de tiempo. Además, puede registrar digitalmente parámetros como temperatura, presión barométrica y el volumen acumulado el cual también es corregido automáticamente por el microprocesador a condiciones estándares. Toda esta información puede ser descargada a una PC cuando el usuario así lo requiera, de lo contrario, podrá visualizar estos datos en la pantalla del Equipo (ÁLVAREZ, 2015, p.3).



### **1.3.2.10 Software PMF Model EPA**

El modelo de Factorización de Matriz Positiva (PMF) - EPA es un modelo de receptor matemático desarrollado por científicos de la Agencia de Protección Ambiental que proporciona apoyo científico para el desarrollo y revisión de estándares de calidad de aire y agua. El modelo puede analizar una amplia gama de datos de muestras ambientales, y reduce el gran número de variables en conjuntos de datos analíticos llamados tipos fuente y contribuciones de fuentes. Los tipos de fuente se identifican comparándolos con perfiles medidos y las contribuciones de la fuente se usan para determinar cuánto cada fuente contribuyó a una muestra.

Los usuarios del modelo PMF de la EPA proporcionan archivos de las concentraciones e incertidumbres de las especies de muestra y el número de fuentes, puede calcular los perfiles de origen o huellas dactilares, las contribuciones de la fuente y las incertidumbres del perfil de origen.

El software utiliza interfaces gráficas de usuario que facilitan la entrada de datos, la visualización del diagnóstico del modelo y la exportación de resultados. Los algoritmos utilizados en el modelo PMF han sido revisados por los científicos líderes en gestión de la calidad del aire y del agua (EPA, 2014, p.20).

### **1.3.2.11 Análisis Químico ICP-MS**

La Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente, es una técnica de análisis inorgánico elemental e isotópico capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica, determina los elementos en un análisis multielemental que provee la composición de la muestra analizada.

La técnica se introdujo comercialmente en 1983 y ha ganado aceptación general en muchos tipos de laboratorios. ICP-MS tiene muchas ventajas sobre otras técnicas de análisis elemental, que incluye; límites de detección para la mayoría de los elementos iguales o mejores que los obtenidos por Espectroscopia de Absorción Atómica de Horno de Grafito (GFAAS), y la capacidad de obtener información isotópica (Bazilio, A. y Weinrich, J. 2012, p.6).

### 1.3.3 Marco Legal

#### 1.3.3.1 Ley General del Ambiente – Ley N°28611

La Ley General del Ambiente, establece en el Artículo 118 de la Protección de la Calidad del aire, que las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, deben adoptar medidas para la prevención, vigilancia y control ambiental y epidemiológico, con la finalidad de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire. Se debe actuar prioritariamente en las zonas en las que se superen los niveles de alerta por la presencia de contaminantes, y debe aplicarse planes de contingencia para la prevención y mitigación de riesgos y daños sobre la salud y el medio ambiente (Capítulo 3, p. 62).

#### 1.3.3.2 Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM

##### **Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire y establecen Disposiciones Complementarias:**

En el Artículo 1 y 2 a partir del D.S. N° 074-2001-PCM se indica que:

La presente norma establece los estándares nacionales de calidad ambiental del aire, con la finalidad de proteger la salud y de promover que las políticas e inversiones públicas y privadas contribuyan al mejoramiento de la calidad del aire (Título I, p.3).

En el Artículo N°2 de la presente norma tiene como principios generales:

- a) Es obligación de todo ciudadano, la protección de la calidad del aire.
- b) Las medidas de mejoramiento de la calidad del aire se basan en análisis costo beneficio.
- c) La población recibirá información y educación que mejoren sus prácticas en el cuidado de la calidad del aire, y estas serán constantes y confiables.

En las siguientes tablas se presentan los Estándares de Calidad del Aire en el Perú, así como en algunos países y organizaciones que tienen sus normas reglamentadas con valores de límites permisibles correspondientes.

**Tabla N°5: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire.**

Parámetros	Período	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de azufre	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta
Dióxido de nitrógeno	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro a 2.5 micras	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio gaseosa total	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método)
Plomo (Pb) en PM	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	Método para PM (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (HS)	24 horas	150	Media aritmética	(Método automático)

**Fuente:** D.S. N°003-2017-MINAM. A partir de: D.S. N° 074-2001-PCM. Y del D.S. N° 003-2008-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

**Tabla N°6: Valores de tránsito.**

CONTAMINANTE	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	100	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
PM-10	Anual	80	Media aritmética anual	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	24 horas	200	NE más de 3 veces/año	
Dióxido de Nitrógeno	1 hora	250	NE más de 24 veces/año	Quimioluminiscencia (Método automático)
Ozono	8 horas	160	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)

**Fuente:** D.S. N° 074-2001-PCM.

**Tabla N°7: Normas Internacionales de estándares de Calidad del Aire.**

CONTAMINANTE	PERIODO	ORGANISMOS		PAÍSES		
		OMS	E.U.A. EPA/USEPA	PERÚ ECA	ARGENTINA	BRASIL
Valor ug/m <sup>3</sup> o equivalente (ppm)	<b>Anual</b>		0.03		80(0.03)	
	<b>24h</b>	20	0.14	250	365(0.14)	365
	<b>3h</b>				1300(0.50)	
	<b>10min</b>	500				
<b>Partículas Totales en Suspensión</b>	<b>24h</b>	120	260			240
<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>Anual</b>	20	50	50	50	50
	<b>24h</b>	50	150	100	150	150
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Anual</b>	10	15	25	15	
	<b>24h</b>	25	35	50	65	
<b>CO</b>	<b>8h</b>	10000 (10)	10000 (9)	10000	10000 (9)	10000 (9)
	<b>1h</b>	30000 (25)	40000 (35)	30000	40000 (35)	40000 (35)
<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>Anual</b>	40	53 ppb	100	100	
	<b>24h</b>	150	300 (0.16)			
	<b>1h</b>	200	100 ppb	200		320
<b>Plomo</b>	<b>Anual</b>	0.5		0.5		
	<b>1 Mes</b>			1.5		
	<b>Trimestral</b>		1.5		1.5	
<b>Partículas sedimentables</b>	<b>1 Mes</b>	0.5	0.5		0.5	1

**Fuente:** Ruben Marcos Huatuco, UNMSM, 2011. A partir de: D.S. N° 074-2001-PCM, EPA Agencia de Protección Ambiental de Estado Unidos, EEA European Environmental Agency y otros.

### 1.3.3.3 Decreto Supremo N° 009-2003-SA009

#### Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire:

El presente reglamento tiene como fin regular los niveles de estados de alerta para los principales contaminantes del aire, los cuales se establecen a efectos de activar, en forma inmediata, un conjunto de medidas predeterminadas de corta duración con la finalidad de prevenir riesgos a la salud y evitar la exposición excesiva de la población a los contaminantes del aire establecidos en el presente reglamento (Artículo 1, p. 2).

A continuación se muestran los niveles de estados de alerta nacionales de contaminantes del aire respecto de los siguientes contaminantes críticos:

**Tabla N°8: Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire**

<b>TIPOS DE ALERTA</b>	Material Particulado (PM10)	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Monóxido de Carbono (CO)	Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)
Cuidado	>250 ug/m <sup>3</sup> prom. Aritmético 24 horas	>500 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 3 horas	>15 000 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 8 horas	>15 000 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 24 horas
Peligro	>350 ug/m <sup>3</sup> prom. Aritmético 24 horas	>1 500 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 3 horas	>20 000 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 8 horas	>3 000 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 24 horas
Emergencia	>420 ug/m <sup>3</sup> prom. Aritmético 24 horas	>2 500 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 3 horas	>35 000 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 8 horas	>5 000 ug/m <sup>3</sup> prom. Móvil 24 horas

Fuente: Decreto Supremo N° 009-2003-SA009

### 1.3.3.4 Agencia de Protección Ambiental: AQI EPA- 456/F-14-002.

Los Estados Unidos, la Agencia de Protección del medio ambiente - EPA y su agencia local de calidad del aire, brindan información sobre el aire y pronósticos del clima. Por ello, una herramienta que se desarrolló es el Índice de Calidad del Aire – EPA para proporcionar información simple sobre la calidad del aire local y las acciones que se deben tomar para proteger la salud humana.

**Tabla N°9: Índice de Calidad del Aire por la EPA - EPA-456/F-14-002.**

<b>Índice de Calidad del Aire</b>	<b>Acciones para proteger su salud De la contaminación de partículas</b>
Bueno (0-50)	Ninguna
Moderado (51-100 *)	Las personas inusualmente sensibles deberían considerar reducir el esfuerzo prolongado o pesado.
Poco saludable para grupos sensibles (101-150)	Los siguientes grupos deben reducir el esfuerzo prolongado o intenso: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas con enfermedades cardíacas o pulmonares.</li> <li>• Niños y adultos mayores</li> </ul>
Poco saludable (151-200)	Los siguientes grupos deben evitar el esfuerzo prolongado o intenso: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas con enfermedades cardíacas o pulmonares.</li> <li>• Niños y adultos mayores. Todos los demás deben reducir el esfuerzo prolongado o intenso.</li> </ul>
Muy poco saludable (201-300)	Los siguientes grupos deben evitar toda actividad física al aire libre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas con enfermedades cardíacas o pulmonares.</li> <li>• Niños y adultos mayores Todos los demás deben evitar el esfuerzo prolongado o intenso.</li> </ul>
* Para partículas de hasta 2.5 micrómetros de diámetro: un AQI de 100 corresponde a 35 microgramos por metro cúbico (promediado durante 24 horas). * Para partículas de hasta 10 micrómetros de diámetro: un AQI de 100 corresponde a 150 microgramos por metro cúbico (promediado durante 24 horas).	

**Fuente: Agencia de Protección Ambiental – EPA, 2014.**

## **1.4 Formulación del problema:**

### **1.4.1 Problema General**

¿Cuál es la relación de la composición de los aerosoles atmosféricos en la identificación de las fuentes contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017?

### **1.4.2 Problemas Específicos**

¿Cómo se relaciona el análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos en la identificación de las fuentes puntuales en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra?

¿Cómo se relaciona el análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos en la identificación de las fuentes móviles en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra?

¿Cómo se relaciona el análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos en la identificación de las fuentes de área en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra?

## **1.5 Justificación del estudio**

En la actualidad se observa como el crecimiento poblacional y el aumento tanto de fuentes puntuales, móviles y fuentes de área en la ciudad de Lima Metropolitana, van degradando la calidad del aire a consecuencia de los diversos contaminantes que estas fuentes emiten hacia la atmósfera y que a su vez exceden las concentraciones limitadas en las normas nacionales y normas internacionales. Así mismo, esta acción conocida como contaminación del aire resulta perjudicial tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

Por otro lado, algunos estudios nacionales y fuera del país han demostrado que existe una relación entre el nivel de concentración de contaminantes como material particulado (MP) con la incidencia de muertes prematuras y varias enfermedades cardiorrespiratorias en adultos y menores. Po siguiente, la disminución de la visibilidad, daños a los materiales e infraestructuras y sobre

todo impactos negativos en la flora y fauna, son evidencias de los efectos ambientales a causa de estos contaminantes. Y el contaminante que más ha sido asociado a eventos de mortalidad y morbilidad en la sociedad es el material particulado (Pope y Dockery, 2006, p.709).

El Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental, presentó resultados del “Segundo Estudio de Saturación de la Calidad del Aire de Lima Metropolitana y el Callao”, donde se señala a Lima como una ciudad predominante en material particulado, debido a las emisiones de humo vehicular, industrias, zonas con escasa vegetación y áreas sin pavimento. Se muestra que el Cono Norte y Cono Este son los lugares que presentan mayor contaminación de aire, los cuales están comprendido como el distrito de San Juan de Lurigancho, Carabayllo y Comas (DIGESA, 2012, p. 33). La Directora general de la DIGESA, Lic. Mónica Saavedra Chumbe manifestó que “La práctica de ciertas actividades de la industria informal como las fundiciones, ladrilleras o quema de baterías son causas de la actual contaminación ambiental en estas zonas” (Saavedra, 2012).

Por lo que a partir de este problema ambiental, surge la importancia de realizar el estudio en un distrito representativo de la zona Norte como Puente Piedra y de la zona Este como San Juan de Lurigancho, sobre lo indispensable que es identificar las principales fuentes emisoras de los contaminantes atmosféricos para que a posterior se puedan tomar medidas correctivas y preventivas sobre los sectores involucrados. Por ello el presente proyecto de investigación tiene como objetivos específicos realizar el análisis de la composición tanto química como física del material particulado para determinar sus principales contaminantes que lo componen y para la posterior identificación sus principales fuentes emisoras en los distritos de contaminantes San Juan de Lurigancho y Puente Piedra, quienes presentan altas concentraciones de partículas en suspensión. Finalmente para conocer, el distrito con mayor riesgo de afectación a la salud de la población, no con la intención de clasificar negativamente, sino que se busca que hayan más distritos que monitoreen la calidad del aire.



## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis General**

El análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos permite la identificación de las principales fuentes contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017.

### **1.6.2 Hipótesis Específicos**

La composición de los aerosoles atmosféricos facilita la identificación de las principales fuentes puntuales en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.

La composición de los aerosoles atmosféricos facilita la identificación de las principales fuentes móviles en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.

La composición de los aerosoles atmosféricos facilita la identificación de las principales fuentes de área en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

Evaluar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

Analizar de la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes puntuales en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.

Analizar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes móviles en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.

Analizar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes de área en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de Investigación

El diseño de investigación es No Experimental, ya que en el presente estudio no se realizó ninguna manipulación en la variable independiente, es decir son variables que se dieron sin intervención directa del investigador. Es de tipo Longitudinal, ya que se realizaron observaciones y se recolectaron datos en un periodo de 32 días (SAMPIERI, 1997, p.58).

**Técnica:** Observacional, ya que se analizará el comportamiento de las variables según lo observado.

### 2.2 Variables y Operacionalización

#### 2.2.1 Variable Independiente

Composición de los aerosoles atmosféricos

#### 2.2.2 Variables Dependiente

Fuentes contaminantes.

### 2.2.3 Operacionalización de Variables

**Cuadro N°1: Matriz de Operacionalización**

TÍTULO: “COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS Y SU RELACIÓN CON LAS FUENTES CONTAMINANTES EN LOS DISTRITOS DE SAN JUAN DE LURIGANCHO Y PUENTE PIEDRA 2017”							
VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
<b>INDEPENDIENTE</b>	<b>X:</b> AEROSOLES ATMOSFÉRICOS	Son pequeñas partículas menores a 100 µm en estado sólido o líquido presentes en suspensión en la atmósfera, y son generados por eventos naturales y emitidos en grandes cantidades por actividades de origen antropogénica (Teresa Moreno, 2007, p.2).	Se procede a realizar el muestreo de partículas de PM-10 y PM-2.5 con el equipo Partisol 2000i para luego procesar y obtener el peso total de las partículas por gravimetría. Luego se analiza por fluorescencia de rayos X para determinar su composición química del contaminante.	Composición física del material particulado.	Cantidad de Material particulado <10 µm de diámetro.	Gramos (g)	
					Cantidad de Material particulado <2.5µm de diámetro.	Gramos (g)	
				Composición química del material particulado.	Concentración de PM-10 y PM-2.5.	µg/m <sup>3</sup>	
					Concentración de metales pesados.	µg/m <sup>3</sup>	
<b>DEPENDIENTE</b>	<b>Y:</b> FUENTES CONTAMINANTES	Se define como fuente contaminante o emisoras a cualquier dispositivo o instalación, estático o en movilidad, que emite de forma continua o discontinua contaminantes en estado sólido, líquido o gaseoso y pueden generar una modificación del medio natural (MINAM, 2009, p. 21).	La identificación de las principales fuentes emisoras de contaminantes en el aire de los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra, se llevará a cabo por medio del programa Software PMF model – EPA, y a través de un reconocimiento en campo de fuentes.	Fuentes Puntuales o Fijas	- Industrias químicas.	% antimonio % de cobre % de hierro	% de zinc % de bario % de calcio
					- Industria petroquímica	% de cromo % de plomo	% de sodio % de zinc
					- Industria cerámica	% de potasio	% de bario % de calcio
					- Fundición de metales	% de zinc % aluminio	% de hierro % de plomo
				Fuentes Móviles	- Tráfico vehicular	% de Plomo % de cobre	% de silicio % aluminio
				Fuentes de Área	- Factor comercial	% de calcio % de titanio % de zinc	% de aluminio % de silicio
					- Industria inmobiliaria (construcción)	% de cobre % de calcio	%manganeso % de silicio
					- Fuente Mineral (resuspensión del suelo)	% de calcio % potasio	% magnesio
- Fuente aerosol marino	% de sodio % magnesio	% potasio					

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Población y Muestra

### 2.3.1 Población

Los aerosoles atmosféricos dispersos alrededor de las Estaciones Automáticas de Calidad del Aire- SENAMHI instalados en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.

### 2.3.2 Muestra

La muestra son los filtros de cuarzo y teflón de 37.5mm de diámetro que capturan en promedio 0.002 gramos de partículas al día.

### 2.3.3 Diseño muestral

Se realizó en 25 días de muestreos consecutivos en el periodo de Abril y Mayo del 2017. El horario del cambio de filtros fue definido por el SENAMHI, según los siguientes cuadros:

**Cuadro N°2: Tiempo de Muestreo**

Tiempo de Muestreo	
Tipos de filtro	Horario
Filtros de teflón	09:00am - 08:00am. (24h)
Filtros de cuarzo	09:00 – 13:00 / 17:00 – 22:00

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N°3: Periodo de Monitoreo**

Días de muestreo para análisis químico y físico						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		19/04/17 Q	Q	Q	Q	Q
Q	F F	Q	Q	Q	Q	Q
Q	Q	F F	Q	Q	Q	Q
Q	Q	Q	F F	Q	Q	Q
Q	Q	Q	Q	F F	Q	21/05/17 Q

Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Procedimiento, técnicas, instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad, metodología

### 2.4.1 Descripción del procedimiento

Los procedimientos que se llevaron a cabo en el presente proyecto de investigación está dada por etapas, la cuales se describen a continuación:

#### ***Etapas 1: Capacitación***

En esta primera fase, se llevó a cabo la capacitación durante tres semanas en el mes de abril por el ingeniero a cargo del proyecto de monitoreo del Senamhi. Se capacitó el manejo adecuado del Equipo Partisol 2000i para realizar el muestreo de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, se enseñó el cambio de filtros de cuarzo, para análisis físico y filtros de teflón para análisis químico, y por último se explicó la descarga de la data de los equipos Partisol.

#### ***Etapas 2: Monitoreo***

Esta fase se realizó durante el periodo de abril y mayo, y el muestreo del material particulado con:

- Filtros de teflón: Tuvo una duración de 24 horas de 9:00am a 8:00am durante todo el periodo de monitoreo.
- Filtros de cuarzo: Tuvo una duración de 4 horas, menos hora debido a que no se pretende de que la muestra se sature y se pueda realizar el análisis físico sin dificultad, por lo que se optó de que el muestreo se realice un día a la semana y en dos momentos de 09:00 – 13:00 y de 17:00 – 22:00.

#### ***Etapas 3: Evaluación y Análisis de muestras***

Esta etapa involucra lo siguiente, después de haber realizado el monitoreo:

- Se realizó el post-pesado de cada filtro con la muestra.
- Se llevó a realizar el análisis químico de las muestras con la técnica Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS).
- Luego, se manejó el Software Modelo de Factorización de Matriz Positiva aprobado por la Agencia de Protección Ambiental (PMF Model – EPA).

#### ***Etapas 4: Gabinete o reporte de resultados***

Posterior, se pasó a realizar un diagnóstico de los resultados de cada fuente contaminante identificada, se realizó la discusión y comparación de las contribuciones en porcentaje de cada fuente con otros estudios de investigación.

## **Equipos y Materiales:**

### **Equipo Muestreador de Material Particulado Thermo Scientific Partisol 2000i Air Sample**

Llevado a cabo por un muestreador que aspira aire del ambiente a flujo constante de 16.7 L/min a través de un orificio de forma especial donde separa inercialmente el MP en fracciones de uno o más tamaños dentro de un rango determinado (PM-10 o PM-2.5). El material particulado es colectado en un filtro durante un periodo máximo de 24 horas y de forma continua sin interrupciones ni de pérdida de tiempo.

Cada filtro es pesado antes y después del muestreo para determinar el peso neto de la muestra colectada. El volumen del aire muestreado se encuentra a condiciones de 25°C y 1 atmósfera.

Finalmente, para obtener la concentración de materia particulado se calcula dividiendo el peso neto de la muestra entre el volumen de aire muestreado estandarizado, se expresa en microgramos por metro cúbico estándar ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### **Materiales**

Los materiales que se usaron durante la Segunda Etapa “Monitoreo” fueron:

- Filtros de cuarzo
- Filtros de Teflón
- Pinzas
- Soporte
- Casetes
- Mascarilla, guantes y guardapolvo.

Los Programas que se emplearán durante la Tercera Etapa “Evaluación y Análisis de muestras” serán:

- Software PMF Model – EPA
- Google Earth
- Microsoft Excel 2010
- Microsoft Word 2010

### 2.4.2 Técnica de recolección de datos

Observacional, ya que se analizará el comportamiento de las variables según lo observado, sin manipulación directa del investigador.

### 2.4.3 Instrumento recolección de datos

El instrumento empleado para la recolección de datos y búsqueda de información es la Ficha de Recolección de Datos de campo para cada distrito. Debido a que se irá recopilando datos durante las etapas que comprende el presente proyecto de investigación.

**Cuadro N°4: Instrumento para la Segunda Etapa.**

FORMATO PARA USO DE FILTROS DURANTE LA ETAPA DE MUESTREO EN EL DISTRITO DE .. EN EL PERIODO DE ABRIL Y MAYO 2017				
PUNTO DE MUESTREO:			...	
ENCARGADA DEL MUESTREO:			MISHEL ILIZARBE	
EQUIPO:			PARTISOL 2000i	
MUESTREO			PM <sub>10</sub> / PM <sub>2.5</sub>	
N°	Fecha de inicio de muestreo	Fecha de final de muestreo	Código del filtro	OBSERVACIÓN
1				
2				
..				
23				

**Fuente:**

Formato elaborado por SENAMHI.

**Cuadro N°5: Instrumento para la Tercera Etapa.**

Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN ..											
Dimensión: Composición Química del Material Particulado – Concentración de metales pesados PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub>											
FECHA	As	Ba	Ca	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb
...											
Concentración promedio											

**Fuente:** Elaboración propia.



**Cuadro N°6: Instrumento para la Tercera Etapa.**

METALES LIVIANOS EN PUENTE PIEDRA (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> )			
FECHA	Aluminio	Titanio	Magnesio
	Al	Ti	Mg
<b>PROMEDIO</b>			

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°7: Instrumento para la Tercera Etapa.**

Variable X: <b>COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN ...</b>						
Dimensión: Composición Física del Material Particulado PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub>						
N°	Fecha de muestreo	Hora	Periodo	Pre pesado	Post pesado	Peso de partículas (g)
1						
2						
3						
4						
...						
23						

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°8: Instrumento para la Cuarta Etapa.**

DISTRITO DE ...						
N°	TIPO	FUENTE CONTAMINANTE	CONTRIBUCIÓN DEL ELEMENTO METÁLICO			
			ELEMENTOS EN PM <sub>10</sub> (%)	CONCENTRACION (µg/m <sup>3</sup> )	ELEMENTOS EN PM <sub>2.5</sub> (%)	CONCENTRACION (µg/m <sup>3</sup> )
1	FUENTES PUNTUALES O FIJAS					
2	FUENTE MÓVIL					
3	FUENTES DE ÁREA					

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.4.4 Validez y confiabilidad

La validez tanto de las dimensiones, indicadores y del instrumento de recolección de datos en el presente proyecto de investigación fue dado por el Juicio de Expertos.

En la confiabilidad se aplicará el Alfa de Cronbach, coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida, y se realizará en base a los resultados obtenidos de las seis fichas de validación otorgadas por los jurados y asesores del presente proyecto de investigación.

**Cuadro N°9: Validación promedio de los Instrumentos por variable.**

<b>Validación del Instrumento de Investigación</b>			
<b>N°</b>	<b>Asesor</b>	<b>Primera Variable: Aerosoles atmosféricos</b>	<b>Segunda Variable: Fuentes Contaminantes</b>
1	Dr. Sabino Muñoz	80%	80%
2	Mg. Alejandro Suarez Alvites	90%	90%
3	Mg. Máximo Zevallos León	90%	90%
4	Dr. Antonio Delgado Arenas	90%	90%
5	Dr. Milton Túllume Chavesta	90%	90%
<b>6</b>	<b>Promedio de Valoración</b>	<b>88%</b>	<b>88%</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N°10: Estadística de fiabilidad de los Instrumentos.**

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>	
<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>N de elementos</b>
1,000	10

Como se observa en el cuadro N°10 el nivel de consistencia es muy alto ( $\alpha=100\%$ ). Presentando alta consistencia entre los ítems de cada instrumento de validación.

## 2.5 Metodología de análisis de datos

Los datos obtenidos del análisis químico (ICP-MS), son llevados al Software Modelo de Factorización de Matriz Positiva aprobado por la Agencia de Protección Ambiental (PMF Model – EPA), este programa incluirá estadísticos descriptivos de cada especie o muestra analizada

### 2.5.1 Recojo de datos

El recojo de datos se llevó a cabo por etapas descritas anteriormente y las fichas de recolección se mostraron en los cuadros N° 4, 5, 6, 7 y cuadro N°8, la cuales son:

Para la variable X: Aerosoles Atmosféricos:

- Ficha para los datos obtenidos del peso del  $PM_{10}$  (por filtros) en San Juan de Lurigancho.
- Ficha para los datos obtenidos del peso del  $PM_{2.5}$  (por filtros) en San Juan de Lurigancho.
- Ficha para los datos obtenidos del peso del  $PM_{10}$  (por filtros) en Puente Piedra.
- Ficha para los datos obtenidos del peso del  $PM_{2.5}$  (por filtros) en Puente Piedra.
- Ficha para los datos obtenidos de la concentración del  $PM_{10}$  en San Juan de Lurigancho.
- Ficha para los datos obtenidos de la concentración del  $PM_{2.5}$  en San Juan de Lurigancho.
- Ficha para los datos obtenidos de la concentración del  $PM_{10}$  en Puente Piedra.
- Ficha para los datos obtenidos de la concentración del  $PM_{2.5}$  en Puente Piedra.
- Ficha para los datos obtenidos de la concentración de metales pesados en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- Ficha para los datos obtenidos de la concentración de metales pesados en el distrito de Puente Piedra.

- Ficha para los datos obtenidos de la concentración de metales livianos en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- Ficha para los datos obtenidos de la concentración de metales livianos en el distrito de Puente Piedra.

Para la variable Y: Fuentes Contaminantes:

- Ficha para los resultados obtenidos del análisis de la composición del Material Particulado para la identificación de fuentes con el Software PMF Model – EPA en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- Ficha para los resultados obtenidos del análisis de la composición del Material Particulado para la identificación de fuentes con el Software PMF Model – EPA en el distrito de Puente Piedra.

## 2.5.2 Análisis de datos

**El 1° Análisis Químico:** A nivel de laboratorio, llamado “Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS)”, la cual proporcionó información multielemental de cada muestra, obteniéndose 25 elementos metálicos analizados, entre ellos; plomo, cadmio, antimonio, cromo, titanio, hierro, arsénico, cobre, níquel, etc. Sin embargo, para el análisis de datos realizados con el Software se consideraron para el distrito de San Juan de Lurigancho 21 elementos y para Puente Piedra 19 elementos metálicos, debido a que las concentraciones de los elementos metálicos faltantes estaban por debajo del límite de detección.

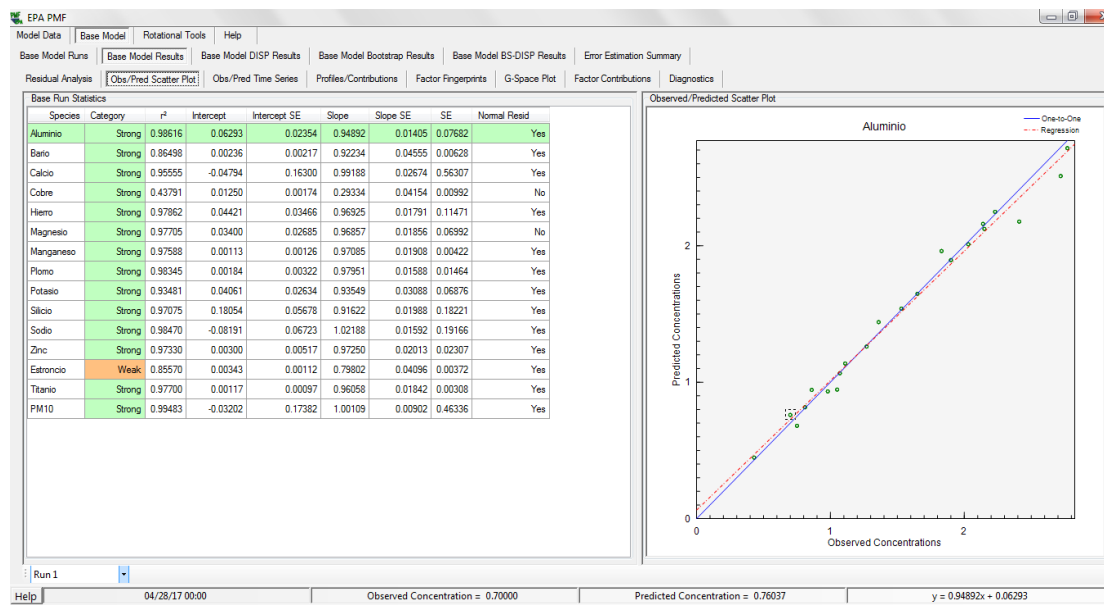
### **El 2° Análisis con el programa PMF MODEL –EPA:**

Se manejó el Software Modelo de Factorización de Matriz Positiva aprobado por la Agencia de Protección Ambiental (PMF Model – EPA), para lograr identificar el tipo de fuente contaminante y sus contribuciones a través de la comparación con perfiles medidos o huellas dactilares. El procedimiento es el siguiente:

- Para ejecutar el modelo EPA PMF se necesita dos grupos de datos de entrada diferentes: un archivo que contenga las concentraciones de todas las especies utilizadas en el modelo y un segundo archivo con las incertidumbres asociadas a esas concentraciones.
- El formato de estos archivos se presenta como hojas de Excel o como archivos de texto delimitados.

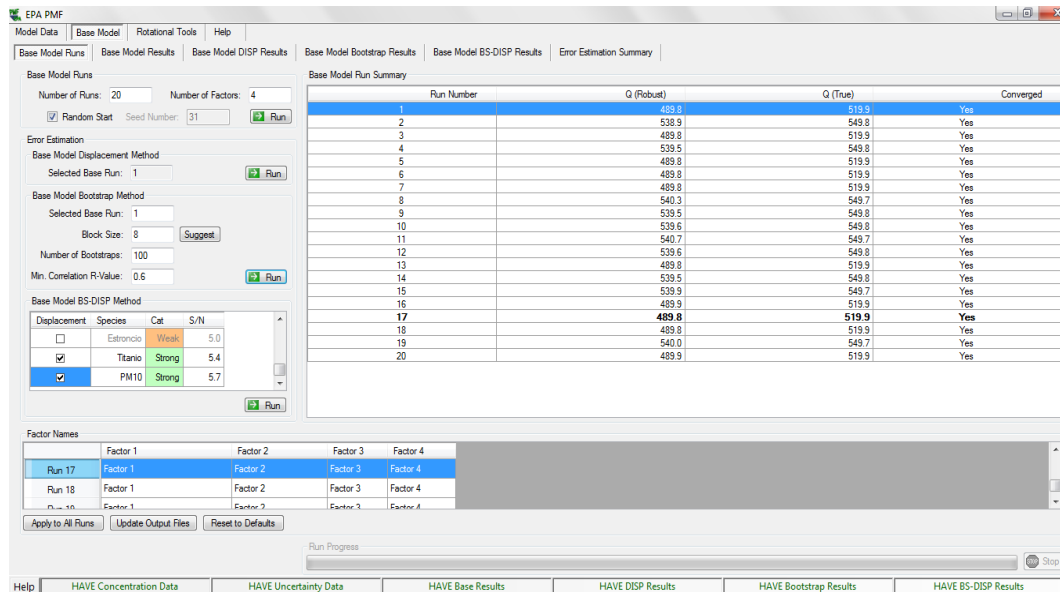
- En un archivo Excel, cada columna representa una especie, mientras que cada fila representa una muestra.
- Ordenar las muestras por orden creciente, siendo la última fila la muestra menos antigua. La primera fila se reserva para el nombre de las especies y la primera columna para las fechas de muestreo. El archivo de las concentraciones se presenta como “CON”.
- El archivo de las incertidumbres se presenta como “UNC” especificando al 15% cada muestra.
- Categorizar cada especie o muestra como “Strong” (fuerte), “Weak” (débil) o “Bad” (malo), según los valores de las concentraciones si son positivos o negativos y según el resultado de su línea de regresión.
- Especificar el número de factores a resolver y definir el número de puntos de comienzo, estos puntos son elegidos al azar.
- El modelo presenta, para cada uno de los puntos de inicio, un valor de Q (robust), la más correcta es la que presenta un valor de Q más bajo. Este valor de Q (robust) debe ser la más parecida al valor de Q (teórica), entendiendo ésta, como el número total de variables a ajustar.

**Fig. N°1: Categorización de cada especie o muestra.**



**Fuente:** Software PMF Model – EPA.

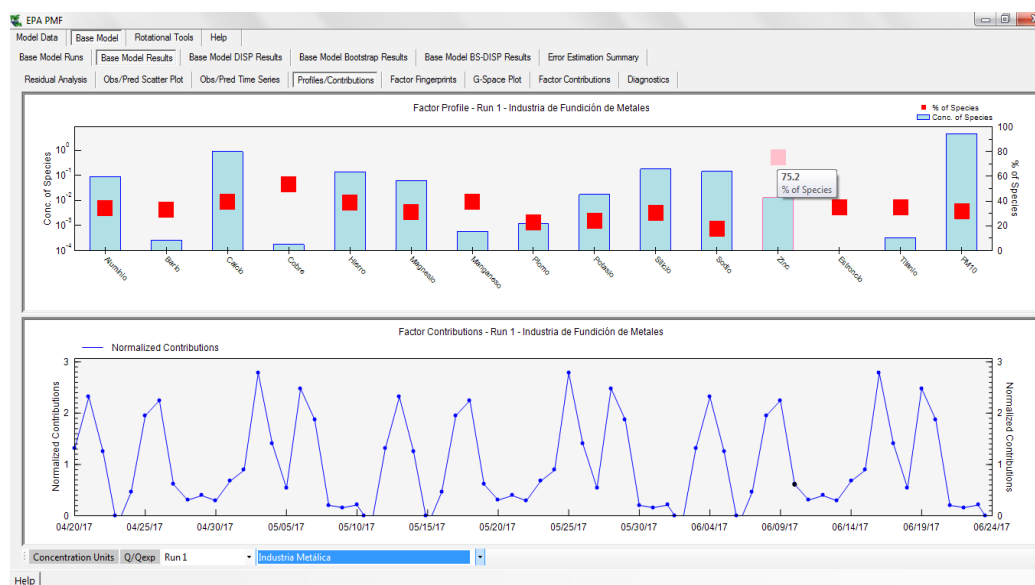
**Fig. N°2: Definición de los puntos de inicio.**



**Fuente:** Software PMF Model – EPA.

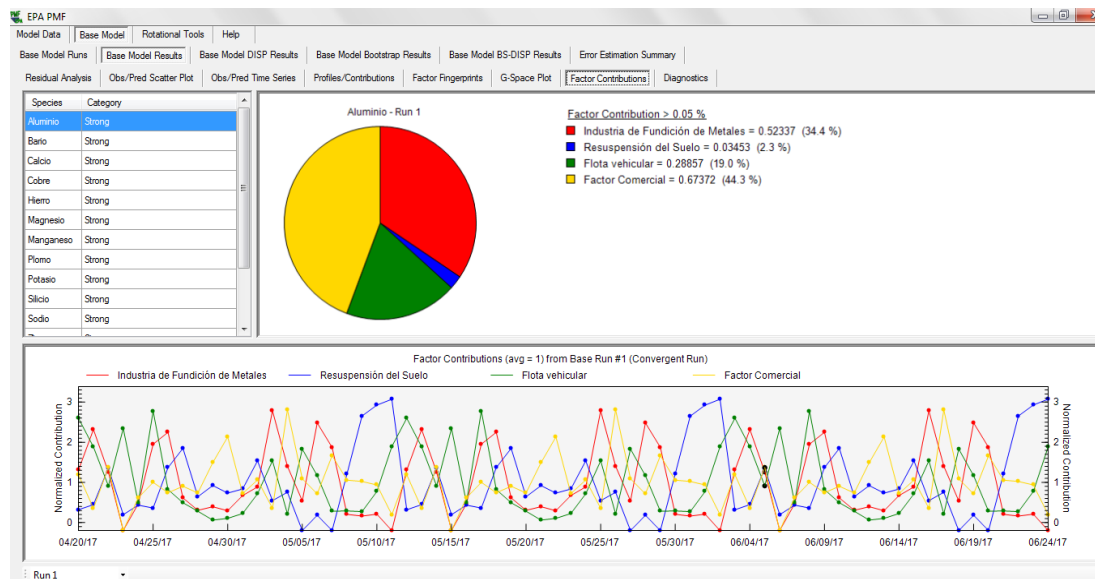
- Los resultados numéricos obtenidos del análisis del modelo se representa en las siguientes gráficas; la primera gráfica representa la contribución de cada especie, en concentración y en porcentaje, a los factores obtenidos. La segunda gráfica es una representación temporal de las contribuciones asociadas a cada factor.

**Fig. N°3: Contribución de cada especie o muestra por factor (fuente).**



**Fuente:** Software PMF Model – EPA.

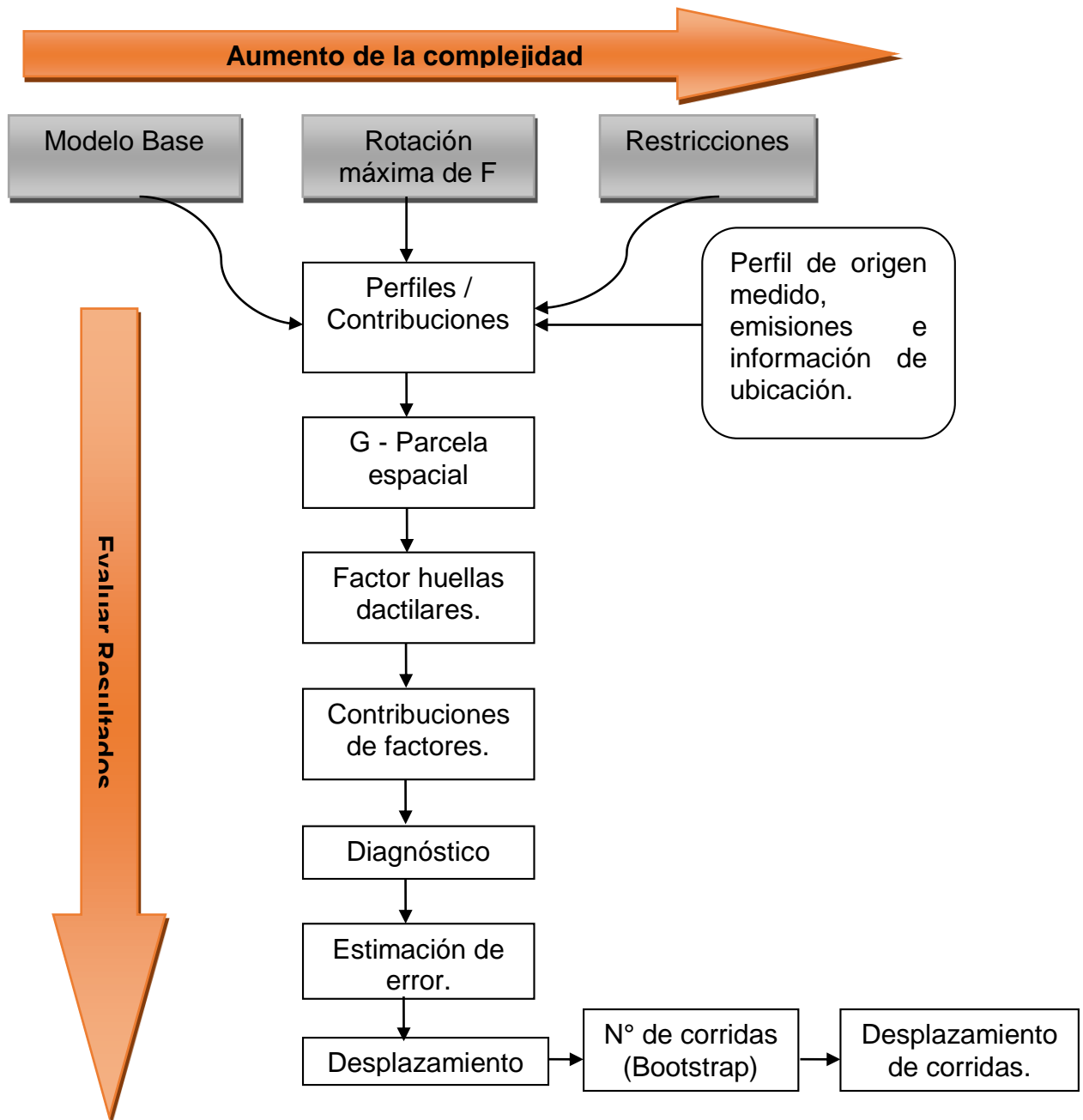
**Fig. N°4: Representación de la contribución de cada factor o fuente.**



**Fuente:** Software PMF Model – EPA.

A continuación se muestra el proceso que se sigue para el análisis con el Software PMF Model – EPA. Para ello se siguió los siguientes pasos de la Figura N°5.

Fig. N° 5: Proceso de análisis en el Software PMF Model – EPA.



**Fuente:** Manual de la EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide, 2014.



## 2.6 Ética Ambiental

Según Teresa Kwiatkowska, “la ética ambiental trata de establecer ideales positivos de florecimiento humano dentro de un mundo natural saludable y diverso. Combina esfuerzos por conservar la naturaleza con esfuerzos por desarrollar lo mejor de nosotros, considerando que la naturaleza no es meramente un recurso económico, sino un recurso estético, intelectual y espiritual” (2003, p.16)

El objetivo general del presente proyecto de investigación es efectuar el análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes emisoras en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra, con el fin de que en adelante se implementen mejoras y/o reduzcan las fuentes contaminantes del aire, y así contribuir no solo a la protección de la salud de las personas, sino también a la conservación y protección del medio ambiente.

Para ello, se tendrá en cuenta la veracidad de los resultados, es decir, desde el momento que se lleva a cabo la primera Fase hasta la cuarta Fase el análisis de los datos obtenidos serán sin ninguna manipulación externa con el objetivo de sustentar aportes que contribuyan con el medio ambiente.

### III. RESULTADOS

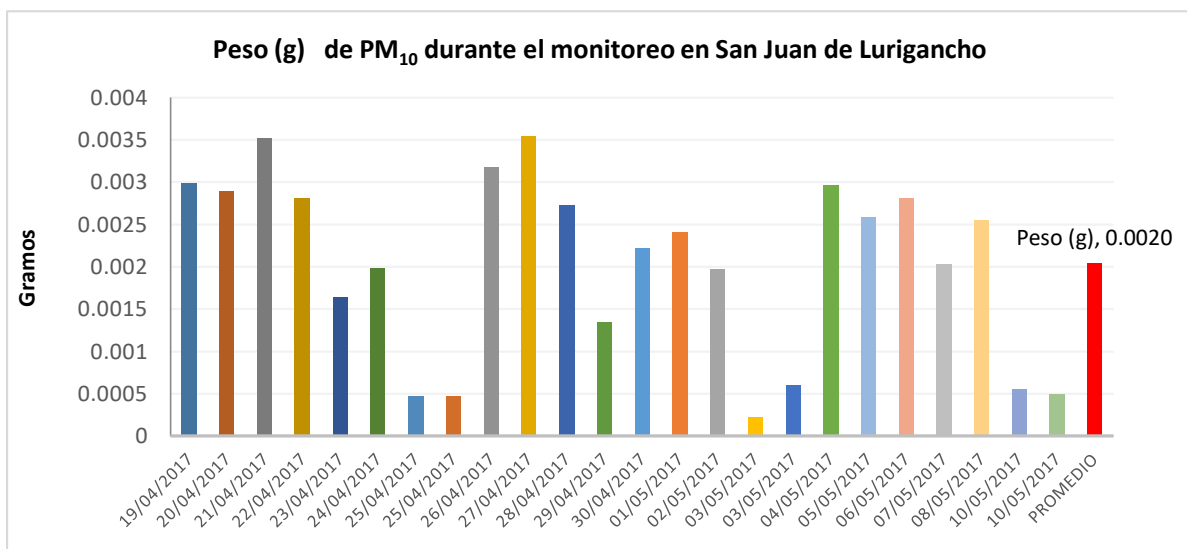
#### 3.1 VARIABLE X - Aerosoles Atmosféricos

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la composición física y química del PM<sub>10</sub> (material particulado menor a 10 µm de diámetro) y del PM<sub>2.5</sub> (material particulado menor a 2.5 µm de diámetro) de las Estaciones de Calidad del Aire en los distritos de San Juan de Lurigancho (SJL) y Puente Piedra (PPD) 2017.

##### 3.1.1 Composición Física del Material Particulado

##### 3.1.1.1 Peso del PM<sub>10</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°1: Peso del PM<sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho.**

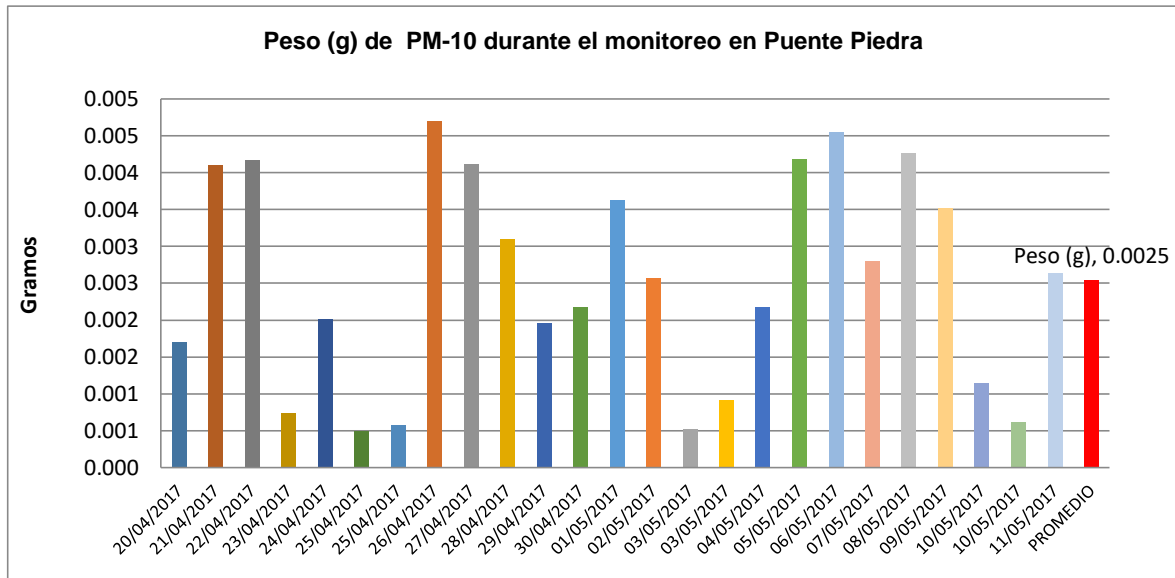


**Cuadro N°11: Resumen SJL PM<sub>10</sub>**

SJL PM <sub>10</sub>		
	Peso (g)	Fecha
<b>Máximo</b>	0.003544	27/04/17
<b>Mínimo</b>	0.000221	03/05/17
<b>Promedio</b>	0.0020 g de partículas filtradas.	

### 3.1.1.2 Peso del PM<sub>10</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de Puente Piedra

**Gráfico N°2: Peso del PM<sub>10</sub> en Puente Piedra.**



**Cuadro N°12: Resumen PPD PM<sub>10</sub>**

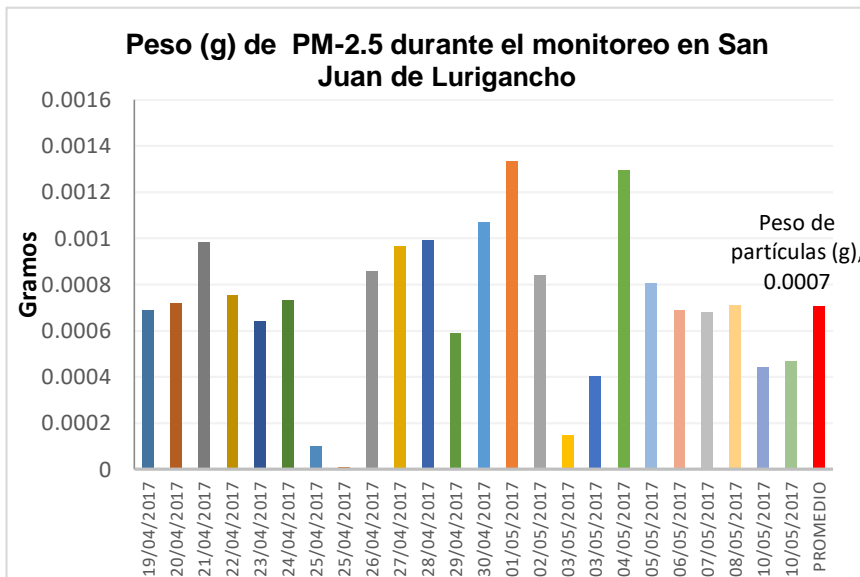
PPD PM <sub>10</sub>		
	Peso (g)	Fecha
<b>Máximo</b>	0.005	26/04/17
<b>Mínimo</b>	0.0009	25/04/17
<b>Promedio</b>	0.0025 g de partículas filtradas.	

Como se puede observar Puente Piedra tiene mayor peso de PM<sub>10</sub> filtradas durante todo el periodo de monitoreo, 0.0025 gramos de partículas PM<sub>10</sub> en promedio.

En cambio, en San Juan de Lurigancho, se obtuvo en promedio 0.0020 gramos de partículas PM<sub>10</sub>.

### 3.1.1.3 Peso del PM<sub>2.5</sub> filtrados en la Estación de Calidad del San Juan de Lurigancho

Gráfico N°3: Peso de partículas PM<sub>25</sub> en San Juan de Lurigancho.

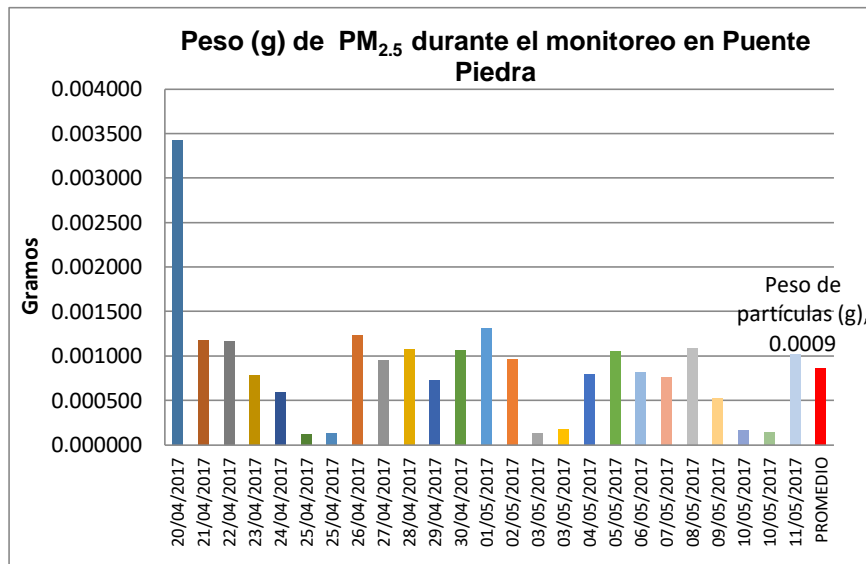


Cuadro N°13: Resumen SJL PM<sub>2.5</sub>

SJL PM <sub>2.5</sub>		
	Peso (g)	Fecha
Máximo	0.001335	01/05/17
Mínimo	0.00001	25/04/17
PROMEDIO	0.0007 g de partículas filtradas.	

### 3.1.1.4 Peso del PM-2.5 filtrados en la Estación de Calidad del Aire de Puente Piedra

Gráfico N°4: Peso de partículas PM<sub>25</sub> en Puente Piedra.



Cuadro N°14: Resumen PPD PM<sub>2.5</sub>

PPD PM <sub>2.5</sub>		
	Peso (g)	Fecha
Máximo	0.003424	20/04/17
Mínimo	0.000122	25/04/17
PROMEDIO	0.0009 g de partículas filtradas.	

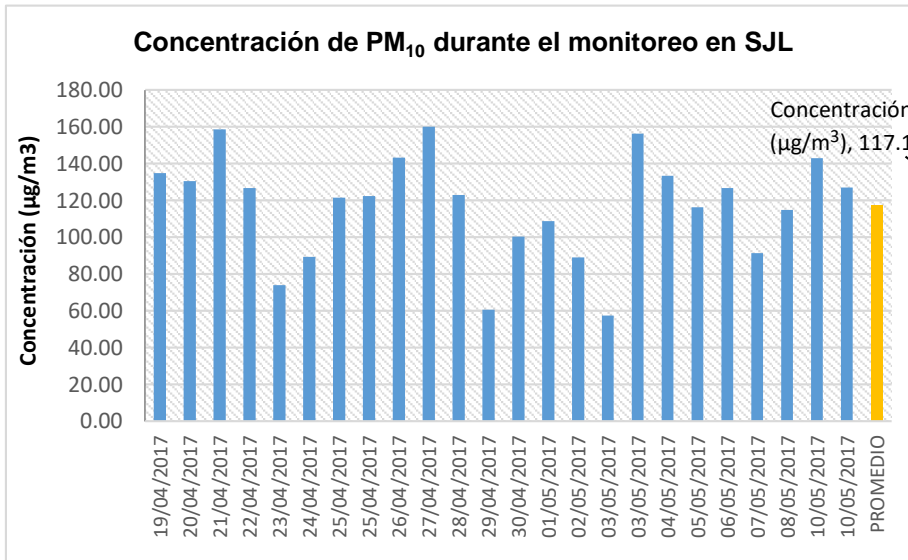
Se observa en los gráficos que hay mayor cantidad de partículas menores a 10 µm de diámetro en suspensión en el distrito de Puente Piedra, en promedio durante todo el monitoreo se filtró 0.0009 gramos de partículas (PM<sub>10</sub>). En cambio, en San Juan de Lurigancho, se registró en promedio 0.0007 gramos de PM<sub>10</sub>.

Por otro lado, los filtros para PM<sub>10</sub> tienen mayor peso que los filtros para PM<sub>2.5</sub> para ambos distritos.

### 3.1.2 Composición Química del Material Particulado

#### 3.1.2.1 Concentración de PM<sub>10</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°5: Concentración de partículas PM<sub>10</sub> en SJL.**

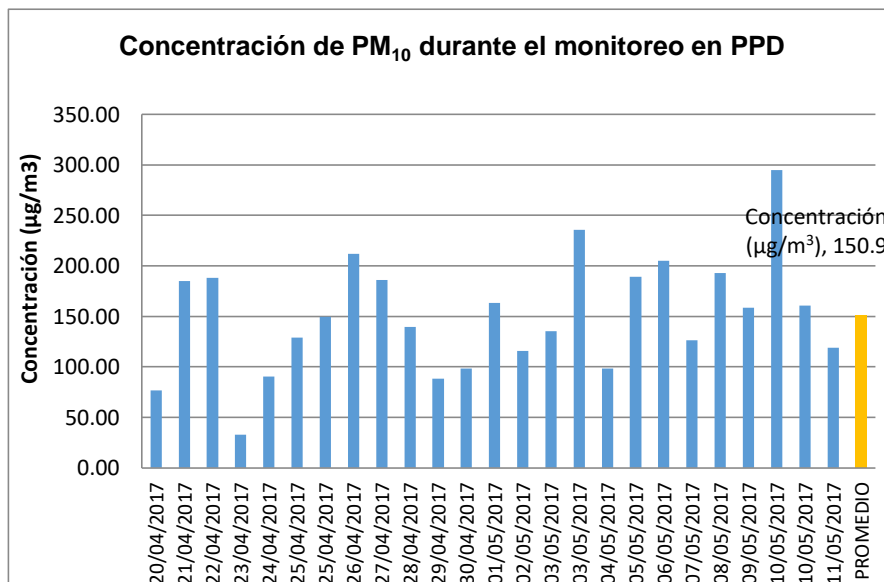


**Cuadro N°15:  
Resumen SJL PM<sub>10</sub>**

SJL PM <sub>10</sub>		
	Concentración (µg/m <sup>3</sup> )	Fecha
<b>Máximo</b>	160	27/04/17
<b>Mínimo</b>	57.40	03/05/17
<b>PROMEDIO</b>	117.1	µg/m <sup>3</sup> .

#### 3.1.2.2 Concentración de PM<sub>10</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de Puente Piedra

**Gráfico N°6: Concentración de partículas PM<sub>10</sub> en PPD**



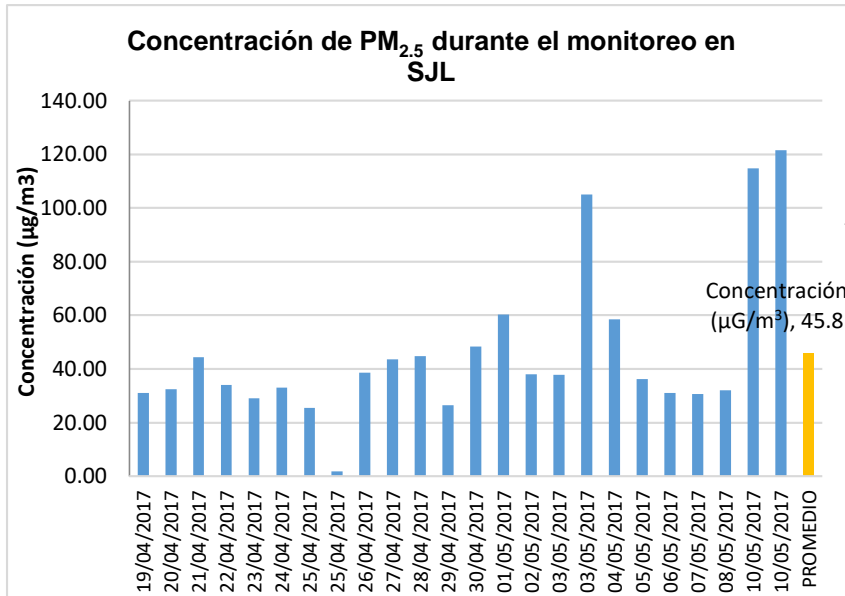
**Cuadro N°16:  
Resumen PPD PM<sub>10</sub>**

PPD PM <sub>10</sub>		
	Concentración (µg/m <sup>3</sup> )	Fecha
<b>Máximo</b>	295.06	10/05/17
<b>Mínimo</b>	33	23/04/17
<b>PROMEDIO</b>	150.9	µg/m <sup>3</sup> .

Ambos distritos registraron concentraciones altas de PM<sub>10</sub>; San Juan de Lurigancho registró en promedio la concentración de 117.1 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>. Sin embargo, Puente Piedra es el distrito más crítico registrando en promedio 150.9 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>.

### 3.1.2.3 Concentración de PM<sub>2.5</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°7: Concentración de partículas PM<sub>2.5</sub> en SJL.**

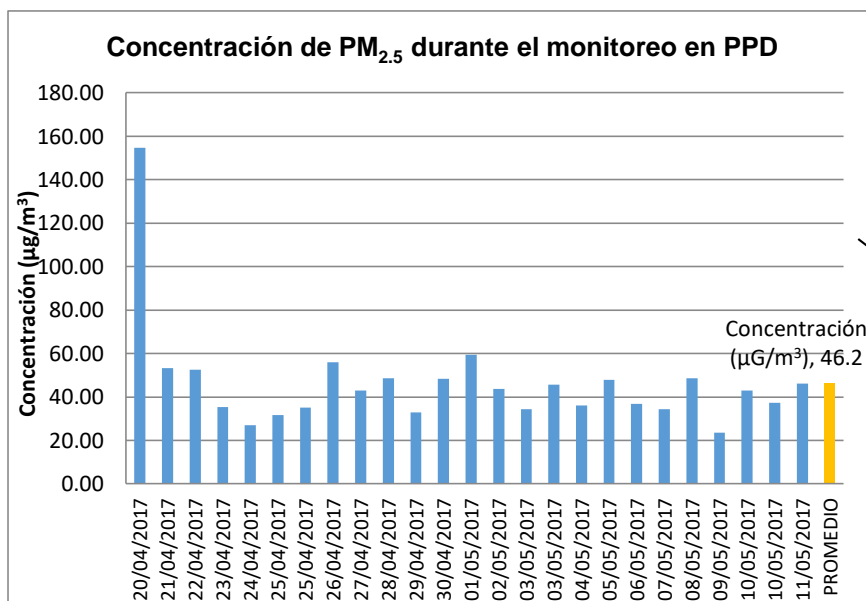


**Cuadro N°17: Resumen SJL PM<sub>2.5</sub>**

SJL PM <sub>2.5</sub>		
	Concentración (µg/m³)	Fecha
<b>Máximo</b>	121.56	10/05/17
<b>Mínimo</b>	0.001	25/04/17
<b>PROMEDIO</b>	45.8 µg/m³	

### 3.1.2.4 Concentración de PM<sub>2.5</sub> filtrados en la Estación de Calidad del Aire de Puente Piedra

**Gráfico N°8: Concentración de partículas PM<sub>2.5</sub> en PPD.**



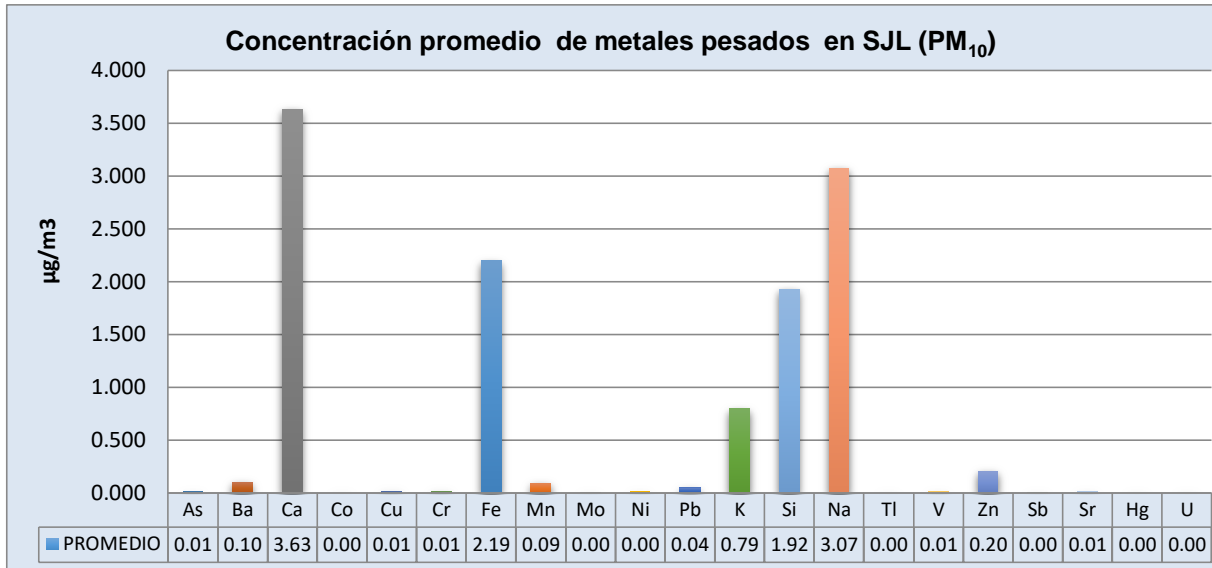
**Cuadro N°18: Resumen PPD PM<sub>2.5</sub>**

PPD PM <sub>2.5</sub>		
	Concentración (µg/m³)	Fecha
<b>Máximo</b>	154.58	20/04/17
<b>Mínimo</b>	23.66	24/04/17
<b>PROMEDIO</b>	46.2 µg/m³	

Ambos distritos registraron concentraciones altas de PM<sub>2.5</sub>, San Juan de Lurigancho registró en promedio la concentración de 45.8 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub>. Sin embargo, Puente Piedra es el distrito con más alta concentración de 46.2 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub>.

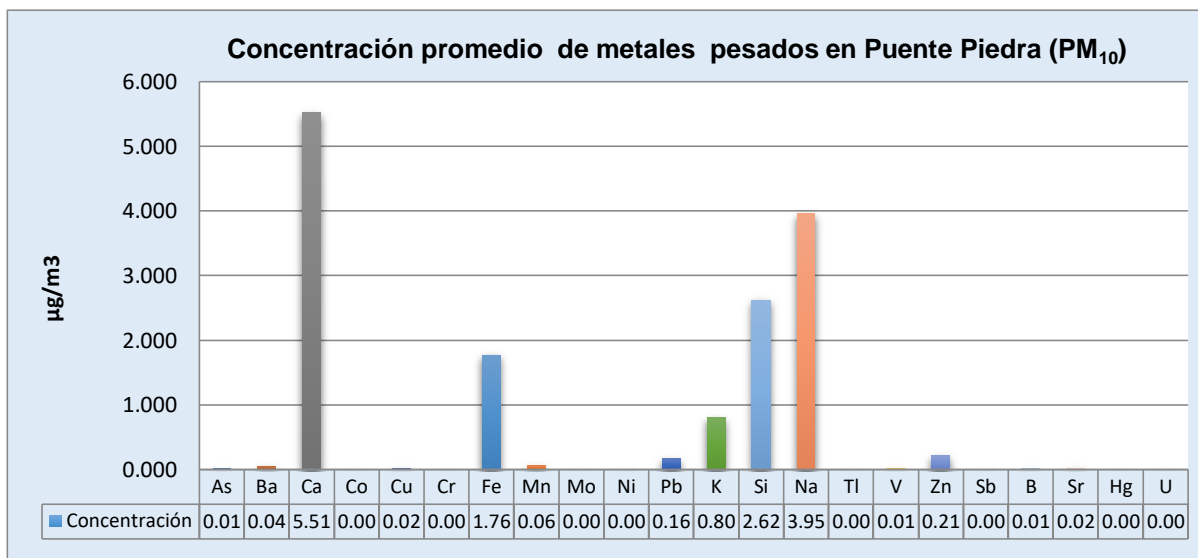
### 3.1.2.5 Concentración de metales pesados filtrados en PM<sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°9: Concentración Promedio de metales pesados en SJL (PM<sub>10</sub>)**



### 3.1.2.6 Concentración de metales pesados filtrados en PM<sub>10</sub> en Puente Piedra

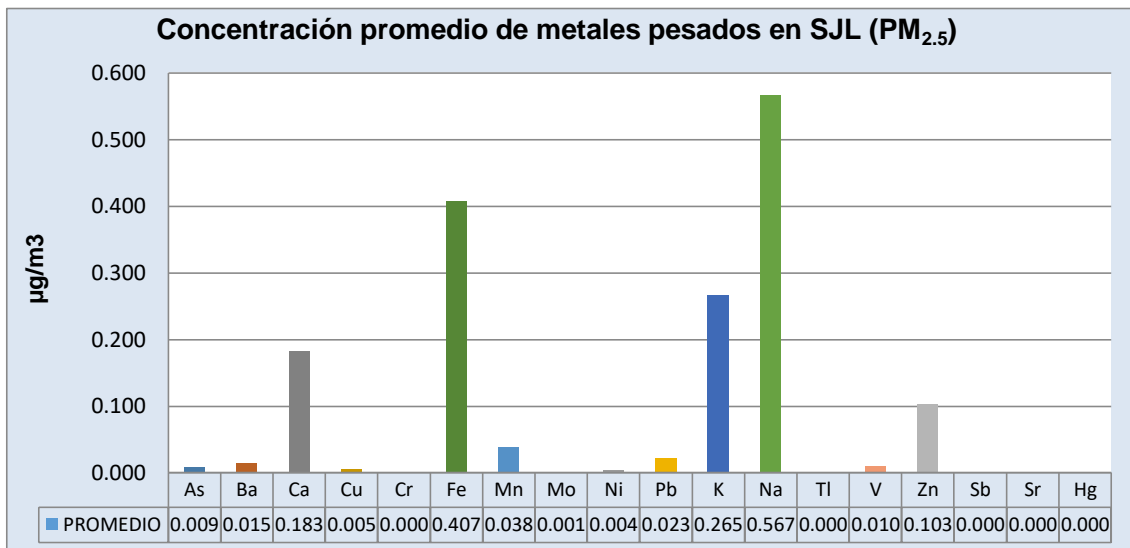
**Gráfico N°10: Concentración Promedio de metales pesados en PPD (PM<sub>10</sub>).**



En los gráficos de barra se puede observar, respecto a la composición química del PM<sub>10</sub> en ambos distritos se evidencia notablemente la presencia de los siguientes metales pesados: Fe, Ca, Pb, Mn y Zn. Puente Piedra registró en promedio 1.76 µg/m<sup>3</sup> de hierro (Fe). Sin embargo, San Juan de Lurigancho registró en promedio 2.19 µg/m<sup>3</sup> de Fe. Por otro lado, Puente piedra registró en promedio 5.51 µg/m<sup>3</sup> de Calcio (Ca) y SJL mostró una concentración promedio de 3.63 µg/m<sup>3</sup> de Ca.

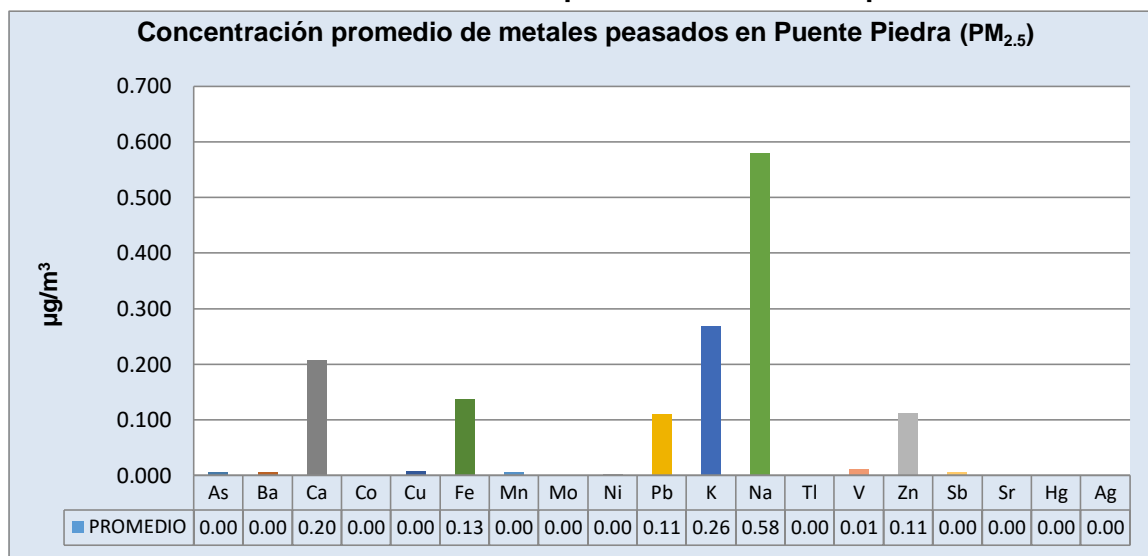
### 3.1.2.7 Concentración de metales pesados filtrados en PM<sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho

Gráfico N°11: Concentración promedio de metales pesados en SJL.



### 3.1.2.8 Concentración de metales pesados filtrados en PM<sub>2.5</sub> en Puente Piedra

Gráfico N°12: Concentración promedio de metales pesados en PPD.

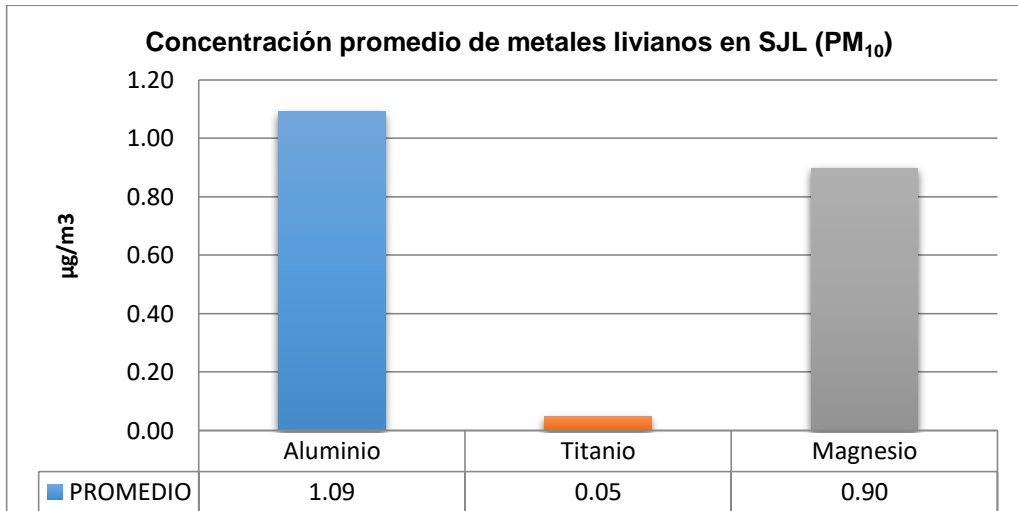


En los gráficos de barra se puede observar, respecto a la composición química del PM<sub>2.5</sub> en ambos distritos se evidencia notablemente la presencia de los siguientes metales pesados: Ca, Fe, Mn, Pb, K, Na y Zn. San Juan de Lurigancho registró en promedio 0.40 µg/m<sup>3</sup> de hierro (Fe) a comparación de Puente Piedra (0.11 µg/m<sup>3</sup>). Por otro lado, Puente piedra registró en promedio 0.20 µg/m<sup>3</sup> de Calcio (Ca) y SJL muestra una concentración promedio de 0.18 µg/m<sup>3</sup> de Ca. Puente Piedra presentó mayor concentración en Sodio (Na) con 0.58 µg/m<sup>3</sup> y SJL presentó en promedio 0.56 µg/m<sup>3</sup> de Na.



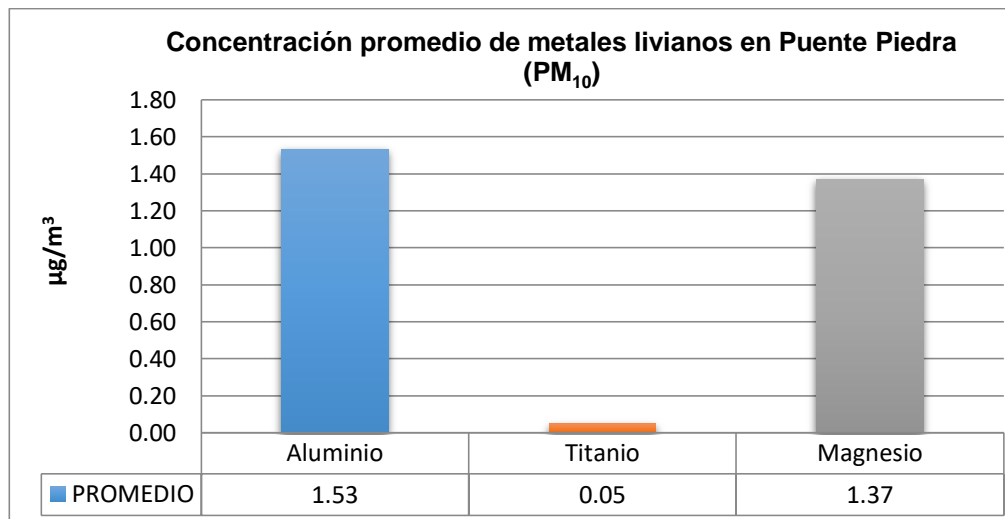
### 3.1.2.9 Concentración promedio de metales livianos filtrados en PM<sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°13: Concentración Promedio de metales livianos en SJL**



### 3.1.2.10 Concentración promedio de metales livianos filtrados en PM<sub>10</sub> en Puente Piedra

**Gráfico N°14: Concentración Promedio de metales livianos en PPD.**

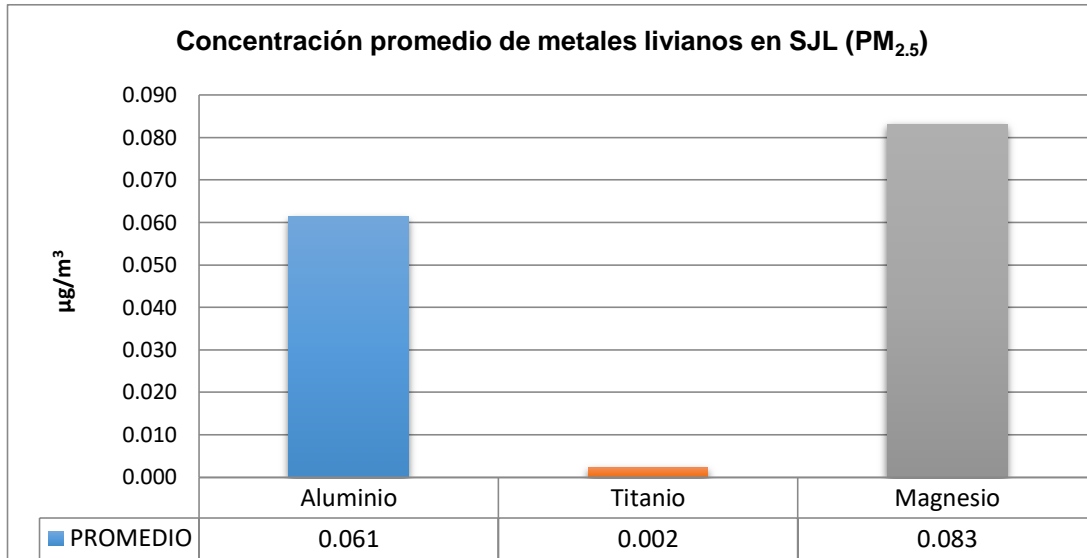


Respecto a los metales livianos, dentro de la composición química del PM<sub>10</sub> el distrito de Puente Piedra presenta mayor concentración en los siguientes metales livianos: Aluminio (Al), Titanio (Ti) y Magnesio (Mg).

- Respecto al Aluminio se registró en promedio 1.53 µg/m<sup>3</sup> y 1.09 µg/m<sup>3</sup> para Puente Piedra y San Juan de Lurigancho respectivamente.
- Respecto al Ti se registró en promedio 0.05 µg/m<sup>3</sup> para ambos distritos.
- Y para el Mg se registró en promedio 1.37 µg/m<sup>3</sup> y 0.90 µg/m<sup>3</sup> para Puente Piedra y San Juan de Lurigancho respectivamente.

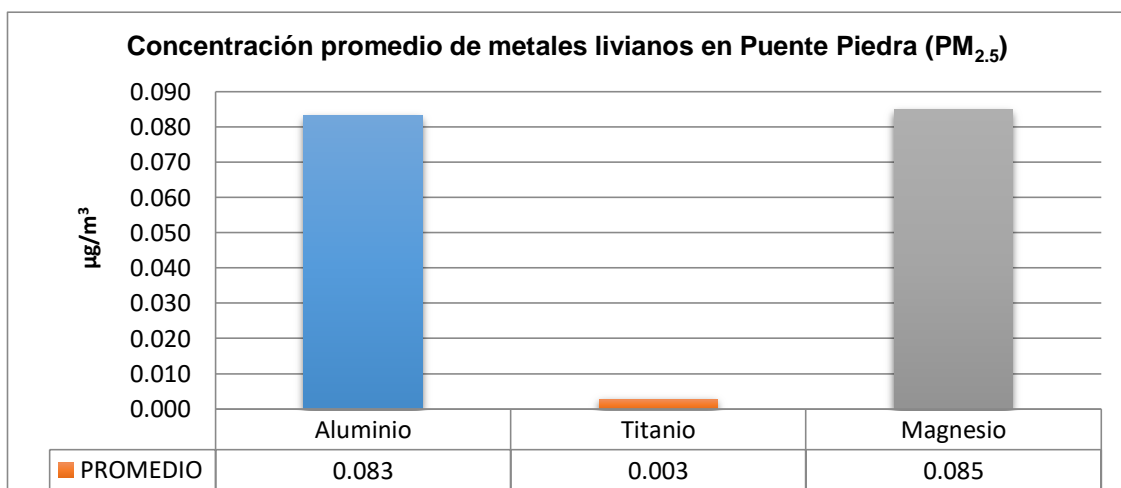
### 3.1.2.11 Concentración promedio de metales livianos filtrados en PM<sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°15: Concentración Promedio de metales livianos en SJL**



### 3.1.2.12 Concentración promedio de metales livianos filtrados en PM<sub>2.5</sub> en Puente Piedra

**Gráfico N°16: Concentración Promedio de metales livianos en PPD.**



Respecto a los metales livianos, dentro de la composición química del PM<sub>2.5</sub> el distrito de Puente Piedra presenta mayor concentración en los siguientes metales livianos: Aluminio (Al), Titanio (Ti) y Magnesio (Mg).

- Respecto al Aluminio se registró en promedio 1.53 μg/m<sup>3</sup> y 1.09 μg/m<sup>3</sup> para Puente Piedra y San Juan de Lurigancho respectivamente.
- Respecto al Ti se registró en promedio 0.05 μg/m<sup>3</sup> para ambos distritos.
- Y para el Mg se registró en promedio 1.37 μg/m<sup>3</sup> y 0.90 μg/m<sup>3</sup> para Puente Piedra y San Juan de Lurigancho respectivamente.

### 3.2 VARIABLE Y – Fuentes Contaminantes

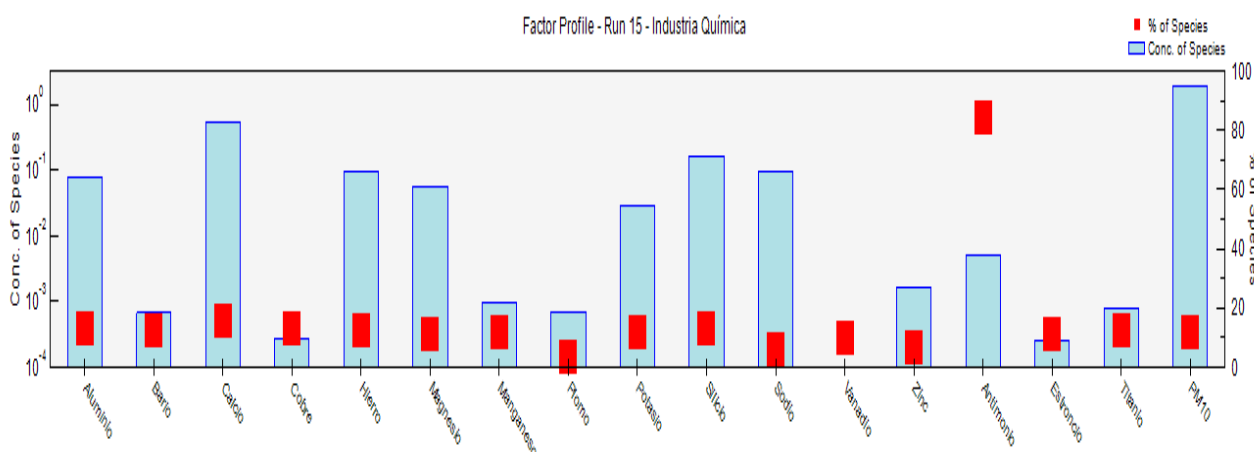
A continuación se muestra la identificación de las principales fuentes contaminantes puntuales, móviles y fuentes de área en los distritos de San Juan de Lurigancho (S JL) y Puente Piedra (PPD) obtenidos del análisis de la composición química de los aerosoles atmosféricos (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>).

#### 3.2.1 Análisis de la composición química del Material Particulado para identificar las principales Fuentes Puntuales o Fijas

En los siguientes gráficos se muestran dos coloraciones, donde los cuadros rojos representan el porcentaje de contribución de cada elemento metálico en la fuente determinada. Las barras celestes, representan las concentraciones de cada elemento (especie) medidos en microgramos por metro cúbico.

##### 3.2.1.1 Análisis Químico del PM<sub>10</sub> en Puente Piedra

**Gráfico N°17: Industria Química**



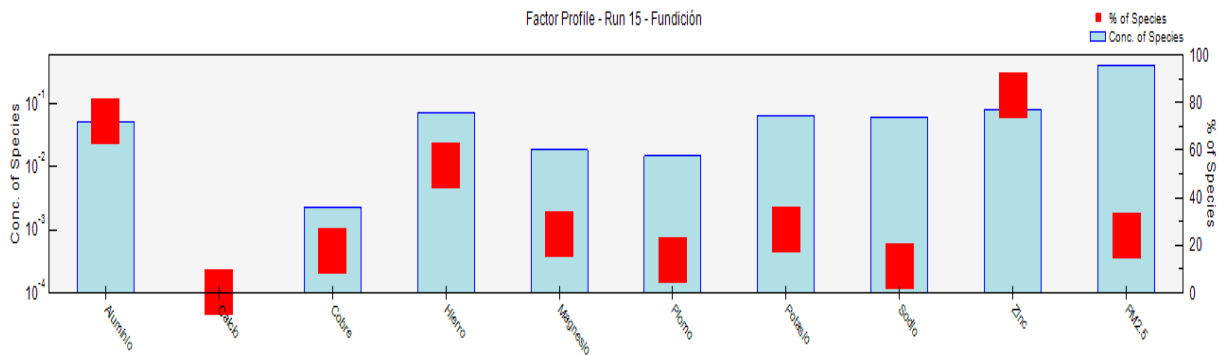
**Cuadro N°19: Especies representativas en PPD PM<sub>10</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Antimonio	84,2%
Cobre	13,3%
Hierro	12,7%
Zinc	6,7%

En el distrito de Puente Piedra se ha identificado como principal fuente puntual a la Industria Química contribuyendo con el 84,2% de antimonio, 13,3% de cobre, el 12,7% de hierro y el 6,7% de zinc de la contaminación por Material Particulado menor a 10 micras de diámetro.

### 3.2.1.2 Análisis Químico del PM<sub>2.5</sub> en Puente Piedra

**Gráfico N°18: Fundición de metales**



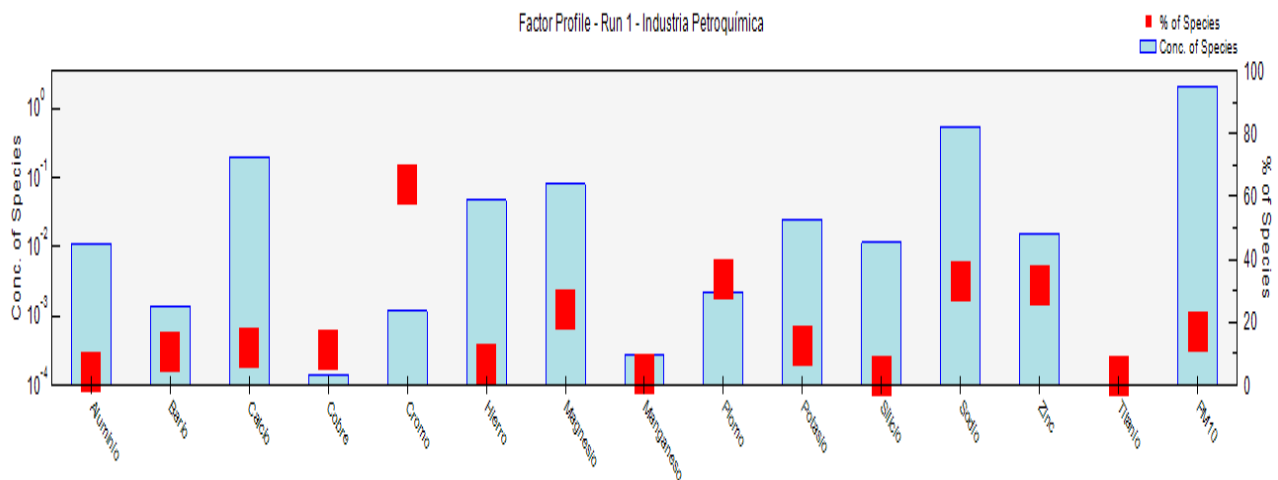
**Cuadro N°20: Especies representativas en PPD PM<sub>2.5</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Zinc	83,2%
Aluminio	72,4%
Hierro	53,7%

En el distrito de Puente Piedra se ha identificado como principal fuente puntual a las Fundiciones pertenecientes a la Industria Metálica debido a que este tipo de fuente contribuye con el 83% de zinc, 72,4% de aluminio y el 53,7% de hierro de la contaminación por Material Particulado menor a 2,5 micras de diámetro.

### 3.2.1.3 Análisis Químico del PM<sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°19: Industria Petroquímica**



**Cuadro N°21: Especies representativas en SJL PM<sub>10</sub>**

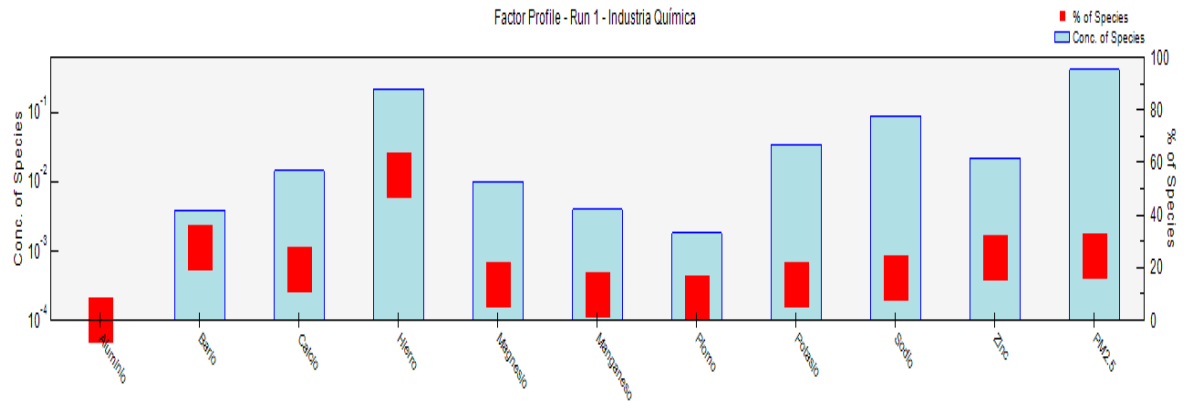
Especie representativa	Porcentaje de Especie
Cromo	64,1%
Plomo	33,4%
Sodio	32,7%
Zinc	31,5%

En el distrito de San Juan de Lurigancho se ha identificado como principal fuente puntual a la Industria Petroquímica; categoría a la cual pertenecen la industria del plástico, lubricantes, fertilizantes, solventes entre otros. Debido a que este tipo de fuente contribuye con el 64,1% de cromo; 33,4% de plomo; 32,7% de sodio y el 31,5% de zinc de la contaminación por Material Particulado menor a 10 micras de diámetro.

### 3.2.1.4 Análisis Químico del PM<sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho

Respecto a la contaminación por PM<sub>2.5</sub>, en el distrito de San Juan de Lurigancho se ha identificado como principales fuentes puntuales:

### Gráfico N°20: Industria Química

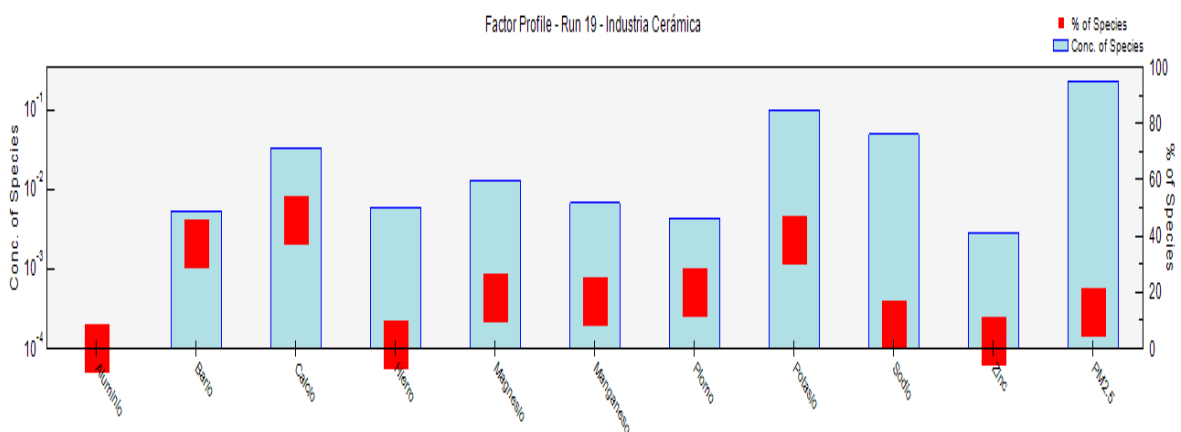


**Cuadro N°22: Especies representativas en SJL PM<sub>2.5</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Hierro	58,9%
Bario	28,2%
Zinc	22,2%
Calcio	18,3%

- La Industria de pinturas perteneciente a la Industria Química debido a que este tipo de fuente contribuye con el 58,9% de hierro; 28,2% de bario y el 22,2% de zinc de la contaminación por Material Particulado menor a 2,5 micras de diámetro.

### Gráfico N°21: Industria Cerámica



**Cuadro N°23: Especies representativas en SJL PM<sub>2.5</sub>**

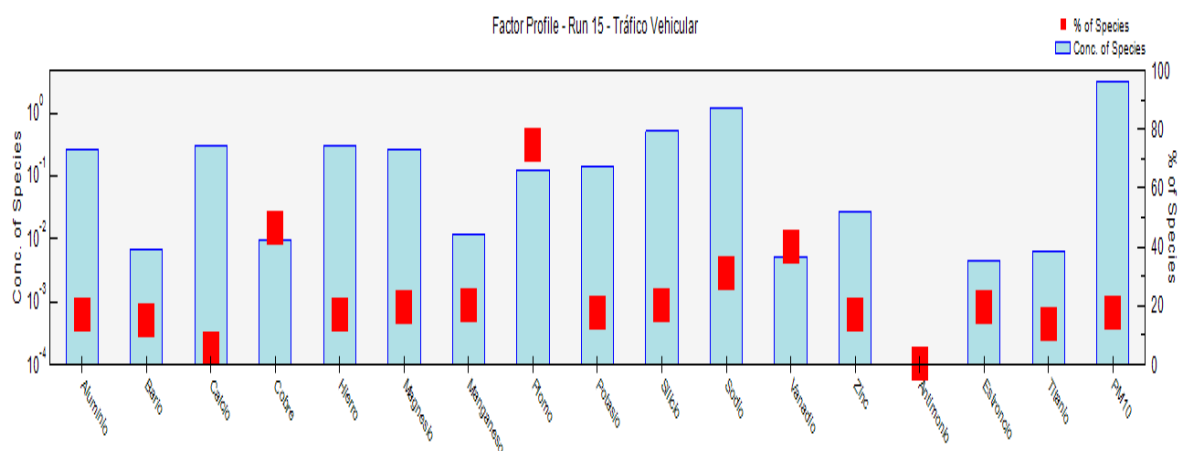
Especie representativa	Porcentaje de Especie
Calcio	45,8%
Potasio	38,6%
Bario	37,6%

- La Industria de Cerámica debido a que este tipo de fuente contribuye con el 45,8% de calcio; 38,6% de potasio y el 37,6% de bario de la contaminación por Material Particulado menor a 2,5 micras de diámetro.

### 3.2.2 Análisis de la composición química del Material Particulado para identificar las principales Fuentes Móviles

#### 3.2.2.1 Análisis Químico del PM<sub>10</sub> en Puente Piedra

**Gráfico N°22: Tráfico Vehicular**



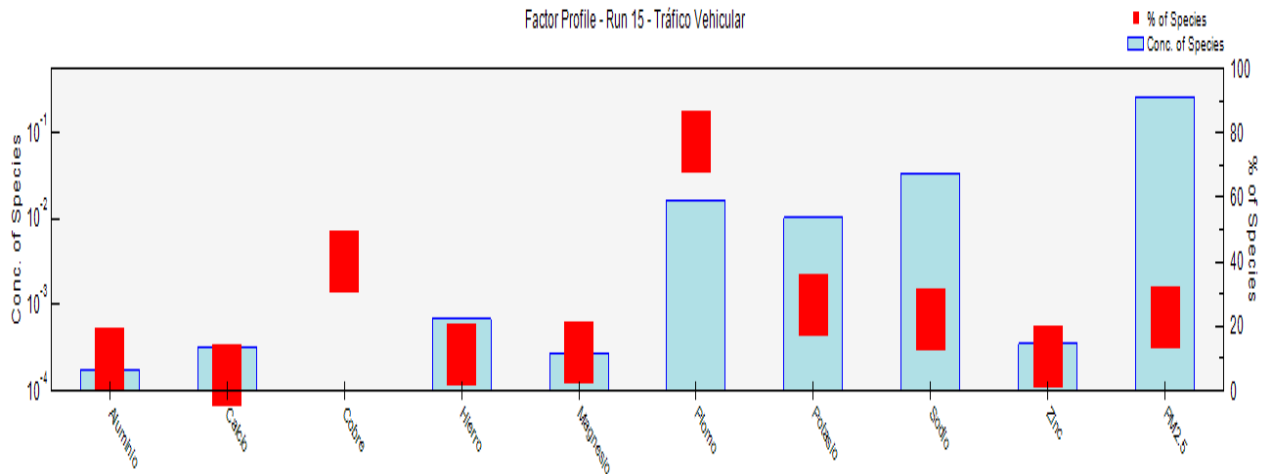
**Cuadro N°24: Especies representativas en PPD PM<sub>10</sub>**

<b>Especie representativa</b>	<b>Porcentaje de Especie</b>
Plomo	74,9%
Cobre	46,2%
Vanadio	39,9%
Silicio	20%
Hierro	16,8%

En el distrito de Puente Piedra se ha identificado que el parque automotor contribuye con el 74,9% de plomo; el 46,2% de cobre; 39,9% de vanadio; el 20% de silicio y el 16,8% de hierro de la contaminación por Material Particulado menor a 10 micras de diámetro.

### 3.2.2.2 Análisis Químico del PM<sub>2.5</sub> en Puente Piedra

**Gráfico N°23: Tráfico Vehicular**



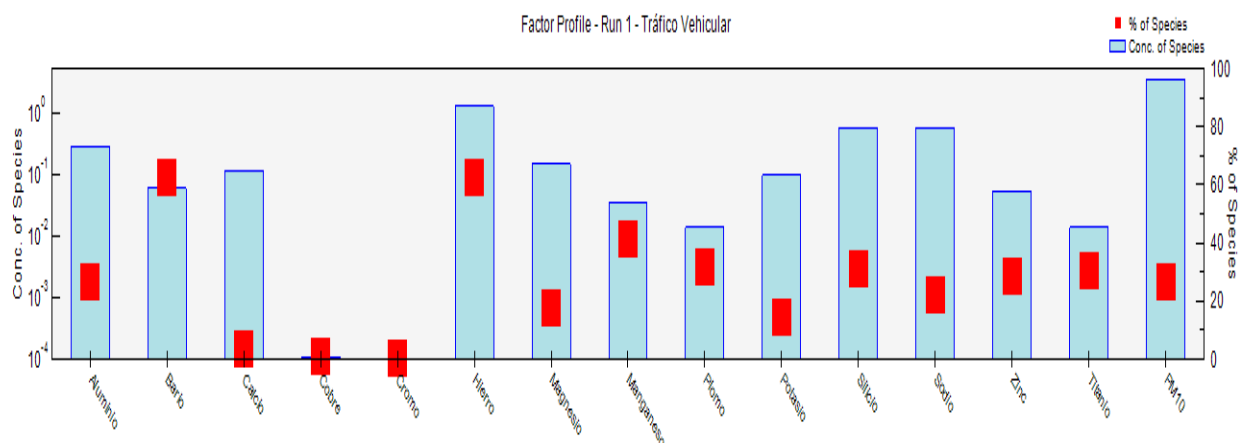
**Cuadro N°25: Especies representativas en PPD PM<sub>2.5</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Plomo	77,1%
Cobre	40%

En el distrito de Puente Piedra se ha identificado que el parque automotor contribuye con el 77.1% de plomo y el 40% de cobre de la contaminación por Material Particulado menor a 2.5 micras de diámetro.

### 3.2.2.3 Análisis Químico del PM<sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°24: Tráfico Vehicular**



**Cuadro N°26: Especies representativas en SJL PM<sub>10</sub>**

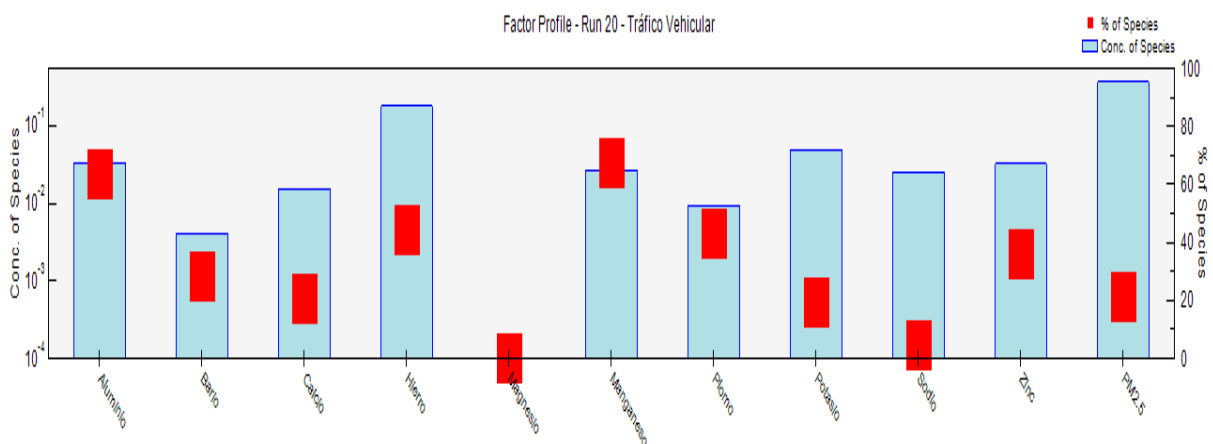


Especie representativa	Porcentaje de Especie
Bario	62,8%
Hierro	62,4%
Manganeso	41,4%
Plomo	31,9%
Silicio	31,2%

En el distrito de San Juan de Lurigancho se ha identificado que el tráfico vehicular contribuye con el 62,8% de bario; el 62,4% de hierro; 41,4% de manganeso y el 31,9% de plomo de la contaminación por Material Particulado menor a 10 micras de diámetro.

### 3.2.2.4 Análisis Químico del PM<sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°25: Tráfico Vehicular**



**Cuadro N°27: Especies representativas en SJL PM<sub>2.5</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Manganeso	67,8%
Aluminio	64%
Hierro	44,3%
Plomo	43,2%
Zinc	36,2%

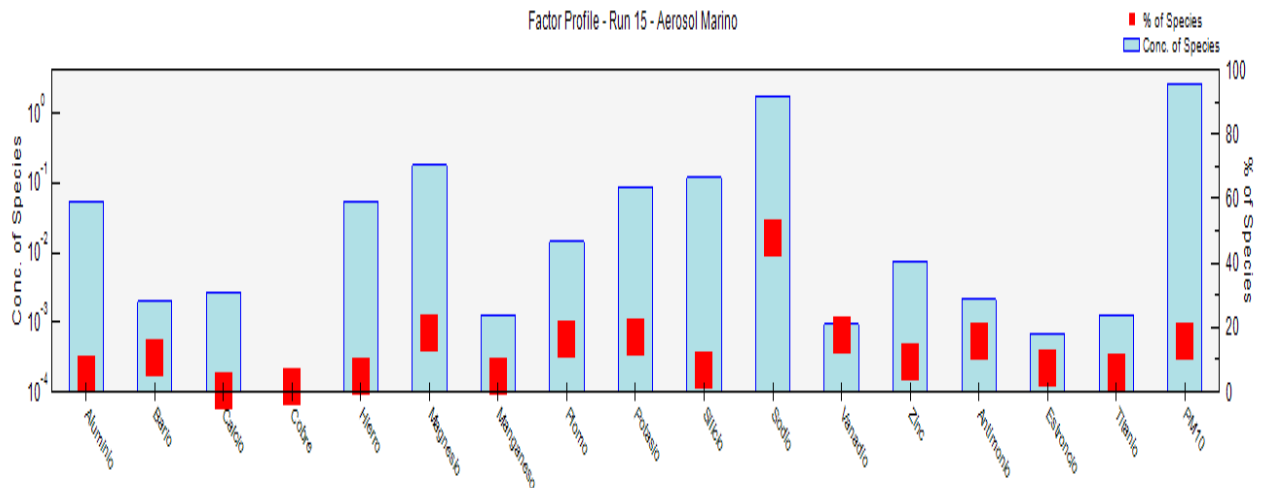
En el distrito de San Juan de Lurigancho se ha identificado que el Tráfico Vehicular contribuye con el 67,8% de manganeso; el 64% de aluminio; el 44,3% de hierro y el 43,2% de plomo de la contaminación por Material Particulado menor a 2,5 micras de diámetro.

### 3.2.3 Análisis de la composición química del Material Particulado para identificar las principales Fuentes de Área

#### 3.2.3.1 Análisis Químico del PM<sub>10</sub> en Puente Piedra

En el distrito de Puente Piedra se ha identificado como principales fuentes contaminantes de Área:

**Gráfico N°26: Aerosol Marino**

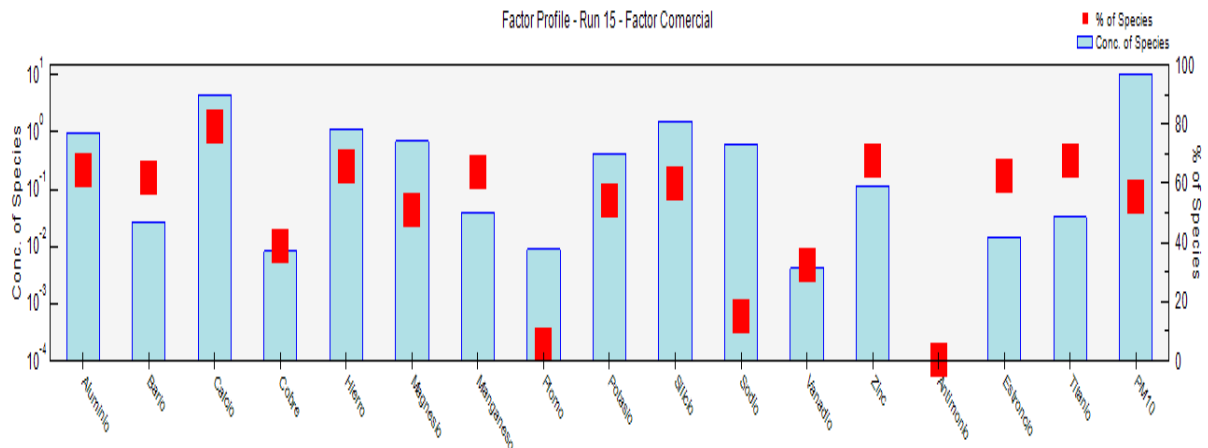


**Cuadro N°28: Especies representativas en PPD PM<sub>10</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Sodio	47,9%
Potasio	16,8%

- Aerosol Marino: Es de origen Natural y contribuye con el 47,9% de sodio y el 16,8% de potasio de la contaminación por Material Particulado menor a 10 micras de diámetro.

### Gráfico N°27: Factor Comercial y Resuspensión del Suelo



Cuadro N°29: Especies representativas en PPD PM-10

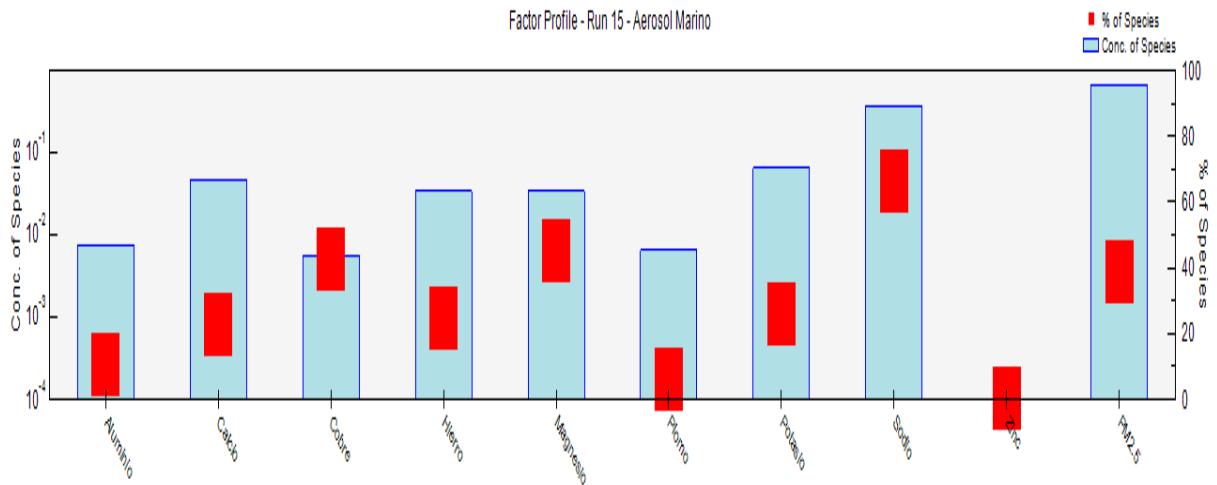
Especie representativa	Porcentaje de Especie
Calcio	79%
Titanio	67,7%
Zinc	67,5%
Aluminio	64,4%
Silicio	60,1%

- El Factor Comercial: La construcción o Resuspensión de polvo de pavimento y la soldadura son parte de este factor, debido a que este tipo de fuente contribuye con el 79% de calcio; el 67,7% de titanio; el 64,4% de aluminio; el 67,5% de zinc y el 60,1% de silicio, siendo parte de la contaminación por Material Particulado menor a 10 micras de diámetro.

#### 3.2.3.2 Análisis Químico del PM-2.5 en Puente Piedra

Respecto a la contaminación por PM<sub>2.5</sub>, en el distrito de Puente Piedra se ha identificado como principales fuentes contaminantes de Área:

### Gráfico N°28: Aerosol Marino

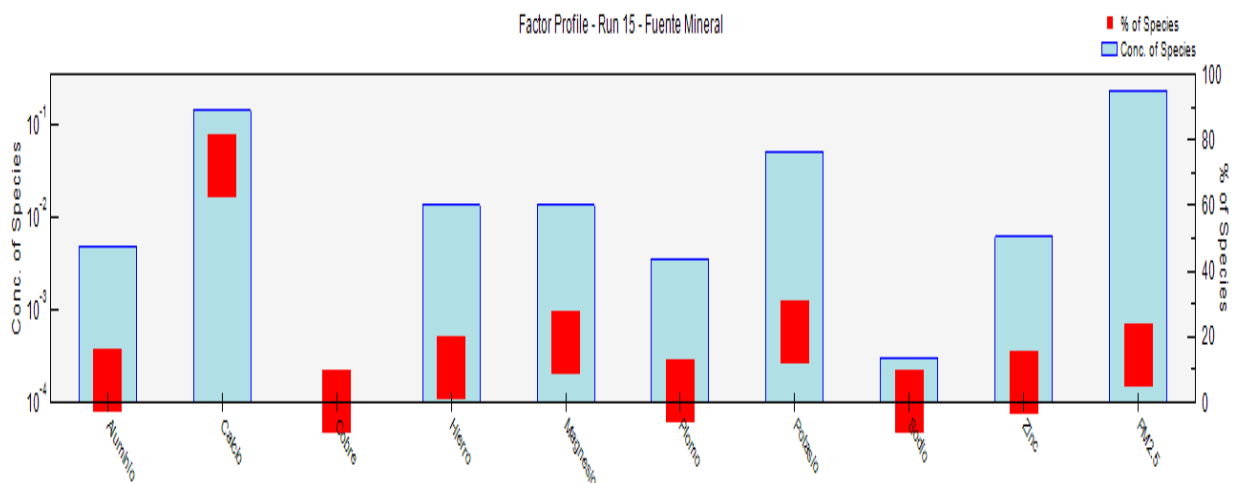


**Cuadro N°30: Especies representativas en PPD PM<sub>2.5</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Sodio	66,5%
Magnesio	44,9%

- Aerosol Marino: Es de origen Natural y contribuye con el 66,5% de sodio y el 44,9% de magnesio de la contaminación por Material Particulado menor a 2,5 micras de diámetro.

### Gráfico N°29: Fuente Mineral



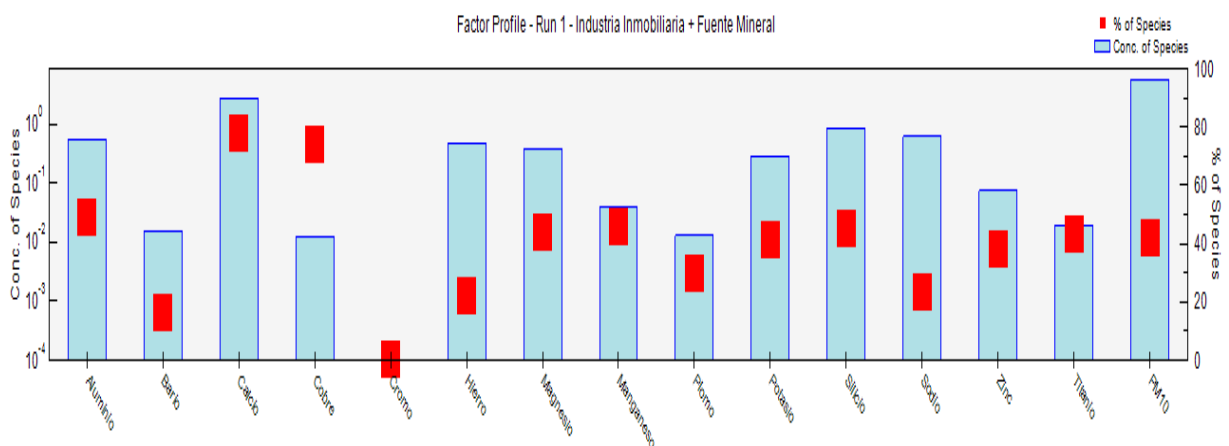
**Cuadro N°31: Especies representativas en PPD PM<sub>2.5</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Calcio	72,2%
Potasio	21,2%
Magnesio	18,3%

- La Resuspensión del Suelo o Fuente Mineral: Debido a que este tipo de fuente contribuye con el 72,2% de calcio; 21,2% de potasio y 18,3% de magnesio en la contaminación de aire del distrito de Puente Piedra.

### 3.2.3.3 Análisis Químico del PM<sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho

Respecto a la contaminación por PM<sub>10</sub>, en el distrito de San Juan de Lurigancho se ha identificado como principales fuentes contaminantes de Área:

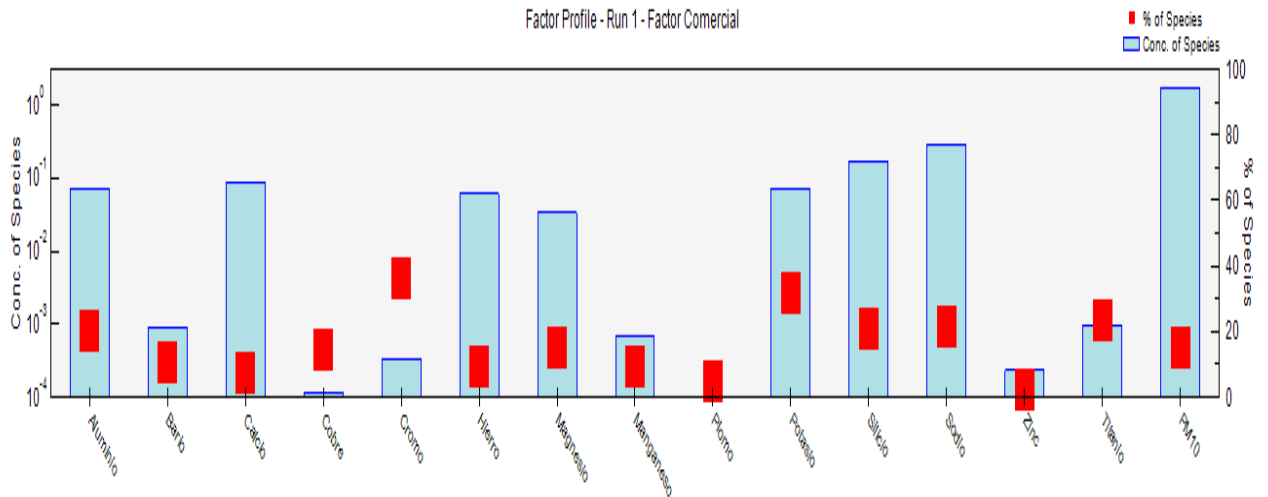
**Gráfico N°30: Industria Inmobiliaria y Fuente Mineral**

**Cuadro N°32: Especies representativas en SJL PM<sub>10</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Calcio	77,7%
Cobre	73,9%
Aluminio	48,8%
Manganeso	45,9%
Silicio	45,2%

- La Industria Inmobiliaria, aquellos bienes que pueden ser casas sin pavimentar o que se encuentren en proceso de construcción y la

Resuspensión del Suelo (fuente mineral): Contribuyen con el 77,7% de calcio; 73,9% de cobre; el 48,8% de aluminio; el 45,9% de manganeso y el 45,2% de silicio en la contaminación del aire del distrito de Puente Piedra

**Gráfico N°31: Factor Comercial**



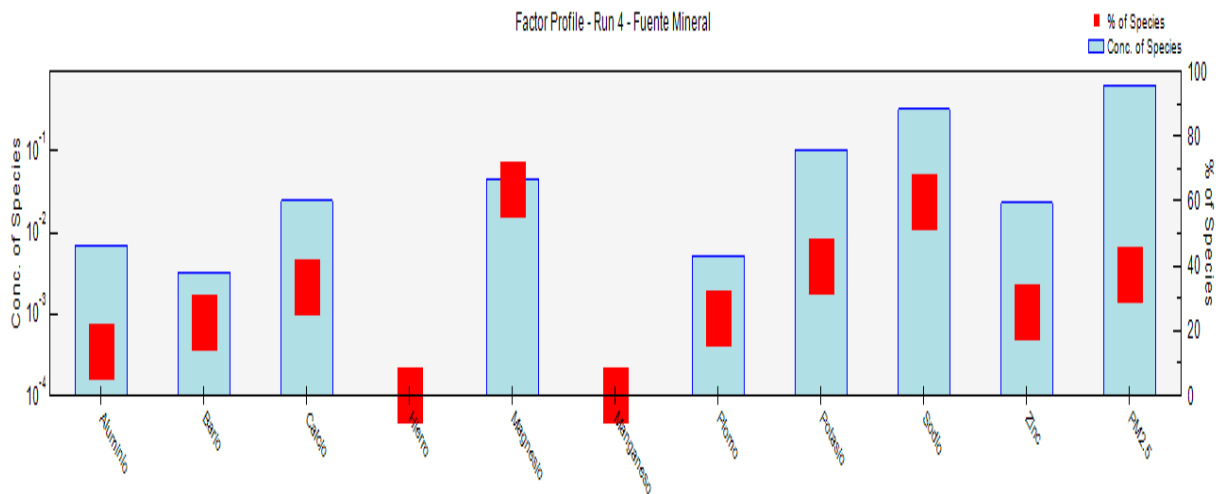
**Cuadro N°33: Especies representativas en SJL PM<sub>10</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Cromo	35,9%
Potasio	31,8%
Titanio	23,2%
Silicio	21,1%

- El Factor Comercial: Fabricación y comercialización de vidrios, pinturas, cerámicas y productos pirotécnicos y/o explosivos; contribuye con el 35,9% de cromo; el 31,8% de potasio; el 23,2% de titanio y el 21,1% de silicio en la contaminación por Material Particulado menor a 10 micras de diámetro.

### 3.2.3.4 Análisis Químico del PM<sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho

**Gráfico N°32: Fuente Mineral**

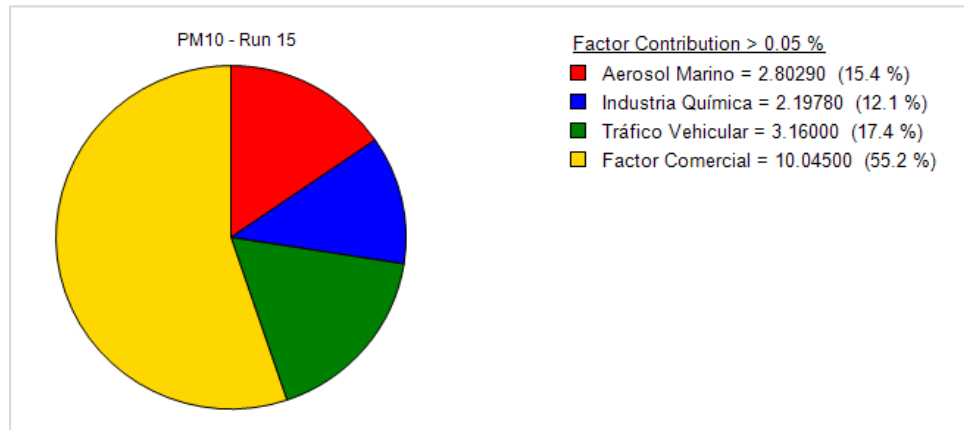


**Cuadro N°34: Especies representativas en SJL PM<sub>2.5</sub>**

Especie representativa	Porcentaje de Especie
Magnesio	63,6%
Sodio	59,9%
Potasio	40,2%
Calcio	33,5%

En el distrito de San Juan de Lurigancho se ha identificado que la Fuente Mineral o Resuspensión del Suelo contribuye con el 63,6% de magnesio; el 59,9% de aluminio; el 40,2% de potasio y el 33,5% de calcio de la contaminación por Material Particulado menor a 2,5 micras de diámetro.

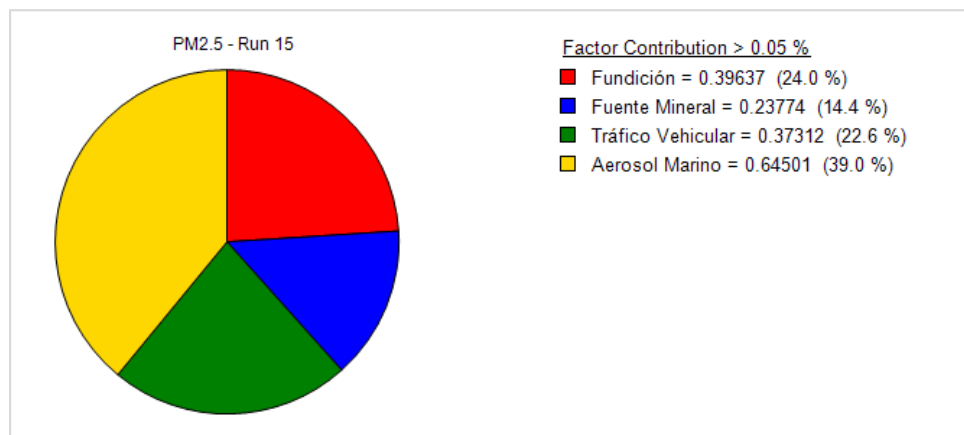
**Gráfico N°33: Gráfico de torta – Contribución total de cada fuente en la contaminación del aire de Puente Piedra por PM<sub>10</sub>**



*Fuente: Elaboración propia - PMF Model EPA.*

Como se puede observar en el gráfico N°33, la industria química (de pinturas) contribuye con el 12,1% de la contaminación por PM<sub>10</sub> en Puente Piedra. El tráfico vehicular contribuye con el 17,4%, el aerosol marino contribuye con el 15,4%. Por último, el factor comercial es el que contribuye más en la contaminación por PM<sub>10</sub> a diferencia de las fuentes anteriores con el 55,2% en Puente Piedra.

**Gráfico N°34: Gráfico de torta – Contribución total de cada fuente en la contaminación del aire de Puente Piedra por PM<sub>2.5</sub>**

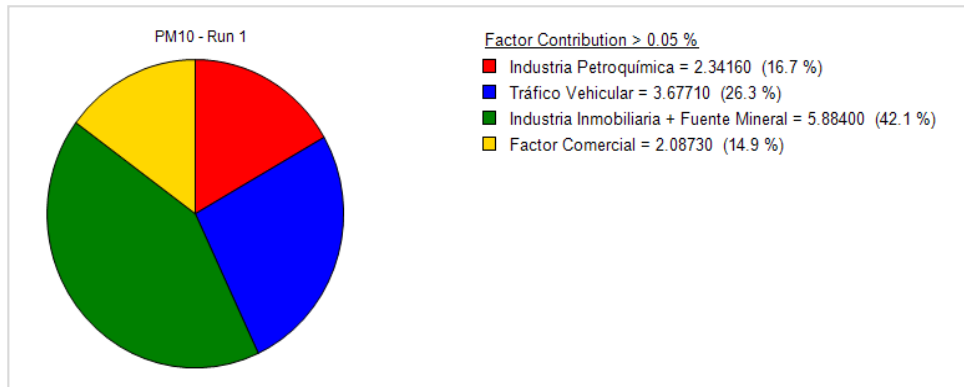


*Fuente: Elaboración propia - PMF Model EPA.*

Como se puede observar en el gráfico N°34, la fundición de metales contribuye con el 24% de la contaminación por PM<sub>2.5</sub> en Puente Piedra. El tráfico vehicular contribuye con el 22,6%, la resuspensión del suelo (fuente mineral) contribuye con el 14,4%. Por último, el aerosol marino en Puente Piedra contribuye con el 39% de la contaminación por PM<sub>2.5</sub>.



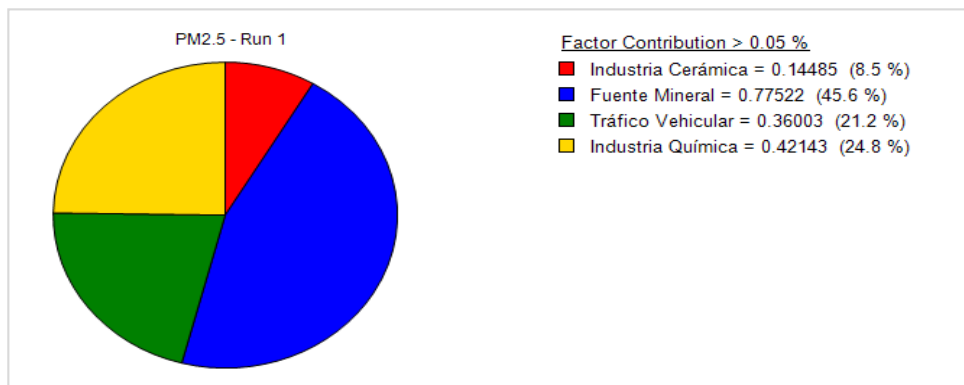
**Gráfico N°35: Gráfico de torta – Contribución total de cada fuente en la contaminación del aire de San Juan de Lurigancho por PM<sub>10</sub>**



*Fuente: Elaboración propia - PMF Model EPA.*

Como se puede observar en el gráfico N°35, la industria petroquímica en su conjunto (fábrica de plásticos, fertilizantes, de solventes, lubricantes entre otros), contribuye con el 16,7% de la contaminación por PM<sub>10</sub> en San Juan de Lurigancho. El tráfico vehicular contribuye con el 26,3%, la industria inmobiliaria (áreas en construcción) y la resuspensión del suelo (fuente mineral) contribuyen con el 42,1%. Por último el factor comercial en San Juan de Lurigancho contribuye con el 14,9% de la contaminación por PM<sub>10</sub>.

**Gráfico N°36: Gráfico de torta – Contribución total de cada fuente en la contaminación del aire de San Juan de Lurigancho por PM<sub>2.5</sub>**



*Fuente: Elaboración propia - PMF Model EPA.*

Como se puede observar en el gráfico N°36, la industria cerámica contribuye con el 8,5% de la contaminación por PM<sub>2.5</sub> en San Juan de Lurigancho. El tráfico vehicular contribuye con el 21,2%, la industria química contribuye con el 24,8%. Por último la resuspensión del suelo que corresponde a la fuente mineral de San Juan de Lurigancho es que contribuye más a diferencia de las otras fuentes contaminantes con el 45,6% de la contaminación por PM<sub>2.5</sub>.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el distrito de Puente Piedra se identificaron a la Industria química y la fundición como las principales fuentes puntuales o fijas, el tráfico vehicular como fuente móvil y al factor comercial como fuente de área. En la Fig. N°30 se muestra la rosa de vientos de Puente Piedra, y se evidencia que durante la temporada del monitoreo, la dirección del viento con predominancia fue de suroeste con una velocidad promedio de 1.44 metros por segundo (m/s).

- De acuerdo al gráfico N°17, se evidencia la presencia de un perfil característico de la Industria Química de pinturas, donde los elementos químicos que predominan son el antimonio (84,2%), cobre (13,3%), hierro (12,7%), zinc (6,7%) y PM<sub>10</sub> (12,1%) en la contaminación por PM<sub>10</sub>. Según Gunnar Nordberg (S/A), en la industria química el antimonio en forma de trióxido de antimonio (Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) se utiliza como pigmento de pinturas, esmaltes y barnices; el cobre se utiliza como componente de las pinturas y pigmento para vidrio, cerámico y vitrificado de porcelanas; el zinc como cromato de zinc (ZnCrO<sub>4</sub>) o amarillo de zinc, se utiliza en pigmentos, pinturas y lacas; también se emplea como inhibidor de la corrosión para metales; el aluminio se emplea como finas partículas para la fabricación de pinturas. Todos estos elementos emitidos tienden a permanecer en suspensión durante un largo período de tiempo, según el uso y de la intensidad de emisión de la fuente, por lo que no son estimable las cantidades emitidas (p.51).

En el cuadro N° 40, se reconoce algunas industrias químicas en el distrito de Puente Piedra, y la máxima distancia observada de la fuente hasta el punto de monitoreo es de 11.8 kilómetros.

- De acuerdo al gráfico N°18, se evidencia la presencia de un perfil característico de la Industria Metálica o Fundición de Metales, donde los elementos químicos que predominan son el zinc (83,2%), aluminio (72,4%), hierro (53,7%), plomo (25%) y PM<sub>2.5</sub> (24%) en la contaminación por PM<sub>2.5</sub>. Según Guillermo C. (2009), en las fundiciones aleadas con aluminio, se puede emitir más del 8% de aluminio utilizado, porque se requiere obtener una buena resistencia a la oxidación (p.12). Respecto a la emisión del plomo, un estudio realizado en el 2005 por DIGESA revela que la chimenea principal de la fundidora que se encontraba a 2 500 metros de La Oroya

Nueva, contaminaba con más de 10 microgramos, lo que representa mucho más de lo que emite una fundidora en Puente Piedra (0.03 microgramos).

Respecto a las emisiones del material particulado, varía en función del tipo de horno, combustible, metal a fundir y propiedades de fusión (Guía de la Corporación Financiera Internacional, p.4).

En el cuadro N° 40, se reconoce algunas industrias metálicas en el distrito de Puente Piedra, y la máxima distancia observada de la fuente hasta el punto de monitoreo es de 5.2 kilómetros.

- De acuerdo al gráfico N°22, se evidencia la presencia de un perfil característico del Tráfico Vehicular, donde los elementos químicos que predominan son el plomo (74,9%), cobre (46,2%), vanadio (39,9%), silicio (20%) y hierro (16,8%) en la contaminación por PM<sub>10</sub>. En el gráfico N°23; se evidencia concentraciones de plomo (77,1%) y cobre (40%) que aportan en la contaminación del aire por PM<sub>2.5</sub>. Según un estudio sobre la estimación de emisiones de plomo del parque automotor de Lima-Callao en el 2010, el 31% de la contaminación por PM<sub>10</sub> pertenece a las emisiones de los automóviles, más del 51% a taxis y motostaxis y el 16% a camionetas (Korc, [et al], 2009). Esto nos indica que el tráfico vehicular de Puente Piedra se debe al alto tránsito de taxis y motos-taxis contribuyendo con el 74,9% de plomo en la contaminación del aire por PM<sub>10</sub> en Puente Piedra.

Y la emisión del plomo podría deberse a que, según Castillo, Y. (2010), alrededor del 50% o más del plomo emitido al aire, provienen de vehículos automotores que aún requieren usar gasolina con aditivos de plomo para aumentar el octanaje de 84 a 95 octanos (p. 8).

Respecto a los otros elementos registrados, podría deberse al escape de los vehículos diesel, ya que es la causa del alto nivel de material particulado en la zonas urbanas y los principales elementos emitidos por la quema de combustibles fósiles son el plomo, cobre, vanadio, cadmio, zinc, antimonio y níquel (Arciniégas, César, 2012, p. 197). La contaminación del tráfico vehicular se da también por el desgaste de frenos y ruedas emitiendo elementos metálicos como el hierro, el bario y silicio (Amato, [et al], 2009).

En cuadro N° 40, se identifican en el distrito de Puente Piedra las principales avenidas de tráfico vehicular, las cuales son; la avenida Miguel Grau, Sáenz Peña, Juan Lecaros, Santa Lucía y entre otras avenidas, ubicadas a una distancia de 70 metros,

100 metros, 120 metros y 160 metros respectivamente de la Estación de Calidad del Aire del Senamhi (Municipalidad de Puente Piedra).

- De acuerdo al gráfico N°27, se evidencia la presencia de un perfil característico del Factor Comercial, donde los elementos químicos que predominan son el calcio (79%), titanio (67,7%), aluminio (64,4%), zinc (67,5%) y silicio (60,1%) en la contaminación por PM<sub>10</sub>. En el gráfico N°29, de igual forma se evidencia un perfil característico de la fuente mineral o resuspensión del suelo, contribuyendo el calcio en 72,2%, el potasio en 21,2% y el magnesio en 18,3% en la contaminación por PM<sub>2.5</sub>.

Según Minguillón María (2007), el factor mineral está caracterizado por la contribución de calcio, zinc, potasio, magnesio, hierro y manganeso, y hay una elevada correlación de estos elementos y compuestos con los niveles de PM<sub>10</sub>. Así mismo, según Amato (2009), la construcción y por consecuencia la resuspensión del suelo, contribuye con más del 20% en la contaminación del aire por PM<sub>10</sub> y en 10% en la contaminación por PM<sub>2.5</sub> (p.38). Significa que se coincidió en el porcentaje de contribución de la misma fuente; 55,2% para PM<sub>10</sub> y 14,4% para PM<sub>2.5</sub> según el gráfico N° 33 y N° 34. Así mismo, según el estudio *“Caracterización del material particulado en Kuwait”* por Kathleen Ward, [et al]; las estimaciones del polvo del suelo son los principales componentes del PM<sub>2.5</sub> contribuyendo con el 35% en la contaminación del aire, y la mayoría de los elementos metálicos medidos de las partículas dependen de las variaciones estacionales del lugar (2012, p.999).

Otra actividad que se observó casi a diario dentro del factor comercial en el distrito de Puente Piedra, fue la soldadura, siendo este una actividad donde se emite polvo y humos de aluminio, plomo y titanio al someterse piezas a altas temperaturas para la fabricación de componentes electrónicos. Según Gunnar Nordberg el titanio es emitido porque se utiliza para la fabricación de varillas de soldadura; así mismo el zinc es emitido porque se usa como componente para las pastas de soldadura y en las operaciones de soldadura emitiendo humos de óxido de zinc (p. 51). En el cuadro N° 37, se evidencia que en el distrito de Puente Piedra las emisiones de contaminantes por la actividad de soldadura de una industria metal-mecánica, ubicado a 3.40 kilómetros de la Estación de la Calidad del Aire del Senamhi.

- Para finalizar, en la identificación de fuentes contaminantes en el distrito de Puente Piedra, en los gráficos N° 26 y N°28 se evidencian en ambos la presencia del perfil

característico de fuente natural, demostrando que los aerosoles atmosféricos contribuyen con sodio (Na) en 47,9% y potasio (K) en 16,8% en la contaminación por PM<sub>10</sub>, y contribuyendo con sodio (Na) en 66,5% y magnesio (Mg) en 44,9% en la contaminación por PM<sub>2.5</sub>. Los resultados son similares con lo determinado por Gursumeeran P. (2014), en su estudio llamado “*Caracterización química de material particulado en Singahad, una estación de altitud en Pune, India*”, donde la contribución de los componentes marinos como el Na, K, Cl y Mg, fue dominante en ambos tamaños 58% en PM<sub>10</sub> y 49% en PM<sub>2.5</sub>, ya que el flujo de aire durante marzo y abril es predominante hacia el oeste y esto es responsable de la alta concentración observada de sales marinas. De igual manera sucede en el distrito de Puente Piedra durante el periodo de monitoreo del material particulado, el flujo de aire predominaba en dirección Sur-Oeste, por lo que las sales marinas provenían directamente de las playas tales como de Ventanilla ubicado a 8.49 kilómetros aproximado de la Estación de Calidad del Aire.

En el distrito de San Juan de Lurigancho se identificaron a la Industria petroquímica, la industria química y a la industria cerámica como las principales fuentes puntuales, el tráfico vehicular como fuente móvil; y al factor comercial, la industria inmobiliaria y la resuspensión del suelo como fuentes de área. En la Fig. N°29 se muestra la rosa de vientos de San Juan de Lurigancho, y se evidencia que durante la temporada del monitoreo, la dirección del viento con predominancia fue de suroeste con una velocidad promedio de 1.82 metros por segundo (m/s).

- De acuerdo al gráfico N°19, se evidencia la presencia de un perfil característico de la Industria Petroquímica, donde los elementos químicos que predominan son el cromo (64,1%), plomo (33,4%), sodio (32,7%) y zinc (31,5%) en la contaminación por PM<sub>10</sub>. Según una publicación por California Air Board, menciona que el porcentaje de cromo emitido se debe a que es utilizado en procesos de cromado como capa brillante de en la industria del plástico, y su nivel de emisión es porque la corriente eléctrica durante este proceso ocasiona que el cromo hexavalente sea emitido como aerosol, y su inhalación es un riesgo a contraer cáncer (California Air Resources Board, p.2).

Así mismo, según Manuel Peláez, [et al], (2015), en su estudio sobre la presencia de cadmio y plomo, menciona que la industria petroquímica es una de las principales fuentes emisoras de metales tóxicos que son el plomo y cadmio, representando esta

industria un potencial peligro para salud pública (p.82). Según la Guía de emisiones de la Junta de Andalucía de la Consejería de Medio Ambiente (2010), las emisiones de la industria petroquímica va a depender de los tratamientos que se le dé a la materia, el más habitual es la Galvanotecnia, lo cual involucra procesos de cobreado, niquelado, cromado, zincado, cadmiado, estañado, entre otros (p.11). En el cuadro N° 39, se reconoce algunas industrias petroquímicas o industrias del plástico en el distrito de San Juan de Lurigancho, y la máxima distancia observada de la fuente hasta el punto de monitoreo es de 1.35 kilómetros.

De acuerdo al gráfico N°20, se evidencia la presencia de un perfil característico de la Industria química - de pinturas, donde los elementos químicos que predominan son el hierro (58,9%), bario (28,2%), zinc (22,2%) y calcio (18,3%) en la contaminación por  $PM_{2.5}$ . Así mismo, en el cuadro N° 39, se reconoce algunas industrias químicas en el distrito de San Juan de Lurigancho, y la máxima distancia observada de la fuente hasta el punto de monitoreo es de 3.85 kilómetros.

- De acuerdo al Gráfico N°21, se evidencia la presencia de un perfil característico de la Industria cerámica, donde los elementos químicos que predominan son el calcio (45,8%), potasio (38,6%) y bario (37,6%) en la contaminación por  $PM_{2.5}$ . Según el estudio de Camacho, A. [et al], (2011), menciona que de una industria cerámica su factor de emisión aproximado es de 0.5gramos de polvo de bario por 1 kilogramo de esmalte procesado, es decir 0.05% de aporte de bario como polvo, lo que significa que los resultados obtenidos de las emisiones de las presentes industrias cerámicas en el distrito de San Juan de Lurigancho exceden por mucho el factor de emisión en Madrid; y respecto al calcio su emisión representa el 37% de contaminación por polvo de  $CaCO_3$ , lo cual es un resultado similar al obtenido (p.157).

También, según Minguillón, M. (2007), menciona que el perfil químico más relevante de una industria cerámica es el bario para la fabricación de componentes de esmaltes cerámicos y para la fabricación de fritas, contribuyendo con el 3% de las emisiones de los procesos cerámicos, evidenciando así que la industria cerámica de San Juan de Lurigancho emite casi 3 veces más (8,5%) según el gráfico N°36. Así mismo, en el cuadro N° 39, se reconoce algunas industrias cerámicas en el distrito de San Juan de Lurigancho, y la máxima distancia observada de la fuente hasta el punto de monitoreo es de 5 kilómetros.

- De acuerdo al gráfico N°24, se evidencia la presencia de un perfil característico del Tráfico Vehicular, donde los elementos químicos que predominan son el bario (62,8%), hierro (62,4%), manganeso (41,%), plomo (31,9%) y silicio (31,2%) en la contaminación por PM<sub>10</sub>. En el gráfico N°25; se evidencia concentraciones de manganeso (67,8%), aluminio (64%), hierro (44,3%), plomo (43,2%) y zinc (36,2%) que aportan en la contaminación del aire por PM<sub>2.5</sub>. Se observa que plomo representa el 31,9% de la contaminación por PM<sub>2.5</sub>, y según Vásquez José (2005), en su estudio menciona que la contaminación del aire por partículas de plomo podría deberse a que aun hay el tránsito de vehículos a gasolina del año 1985 a 2002 que contribuyen con el 30,8% de plomo en la contaminación aire por PM<sub>2.5</sub> (p.50). Así mismo, en el cuadro N° 39, se identifican en el distrito de San Juan de Lurigancho las principales avenidas de tráfico vehicular, las cuales son; la Avenida (Av.) Próceres de la Independencia, Av. 13 de Enero, Av. Fernando Wiesse, Av. Santa Rosa de Lima, Av. Canto Grande, Av. Flores de Primavera y la Av. Lurigancho, ubicadas a una distancia de 520metros, 565 metros, 705 metros, 838 metros, 1.14Km, 2.36 kilómetros y a 3.97 kilómetros respectivamente de la Estación de Calidad del Aire del Senamhi (Universidad César Vallejo).
- De acuerdo al gráfico N°31, se evidencia la presencia de un perfil característico del Factor Comercial, donde los elementos químicos que predominan son el cromo (35,9%), potasio (31,8%), titanio (23,2%) y silicio (21,1%) en la contaminación del aire de San Juan de Lurigancho por PM<sub>10</sub>. El factor comercial abarca actividades de fabricación y comercialización de cerámicas, ladrillos y productos pirotécnicos. Respecto a la fabricación de ladrillos, según el estudio realizado por Jaya, J. y Gomezcoello, J. (2012), menciona que las ladrilleras contribuyen aproximadamente con el 27.19% en la contaminación por PM<sub>10</sub> durante el proceso de horneado (p.54). Según los resultados obtenidos en el gráfico N°35, el factor comercial contribuye menos con el 14.9% de PM<sub>10</sub>., debido a que las emisiones de las fábricas artesanales de ladrillos va a depender de los tipos de materiales que utilicen como combustible. Según Gutierrez Dina, en muchas ladrilleras informales se utilizan productos tales como madera, leña, llantas, baterías, aislantes, aceites reusados, toda clase de plásticos e incluso desechos tóxicos (Gutierrez, D. 2014).

## V. CONCLUSIONES

El análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos, tanto del material particulado menor a 10 micras de diámetro ( $PM_{10}$ ) y material particulado menor a 2.5 micras de diámetro ( $PM_{2.5}$ ) permitió la identificación de las principales fuentes contaminantes puntuales, móviles y de área en el distrito de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.

El análisis de la composición química del material particulado facilitó la identificación de las principales fuentes puntuales en el distrito de San Juan de Lurigancho, tales como; la industria química o de pinturas siendo la que más contribuye con el 24.8% de la contaminación por  $PM_{2.5}$ , la industria petroquímica o de plásticos con el 16.7% de la contaminación por  $PM_{10}$  y la industria cerámica con el 8.5% de la contaminación por  $PM_{2.5}$ . Así mismo, en el distrito de Puente Piedra se logró identificar las principales fuentes contaminantes puntuales tales como; la industria metálica (fundición de metales) contribuyendo con el 24% de la contaminación por  $PM_{2.5}$ , y la industria química contribuyendo con el 12.1% de la contaminación por  $PM_{10}$ .

Por otro lado, el análisis de la composición química del material particulado también facilitó la identificación del tráfico vehicular como fuente móvil en ambos distritos. En San Juan de Lurigancho se muestra una contribución del 26.3% en la contaminación por  $PM_{10}$ , y del 21.2% en la contaminación por  $PM_{2.5}$ . En Puente Piedra se muestra una contribución del 17.4% en la contaminación por  $PM_{10}$ , y del 22.6% en la contaminación por  $PM_{2.5}$ . Se evidencia que San Juan de Lurigancho es el distrito más representativo en la contaminación del aire por el tráfico vehicular, siendo el plomo uno de los elementos que se presenta debido a que aún circulan autos con años de antigüedad mayor a 8 años y que aún usan gasolina con aditivos de plomo.



Para finalizar, el análisis de la composición química del material particulado facilitó la identificación de las principales fuentes de área en el distrito de San Juan de Lurigancho, tales como; la industria inmobiliaria aportando el 42.1% en la contaminación por  $PM_{10}$ , el factor comercial aportando el 14.9% en la contaminación por  $PM_{10}$  y la resuspensión del suelo (fuente mineral) siendo la fuente que más aporta en la contaminación por material particulado con el 45.6%. En el distrito de Puente Piedra, se logró identificar el factor comercial como la fuente de área que más contamina el aire contribuyendo con el 55.2% de la contaminación por  $PM_{10}$ , y a los aerosoles marinos contribuyendo con el 15.4% en la contaminación por  $PM_{10}$  y el 39% de la contaminación por  $PM_{2.5}$ .

## VI. RECOMENDACIONES

- Para mayor confiabilidad, se recomienda realizar monitoreo de periodo de tiempo más amplio de las partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .
- Para mayor precisión se recomienda realizar un red de monitoreo para cada distrito representativo en contaminación de la calidad del aire, lo que al obtener mayor muestras habría mayor precisión en los datos observados y habría la probabilidad de obtener datos predichos.
- Se recomienda hacer un estudio de evaluación de las emisiones de cada fuente representativa identificada en el presente proyecto de investigación.
- Así mismo, se recomienda realizar un inventario de fuentes puntuales, móviles y de área representativas por cada distrito en estudio.
- Respecto a las fuentes móviles, se recomienda realizar un estudio de las emisiones de los elementos metálicos y gases que se emiten durante la combustión, con un analizador de gases, equipo que pueda ser financiado por municipalidades distritales.
- Por ello, se recomienda a parte de realizar un estudio de elementos metálicos, realizar también un monitoreo de compuestos orgánicos volátiles por cada zona de estudio.
- Se recomienda realizar un estudio más a fondo sobre la variabilidad y comportamiento temporal del material particulado, con el fin de saber cuál es su influencia en la contaminación del aire según su tamaño, su forma, textura y en un tiempo determinado.
- Por último, cuantificar el material particulado aportaría mucho en conocer cuál es su impacto según su tamaño y por horas, días y meses.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCIA de Protección Ambiental – EPA. Air Quality Index: A guide to air quality and your health. Estados Unidos: EPA-456/F-14-002, 2014. 12p. Disponible en: [https://www3.epa.gov/airnow/aqi\\_brochure\\_02\\_14.pdf](https://www3.epa.gov/airnow/aqi_brochure_02_14.pdf)
- AGENCIA de protección Ambiental. *El cromado*. California: Air Resources Board, 2015. Cod: P.O. Box 2815. Disponible en: [https://www.arb.ca.gov/ch/spanish\\_docs/Chrome\\_Plating\\_SPANISH\\_0302.pdf](https://www.arb.ca.gov/ch/spanish_docs/Chrome_Plating_SPANISH_0302.pdf)
- AGENCIA para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. *Resumen de Salud Pública Antimonio*. Estados Unidos: Departamento de Salud y Servicios Humanos, 1992. 6p. ISSN: 7440360
- AMATO F, PANDOLFI M, MORENO T. [et al]. *Spatial and chemical patterns of PM<sub>10</sub> in road dust deposited in urban environment*. España: Atmos Environ, 2009. 1659p.
- ALIAGA, R; ROJAS, J. y NORABUENA, M. *Boletín Mensual de vigilancia de la calidad del aire en Lima Metropolitana*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016. 18p. Disponible en: [file:///C:/Users/Abel/Downloads/02\\_boletin\\_vigilancia\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_aire\\_lm.pdf](file:///C:/Users/Abel/Downloads/02_boletin_vigilancia_de_la_calidad_del_aire_lm.pdf)
- ÁLVAREZ, R. *Instructivo de Uso del Muestreador de Material Particulado Thermo Scientific Partisol 2000i Aire Sampler de Bajo Volumen*. Ancash: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente, 2015. 18p. Cod: IM-008
- BATSALA, M; CHANDU, B; SAKALA, B; [et al]. *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)*. 5a.ed. India: Research article, 2012. 680p. ISSN: 22312781
- BARBOSA, A. *Evaluación de metales y no metales en la fracción fina de partículas atmosféricas de la zona Metropolitana del Valle de Toluca*. Tesis (Ciencia en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad), México D.F: Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente, 2015. 100p.
- BRUNEKREEF, B. y HOLGATE, S. *Air Pollution and health*. Lancet, 2002. 360p. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12401268>

- CASTRO, G. *Fundiciones*. Departamento de Ingeniería Mecánica, 2009. 25p.  
Disponible en:  
[http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Fundiciones.pdf](http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Fundiciones.pdf)
- CONAM (Perú). Decreto Supremo N° 009-2003-SA009: Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire. 2003. 9p.
- CONCEPCIÓN, Eric. y RODRÍGUEZ, Milagritos. *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014*. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014. 52p.  
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>.
- CONSEJERÍA de Medio Ambiente *Guía de apoyo para la notificación de las emisiones de tratamiento superficial de piezas metálicas y de plásticos*. Junta de Andalucía: Servicio de Prevención y Control Ambiental, 2010. 52p.
- CORONA, A; CRUZ, M; TÉLLEZ, B; [et al]. *Principales industrias en México*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, (S/A). 15p. Extraído de la página web: <https://es.scribd.com/document/321634192/Principales-Industrial-Quimicas-en-Mexico>
- CORPORACIÓN Financiera Internacional. *Guías sobre el medio ambiente, salud y seguridad para fundiciones*. Estados Unidos: Grupo del Banco Mundial. 2007, 28p.
- DIGESA. (Perú). R.D. N° 1404/2005/DIGESA: Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos. Perú. 2005. 48p.
- GONZALES, G; STEENLAND, K. [et al]. *La salud ambiental en el Perú*. Instituto de Investigaciones de la Altura. Lima: Revista med. exp. salud pública, 2014. Vol.31 N°2. ISSN: 17264634
- HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto. *Metodología de la Investigación*. 5a.ed. México D.F: Mc Graw Hill, 2010. 656p. ISBN: 9786071502919
- HO, K; LEE, S; CHAN, C; [et al]. *Characterization of chemical species in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> aerosols in Hong Kong*. Atmospheric Environment, 2003. 39p.
- HUATUCO, R. *Estudio de la Calidad del Aire en la Ciudad Universitaria de San Marcos de Lima*. Tesis (Ingeniero Mecánico de Fluidos). Facultad de Ciencias Físicas: Escuela Académica profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, 2011. 119p.

- KWIATKOWSKA, T. *Los caminos de la ética ambiental*. México D.F: Plaza y Valdés, 2003, 85p. ISBN: 9727221305
- LOZANO, Freddy. *Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana – Ciudad de Moyobamba, 2012*. Tesis (Ingeniero Ambiental). UNSM: Tarapoto, 2013. 61p.
- MC CANN, M. *Metalurgia y Metalisteria*. 3a.ed. (S/A). 66p. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/82.pdf>
- MINAM (Perú). Ley N° 28611: Ley General del Ambiente. Publicada el 15 de octubre de 2005. Perú. 168p.
- MINAM (Perú). D.S. N° 074-2001-PCM. Aprueban el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire. 2001. 16p.
- MINAM (Perú). Decreto Supremo N° 003-2008: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire. 2008. 3p.
- MINGUILLÓN, M. “*Composición y fuentes del material particulado atmosférico en la zona cerámica de Castellón: Impacto de la introducción de las Mejores Técnicas*”. España: Universidad Jaume, 2007. ISBN: 9788469096758
- MOREANO, David y PALMISANO, Antonio. *Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus Efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM10 y CO*. Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú, 2012. 80p.
- NORRIS, G. y DUVALL, R. *EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide*. Washington: United States Environmental Protection Agency, 2014. 136p.
- ORGANIZACIÓN Mundial de la Salud - OMS, 2015. Disponible en: <http://www.who.int/es/>.
- ORGANIZACIÓN Mundial de la Salud. *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. OMS, 2005, 25p. Disponible en: [file:///C:/Users/Abel/Downloads/calidad\\_del\\_aire\\_oms.pdf](file:///C:/Users/Abel/Downloads/calidad_del_aire_oms.pdf)
- ORTIZ, R. *Grado de influencia de las variables meteorológicas en la contaminación del por material particulado fino durante la mañana, tarde y noche en el aire del*

- distrito de Ate en Abril del 2015*. Tesis (Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2015. 70p.
- PACYNA, J.M. *In Toxic Metals in the atmosphere*, Estados Unidos: Davidson, 1986.
  - PELÁEZ, M, BUSTAMANTE, J. y GÓMEZ, D. *Presencia de Cadmio y Plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de Brachiaria en el Magdalena Medio Colombiano*". Bogotá: Universidad de Caldas, 2016. 101p. ISSN:19092474
  - PINDADO R. *Desarrollo del Modelo de Factorización de la Matriz Positiva (PMF) al Estudio Anual de la Composición Orgánica del PM<sub>2.5</sub> en Chapinería*. España: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, 2013. 64p. ISSN: 11359420.
  - POPE, C. y DOCKERY, D. *Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect*. Journal of the Air & Waste Management Association, 2006. 742p.
  - PRÉNDEZ, Margarita; CORVALÁN, R. y Cisternas, Michael. *Estudio Preliminar del Material Particulado de Fuentes Estacionarias: Aplicación al Sistema de Compensación de Emisiones en la Región Metropolitana, Chile*. Santiago de Chile: La Serena, 2007. 103p. ISSN: 07180764
  - QUEROL, X, y ALASTUEY, A. *Chemical characterisation of PM episodes in NE Spain*. España: Chemosphere, 2006. 956p.
  - ROS, A. *Metalurgia del Antimonio*. 2009. 37p. Disponible en: <http://es.calameo.com/read/001407153600bbfbb4580>
  - SÁNCHEZ, O; ORDOÑEZ, C [et al]. *Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana 2011*. Lima: Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología- SENAMHI, 2013. 73p.
  - SÁNCHEZ, O. *The influence of meteorological conditions on the behavior of pollutants concentrations in Sao Paulo*. Brazil: 2002. 15p.
  - SANTIAGO. (S/A). *Metales ligeros y sus aleaciones*. Disponible en: <https://oposinet.cvexpres.com/temario-de-fabricacion-mecanica-secundaria/temario-1-fabricacion-mecanica/tema-24-metales-ligeros-y-sus-aleaciones-clasificacin-estructura-metalografica-transformaciones-metalurgicas-la-influencia-en-sus-propiedades-de-los-tratamientos-tr/>
  - VIAL, P. *Contaminación del aire*. Santiago de Chile: (S/A). 68p.

- VIRGUEZ, M. *Tipos de Industrias más importantes*. Liferder. 2015. Disponible en: <https://www.liferder.com/tipos-de-industria/>
- VIANA, M. *Niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores Norte y Este de la Península Ibérica y Canarias*. Tesis Doctoral: Universidad de Barcelona. 2003.
- VIVAR, E. *Cuantificación de Material Particulado  $PM_{10}$  y su Efecto Toxicológico-Ambiental, en la Ciudad de Azogues*. UC: Ecuador, 2014. 109 p
- WARK, K. y WARNER, C. *Contaminación del aire: Origen y control*. México, D.F: Limusa, 2007. 50p. ISBN: 9789681819545

**ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**
**VIII. ANEXOS**
**Cuadro N°35: Matriz de Consistencia**

Matriz de Consistencia							
Título: "Composición de los aerosoles atmosféricos y su relación con las fuentes contaminantes en las Estaciones de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017"							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
¿Cuál es la relación de la composición de los aerosoles atmosféricos en la identificación de las fuentes contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017?	Evaluar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017.	El análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos permite la identificación de las principales fuentes contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017.	<b>Variable X:</b>  Aerosoles atmosféricos	Composición física del material particulado	Peso de Material particulado <10 µm de diámetro.	Gramos (g)	
					Peso de Material particulado <2.5µm de diámetro.	Gramos (g)	
				Composición química del material particulado.	Concentración de PM-10 y PM-2.5.	µg/m <sup>3</sup>	
					Concentración de metales pesados.	µg/m <sup>3</sup>	
				Concentración de metales livianos.	µg/m <sup>3</sup>		
¿Cómo se relaciona el análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos en la identificación de las fuentes puntuales en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra?	Analizar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes puntuales en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.	La composición de los aerosoles atmosféricos facilita la identificación de las principales fuentes puntuales en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.	<b>Variable Y:</b>  Fuentes contaminantes	Fuentes Puntuales o Fijas	- Industrias químicas.	% antimonio % de cobre % de hierro	% de zinc % de bario % de calcio
					- Industria petroquímica	% de cromo % de plomo	% de sodio % de zinc
					- Industria cerámica	% de potasio	% de barrio % de calcio
					- Fundición de metales	% de zinc % aluminio	% de hierro % de plomo
¿Cómo se relaciona el análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos en la identificación de las fuentes móviles en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra?	Analizar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes móviles en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.	La composición de los aerosoles atmosféricos facilita la identificación de las principales fuentes móviles en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.		Fuentes Móviles	- Tráfico vehicular	% de Plomo % de cobre	% de silicio % aluminio
¿Cómo se relaciona el análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos en la identificación de las fuentes de área en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra?	Analizar la composición de los aerosoles atmosféricos para identificar las principales fuentes de área en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.	La composición de los aerosoles atmosféricos facilita la identificación de las principales fuentes de área en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra.		Fuentes de Área	- Factor comercial	% de calcio % de titanio % de zinc	% aluminio % de silicio
					- Industria inmobiliaria (construcción)	% de cobre % de calcio	%manganeso % de silicio
					- Fuente Mineral (resuspensión del suelo)	% de calcio % potasio	%magnesio
					- Fuente aerosol marino	% de sodio % magnesio	% potasio

Fuente: Elaboración propia



**ANEXO N°2: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL**

**Cuadro N°36: Etapa 2- Muestreo con el Equipo Partisol 2000i PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>**



Fig. N°6: Manejo de filtros de teflón (Análisis químico).

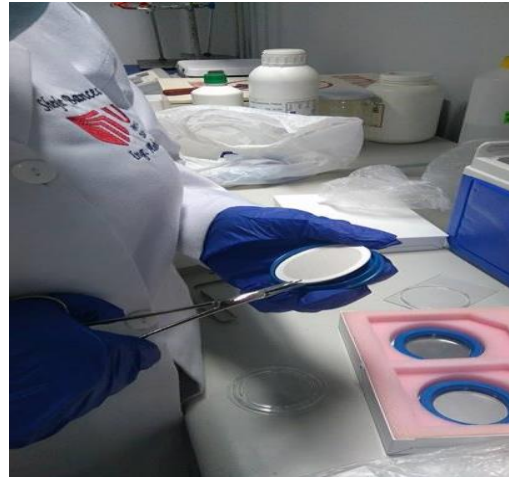


Fig. N°7: Manejo de filtros de cuarzo (Análisis físico).



Fig. N°8: Manipulación cuidadosa de los filtros.



Fig. N°9: Muestras de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.



Fig. N°10: Recojo de datos en las Fichas elaboradas por SENAMHI.

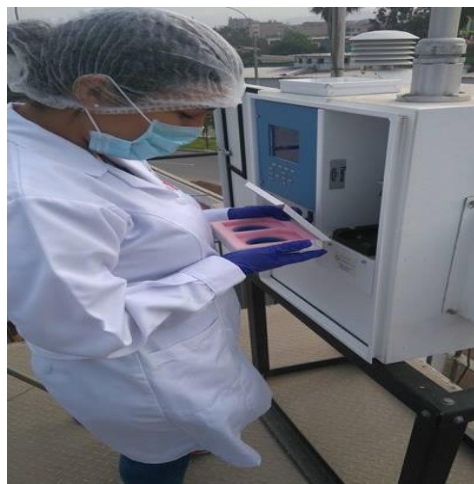


Fig. N°11: Colocación de filtros blancos en los Equipos Partisol (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>).

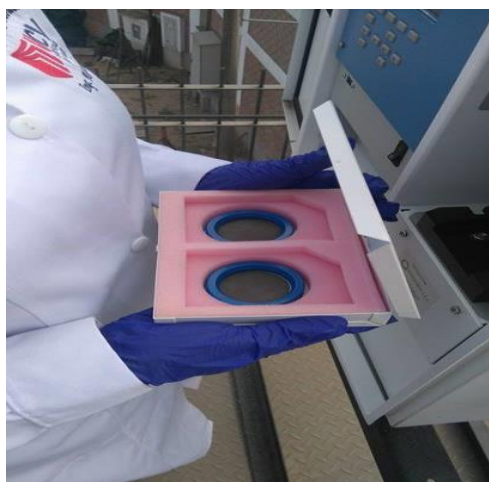


Fig. N°12: Recojo de filtros después del muestreo con equipos Partisol.



Fig. N°13: Manipulación de los Equipos Partisol 2000i.



Fig. N°14: Estación Automática de Calidad del Aire del SENAMHI.



Fig. N°15: Estación Automática de Calidad del Aire del SENAMHI.

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO N°3: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE LAS FUENTES CONTAMINANTES**
**Cuadro N°37: Reconocimiento de fuentes contaminantes en Puente Piedra.**

<b>Distrito de Puente Piedra</b>	
<b>Fig. N°16: Estación de Calidad del Aire - Puente Piedra</b>	
<p>Estación de Calidad del Aire del SENAMHI en PPD - Tipo de zona Urbana, ubicado en la Calle 9 de Junio N° 100. Se encuentra cerca de la piscina municipal, la altura de la toma de muestra es de 3 metros.</p>	
<b>Fig. N°17: Industria de Pinturas</b>	
<p>Ecocolor - Los Nogales, Puente Piedra.</p>	
<b>Fig. N°18: Fuente Inmobiliaria y Resuspensión del suelo</b>	
<p>Áreas en construcción y suelo sin pavimentar.</p>	

**Fig. N°19: Resuspensión del suelo y desechos de residuos sólidos.**



**Fig. N°20: Factor comercial**



Llanterías de paso y desgaste de llantas.



**Fig. N°21: Tráfico Vehicular**



Principales avenidas transitadas: Miguel Grau, Sáenz Peña, Juan Lecaros, Santa Lucía, entre otros.

**Fig. N°22: Fundición de metales y soldaduras**



Emisión de contaminantes por la actividad – Industria Metal-mecánica Montes SAC, Puente Piedra.

**Cuadro N°38: Reconocimiento de fuentes contaminantes en San Juan de Lurigancho.**

**Distrito de San Juan de Lurigancho**

**Fig. N°23: Estación de Calidad del Aire del Senamhi en San Juan de Lurigancho**



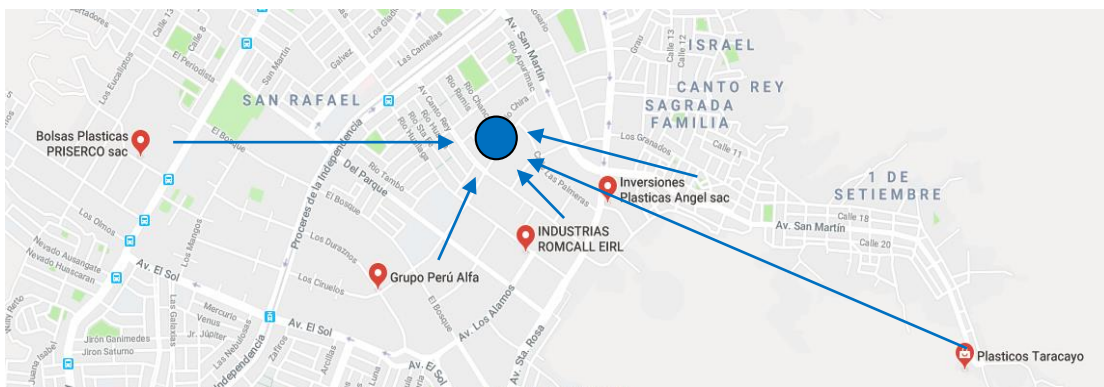
Estación de Calidad del Aire del SENAMHI en SJL - Tipo de zona Urbana, ubicado en la Av. Del Parque, cuadra 6. Se encuentra en las Oficinas de vigilancia de la Universidad César Vallejo con una altura de la toma de muestra a 6 metros.

**Fig. N°24: Industria Cerámica**



Fuente puntual

**Fig. N°25: Industria Química**



**Industrias de plásticos muy cerca al punto de monitoreo.**

**Fig. N°26: Industria Metálica**



Fábrica metalmecánica y soldaduras.

**Fig. N°27: Factor comercial**



Ladrillera artesanal.

**Fig. N°28. Tráfico Vehicular**



Con ocurrencia en las avenidas: Fernando Wiese, Sanra Rosa de Lima, Flores de Primavera, Canto Grantes, entre otros.



**ANEXO N° 4: CUADROS DE RECONOCIMIENTO DE POSIBLES FUENTES CONTAMINANTES EN PPD Y SJL.**

**Cuadro N°39: Reconocimiento de fuentes contaminantes en San Juan de Lurigancho**

<b>San Juan de Lurigancho</b>				
<b>Tipo de Fuente Contaminante</b>	<b>Nombre y/o descripción</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Distancia</b>	
<b>Fuente Puntual</b>	Industria Cerámica	Fábrica Celima	Av Gran Chimú 249, San Juan de Lurigancho 15401	5 kilómetros
		Fábrica Celima	Av. Santa Rosa de Lima, SJL	3.08 kilómetros
		Grupo Celima – Trebol	Avenida Próceres de la independencia, SJL	3.08 kilómetros
		Cerámica Menodza	San Juan de Lurigancho 15401	4.40 kilómetros
		Cerámica Trebol	2930 Av. Fernando Wiesse, SJL.	3.65 kilómetros
	Industria Química y/o de Pinturas	Industrias IMIM SAC	El Bosque 917, SJL	571.7 metros
		Industria Bronce Grafitado SAC	Av. Lurigancho 1076, Cercado de Lima 15427	3.85 kilómetros
		INDUSTRIAS METÁLICAS EIRL: Fabricación y pintado de accesorios.	Av. Las Flores de Primavera 1723- SJL	2.45 kilómetros
		Pinturas Atlántida	Av. Los Nogales, SJL.	1.54 kilómetros
	Industria Petroquímica	Industrias Romcall EIRL: Fabricación de productos de plásticos	Av. Los Bambúes 860, SJL	519.9 metros
		Inversiones Plásticas Angel SAC	Av las Parquisonias 173, SJL.	918.5 metros
		Bolsas Plásticas PRISERCO SAC.	Av. Amancaes Mz. J Lt. 11, SJL.	1.35 kilómetros
		Plásticos Romero	Av. Los Pinos, SJL.	251.4 metros
		GRUPO PERÚ ALFA Son un grupo dedicado al desarrollo de productos de plástico.	Los Ciruelos 571, San Juan de Lurigancho	292.5 metros
		Plastimiq	El Bosque 542, San Juan de Lurigancho	133.5 metros

<b>Fuente Móvil</b>	Principales Avenidas	Av. Próceres de la Independencia	--	520metros
		Av. 13 de Enero	--	565 metros
		Av. Fernando Wiesse	--	705 metros
		Av. Santa Rosa de Lima	--	838 metros
		Av. Canto Grande	--	1.14 kilómetros
		Av. Flores de Primavera	--	2.36 kilómetros
		Av. Lurigancho	--	3.97 kilómetros

**Fuente:** Elaboración propia

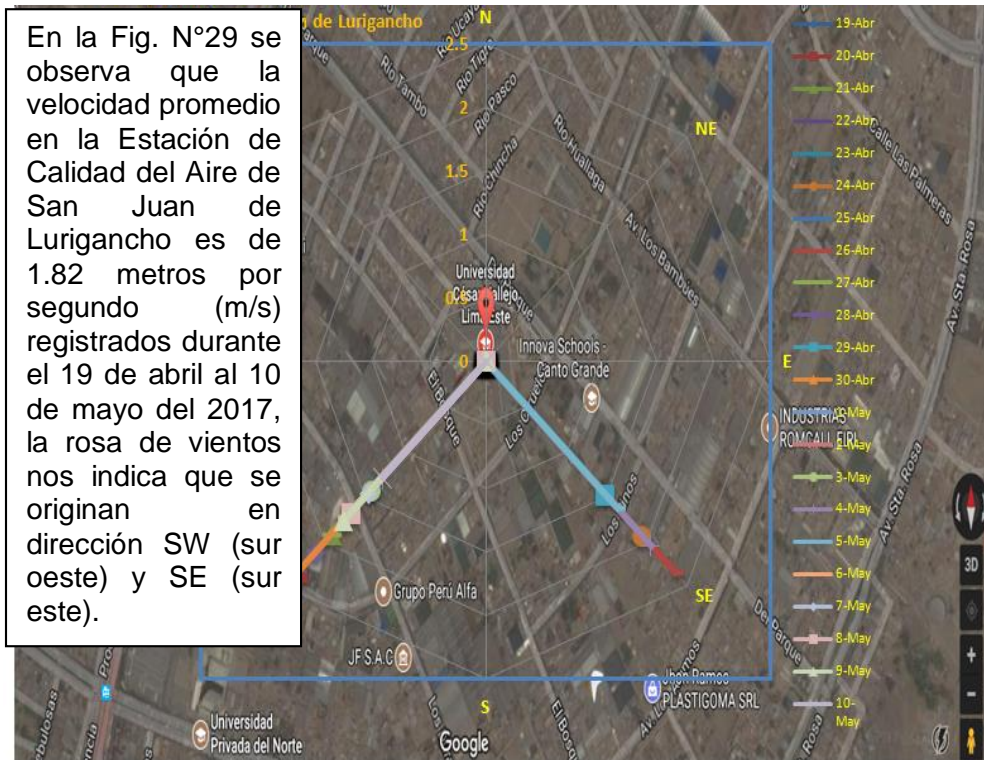
**Cuadro N°40: Reconocimiento de fuentes contaminantes en Puente Piedra.**

<b>Puente Piedra</b>				
<b>Tipo de Fuente Contaminante</b>		<b>Nombre y/o descripción</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Distancia hasta la Estación de Calidad del Aire</b>
<b>Fuente Puntual</b>	Industria Metálica (Fundición de metales)	Fundición Vargas	Auxiliar Panamericana Nte. 134, PPD.	2.55 kilómetros
		Industrias Metalicas Misholin Sac	Panamericana Norte, PPD.	595.78 metros
		Industrias Cotillo SRL Ingeniería Metálica	Mz "L" Lt 19 Los Huertos, PPD.	3.35 kilómetros
		Industria Carti: Fabricación de furgones metálicos	Puente Piedra	5.20 kilómetros
		Industria Metalmecánica Montes SAC: Fabrica estructuras metálicas y soldaduras.	Urb. Comerciantes Del Norte, Puente Piedra	3.40 kilómetros
	Industria Química y/o de Pinturas	Ecocolor	Los Nogales, PPD	4.50 kilómetros
		Pintura Chemisa Chemical Mining SA	4961, Calle los Talleres, PPD.	11.80 kilómetros
		Famesa	Puente Piedra.	2.35 kilómetros
	<b>Fuente Móvil</b>	Principales Avenidas	Av. Miguel Grau	--
Av. Sáenz Peña			--	100 metros
Av. Juan Lecaros			--	120 metros
Av. Santa Lucía			--	160 metros

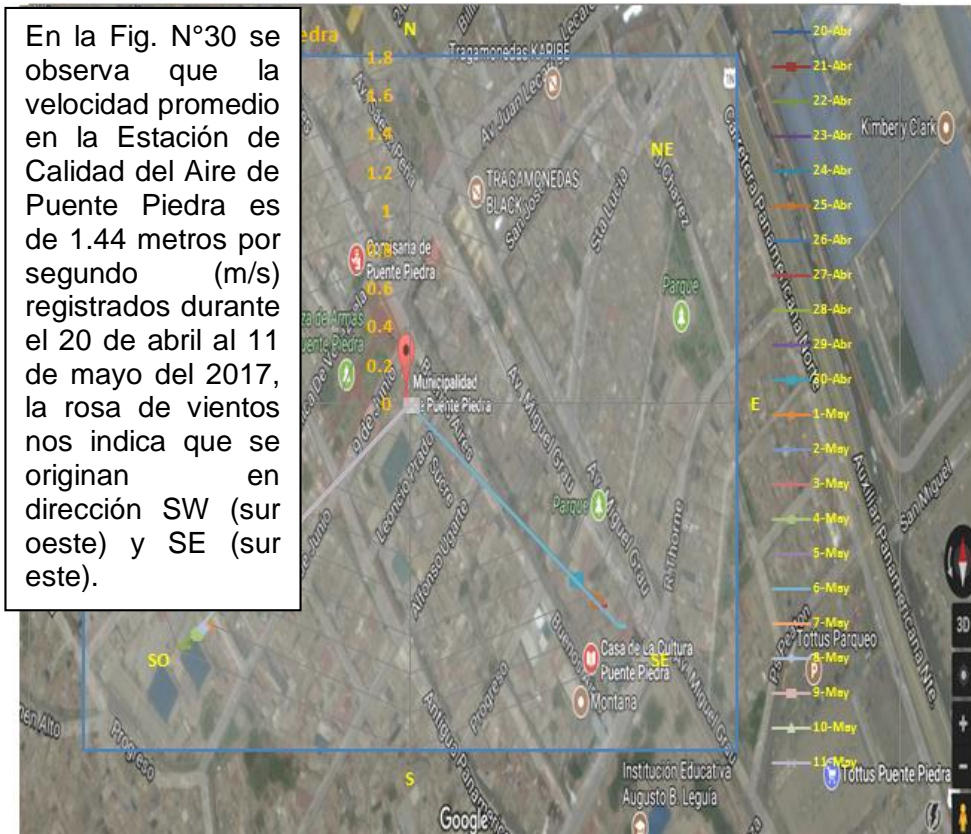
**Fuente:** Elaboración propia

## ANEXO N°5: ROSA DE VIENTOS DE LOS DISTRITOS DE SJL Y PPD

**Fig. N°29: Rosa de vientos de San Juan de Lurigancho**



**Fig. N°30: Rosa de vientos de Puente Piedra**



## ANEXO N° 6: FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Cuadro N° 41: Ficha de recolección de datos del Equipo Partisol de SJL.**

<b>FORMATO PARA USO DE FILTROS DURANTE LA ETAPA DE MUESTREO EN EL DISTRITO DESAN JUAN DE LURIGANCHO EN EL PERIODO DE ABRIL Y MAYO 2017</b>				
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>				<b>San Juan de Lurigancho - UCV Lima Este</b>
<b>ENCARGADO DEL MUESTREO:</b>				<b>MISHEL ILIZARBE</b>
<b>EQUIPO:</b>				<b>PARTISOL 2000i</b>
<b>MUESTREO</b>				<b>PM<sub>10</sub></b>
N°	Fecha de inicio de muestreo	Fecha de final de muestreo	Código del filtro	OBSERVACIÓN
1	19-04-17	20-04-17	17T0309	QUÍMICO
2	20-04-17	21-04-17	17T0307	QUÍMICO
3	21-04-17	22-04-17	17T0305	QUÍMICO
4	22-04-17	23-04-17	17T0303	QUÍMICO
5	23-04-17	24-04-17	17T0301	QUÍMICO
6	24-04-17	25-04-17	17T0299	QUÍMICO
7	25-04-17	25-04-17	174277	FÍSICO
8	25-04-17	25-04-17	174279	FÍSICO
9	26-04-17	27-04-17	17T0297	QUÍMICO
10	27-04-17	28-04-17	17T0295	QUÍMICO
11	28-04-17	29-04-17	17T0332	QUÍMICO
12	29-04-17	30-04-17	17T0368	QUÍMICO
13	30-04-17	01-05-17	17T0366	QUÍMICO
14	02-05-17	02-05-17	17T0354	QUÍMICO
15	03-05-17	03-05-17	174285	FÍSICO
16	03-05-17	03-05-17	174281	FÍSICO
17	04-05-17	05-05-17	17T0364	QUÍMICO
18	05-05-17	06-05-17	17T0356	QUÍMICO
19	06-05-17	07-05-17	17T0358	QUÍMICO
20	07-05-17	08-05-17	17T0360	QUÍMICO
21	09-05-17	10-05-17	17T0293	QUÍMICO
22	11-05-17	11-05-17	174283	FÍSICO
23	11-05-17	11-05-17	174289	FÍSICO
24	17-05-17	18-05-17	17T0380	QUÍMICO
25	18-05-17	19-05-17	17T0386	QUÍMICO
26	19-05-17	19-05-17	174293	FÍSICO
27	19-05-17	19-05-17	174291	FÍSICO
28	20-05-17	21-05-17	17T0382	QUÍMICO
29	21-05-17	22-05-17	17T0384	QUÍMICO

*Fuente: Formato elaborado por SENAMHI*

**Cuadro N° 42: Ficha de recolección de datos del Equipo Partisol de SJL.**

<b>FORMATO PARA USO DE FILTROS DURANTE LA ETAPA DE MUESTREO EN EL DISTRITO DESAN JUAN DE LURIGANCHO EN EL PERIODO DE ABRIL Y MAYO 2017</b>				
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>				<b>San Juan de Lurigancho - UCV Lima Este</b>
<b>ENCARGADO DEL MUESTREO:</b>				<b>MISHEL ILIZARBE</b>
<b>EQUIPO:</b>				<b>PARTISOL 2000i</b>
<b>MUESTREO</b>				<b>PM<sub>2.5</sub></b>
<b>N°</b>	<b>Fecha de inicio de muestreo</b>	<b>Fecha de final de muestreo</b>	<b>Código del filtro</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
1	19-04-17	20-04-17	17T0308	QUÍMICO
2	20-04-17	21-04-17	17T0306	QUÍMICO
3	21-04-17	22-04-17	17T0304	QUÍMICO
4	22-04-17	23-04-17	17T0302	QUÍMICO
5	23-04-17	24-04-17	17T0300	QUÍMICO
6	24-04-17	25-04-17	17T0298	QUÍMICO
7	25-04-17	25-04-17	174276	FÍSICO
8	25-04-17	25-04-17	174278	FÍSICO
9	26-04-17	27-04-17	17T0296	QUÍMICO
10	27-04-17	28-04-17	17T0294	QUÍMICO
11	28-04-17	29-04-17	17T0348	QUÍMICO
12	29-04-17	30-04-17	17T0367	QUÍMICO
13	30-04-17	01-05-17	17T0365	QUÍMICO
14	02-05-17	02-05-17	17T0353	QUÍMICO
15	03-05-17	03-05-17	174284	FÍSICO
16	03-05-17	03-05-17	174280	FÍSICO
17	04-05-17	05-05-17	17T0363	QUÍMICO
18	05-05-17	06-05-17	17T0355	QUÍMICO
19	06-05-17	07-05-17	17T0357	QUÍMICO
20	07-05-17	08-05-17	17T0359	QUÍMICO
21	09-05-17	10-05-17	17T0362	QUÍMICO
22	11-05-17	11-05-17	174282	FÍSICO
23	11-05-17	11-05-17	174288	FÍSICO
24	17-05-17	18-05-17	17T0369	QUÍMICO
25	18-05-17	19-05-17	17T0385	QUÍMICO
26	19-05-17	19-05-17	174292	FÍSICO
27	19-05-17	19-05-17	174290	FÍSICO
28	20-05-17	21-05-17	17T0381	QUÍMICO
29	21-05-17	22-05-17	17T0383	QUÍMICO

Fuente: Formato elaborado por SENAMHI.

**Cuadro N° 43: Ficha de recolección de datos para composición física del PM<sub>10</sub> en PPD.**

<b>Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN PUENTE PIEDRA</b>							
<b>Dimensión: Composición Física del Material Particulado PM<sub>10</sub></b>							
N°	Fecha de muestreo		Hora	Periodo	Pre pesado	Post pesado	Peso de partículas (g)
1	20/04/2017	21/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0329	0.144060	0.145760
2	21/04/2017	22/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0311	0.143327	0.147429
3	22/04/2017	23/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0327	0.141612	0.145782
4	23/04/2017	24/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0325	0.141993	0.142724
5	24/04/2017	25/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0323	0.144332	0.146340
6	25/04/2017	25/04/2017	9:00 - 13:00	4	174273	0.150707	0.151203
7	25/04/2017	25/04/2017	17:00 - 21:00	4	174266	0.153063	0.153640
8	26/04/2017	27/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0321	0.141217	0.145912
9	27/04/2017	28/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0319	0.139873	0.143992
10	28/04/2017	29/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0317	0.140913	0.144003
11	29/04/2017	30/04/2017	9:00 - 8:00	23	17T0315	0.140400	0.142363
12	30/04/2017	01/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0313	0.142874	0.145050
13	01/05/2017	02/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0339	0.145446	0.149065
14	02/05/2017	03/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0337	0.146945	0.149509
15	03/05/2017	03/05/2017	9:00 - 13:00	4	174268	0.153415	0.153936
16	03/05/2017	03/05/2017	17:00 - 21:00	4	174271	0.153593	0.154500
17	04/05/2017	05/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0334	0.141519	0.143694
18	05/05/2017	06/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0342	0.148446	0.152632
19	06/05/2017	07/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0344	0.143237	0.147782
20	07/05/2017	08/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0346	0.143745	0.146544
21	08/05/2017	09/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0349	0.139723	0.143991
22	09/05/2017	10/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0331	0.141284	0.144796
23	10/05/2017	10/05/2017	9:00 - 13:00	4	174301	0.152141	0.153277
24	10/05/2017	10/05/2017	17:00 - 21:00	4	174303	0.151752	0.15237
25	11/05/2017	12/05/2017	9:00 - 8:00	23	17T0371	0.143352	0.145988

**Cuadro N° 44: Ficha de recolección de datos para composición física del PM<sub>2.5</sub> en PPD.**

<b>Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN PUENTE PIEDRA</b>							
<b>Dimensión: Composición Física del Material Particulado PM<sub>2.5</sub></b>							
N°	Fecha de muestreo		Hora	Periodo	Pre pesado	Post pesado	Peso de partículas (g)
1	20/04/2017	21/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.141536	0.144960	0.003424
2	21/04/2017	22/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.142061	0.143240	0.001179
3	22/04/2017	23/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.142677	0.143842	0.001165
4	23/04/2017	24/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.141734	0.142515	0.000781
5	24/04/2017	25/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.141530	0.142127	0.000597
6	25/04/2017	25/04/2017	9:00 - 13:00	4	0.153562	0.153684	0.000122
7	25/04/2017	25/04/2017	17:00 - 21:00	4	0.150155	0.150290	0.000135
8	26/04/2017	27/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.142349	0.143587	0.001238
9	27/04/2017	28/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.139300	0.140252	0.000952
10	28/04/2017	29/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.141860	0.142936	0.001076
11	29/04/2017	30/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.147432	0.148161	0.000729
12	30/04/2017	01/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.141380	0.142451	0.001071
13	01/05/2017	02/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.143505	0.144820	0.001315
14	02/05/2017	03/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.145405	0.146374	0.000969
15	03/05/2017	03/05/2017	9:00 - 13:00	4	0.154581	0.154713	0.000132
16	03/05/2017	03/05/2017	17:00 - 21:00	4	0.152178	0.152354	0.000176
17	04/05/2017	05/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.146663	0.147463	0.000800
18	05/05/2017	06/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.146587	0.147645	0.001058
19	06/05/2017	07/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.147800	0.148618	0.000818
20	07/05/2017	08/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.142450	0.143211	0.000761
21	08/05/2017	09/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.143211	0.144289	0.001078
22	09/05/2017	10/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.142927	0.143451	0.000524
23	10/05/2017	10/05/2017	9:00 - 13:00	4	0.15111	0.151275	0.000165
24	10/05/2017	10/05/2017	17:00 - 21:00	4	0.150779	0.150923	0.000144
25	11/05/2017	12/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.144483	0.145504	0.001021

**Cuadro N° 45: Ficha de recolección de datos para composición física del PM<sub>10</sub> en SJL.**

<b>Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN SAN JUAN DE LURIGANCHO</b>							
<b>Dimensión: Composición Física del Material Particulado PM<sub>10</sub></b>							
N°	Fecha de muestreo		Hora	Periodo	Pre pesado	Post pesado	Peso de partículas (g)
1	19/04/2017	20/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.14476	0.14775	0.00299
2	20/04/2017	21/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.141711	0.144603	0.002892
3	21/04/2017	22/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.143768	0.147284	0.003516
4	22/04/2017	23/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.142808	0.145614	0.002806
5	23/04/2017	24/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.145406	0.147043	0.001637
6	24/04/2017	25/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.144064	0.146043	0.001979
7	25/04/2017	25/04/2017	9:00 - 13:00	4	0.153936	0.154404	0.000468
8	25/04/2017	25/04/2017	17:00 - 21:00	4	0.153378	0.153849	0.000471
9	26/04/2017	27/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.145579	0.148754	0.003175
10	27/04/2017	28/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.144971	0.148515	0.003544
11	28/04/2017	29/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.141464	0.144186	0.002722
12	29/04/2017	30/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.146757	0.148102	0.001345
13	30/04/2017	01/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.150105	0.152328	0.002223
14	01/05/2017	02/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.146399	0.148806	0.002407
15	02/05/2017	03/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.144514	0.146487	0.001973
16	03/05/2017	03/05/2017	9:00 - 13:00	4	0.1543	0.154521	0.000221
17	03/05/2017	03/05/2017	17:00 - 21:00	4	0.153429	0.154031	0.000602
18	04/05/2017	05/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.1427	0.145655	0.002955
19	05/05/2017	06/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.146801	0.149378	0.002577
20	06/05/2017	07/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.143785	0.146595	0.00281
21	07/05/2017	08/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.144981	0.147007	0.002026
22	08/05/2017	09/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.1447	0.147247	0.002547
23	10/05/2017	10/05/2017	9:00 - 13:00	4	0.150697	0.151247	0.00055
24	10/05/2017	10/05/2017	17:00 - 21:00	4	0.152705	0.153194	0.000489



**Cuadro N° 46: Ficha de recolección de datos para composición física del PM<sub>2.5</sub> en SJL.**

<b>Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN SAN JUAN DE LURIGANCHO</b>							
<b>Dimensión: Composición Física del Material Particulado PM<sub>2.5</sub></b>							
N°	Fecha de muestreo		Hora	Periodo	Pre pesado	Post pesado	Peso de partículas (g)
1	19/04/2017	20/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.14232	0.143007	0.000687
2	20/04/2017	21/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.144564	0.145284	0.00072
3	21/04/2017	22/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.14061	0.141593	0.000983
4	22/04/2017	23/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.141513	0.142267	0.000754
5	23/04/2017	24/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.146033	0.146677	0.000644
6	24/04/2017	25/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.14417	0.1449	0.00073
7	25/04/2017	25/04/2017	9:00 - 13:00	4	0.150043	0.150141	0.000098
8	25/04/2017	25/04/2017	17:00 - 21:00	4	0.153002	0.153009	0.000007
9	26/04/2017	27/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.142598	0.143455	0.000857
10	27/04/2017	28/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.144215	0.14518	0.000965
11	28/04/2017	29/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.14498	0.145971	0.000991
12	29/04/2017	30/04/2017	9:00 - 8:00	23	0.146919	0.147506	0.000587
13	30/04/2017	01/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.14866	0.14973	0.00107
14	01/05/2017	02/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.140604	0.141939	0.001335
15	02/05/2017	03/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.14464	0.14548	0.00084
16	03/05/2017	03/05/2017	9:00 - 13:00	4	0.151877	0.152023	0.000146
17	03/05/2017	03/05/2017	17:00 - 21:00	4	0.15709	0.157494	0.000404
18	04/05/2017	05/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.146719	0.148014	0.001295
19	05/05/2017	06/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.144967	0.145771	0.000804
20	06/05/2017	07/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.14518	0.145867	0.000687
21	07/05/2017	08/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.14468	0.145359	0.000679
22	08/05/2017	09/05/2017	9:00 - 8:00	23	0.14277	0.143481	0.000711
23	10/05/2017	10/05/2017	9:00 - 13:00	4	0.15009	0.150532	0.000442
24	10/05/2017	10/05/2017	17:00 - 21:00	4	0.152136	0.152604	0.000468

**Cuadro N° 47: Ficha de recolección de datos de metales pesados en PM<sub>10</sub> en PPD.**

<b>Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN PUENTE PIEDRA</b>																						
<b>Dimensión: Composición Química del Material Particulado – Concentración de metales pesados PM<sub>10</sub></b>																						
<b>FECHA</b>	<b>As</b>	<b>Ba</b>	<b>Ca</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Cr</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>K</b>	<b>Si</b>	<b>Na</b>	<b>Tl</b>	<b>V</b>	<b>Zn</b>	<b>Sb</b>	<b>B</b>	<b>Sr</b>	<b>Hg</b>	<b>U</b>
20/04/2017	0.01	0.06	7.33	0.00	0.04	0.00	2.65	0.09	0.00	0.01	0.35	1.05	3.98	4.62	0.00	0.02	0.27	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00
21/04/2017	0.01	0.06	6.45	0.00	0.08	0.00	2.35	0.08	0.00	0.01	0.29	0.98	3.41	4.38	0.00	0.02	0.40	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00
22/04/2017	0.01	0.05	7.38	0.00	0.02	0.00	2.21	0.08	0.00	0.00	0.19	0.97	3.30	4.65	0.00	0.02	0.31	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00
23/04/2017	0.01	0.01	0.16	0.00	0.00	0.00	0.48	0.02	0.00	0.00	0.25	0.26	0.96	2.41	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
24/04/2017	0.01	0.03	2.55	0.00	0.01	0.00	1.04	0.03	0.00	0.00	0.08	0.41	1.50	1.88	0.00	0.01	0.10	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
25/04/2017	0.03	0.08	7.55	0.00	0.04	0.00	2.91	0.10	0.00	0.01	0.43	1.13	4.60	5.02	0.00	0.03	0.42	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00
26/04/2017	0.01	0.06	8.15	0.00	0.05	0.00	2.36	0.08	0.00	0.01	0.19	1.05	2.86	5.30	0.00	0.02	0.38	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00
27/04/2017	0.01	0.03	4.66	0.00	0.01	0.00	1.40	0.05	0.00	0.01	0.11	0.63	1.86	4.62	0.00	0.01	0.18	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
28/04/2017	0.00	0.03	3.61	0.00	0.00	0.00	0.83	0.03	0.00	0.00	0.05	0.49	1.14	2.03	0.00	0.01	0.07	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
29/04/2017	0.01	0.05	4.74	0.00	0.00	0.00	1.34	0.04	0.00	0.00	0.03	0.88	2.06	2.75	0.00	0.01	0.09	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
30/04/2017	0.01	0.05	6.69	0.00	0.00	0.00	1.70	0.06	0.00	0.00	0.03	1.04	2.58	2.71	0.00	0.01	0.07	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
01/05/2017	0.01	0.03	3.30	0.00	0.00	0.00	1.17	0.04	0.00	0.00	0.06	0.47	1.64	2.63	0.00	0.01	0.14	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
02/05/2017	0.01	0.04	5.86	0.00	0.02	0.00	1.56	0.06	0.00	0.00	0.13	0.75	2.36	4.93	0.00	0.01	0.19	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
03/05/2017	0.02	0.07	8.81	0.00	0.04	0.00	2.47	0.09	0.00	0.01	0.32	0.97	3.31	4.37	0.00	0.02	0.54	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00
04/05/2017	0.01	0.07	10.73	0.00	0.02	0.00	3.16	0.11	0.00	0.00	0.09	1.44	4.95	3.79	0.00	0.01	0.30	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00
05/05/2017	0.01	0.04	5.51	0.00	0.00	0.00	1.59	0.06	0.00	0.00	0.27	0.78	2.66	2.23	0.00	0.01	0.13	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
06/05/2017	0.01	0.05	7.46	0.00	0.14	0.00	2.70	0.09	0.00	0.01	0.22	0.95	3.87	3.62	0.00	0.02	0.40	0.08	0.01	0.03	0.00	0.00
07/05/2017	0.01	0.05	8.22	0.00	0.03	0.00	2.89	0.09	0.00	0.00	0.10	0.88	3.97	2.06	0.00	0.01	0.28	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00
08/05/2017	0.01	0.03	3.13	0.00	0.00	0.00	1.11	0.03	0.00	0.00	0.05	0.52	1.89	3.32	0.00	0.01	0.07	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
09/05/2017	0.01	0.03	4.56	0.00	0.03	0.00	0.97	0.03	0.00	0.00	0.06	0.66	1.61	6.21	0.00	0.01	0.10	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
10/05/2017	0.01	0.03	3.54	0.00	0.01	0.00	1.17	0.04	0.00	0.01	0.13	0.87	1.78	6.59	0.00	0.01	0.14	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
11/05/2017	0.00	0.03	0.98	0.00	0.00	0.00	0.82	0.03	0.00	0.01	0.26	0.59	1.43	6.85	0.00	0.01	0.11	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
<b>Concentración promedio</b>	<b>0.010</b>	<b>0.045</b>	<b>5.517</b>	<b>0.000</b>	<b>0.025</b>	<b>0.000</b>	<b>1.767</b>	<b>0.060</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>	<b>0.168</b>	<b>0.808</b>	<b>2.624</b>	<b>3.953</b>	<b>0.000</b>	<b>0.014</b>	<b>0.215</b>	<b>0.006</b>	<b>0.010</b>	<b>0.025</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>

**Cuadro N° 48: Ficha de recolección de datos de metales pesados en PM<sub>2.5</sub> en PPD.**

<b>Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN PUENTE PIEDRA</b>																			
<b>Dimensión: Composición Química del Material Particulado – Concentración de metales pesados PM<sub>2.5</sub></b>																			
FECHA	Arsénico	Bario	Calcio	Cobalto	Cobre	Hierro	Manganeso	Molibdeno	Níquel	Plomo	Potasio	Sodio	Talio	Vanadio	Zinc	Antimonio	Estroncio	Mercurio	Plata
	As	Ba	Ca	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	K	Na	Tl	V	Zn	Sb	Sr	Hg	Ag
20/04/2017	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.25	0.01	0.00	0.01	0.27	0.30	0.82	0.00	0.02	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
21/04/2017	0.00	0.01	0.07	0.00	0.04	0.18	0.01	0.00	0.01	0.19	0.27	0.66	0.00	0.01	0.26	0.01	0.00	0.00	0.00
22/04/2017	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.19	0.01	0.00	0.00	0.12	0.27	0.54	0.00	0.01	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
23/04/2017	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.19	0.18	0.23	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
24/04/2017	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.05	0.18	0.26	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
25/04/2017	0.02	0.01	0.07	0.00	0.00	0.23	0.01	0.00	0.01	0.30	0.32	0.88	0.00	0.02	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00
26/04/2017	0.01	0.01	0.76	0.00	0.01	0.17	0.01	0.00	0.01	0.11	0.41	1.09	0.00	0.02	0.22	0.01	0.00	0.00	0.00
27/04/2017	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.06	0.24	0.75	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
28/04/2017	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.19	0.32	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
29/04/2017	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.41	0.23	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
30/04/2017	0.00	0.01	0.71	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.38	0.52	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
01/05/2017	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.11	0.01	0.00	0.00	0.03	0.18	0.50	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
02/05/2017	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.14	0.01	0.00	0.00	0.09	0.27	0.70	0.00	0.01	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
03/05/2017	0.02	0.01	0.15	0.00	0.00	0.14	0.01	0.00	0.00	0.17	0.24	0.60	0.00	0.01	0.26	0.01	0.00	0.00	0.00
04/05/2017	0.01	0.01	1.05	0.00	0.00	0.25	0.01	0.00	0.00	0.04	0.45	0.47	0.00	0.01	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
05/05/2017	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.01	0.23	0.33	0.27	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02
06/05/2017	0.01	0.01	0.07	0.00	0.12	0.26	0.01	0.00	0.00	0.14	0.29	0.45	0.00	0.01	0.30	0.09	0.00	0.00	0.00
07/05/2017	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.20	0.01	0.00	0.00	0.05	0.27	0.12	0.00	0.01	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
08/05/2017	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.18	0.47	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
09/05/2017	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.18	0.84	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
10/05/2017	0.01	0.01	0.17	0.00	0.00	0.11	0.01	0.00	0.00	0.07	0.18	1.15	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
11/05/2017	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.21	0.18	0.89	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.006</b>	<b>0.007</b>	<b>0.207</b>	<b>0.000</b>	<b>0.008</b>	<b>0.138</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.111</b>	<b>0.268</b>	<b>0.580</b>	<b>0.000</b>	<b>0.011</b>	<b>0.113</b>	<b>0.006</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>

**Cuadro N° 49: Ficha de recolección de datos de metales livianos en PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> en PPD.**

<b>METALES LIVIANOS EN PUENTE PIEDRA (PM<sub>10</sub>)</b>			
<b>FECHA</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Titanio</b>	<b>Magnesio</b>
	<b>Al</b>	<b>Ti</b>	<b>Mg</b>
20/04/2017	2.23	0.07	1.84
21/04/2017	2.03	0.06	1.73
22/04/2017	1.90	0.06	1.82
23/04/2017	0.43	0.01	0.49
24/04/2017	0.81	0.03	0.68
25/04/2017	2.72	0.08	2.06
26/04/2017	1.83	0.06	1.76
27/04/2017	1.11	0.04	1.24
28/04/2017	0.70	0.02	0.67
29/04/2017	1.27	0.04	1.01
30/04/2017	1.65	0.05	1.27
01/05/2017	0.98	0.03	0.80
02/05/2017	1.36	0.05	1.39
03/05/2017	2.14	0.06	1.99
04/05/2017	2.77	0.09	2.08
05/05/2017	1.53	0.05	1.14
06/05/2017	2.15	0.07	1.65
07/05/2017	2.41	0.07	1.70
08/05/2017	1.05	0.03	1.03
09/05/2017	0.86	0.03	1.36
10/05/2017	1.07	0.04	1.36
11/05/2017	0.75	0.02	1.08
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.53</b>	<b>0.05</b>	<b>1.37</b>

<b>METALES LIVIANOS EN PUENTE PIEDRA (PM<sub>2.5</sub>)</b>			
<b>FECHA</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Titanio</b>	<b>Magnesio</b>
	<b>Al</b>	<b>Ti</b>	<b>Mg</b>
20/04/2017	0.16	0.0100	0.16
21/04/2017	0.12	0.0000	0.07
22/04/2017	0.12	0.0100	0.06
23/04/2017	0.01	0.0000	0.03
24/04/2017	0.03	0.0000	0.03
25/04/2017	0.15	0.0100	0.11
26/04/2017	0.12	0.0000	0.19
27/04/2017	0.05	0.0000	0.08
28/04/2017	0.01	0.0000	0.08
29/04/2017	0.04	0.0000	0.03
30/04/2017	0.09	0.0000	0.10
01/05/2017	0.04	0.0000	0.08
02/05/2017	0.04	0.0000	0.08
03/05/2017	0.11	0.0000	0.13
04/05/2017	0.22	0.0100	0.13
05/05/2017	0.06	0.0000	0.03
06/05/2017	0.14	0.0100	0.08
07/05/2017	0.17	0.0100	0.06
08/05/2017	0.02	0.0000	0.03
09/05/2017	0.03	0.0000	0.09
10/05/2017	0.08	0.0000	0.19
11/05/2017	0.02	0.0000	0.03
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.083</b>	<b>0.003</b>	<b>0.085</b>

**Cuadro N° 50: Ficha de recolección de datos de metales pesados en PM<sub>10</sub> en SJL.**

<b>Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN SAN JUAN DE LURIGANCHO</b>																					
<b>Dimensión: Composición Química del Material Particulado – Concentración de metales pesados PM<sub>10</sub></b>																					
<b>FECHA</b>	<b>Arsénico</b>	<b>Bario</b>	<b>Calcio</b>	<b>Cobalto</b>	<b>Cobre</b>	<b>Cromo</b>	<b>Hierro</b>	<b>Manganeso</b>	<b>Molibdeno</b>	<b>Níquel</b>	<b>Plomo</b>	<b>Potasio</b>	<b>Silicio</b>	<b>Sodio</b>	<b>Talio</b>	<b>Vanadio</b>	<b>Zinc</b>	<b>Antimonio</b>	<b>Estroncio</b>	<b>Mercurio</b>	<b>Uranio</b>
	<b>As</b>	<b>Ba</b>	<b>Ca</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Cr</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>K</b>	<b>Si</b>	<b>Na</b>	<b>Tl</b>	<b>V</b>	<b>Zn</b>	<b>Sb</b>	<b>Sr</b>	<b>Hg</b>	<b>U</b>
19/04/2017	0.01	0.13	6.96	0.00	0.05	0.01	2.84	0.17	0.00	0.02	0.07	0.85	2.78	2.87	0.00	0.01	0.25	0.01	0.02	0.00	0.00
20/04/2017	0.01	0.13	4.28	0.00	0.03	0.01	3.13	0.12	0.01	0.02	0.05	1.11	2.64	2.86	0.00	0.01	0.23	0.01	0.01	0.00	0.00
21/04/2017	0.01	0.17	10.08	0.00	0.06	0.01	3.40	0.20	0.00	0.01	0.11	1.20	3.63	4.09	0.00	0.01	0.30	0.01	0.02	0.00	0.00
22/04/2017	0.01	0.09	5.02	0.00	0.03	0.01	2.03	0.11	0.01	0.01	0.04	0.92	2.64	3.20	0.00	0.01	0.20	0.01	0.02	0.00	0.00
23/04/2017	0.01	0.03	2.58	0.00	0.01	0.03	0.72	0.03	0.00	0.02	0.03	0.55	1.03	1.71	0.00	0.01	0.13	0.00	0.01	0.00	0.00
24/04/2017	0.01	0.07	3.07	0.00	0.01	0.03	1.48	0.06	0.00	0.01	0.04	0.39	1.46	1.73	0.00	0.01	0.16	0.00	0.01	0.00	0.00
25/04/2017	0.03	0.14	8.00	0.00	0.03	0.01	3.48	0.14	0.01	0.02	0.05	1.10	3.30	4.19	0.00	0.01	0.28	0.01	0.02	0.00	0.00
26/04/2017	0.01	0.14	5.40	0.00	0.03	0.01	3.16	0.16	0.01	0.01	0.06	0.89	3.09	4.11	0.00	0.01	0.48	0.01	0.02	0.00	0.00
27/04/2017	0.01	0.10	3.15	0.00	0.01	0.00	2.50	0.09	0.00	0.00	0.03	0.61	1.97	4.19	0.00	0.01	0.17	0.00	0.01	0.00	0.00
28/04/2017	0.00	0.05	0.54	0.00	0.00	0.03	1.22	0.05	0.00	0.00	0.02	0.21	0.96	1.12	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
29/04/2017	0.00	0.05	0.46	0.00	0.00	0.03	0.76	0.02	0.00	0.00	0.02	0.50	1.07	2.13	0.00	0.01	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00
30/04/2017	0.01	0.05	1.38	0.00	0.00	0.03	0.83	0.05	0.00	0.01	0.02	1.59	1.26	2.50	0.00	0.01	0.14	0.00	0.01	0.00	0.00
01/05/2017	0.01	0.08	1.25	0.00	0.00	0.01	2.36	0.09	0.00	0.01	0.03	0.39	1.25	1.67	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
02/05/2017	0.01	0.13	4.10	0.00	0.02	0.01	2.53	0.09	0.00	0.01	0.06	0.63	1.94	4.30	0.00	0.01	0.27	0.00	0.01	0.00	0.00
03/05/2017	0.02	0.14	3.20	0.00	0.02	0.01	2.72	0.12	0.00	0.01	0.06	0.63	1.86	2.94	0.00	0.01	0.29	0.01	0.01	0.00	0.00
04/05/2017	0.01	0.11	4.09	0.00	0.01	0.01	3.01	0.11	0.00	0.01	0.04	2.08	2.46	3.15	0.00	0.01	0.23	0.00	0.02	0.00	0.00
05/05/2017	0.01	0.04	2.99	0.00	0.01	0.03	1.01	0.05	0.00	0.00	0.04	0.57	1.55	1.55	0.00	0.01	0.16	0.00	0.01	0.00	0.00
06/05/2017	0.01	0.15	3.83	0.00	0.01	0.01	3.30	0.11	0.00	0.00	0.05	0.62	1.94	1.55	0.00	0.01	0.19	0.00	0.01	0.00	0.00
07/05/2017	0.01	0.17	2.37	0.00	0.00	0.01	3.90	0.09	0.00	0.00	0.04	0.52	1.80	2.86	0.00	0.01	0.24	0.00	0.01	0.00	0.00
08/05/2017	0.01	0.08	2.12	0.00	0.00	0.03	1.75	0.05	0.00	0.00	0.05	0.53	1.18	3.98	0.00	0.01	0.15	0.00	0.01	0.00	0.00
09/05/2017	0.01	0.12	2.53	0.00	0.01	0.00	1.47	0.06	0.00	0.00	0.06	0.65	1.51	4.64	0.00	0.01	0.19	0.00	0.01	0.00	0.00
10/05/2017	0.01	0.04	2.47	0.00	0.02	0.00	0.73	0.04	0.00	0.01	0.04	0.86	1.07	6.27	0.00	0.01	0.22	0.00	0.01	0.00	0.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.010</b>	<b>0.100</b>	<b>3.630</b>	<b>0.000</b>	<b>0.016</b>	<b>0.015</b>	<b>2.197</b>	<b>0.091</b>	<b>0.002</b>	<b>0.008</b>	<b>0.046</b>	<b>0.791</b>	<b>1.927</b>	<b>3.073</b>	<b>0.000</b>	<b>0.010</b>	<b>0.204</b>	<b>0.004</b>	<b>0.012</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>

**Cuadro N° 51: Ficha de recolección de datos de metales pesados en PM<sub>2.5</sub> en SJL.**

<b>Variable X: COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS EN SAN JUAN DE LURIGANCHO</b>																		
<b>Dimensión: Composición Química del Material Particulado – Concentración de metales pesados PM<sub>2.5</sub></b>																		
FECHA	Arsénico	Bario	Calcio	Cobre	Cromo	Hierro	Manganeso	Molibdeno	Níquel	Plomo	Potasio	Sodio	Talio	Vanadio	Zinc	Antimonio	Estroncio	Mercurio
	As	Ba	Ca	Cu	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	K	Na	Tl	V	Zn	Sb	Sr	Hg
19/04/2017	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.39	0.07	0.00	0.01	0.03	0.23	0.41	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00
20/04/2017	0.01	0.02	0.51	0.01	0.00	0.67	0.05	0.00	0.01	0.03	0.34	0.84	0.00	0.01	0.10	0.00	0.00	0.00
21/04/2017	0.01	0.02	0.07	0.02	0.00	0.65	0.10	0.00	0.01	0.06	0.30	0.77	0.00	0.01	0.14	0.01	0.00	0.00
22/04/2017	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.33	0.05	0.00	0.01	0.02	0.28	0.52	0.00	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00
23/04/2017	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.18	0.12	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00
24/04/2017	0.01	0.01	0.29	0.00	0.00	0.24	0.02	0.00	0.00	0.02	0.18	0.36	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00
25/04/2017	0.03	0.02	1.89	0.01	0.01	0.64	0.06	0.01	0.01	0.03	0.45	1.26	0.00	0.01	0.18	0.00	0.00	0.00
26/04/2017	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	0.59	0.07	0.01	0.00	0.03	0.27	0.97	0.00	0.01	0.31	0.00	0.00	0.00
27/04/2017	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.43	0.03	0.00	0.00	0.01	0.18	0.62	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00
28/04/2017	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.24	0.02	0.00	0.00	0.01	0.18	0.25	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00
29/04/2017	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.22	0.12	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
30/04/2017	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.01	0.33	0.21	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00
01/05/2017	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.52	0.05	0.00	0.00	0.01	0.18	0.12	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00
02/05/2017	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	0.53	0.04	0.00	0.01	0.02	0.30	0.93	0.00	0.01	0.16	0.00	0.00	0.00
03/05/2017	0.02	0.02	0.07	0.00	0.00	0.53	0.06	0.00	0.01	0.03	0.36	0.48	0.00	0.01	0.17	0.00	0.00	0.00
04/05/2017	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	0.48	0.04	0.00	0.00	0.02	0.32	0.42	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00
05/05/2017	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.09	0.01	0.00	0.00	0.02	0.27	0.46	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00
06/05/2017	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	0.81	0.06	0.00	0.00	0.03	0.18	0.29	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00
07/05/2017	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	1.10	0.04	0.00	0.00	0.02	0.18	0.43	0.00	0.01	0.17	0.00	0.00	0.00
08/05/2017	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.35	0.02	0.00	0.01	0.02	0.38	0.71	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00
09/05/2017	0.01	0.03	0.07	0.00	0.00	0.22	0.02	0.00	0.00	0.03	0.25	0.97	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00
10/05/2017	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02	0.28	1.21	0.00	0.01	0.14	0.00	0.00	0.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.009</b>	<b>0.015</b>	<b>0.183</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.407</b>	<b>0.038</b>	<b>0.001</b>	<b>0.004</b>	<b>0.023</b>	<b>0.265</b>	<b>0.567</b>	<b>0.000</b>	<b>0.010</b>	<b>0.103</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>

**Cuadro N° 52: Ficha de recolección de datos de metales livianos en PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> en SJL.**

<b>METALES LIVIANOS EN SJL (PM-10)</b>			
<b>FECHA</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Titanio</b>	<b>Magnesio</b>
	<b>Al</b>	<b>Ti</b>	<b>Mg</b>
19/04/2017	1.57	0.07	1.22
20/04/2017	1.57	0.07	0.97
21/04/2017	2.17	0.09	1.63
22/04/2017	1.47	0.06	1.18
23/04/2017	0.60	0.02	0.49
24/04/2017	0.83	0.03	0.65
25/04/2017	1.88	0.07	1.47
26/04/2017	1.69	0.07	1.30
27/04/2017	1.06	0.05	1.00
28/04/2017	0.40	0.02	0.22
29/04/2017	0.58	0.03	0.44
30/04/2017	0.71	0.03	0.61
01/05/2017	0.71	0.03	0.45
02/05/2017	1.10	0.05	1.07
03/05/2017	1.06	0.04	0.91
04/05/2017	1.42	0.06	1.01
05/05/2017	0.91	0.04	0.68
06/05/2017	1.11	0.05	0.79
07/05/2017	0.95	0.04	0.80
08/05/2017	0.67	0.03	0.82
09/05/2017	0.88	0.04	0.95
10/05/2017	0.66	0.03	1.09
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.09</b>	<b>0.05</b>	<b>0.90</b>

<b>METALES LIVIANOS EN SJL (PM-2.5)</b>			
<b>FECHA</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Titanio</b>	<b>Magnesio</b>
	<b>Al</b>	<b>Ti</b>	<b>Mg</b>
19/04/2017	0.07	0.01	0.03
20/04/2017	0.14	0.01	0.14
21/04/2017	0.14	0.01	0.08
22/04/2017	0.06	0.00	0.07
23/04/2017	0.02	0.00	0.03
24/04/2017	0.03	0.00	0.06
25/04/2017	0.15	0.01	0.33
26/04/2017	0.11	0.01	0.11
27/04/2017	0.03	0.00	0.04
28/04/2017	0.01	0.00	0.03
29/04/2017	0.01	0.00	0.03
30/04/2017	0.02	0.00	0.03
01/05/2017	0.01	0.00	0.03
02/05/2017	0.05	0.00	0.16
03/05/2017	0.08	0.00	0.06
04/05/2017	0.10	0.00	0.09
05/05/2017	0.11	0.00	0.07
06/05/2017	0.09	0.00	0.05
07/05/2017	0.03	0.00	0.03
08/05/2017	0.03	0.00	0.06
09/05/2017	0.03	0.00	0.15
10/05/2017	0.03	0.00	0.15
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.061</b>	<b>0.002</b>	<b>0.083</b>

## ANEXO N° 7: CUADROS DE RESUMEN DE LOS RESULTADOS EN PPD Y SJL.

**Cuadro N°53: Resumen de la identificación de las principales fuentes contaminantes y su contribución en la contaminación del aire del distrito de Puente Piedra**

DISTRITO DE PUENTE PIEDRA						
N°	TIPO	FUENTE CONTAMINANTE	CONTRIBUCIÓN DEL ELEMENTO METÁLICO			
			ELEMENTOS EN PM <sub>10</sub> (%)	CONCENTRACION (µg/m <sup>3</sup> )	ELEMENTOS EN PM <sub>2.5</sub> (%)	CONCENTRACION (µg/m <sup>3</sup> )
1	FUENTE PUNTAU LO FIJA	INDUSTRIA QUÍMICA	Sb (84.2%)	0.006	—	
			Cu (13.3%)	0.0005		
			Fe (12.7%)	0.1		
			Zn (6.7%)	0.001		
2		FUNDICIÓN DE METALES	—		Zn (83.2%)	0.08
					Al (72.4%)	0.08
					Fe (53.7%)	0.1
3	FUENTE MÓVIL	TRÁFICO VEHICULAR	Pb (74.9%)	0.2	Pb (77.1%)	0.03
			Cu (46.2%)	0.02		
			V (39.9%)	0.008		
			Si (20%)	0.7	Cu (40%)	0.0001
			Fe (16.8%)	0.5		
4		AEROSOL MARINO	Na (47.9%)	5	Na (66.5%)	0.9
			K (16.8%)	0.2	Mg (44.9%)	0.08
5	FUENTE DE ÁREA	FACTOR COMERCIAL Y RESUSPENSIÓN DEL SUELO	Ca (79%)	8	—	
			Ti (67.7%)	0.08		
			Zn (67.5%)	0.1		
			Al (64.4%)	1		
			Si (60.1%)	3		
6		RESUSPENSIÓN DEL SUELO	—		Ca (72.2%)	0.3
					K (21.2%)	0.08
					Mg (18.3%)	0.01

Fuente: Elaboración propia - PMF Model EPA.



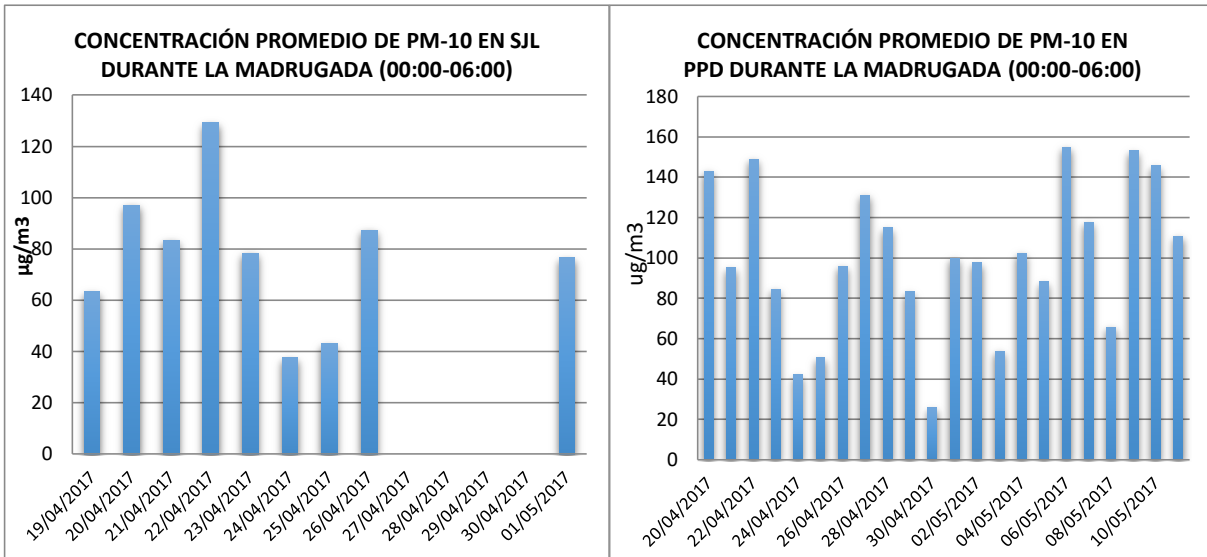
**Cuadro N°54: Resumen de la identificación de las principales fuentes contaminantes y su contribución en la contaminación del aire del distrito de San Juan de Lurigancho.**

DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO						
N°	TIPO	FUENTE CONTAMINANTE	CONTRIBUCIÓN DEL ELEMENTO METÁLICO			
			ELEMENTOS EN PM <sub>10</sub> (%)	CONCENTRACIÓN (µg/m <sup>3</sup> )	ELEMENTOS EN PM <sub>2.5</sub> (%)	CONCENTRACIÓN (µg/m <sup>3</sup> )
1	FUENTE PUNTUAL O FIJA	INDUSTRIA PETROQUÍMICA	Cr (64%)	0.001	—	
			Pb (33.4%)	0.003		
			Na (32.7%)	0.8		
			Zn (31.5%)	0.04		
2	FUENTE PUNTUAL O FIJA	INDUSTRIA QUÍMICA	—		Fe (58.9%)	0.3
					Ba (28.2%)	0.005
					Zn (22.2%)	0.05
					Ca (18.3%)	0.03
3	FUENTE PUNTUAL O FIJA	INDUSTRIA CERÁMICA	—		Ca (45.8%)	0.05
					K (38.6%)	0.09
					Ba (37.6%)	0.007
4	FUENTE MÓVIL	TRÁFICO VEHICULAR	Ba (62.8%)	0.09	Mn (67.8%)	
			Fe (62.4%)	2	Al (64%)	
			Mn (41.4%)	0.07	Fe (44.3%)	
			Pb (31.9%)	0.04	Pb (43.2%)	
			Si (31.2%)	1	Zn (36.2%)	
5	FUENTE DE ÁREA	INDUSTRIA INMOBILIARIA Y RESUSPENSIÓN DEL SUELO	Ca (77.7%)	3	—	
			Cu (73.9%)	0.03		
			Al (48.8%)	0.9		
			Mn (45.9%)	0.05		
			Si (45.2%)	0.9		
6	FUENTE DE ÁREA	FACTOR COMERCIAL	Cr (35.9%)	0.0008	—	
			K (31.8%)	0.1		
			Ti (23.2%)	0.003		
			Si (21.1%)	0.5		
7	FUENTE DE ÁREA	RESUSPENSIÓN DEL SUELO	—		Mg (63.6%)	0.07
					Na (59.9%)	0.5
					K (40.2%)	0.09
					Ca (33.5%)	0.05

Fuente: Elaboración propia - PMF Model EPA.

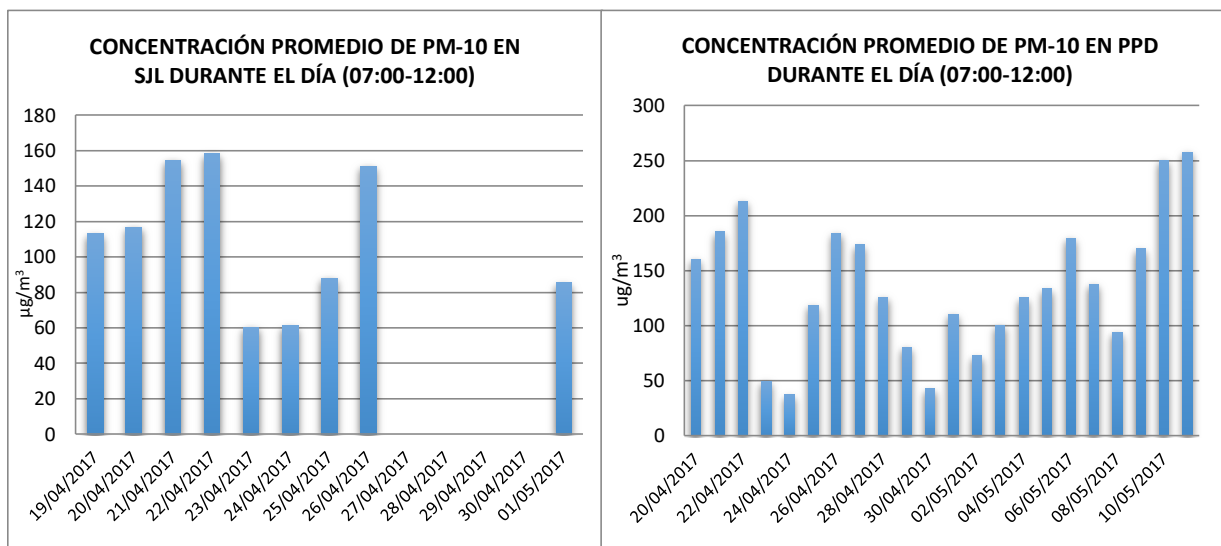
## ANEXO N° 8: GRÁFICOS DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO POR CATEGORÍA EN SJL Y PPD.

Gráfico N°37: Concentración Promedio de PM<sub>10</sub> durante la Madrugada.



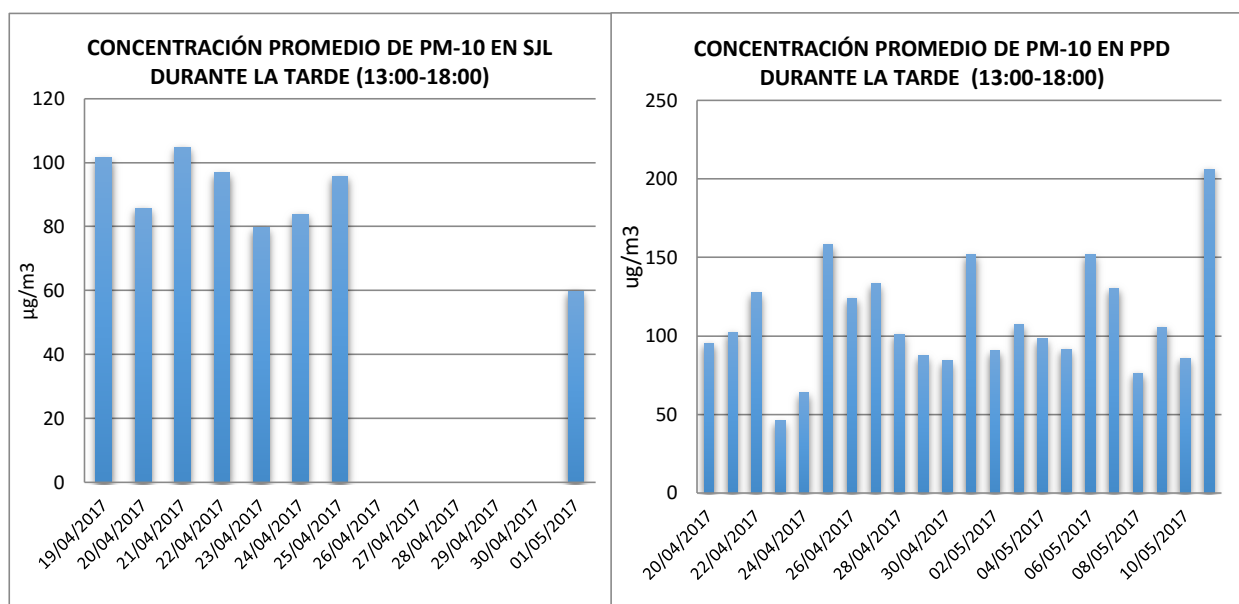
Durante la madrugada el distrito de Puente Piedra registró continuamente altas concentraciones de PM<sub>10</sub> alcanzando hasta 154.75 µg/m<sup>3</sup> el día 6 de mayo del 2017. Y SJL alcanzó en promedio hasta 129.14 µg/m<sup>3</sup>.

Gráfico N°38: Concentración Promedio de PM-10 durante el Día.



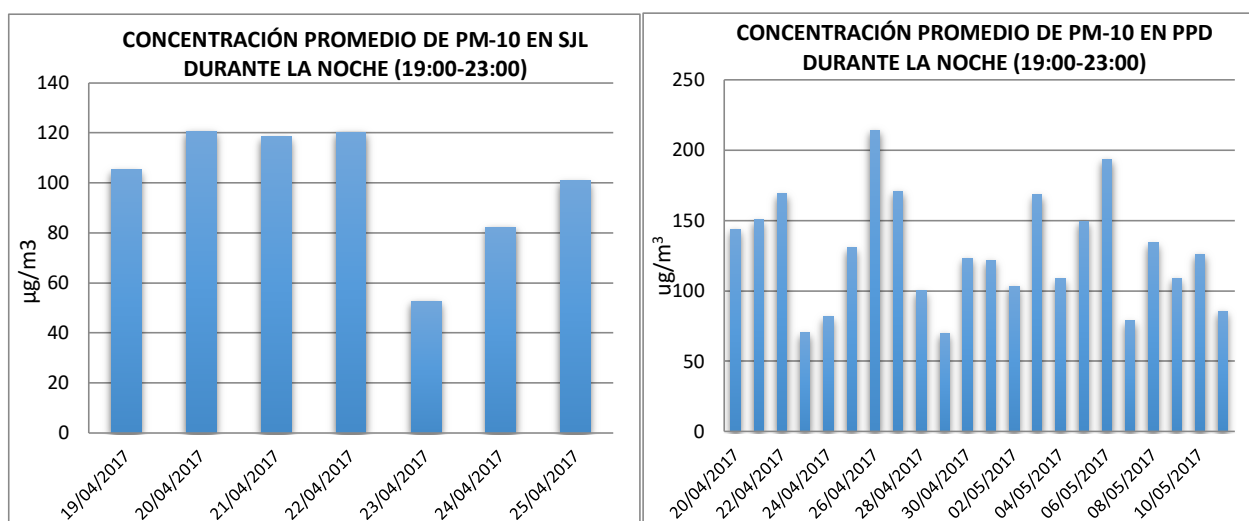
Durante el día el distrito de Puente Piedra registró continuamente altas concentraciones de PM<sub>10</sub> alcanzando hasta 257.63 µg/m<sup>3</sup> el día 11 de mayo del 2017. Y SJL alcanzó en promedio hasta 158.8 µg/m<sup>3</sup> el día 22 de abril del 2017.

Gráfico N°39: Concentración Promedio de PM<sub>10</sub> durante la Tarde



Durante la tarde el distrito de Puente Piedra registró algunos días con concentraciones altas de PM<sub>10</sub> alcanzando hasta 206.18 µg/m<sup>3</sup> el día 11 de mayo del 2017. Y SJL alcanzó en promedio hasta 104.86 µg/m<sup>3</sup> el día 21 de abril del 2017.

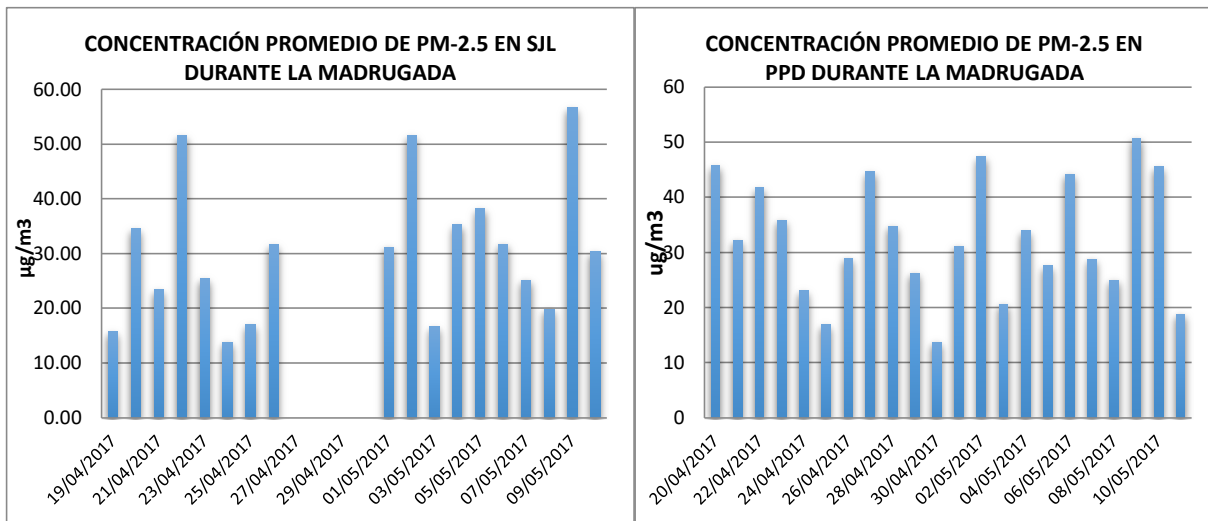
Gráfico N°40: Concentración Promedio de PM<sub>10</sub> durante la Noche.



Durante la noche el distrito de Puente Piedra y SJL registraron continuamente altas concentraciones de PM<sub>10</sub> alcanzando hasta 214.06 µg/m<sup>3</sup> el día 26 de abril del 2017. Y SJL alcanzó en promedio los 120.58 µg/m<sup>3</sup> el día 20 de abril del 2017.

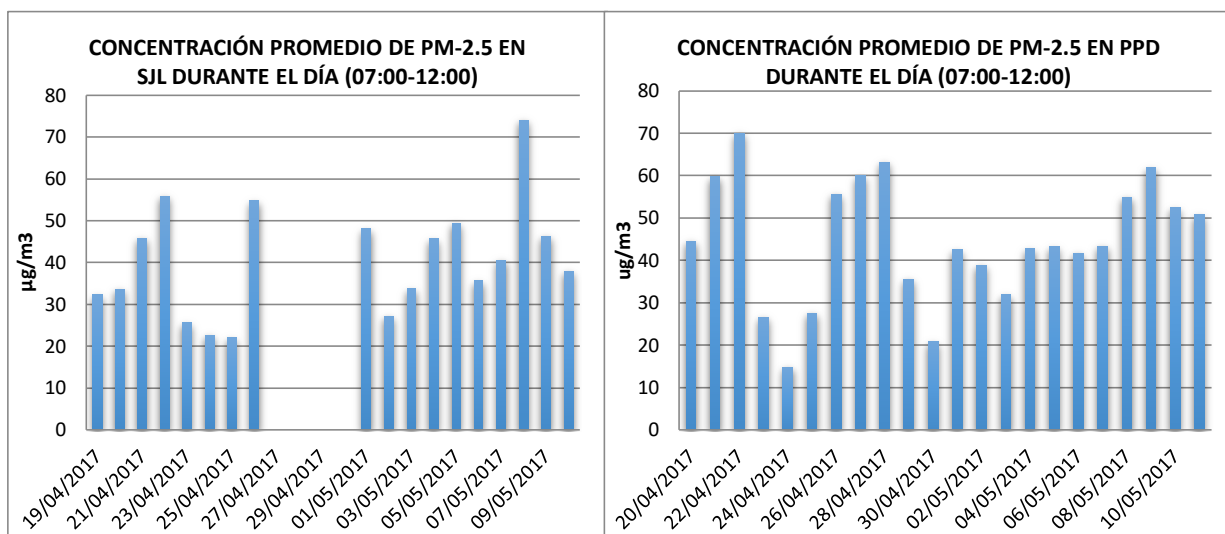
Por otro lado, durante el día es donde hay mayor contaminación por PM-10 en Puente Piedra, y durante la noche hay mayor contaminación por PM<sub>10</sub> en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Gráfico N°41: Concentración Promedio de PM<sub>2.5</sub> durante la Madrugada.



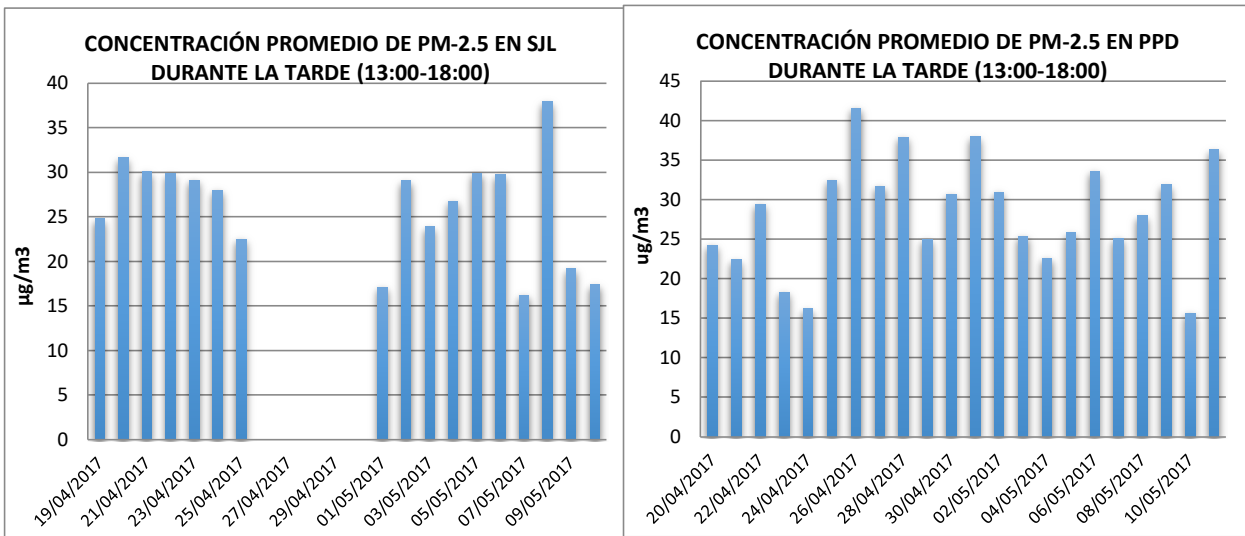
Durante la madrugada el distrito de San Juan de Lurigancho registró algunos días con altas concentraciones de PM<sub>2.5</sub> alcanzando hasta 56.65 µg/m<sup>3</sup> el día 9 de mayo del 2017. Y Puente Piedra alcanzó en promedio hasta 50.7 µg/m<sup>3</sup> el mismo día.

Gráfico N°42: Concentración Promedio de PM<sub>2.5</sub> durante el Día.



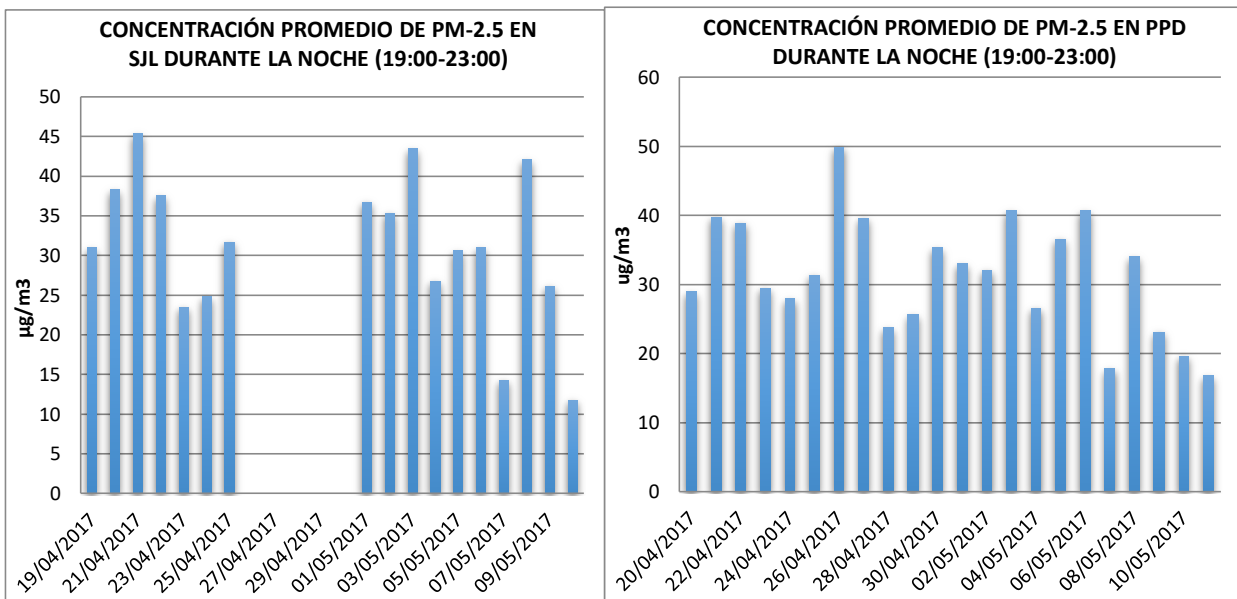
Durante el día el distrito de Puente Piedra registró ciertos días concentraciones de PM<sub>2.5</sub> alcanzando hasta 69.89 µg/m<sup>3</sup> el día 22 de abril del 2017. Y SJL alcanzó en promedio hasta 74.04 µg/m<sup>3</sup> el día 8 de mayo del 2017.

Gráfico N°43: Concentración Promedio de PM<sub>2.5</sub> durante la Tarde.



En todo el tiempo que duró el monitoreo no se registraron concentraciones elevadas de PM<sub>2.5</sub> para ambos distritos.

Gráfico N°44: Concentración Promedio de PM<sub>2.5</sub> durante la Noche.



Durante la noche el distrito de Puente Piedra registró pocos días con concentraciones altas de PM<sub>2.5</sub>. Por otro lado, durante el día es donde hay mayor contaminación por PM<sub>2.5</sub> para ambos distritos.

## ANEXO N° 9: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO A EMPLEAR POR EL JUICIO DE EXPERTOS EN EL TEMA.

### 1. Dr. Antonio Delgado Arenas

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. Delgado Arenas, Antonio Cesar de  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coord. de Investigación de la ES de Lur. N.º 6  
 1.3. Especialidad del validador: Ing. Químico  
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Recolección de Datos  
 1.5. Título de la investigación: Composición de los aerosoles atmosféricos y su relación con las fuentes contaminantes en las Estaciones de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017  
 1.6. Autor del instrumento: Illizarbe Gonzales Gina Mishel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90%
4. Organización	Existe una organización lógica.					90%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90%

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

SEGUNDA VARIABLE: Fuentes contaminantes

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Fuentes puntuales o fijas	Industria química - de pinturas	✓		
	Fundición de metales	✓		
	Industria de cerámicas	✓		
	Industria petrolquímica	✓		
Fuentes Móviles	Trafico Vehicular	✓		
		✓		
Fuentes de Área	Industria - Inmobiliaria y Resurgimiento del suelo	✓		
	Factor comercial	✓		
	Aerosol marino	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %  
 El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Agosto del 2017.

Firma del experto informante.  
 DNI N° 2767632 Teléfono N° 994106130

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Aerosoles atmosféricos

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Forma de partículas	✓		
	Composición química del material particulado.	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %  
 El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Agosto del 2017.

Firma del experto informante.  
 DNI N° 2767632 Teléfono N° 994106130

### 2. Dr. Milton César Túllume Chavesta

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. Túllume Chavesta, Milton Cesar  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor del Ministerio Público  
 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Forestal  
 1.4. Nombre del instrumento: \_\_\_\_\_  
 1.5. Título de la investigación: "Análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos para la identificación de las fuentes de contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra en el periodo de abril y mayo 2017"  
 1.6. Autor del instrumento: Illizarbe Gonzales, Gina Mishel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90%
4. Organización	Existe una organización lógica.					90%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90%

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Composición de los aerosoles atmosféricos

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Cantidad	✓		
	Área	✓		
	Diámetro	✓		
	Forma	✓		
Composición química del material particulado.	Textura	✓		
	Concentración de metales pesados.	✓		
	Concentración de metales livianos.	✓		

SEGUNDA VARIABLE: Fuentes contaminantes

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Fuentes Puntuales	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Fuentes Móviles	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Fuentes de Área	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Inventario de Fuentes	Cantidad de Fuentes en San Juan de Lurigancho	✓		
	Cantidad de Fuentes Puente Piedra	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %  
 El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 22 de Julio del 2017.

Firma del experto informante.  
 DNI N° 07982508 Teléfono N° 96623091

### 3. Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzales

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMOS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Composición de los aerosoles atmosféricos

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Cantidad	/		
	Área	/		
	Diámetro	/		
	Forma	/		
	Textura	/		
Composición química del material particulado.	Concentración de metales pesados.	/		
	Concentración de metales livianos.	/		
		/		

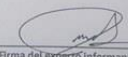
SEGUNDA VARIABLE: Fuentes contaminantes

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Fuentes Puntuales	Metales pesados	/		
	Metales livianos	/		
Fuentes Móviles	Metales pesados	/		
	Metales livianos	/		
Fuentes de Área	Metales pesados	/		
	Metales livianos	/		
Inventario de Fuentes	Cantidad de Fuentes en San Juan de Lurigancho	/		
	Cantidad de Fuentes Puente Piedra	/		
		/		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 75 %

( / ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 11 de Julio del 2017.

Firma del experto informante: 

DNI N° 7263003 Teléfono N° \_\_\_\_\_

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Mg. Valdiviezo Gonzales Lorgio

1.2. Cargo e Institución donde labora: Coordinador de Gestión Educativa

1.3. Especialidad del validador: Talento Humano

1.4. Nombre del instrumento: \_\_\_\_\_

1.5. Título de la Investigación: "Análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos para la identificación de las fuentes de contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra en el periodo de abril y mayo 2017"

1.6. Autor del instrumento: Ilizarbe Gonzales, Gina Mishel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					95
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					95
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						95

### 4. Mg. Máximos Zevallos León

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Mg. Máximos Zevallos León

1.2. Cargo e Institución donde labora: Coordinador de Gestión Educativa

1.3. Especialidad del validador: Intervenciones Educativas

1.4. Nombre del instrumento: \_\_\_\_\_

1.5. Título de la investigación: "Análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos para la identificación de las fuentes de contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra en el periodo de abril y mayo 2017"

1.6. Autor del instrumento: Ilizarbe Gonzales, Gina Mishel

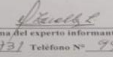
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente e 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					95
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					95
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						95

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %

( / ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Agosto del 2017.

Firma del experto informante: 

DNI N° 09407131 Teléfono N° 956354867

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMOS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

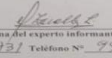
PRIMERA VARIABLE: Aerosoles atmosféricos

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Presión de Material particulado < 10 um de diámetro			
	Presión de Material particulado > 2.5 um de diámetro			
Composición química del material particulado.	Concentración de PM <sub>10</sub>			
	Concentración de metales pesados			
	Concentración de metales livianos			

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %

( / ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Agosto del 2017.

Firma del experto informante: 

DNI N° 09407131 Teléfono N° 956354867

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMOS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

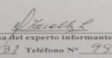
PRIMERA VARIABLE: Aerosoles atmosféricos

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Presión de Material particulado < 10 um de diámetro			
	Presión de Material particulado > 2.5 um de diámetro			
Composición química del material particulado.	Concentración de PM <sub>10</sub>			
	Concentración de metales pesados			
	Concentración de metales livianos			

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %

( / ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Agosto del 2017.

Firma del experto informante: 

DNI N° 09407131 Teléfono N° 956354867

### 5. Mg. Luis Felipe Gamarra Chavarry

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. GAMARRA CHAVARRY, LUIS FELIPE

1.2. Cargo e institución donde labora: SCAIAHLE - DCV

1.3. Especialidad del validador: ING. GEOLOGO - ECONOMISTA

1.4. Nombre del Instrumento: \_\_\_\_\_

1.5. Título de la Investigación: "Análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos para la identificación de las fuentes de contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra en el periodo de abril y mayo 2017"

1.6. Autor del Instrumento: Ilizabe Gonzales, Gina Mishel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					95
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					95
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						95

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Composición de los aerosoles atmosféricos

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Cantidad	✓		
	Área	✓		
	Diámetro	✓		
	Forma	✓		
	Textura	✓		
Composición química del material particulado.	Concentración de metales pesados.	✓		
	Concentración de metales livianos.	✓		

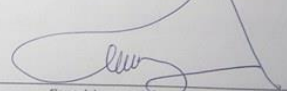
SEGUNDA VARIABLE: Fuentes contaminantes

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Fuentes Puntuales	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Fuentes Móviles	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Fuentes de Área	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Inventario de Fuentes	Cantidad de Fuentes en San Juan de Lurigancho	✓		
	Cantidad de Fuentes Puente Piedra	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 95 %

( ) El Instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El Instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 26 de Julio del 2017.

  
Firma del experto informante.  
DNI N° 70 228 440 Teléfono N° 95 78 72 287

### 6. Dr. Elmer Benites Alfaro

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Elmer Benites Alfaro

1.2. Cargo e institución donde labora: DCV - Universidad César Vallejo

1.3. Especialidad del validador: ING. GEÓLOGO - INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS


1.4. Nombre del Instrumento: \_\_\_\_\_

1.5. Título de la Investigación: "Análisis de la composición de los aerosoles atmosféricos para la identificación de las fuentes de contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra en el periodo de abril y mayo 2017"

1.6. Autor del Instrumento: Ilizabe Gonzales, Gina Mishel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					100
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					96
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					98
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					96
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					98
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					100
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						97

  
ELMER BENITES ALFARO  
INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS  
DNI N° 7199

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Composición de los aerosoles atmosféricos

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Cantidad	✓		
	Área	✓		
	Diámetro	✓		
	Forma	✓		
	Textura	✓		
Composición química del material particulado.	Concentración de metales pesados.	✓		
	Concentración de metales livianos.	✓		


SEGUNDA VARIABLE: Fuentes contaminantes

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Fuentes Puntuales	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Fuentes Móviles	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Fuentes de Área	Metales pesados	✓		
	Metales livianos	✓		
Inventario de Fuentes	Cantidad de Fuentes en San Juan de Lurigancho	✓		
	Cantidad de Fuentes Puente Piedra	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 97 %

( / ) El Instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El Instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 06 de Julio del 2017.

  
ELMER BENITES ALFARO  
INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS  
Firma del experto informante.  
DNI N° \_\_\_\_\_ Teléfono N° \_\_\_\_\_



## 7. Dr. Alejandro Suarez Alvites

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: ALEJANDRO SUAREZ ALVITES PhD

1.2. Cargo e institución donde labora: UCV - Lima este

1.3. Especialidad del validador: Ing. Química

1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Recolección de Datos

1.5. Título de la investigación:

1.6. Autor del instrumento: Ilizarbe Gonzales Gina Mishel.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Aerosoles atmosféricos

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Peso de Material particulado <10 µm de diámetro	✓		
	Peso de Material particulado >2.5µm de diámetro.	✓		
Composición química del material particulado.	Concentración de PM-10 y PM-2.5	✓		
	Concentración de metales pesados	✓		
	Concentración de metales livianos.	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %

(✓) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Noviembre del 2017

Firma del experto informante:  
DNI N° 07106495 Teléfono N° 945 405 402

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

SEGUNDA VARIABLE: Fuentes contaminantes

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Fuentes puntuales o fijas	Industria química - de pinturas	✓		
	Fundición de metales	✓		
	Industria de cerámicas	✓		
	Industria petroquímica	✓		
Fuentes Móviles	Trafico Vehicular	✓		
Fuentes de Área	Industria Inmobiliaria	✓		
	Resuspensión del suelo	✓		
	Factor comercial	✓		
	Aerosol marino	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %

(✓) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Noviembre del 2017

Firma del experto informante:  
DNI N° 07106495 Teléfono N° 945 405 402

## 8. Dr. Sabino Muñoz Ledesma

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Sabino Muñoz Ledesma

1.2. Cargo e institución donde labora: UCV - Lima este

1.3. Especialidad del validador: Ing. Química

1.4. Nombre del instrumento: Ficha de Recolección de Datos

1.5. Título de la investigación: Composición de los aerosoles atmosféricos y su relación con las fuentes contaminantes en las Estaciones de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra 2017

1.6. Autor del instrumento: Ilizarbe Gonzales Gina Mishel.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					80
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					80
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					80
4. Organización	Existe una organización lógica.					80
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					80
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					80
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					80
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					80
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					80
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					80
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						80

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Aerosoles atmosféricos

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Composición física del material particulado.	Peso de Material particulado <10 µm de diámetro	✓		
	Peso de Material particulado >2.5µm de diámetro.	✓		
Composición química del material particulado.	Concentración de PM-10 y PM-2.5	✓		
	Concentración de metales pesados	✓		
	Concentración de metales livianos.	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %

(✓) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Noviembre del 2017

Firma del experto informante:  
DNI N° 07744062 Teléfono N°

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

SEGUNDA VARIABLE: Fuentes contaminantes

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	Medianamente Suficiente	INSUFICIENTE
Fuentes puntuales o fijas	Industria química - de pinturas	✓		
	Fundición de metales	✓		
	Industria de cerámicas	✓		
	Industria petroquímica	✓		
Fuentes Móviles	Trafico Vehicular	✓		
Fuentes de Área	Industria Inmobiliaria	✓		
	Resuspensión del suelo	✓		
	Factor comercial	✓		
	Aerosol marino	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %

(✓) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Noviembre del 2017

Firma del experto informante:  
DNI N° 07744062 Teléfono N°

## ANEXO N° 10: FINANCIAMIENTO.

### **Financiamiento**

Los gastos de la investigación, es financiado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, la cual es una sociedad peruana que toma decisiones oportunas basadas en la información meteorológica, hidrológica y climática para su desarrollo sostenible.

El SENAMHI en esta oportunidad realiza un estudio llamado “Caracterización de la composición química de los aerosoles atmosféricos e identificación de fuentes en la área metropolitana de Lima – Callao”, la cual necesita de apoyo de estudiantes universitarios que tengan interés y la responsabilidad de participar activamente durante todas las etapas del estudio, a partir de ello, se elabore el propio diagnóstico y plantee la problemática para desarrollarla en el presente proyecto de tesis.

## ANEXO N° 11: ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 08 Fecha : 12-09-2017 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo,

**Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, Lima Este (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

**“COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLLES ATMOSFÉRICOS Y SU RELACIÓN CON LAS FUENTES CONTAMINANTES EN LAS ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE DE SAN JUAN DE LURIGANCHO Y PUENTE PIEDRA - 2017”**, del (de la) estudiante Gina Mshel Ilizarbe Gonzales, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **6%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 18 de Diciembre del 2017



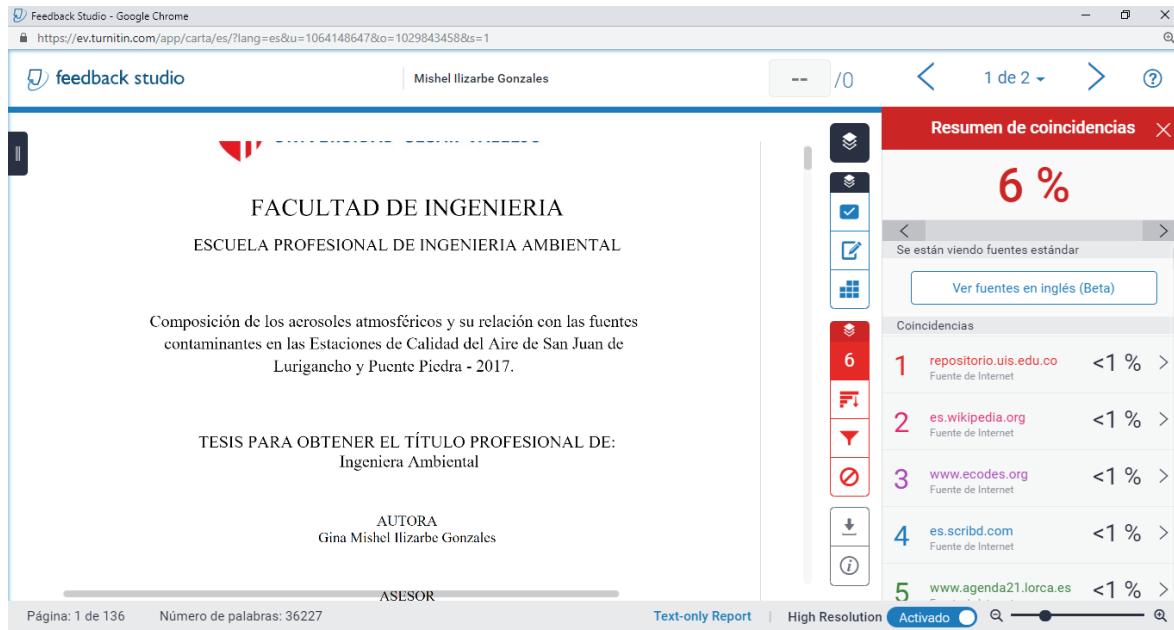
Firma

Mg. Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi

DNI: 07268863

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## ANEXO N° 12: PANTALLAZO DEL TURNITIN



The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. The main document content is centered and reads:

FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Composición de los aerosoles atmosféricos y su relación con las fuentes contaminantes en las Estaciones de Calidad del Aire de San Juan de Lurigancho y Puente Piedra - 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

AUTORA  
Gina Mishel Ilizarbe Gonzales

ASESOR

At the bottom of the document, it shows "Página: 1 de 136" and "Número de palabras: 36227".

On the right side, a sidebar titled "Resumen de coincidencias" (Summary of matches) shows a total of 6% similarity. Below this, it lists five sources with their respective similarity percentages:

Rank	Source	Similarity
1	repositorio.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %
2	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
3	www.ecodes.org Fuente de Internet	<1 %
4	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
5	www.agenda21.lorca.es Fuente de Internet	<1 %

The interface also includes a navigation bar at the top with "feedback studio" and the user name "Mishel Ilizarbe Gonzales". A status bar at the bottom indicates "Text-only Report" and "High Resolution" settings.

## ANEXO N° 13: AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 08 Fecha : 12-09-2017 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo **Gina Mishel Ilizarbe Gonzales**, identificado con **DNI N° 70307547**, egresado de la Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, autorizo (  ) , No autorizo (  ) **la divulgación y comunicación pública** de mi trabajo de investigación titulado "**COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS Y SU RELACIÓN CON LAS FUENTES CONTAMINANTES EN LAS ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE DE SAN JUAN DE LURIGANCHO Y PUENTE PIEDRA - 2017**"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 70307547

FECHA: 07 de diciembre del 2017.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## ANEXO N° 14: AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
Mg. FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI

---

**A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:**

GINA MISHEL ILIZARBE GONZALES

**INFORME TÍTULADO:**

“COMPOSICIÓN DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS Y SU RELACIÓN CON LAS FUENTES CONTAMINANTES EN LAS ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE DE SAN JUAN DE LURIGANCHO Y PUENTE PIEDRA – 2017”.

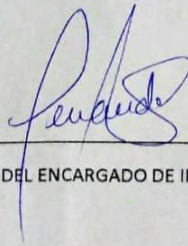
**PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:**

---

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 09 de diciembre de 2017

NOTA O MENCIÓN: 18



---

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN