



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD
DE HUAMANGA A TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE
MATERIALES PARTICULADOS PM₁₀ POR GRAVIMETRÍA
CON IMPACTADORES HARVARD**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

PABLO ANTONIO RUIZ ABAD

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Efraín y Eudelia, como muestra del valor y coraje que siempre me inculcaron.

A mi esposa Vanesa, por su apoyo y fortalecer mi espíritu y mi afán de superación.

AGRADECIMIENTO

A la Dirección Regional de salud Ayacucho por haberme permitido realizar las pruebas necesarias para realizar el presente trabajo de investigación. Son muchas las personas que merecen mi agradecimiento, pero en primer lugar agradezco a Dios, porque es su voluntad la que hace posible el agradecimiento de esta investigación. Merecen una mención especial mis hermanos, a quienes agradezco infinitamente por haber ayudado a mi propósito de realizar este trabajo. De igual forma manifiesto mi agradecimiento al Dr. Víctor Manuel Collantes Rosales por su apropiada dirección, guía, apoyo, comprensión y lectura crítica del manuscrito.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA:	ii
AGRADECIMIENTO:	iii
RESUMEN	viii
ABSTRAC	x
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.1.1. Caracterización del problema.	3
1.1.2. Definición del Problema	3
1.1.3. Delimitación de la investigación	4
1.2. Formulación del Problema.....	5
1.2.1. Problema General	5
1.2.2. Problemas Específicos.....	6
1.3. Objetivos de la Investigación	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4. Justificación de la investigación	6
1.4.1. Justificación Teórica.....	6
1.4.2. Justificación metodológica	7
1.5. Importancia.....	7
1.6. Limitaciones	7
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. Marco referencial.....	10
2.1.1. Antecedentes de la investigación:.....	10
2.1.2. Referencias históricas.....	12
2.2. Marco legal.....	12
2.3. Definición de términos	15
2.4. Marco teórico.....	17
2.4.1. Determinación de materiales particulados por gravimetría.....	17
2.4.2. Fuentes Emisoras de Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Huamanga	19
2.4.3. Materiales y Métodos	34

2.4.4. Procedimiento.....	35
2.4.5. Resumen del método	35
2.4.6. Precauciones de Seguridad	37
2.4.7. Precauciones para la Operación	37
2.4.8. Calificación del Personal	38
2.4.9. Preparación y Manejo de Filtros	38
2.4.10. Instalación del Equipo de Muestreo.....	43
2.4.11. Muestreo.....	46
2.4.12. Mantenimiento de los muestreadores.....	46
2.4.13. Análisis de los Datos	47
2.5. Marco conceptual	54
2.5.1. Impactadores Harvard.	54
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	
3.1. Diseño de la Investigación.....	59
3.2. Tipo y Nivel de la Investigación	59
3.2.1. Tipo de la Investigación	59
3.2.2. Nivel de la Investigación	59
3.3. Método.	59
3.3.1. Método Inductivo	59
3.3.2. Método deductivo	60
3.4. Variables de investigación	60
3.4.1. Variable Independiente.....	60
3.6. Técnicas, Instrumentos y Fuentes de Recolección de Datos	60
3.6.1. Técnicas de Recolección de datos	60
3.6.2. Instrumentos de la Investigación	61
CAPITULO IV: ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1. Resultados generales	63
4.1.2. Discusión de resultados	63
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: ESTÁNDAR DE CALIDAD DE AIRE	15
Tabla 2: FUENTES DE EMISIONES.....	25
Tabla 3: TIPO DE COMBUSTIBLES.....	26
Tabla 4: TIPO DE COMBUSTIBLES.....	27
Tabla 5: TIPO DE COMBUSTIBLES.....	29
Tabla 6: TIPO DE COMBUSTIBLES.....	29
Tabla 7: CODIFICACIÓN DE LOS LUGARES DE MUESTREO.....	40
Tabla 8: PRESUPUESTOS DE MONITOREO.....	48
Tabla 9: REPORTE DE RESULTADOS DE MONITOREO.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: MAPA DEL DEPARTAMENTO DE AYACUCHO - PROVINCIA DE HUAMANGA	5
Figura 2: FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS AL PM Y SU EFECTO EN LA SALUD	19
Figura 3: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL 2015 - 2016	21
Figura 4: ROSA DE VIENTOS	22
Figura 5: TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL 2015 – 2016	23
Figura 6: DISTRIBUCIÓN DE VARIACIONES TÉRMICAS AMBIENTALES Y HUMEDAD RELATIVA.....	24
Figura 7: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE PTS POR TIPO DE FUENTE	30
Figura 8: DISTRIBUCIÓN DE PM 10 POR TIPO DE FUENTE	31
Figura 9: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE SO ₂ POR TIPO DE FUENTE	32
Figura 10: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE NOX POR TIPO DE FUENTE	32
Figura 11: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CO POR TIPO DE FUENTE	33
Figura 12: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CO ₂ POR TIPO DE	34
Figura 13: DETERMINACIÓN GRAVIMÉTRICA DE PM ₁₀	36
Figura 14: DIAGRAMA DE FLUJO DEL IMPACTADOR HARVARD	36
Figura 15: FILTRO PM ₁₀	39
Figura 16: RESULTADOS EN BASE A LOS DATOS INGRESADOS.....	51
Figura 17: DIAGRAMA DE PARTES DEL IMPACTADOR HARVARD PARA PM ₁₀ . 55	
Figura 18: IMPACTADOR HARVARD MINIVOL Y SUS COMPONENTES	56

RESUMEN

La contaminación atmosférica generada por la quema de aceites y gases contaminantes es un tema de gran interés debido a sus impactos tanto al medio ambiente como a la salud humana. La provincia de Huamanga es una de las zonas del país donde se concentra uno de los porcentajes más significativos de la contaminación ambiental por lo que es importante el desarrollo y la implementación de nuevas herramientas para mejorar la gestión en la calidad del aire

El objetivo del presente trabajo es Vigilar la calidad del aire ambiental en la Ciudad de Huamanga generando información confiable, comparable y representativa, para su aplicación en las estrategias nacionales para la protección de la salud de la población del entorno, considerando los protocolos establecidos por el Ministerio de Ambiente, en busca de identificar, inspeccionar y controlar las actividades generadoras de emisiones contaminantes, además de evaluar el nivel de cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

En el proyecto se desarrolló a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ por gravimetría con impactadores Harvard, que inician con la compilación de fuentes y estudios realizados en el área, donde se analizó la topografía del lugar, estudios epidemiológicos y el marco jurídico ambiental vigente en Huamanga. Seguido se analizó la dispersión de la contaminación en el área de estudio donde se requirió una campaña de monitoreo para identificar los contaminantes criterio, análisis de datos meteorológicos, inventario de fuentes de emisiones y modelos de transporte de contaminantes. Finalmente se plantea la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de huamanga a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ por gravimetría con impactadores Harvard, que permitió identificar los sitios de

mayor concentración, la influencia de los procesos productivos e industriales que ocasionan la mayor generación emisión de contaminación y verificar el cumplimiento de los estándares de inmisión establecidos por la ley para material particulado PM_{10} , como agente contaminante. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Huamanga, desarrollar proyectos en busca de la identificación de fuentes contaminantes.

ABSTRAC

Air pollution generated by the burning of polluting oils and gases is a subject of great interest because of its impacts on both the environment and human health. In the province of Huamanga is one of the areas of the country where one of the most significant percentages of environmental pollution is concentrated, so it is important to develop and implement new tools to improve the management of air quality

The objective of this work is to monitor the quality of the ambient air in the city of Huamanga generating reliable, comparable and representative information for its application in national strategies for the protection of the health of the surrounding population, considering the protocols established by the Ministry of the Environment, in an effort to identify, inspect and control activities that generate pollutant emissions, as well as assess the level of compliance with current environmental regulations.

In the project was developed through the determination of particulate matter by gravimetry with Harvard impactors, which began with the compilation of sources and studies carried out in the area, where the topography of the site, epidemiological studies and the environmental legal framework in force in Huamanga were analyzed. We then analyzed the dispersion of the contamination in the study area where a monitoring campaign was required to identify criteria contaminants, meteorological data analysis, emission sources inventory and pollutant transport models. Finally, the evaluation of air quality in the city of Huamanga is determined through the determination of particulate matter by gravimetry with Harvard impactors, which allowed to identify the sites with the highest concentration, the influence of the productive and industrial processes that cause the highest emission generation of contamination and verify compliance with the immission standards established by

the law for PM_{10} particulate matter, as a pollutant. It is recommended to the Municipality of Huamanga, to develop projects in search of the identification of contaminating sources.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es considerada a nivel mundial como el problema ambiental más grave con efectos directos sobre el deterioro de la calidad de vida de la población. Estos efectos se reflejan a parte de los daños económicos, en el incremento de la frecuencia y severidad de las enfermedades respiratorias y cardíacas.

A nivel nacional, en varias ciudades de nuestro país se observa una fructífera actividad de investigación y monitoreo de la calidad del aire. También se destacan los esfuerzos del gobierno para impulsar cambios en la calidad de los combustibles y mejorar la movilidad de las principales ciudades a través de sistemas de transporte masivo que contribuyen a la reducción de emisiones de agentes contaminantes del aire.

Aunque los esfuerzos son significativos en control, seguimiento y reducción de la contaminación atmosférica en centros urbanos, el problema sigue latente y de no tomarse a tiempo las medidas necesarias por entes gubernamentales, centrales y locales, es muy probable que esta situación empeore significativamente en el futuro.

Teniendo en cuenta que la municipalidad provincial de Huamanga, es uno de los corredores turísticos más importantes en el departamento de Ayacucho, es importante el desarrollo de un Diseño Básico de Sistema de Vigilancia en la Calidad del Aire en busca de identificar, monitorear y controlar las actividades generadoras de emisiones atmosféricas, además de evaluar el nivel de cumplimiento de la normatividad vigente.

CAPÍTULO I:

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática.

La contaminación atmosférica generada por la quema de aceites, emisión de gases y el sector industrial es un tema de gran interés debido a sus importantes impactos tanto al medio ambiente como a la salud humana. Este problema se incrementa día a día a causa de la falta de control por las autoridades ambientales, falta de conocimiento, utilización de materias primas inadecuadas o la operación de industrias con tecnología obsoleta.

La Provincia de Huamanga está incluido entre las zonas del país donde se concentra uno de los porcentajes más significativos de la contaminación ambiental, junto a Chimbote, la Oroya, Chiclayo, Lima, Madre de Dios y Cerro de Pasco, según datos del Ministerio de Ambiente reportados en el estudio caracterización del material particulado menor a 10 micras en siete ciudades peruanas, desarrollado con la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental. Huamanga es la capital del departamento de Ayacucho, también llamada la “Ciudad de las Iglesias”.

La actividad industrial en Huamanga es un factor importante tanto para el crecimiento económico como para el aumento de la contaminación atmosférica. Otras industrias como la del ladrillo quemado, que también contribuyen a la contaminación ambiental pues no sólo generan lluvia ácida, material particulado en suspensión y gases de efecto invernadero sino también producen desertización que en forma directa afecta el recurso suelo de esta provincia.

Debido a la gran problemática de calidad del aire que se vive hoy en día en Huamanga, es importante la implementación y el desarrollo de nuevas herramientas para mejorar la gestión de la autoridad ambiental. Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente una herramienta útil es el desarrollo de la evaluación de la calidad del aire a través la determinación de materiales particulados por gravimetría con impactadores Harvard, para la provincia de Huamanga, cuya finalidad es identificar, monitorear y controlar las actividades con alto potencial de impacto negativo hacia el medio ambiente.

1.1.1. Caracterización del problema.

En el Mundo Actual la Contaminación es una problemática que ha causado mucha controversia en nuestro Planeta, es cierto que todo comenzó con mayor preocupación a raíz de la Revolución Industrial es por ello que muchos Países han implementado Políticas Ambientales a favor a la protección Ambiental, sin embargo otros no, entre los cuales esta nuestro querido Perú, que a partir de los 90 en adelante se comenzó a preocupar por un tema relacionado a las denuncias de Salud por la Excesiva Contaminación.

Un tema Principal de Problemática Nacional y Mundial es la Contaminación del Aire, La contaminación del aire es una amenaza aguda, acumulativa y crónica para la salud humana y el ambiente. La exposición a la contaminación del aire puede causar o agravar afecciones respiratorias, cardíacas y otras. Puede ser especialmente dañina para las personas con enfermedades pulmonares o cardíacas crónicas, embarazadas, ancianos y niños. Además, puede ser más perjudicial para quienes trabajan principalmente en las calles y viven en condiciones precarias. Los problemas de salud causados por la contaminación pueden verse influidos por factores tales como magnitud, alcance y duración de la exposición, edad, susceptibilidad de cada persona, entre otros.

Es por ello que muchas Ciudades de nuestro País han Implementado Metodologías a fin de Monitorear y vigilar la Calidad del Aire en conjunto con Ministerios destinados a la preservación de una Adecuada Salud, una de esas pocas Ciudades es Huamanga que a través de Equipos Extranjeros dividen el Monitoreo en toda la Superficie terrestre de esta ciudad, por lo cual los datos generados permitirán tener perspectivas más claras de la Situación y calidad del Aire que Respira cada ser humano en la Provincia de Huamanga.

1.1.2. Definición del Problema

En la ciudad de Huamanga, la contaminación del aire viene generando daños, estos daños tienen diferentes niveles de consecuencias los cuales pueden ser leves y en algunos casos son graves como son daños a la persona, a la imagen de la misma

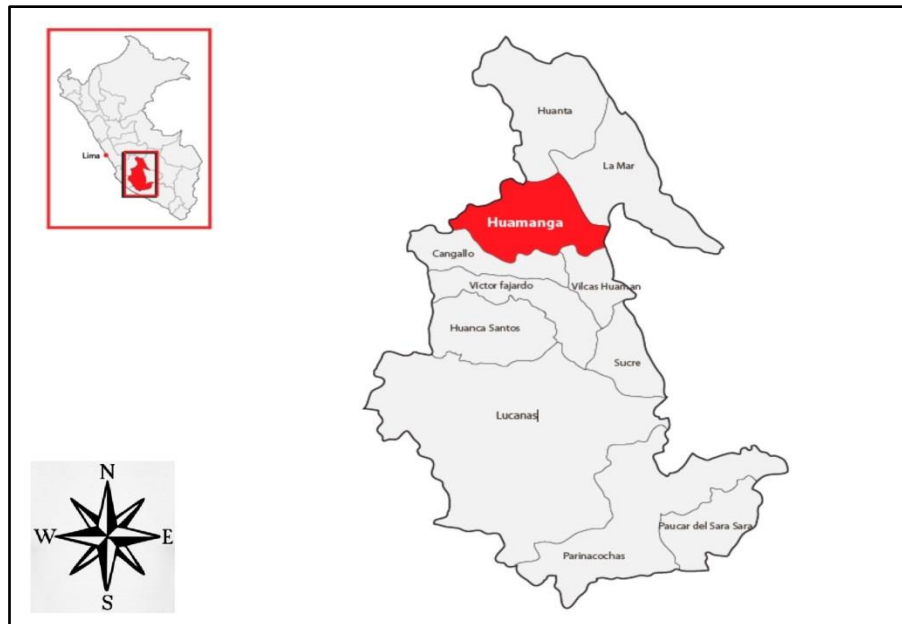
provincia que por ser una zona de connotación turística, este tipo de problema puede ocasionar detrimentos a la imagen de esta Ciudad.

En el Perú, al observar el incremento del índice de contaminación del aire, se están tomando medidas para tratar de dar solución a este problema, pero estas medidas no son las suficientes o son inadecuadas, ya que las instituciones públicas que son las llamadas a solucionar o mitigar este problema ambiental toman medidas escasas o simples, ya que este problema no es fácil de determinar por la población debido que se necesitan equipos o herramientas para medir el grado de contaminación del aire que se respira, para poder solicitar la toma de medidas sobre este tipo de contaminación, en huamanga se debe tomar medidas urgente no solo porque este tipo de contaminación afecte la imagen y el turismo sino también a las personas que habitan esta provincia.

1.1.3.Delimitación de la investigación

La investigación se realizó durante 12 meses en la provincia de Huamanga, en este tiempo realizamos la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM_{10} por gravimetría con impactadores Harvard.

Figura 1:

MAPA DEL DEPARTAMENTO DE AYACUCHO - PROVINCIA DE HUAMANGA

Fuente: Elaboración Propia

Huamanga es una de las once provincias que conforman el Departamento de Ayacucho, está bajo la administración del Gobierno regional de Ayacucho. Limita al norte con la Provincia de Huanta, al este con la Provincia de La Mar y la Región Apurímac, al sur con la Provincia de Vilcas Huamán y la Provincia de Cangallo y al oeste con la Región Huancavelica.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Es posible la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM_{10} por gravimetría con impactadores Harvard?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Es posible la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ por **gravimetría**?

¿Es posible la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ con **impactadores Harvard**?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Control de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ por gravimetría con impactadores Harvard.

1.3.2. Objetivos Específicos

Control de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ por **gravimetría**.

Control de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ con **impactadores Harvard**.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Teórica

Motivado por las distintas enfermedades que causa la Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Huamanga que tiene principalmente implicancias a largo plazo de modo que no se observan al instante pero que con el pasar del tiempo puede causar muchos daños, considero de gran importancia la evaluación de la calidad del aire, a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ por gravimetría con impactadores Harvard.

La concentración del material particulado PM₁₀ se calcula por **gravimetría**, a través del paso de la masa recolectora y el volumen de aire muestreado corregido a condiciones estándares de temperaturas y presión. El periodo de exposición de los

filtros o duración del monitoreo por estaciones es entre 20 a 24 horas, dando resultados correspondientes a periodos diarios.

El impactador **Harvard** consta de dos partes: el cabezal, que incluye la toma de muestra con el impactador, y la unidad de bombeo, la unidad de bombeo succiona el aire del ambiente a razón de un flujo aproximadamente de 4.0 l/min, haciendo pasar a través de un cabezal discriminador de partículas de mayores a 10 micras hacia un filtro de 37 mm de diámetro que retiene las partículas en suspensión presentes en el aire muestreado.

Adicionalmente, se registraron las condiciones meteorológicas de la zona en una estación de monitoreo durante todo el periodo del estudio, específicamente los parámetros temperaturas ambientales, presión atmosférica, humedad relativa, precipitación, velocidad y dirección del viento.

1.4.2. Justificación metodológica

Asimismo, en la utilidad metodológica, se realizará una evaluación a la calidad del aire en que se encuentra actualmente la Ciudad de Huamanga, a través la determinación de materiales particulados PM_{10} por gravimetría con impactadores Harvard, este trabajo escrito permitirá verificar los procedimientos investigativos, así como el uso de técnicas, métodos y herramientas que servirán de guía para futuros estudios e investigaciones sobre el tema.

1.5. Importancia

La importancia es el beneficio que otorgara a la población la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM_{10} por gravimetría con impactadores Harvard, como también para la imagen de esta Ciudad ya que tiene una connotación turística y para la comunidad en general, ya que se evitaría habitantes y/o turistas que se expongan a enfermedades graves.

1.6. Limitaciones

A pesar de los numerosos beneficios que reporta la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados

PM10 por gravimetría con impactadores Harvard, pueden aparecer ciertas limitaciones en el proceso, como pueden ser:

- La falta de conocimiento técnico por parte del alcalde para la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de huamanga a través la determinación de materiales particulados PM10 por gravimetría con impactadores Harvard.
- La evaluación de la calidad del aire y la determinación de materiales particulados por gravimetría con impactadores Harvard, conlleva una inversión económica derivada tanto en recursos técnicos como recursos personales y voluntad política.
- El presente trabajo, por presentar condiciones específicas para el monitoreo de la calidad del aire en las actividades comerciales e industriales, no contribuye con sus estudios en otros aspectos inherentes a la contaminación de la zona que rodea el lugar donde serán implementadas las estaciones de monitoreo.
- Por otro lado, este documento únicamente está orientado a dar cumplimiento a la legislación vigente aplicable a las actividades comerciales e industriales, con el propósito de evitar la contaminación o en su defecto, descontaminar, el entorno.

CAPÍTULO II:
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes de la investigación:

Contaminación del aire de interiores y energía doméstica: los 3.000 millones olvidados

Unos 3.000 millones de personas siguen cocinando y calentando sus hogares con combustibles sólidos (es decir, madera, residuos agrícolas, carbón vegetal y mineral y excrementos de animales), en fuegos abiertos y en cocinas con fugas. En su mayoría son personas pobres que viven en países de ingresos bajos y medianos. Estos combustibles y tecnologías ineficientes para cocinar producen elevados niveles de contaminación del aire de interiores dado que liberan elementos nocivos para la salud, tales como pequeñas partículas de hollín que penetran profundamente en los pulmones. En viviendas mal ventiladas el humo puede producir concentraciones de partículas finas 100 veces superiores a las aceptables. La exposición afecta particularmente a las mujeres y los niños, que pasan la mayor parte del tiempo cerca del hogar. Por otra parte, según la OMS, resalta que:

“Anualmente, 4,3 millones de personas mueren prematuramente por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire interior causada por el uso de combustibles sólidos ineficientes (datos de 2012) para cocinar. Entre esas defunciones: 12% se deben a neumonía, 34% a accidente cerebrovascular, 26% a cardiopatía isquémica, 22% a neumopatía obstructiva crónica, y, 6% a cáncer de pulmón”

LOZANO, Antonio (2004). En su trabajo de grado Titulado: Optimización del diseño de redes de vigilancia y control de la calidad del aire y su aplicación en Andalucía. Presentada ante la escuela superior de Ingenieros departamento de ingeniería química y ambiental La Universidad de Sevilla para optar el Post- Grado de doctor en ciencias ambientales. Se realizó un estudio de campo tipo descriptivo donde se aplicó a todo el conocimiento adquirido en nuestra formación a través de una serie de entrevistas estructuradas completando con una observación directa logrando registrar los riesgos a que se expone la población por puesto de trabajo, causas y consecuencias que pueden iniciar el acontecimiento enfermedades respiratorias y estableciendo las pertinentes medidas de prevención, su valoración y análisis de dichas enfermedades. La relación que guarda con la investigación planteada es que

busca identificar los tipos de contaminantes que existen en el aire a que están expuestos los habitantes y trabajadores de Sevilla para tomar acciones de prevención y control que disminuyan el efecto negativo en la salud de la población.

NAVA, Carmen (2003) En su Trabajo Especial de Grado Titulado: Caracterización y evaluación de los lixiviados de residuos de construcción, pétreos, cerámicos y de hormigón. Presentada ante la Facultad de construcciones arquitectónicas de la Universidad de Sevilla para Optar por el Título de Ingeniera Arquitecta. El enfoque metodológico de la investigación es un diseño de campo tipo descriptivo por el cual se aplica mediante técnicas de recolección de datos que logran recopilar la mayor cantidad posible de información conociendo a través de los resultados los principales peligros y riesgos que se encuentran expuestos el personal que trabaja en las obras de construcción civil que sirven como base y punto de partida sobre el cual se realizará la planificación y organización para la posterior implementación del plan de control de aire por gravimetría con impactadores Harvard.

CABALLERO, Helia; MALEFANTE, Carlos y TORRES, Claudio (2013) realizaron un estudio titulado: Implementación de estaciones de monitoreo de calidad de aire en las empresas mineras. Presentado ante la facultad de ciencias físicas y matemáticas escuela de ingeniería civil de la Universidad de Chile para optar por el título de Ingeniero Industrial dicho estudio se basó, en una investigación de campo de tipo descriptiva. Su propósito fue narrar las situaciones del día a día recogiendo los datos en forma directa de la realidad donde se presentan y en el mismo sitio del acontecimiento, a través de la observación directa e indirecta así como a partir del diseño y aplicación de una entrevista y encuesta basados en las normas primarias de calidad del aire en Chile (Norma de Calidad del Aire en junio de 1978, Resolución Nº 1.215, Delegado de Gobierno en el Servicio Nacional de Salud), la cual se establece como norma primaria basada en los daños de los contaminantes sobre la salud de la población. Establecen el nivel de riesgo a que están expuestos los chilenos, frente a la presencia de contaminantes atmosféricos.

2.1.2.Referencias históricas.

El muestreador tipo Harvard (o muestreador MS&T o impactador Harvard) es un equipo para medir de manera gravimétrica la concentración de partículas suspendidas en el aire, que fue desarrollado en el año 1992 por investigadores de la Universidad de Harvard.

El impactador Harvard consta de dos partes: La toma muestra con el impactador y la unidad de bombeo. El equipo trabaja con un flujo de aire de 4 litros por minuto. Dependiendo del cabezal que se le coloque, puede ser usado para medir partículas menores a 10 micras (PM_{10}), partículas menores a 2,5 micras ($PM_{2,5}$) o partículas menores a 1 micra (PM_1), las cuales son captadas en filtros de 37mm. El periodo de exposición de los filtros es de 24 horas, dando resultados correspondientes a periodos diarios.

2.2. Marco legal

Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece la responsabilidad del Estado de promover el aprovechamiento sostenible de la atmósfera y su manejo racional, teniendo en cuenta su capacidad de renovación;

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, en su Título Preliminar, **Artículo 1°** establece que es obligación de todos, la conservación del ambiente y consagra la obligación del Estado de prevenir y controlar cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que puedan interferir con el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad.

Que, siendo los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, un instrumento de gestión ambiental prioritaria para prevenir y planificar la evaluación de la contaminación del aire sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible.

Que de conformidad con el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, Decreto Supremo N° 044-98-PCM, se aprobó el Programa Anual 1999, para Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, conformándose el Grupo de Estudio Técnico Ambiental “Estándares de Calidad del Aire” - GESTA AIRE, con la participación de 20 instituciones públicas y privadas que ha cumplido con proponer los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire bajo la coordinación del Consejo Nacional del Ambiente;

DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM “Estándares de Calidad Ambiental para Aire”.

ARTÍCULO 1º. Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

ARTÍCULO 2º. Normas complementarias

El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire y para la correspondiente adecuación de los Límites Máximos Permisibles.

ARTÍCULO 3º. Vigencia de Estándares de Calidad Ambiental para Aire establecidos para el dióxido de azufre.

Los Estándares de Calidad Ambiental para Aire establecidos para el Dióxido de Azufre en el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM mantienen su vigencia hasta el 31 de diciembre de 2008.

DECRETO SUPREMO N° 074-2001-PCM, REGLAMENTO INTERNO, APROBADO POR RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 229-2013-VIVIENDA “Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire”

Artículo 2º inciso 22) de la Constitución Política del Perú establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Artículo 67° de la Constitución Política del Perú señala que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales;

ORDENANZA MUNICIPAL N°028-2015-MPH/A.

La municipalidad provincial de Huamanga a través de la OM N°028-2015, crea el reglamento para la evaluación de la contaminación ambiental en la Provincia de Huamanga.

Que en su **CAPÍTULO I**, este reglamento da los siguientes alcances.

ARTÍCULO 1°-Finalidad

La presente Ordenanza tiene por finalidad establecer las normas reglamentarias para el ejercicio de las competencias, funciones específicas de la municipalidad provincial de huamanga, en materia ambiental como la contaminación de suelo, aire, agua, vertimiento de aguas residuales, uso de productos tóxicos en la actividad religiosas y festividades tradicionales, vecinos y comerciantes que atenten contra la calidad de vida, la salud, el ornato, áreas verdes, vía pública, contaminación de los causes de los ríos y mantenimiento, en el distrito de Ayacucho y la provincia de Huamanga.

CAPITULO IX, Contaminación del aire por quema de productos tóxicos u otras fuentes.

ARTICULO 24°. Quema de muñecos, aceites, llantas y uso de sustancias toxicas en las festividades tradicionales.

La entidad tienes la facultad para regular y limitar las emisiones de humo, gases molestos contaminantes durante las festividades tradicionales de navidad y año nuevo; los mismos que causen daño a la salud pública, contaminado el medio ambiente y causen malestar a la población en general.

ARTÍCULO 25°. Deterioro de la calidad del aire.

El humo producido por los establecimientos comerciales en cantidades elevadas, son perjudiciales para la salud, producen deterioro de la calidad del aire, cuando rebosan los límites máximos permisibles según D.S. N°085-2003-PCM, por lo que

se hace necesario la evaluación correspondiente, teniendo los estándares establecidos en el siguiente cuadro.

Tabla 1:
ESTÁNDAR DE CALIDAD DE AIRE

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTÁNDAR		MÉTODO DE ANÁLISIS 1 ⁽¹⁾
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de azufre (SO ₂)	anual	02	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (Método automático)
	24 horas	250	NE más de 7 vez al año	
PM-10(PM ₁₀)	anual	25	Media aritmética anual	separación Inercial/filtración(Gravimetría)
	24 horas	100	NE más de 7 veces/año	
Monóxido de carbono(CO)	8 horas	10000	promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo(DRIN)(método automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	
Dióxido de nitrógeno(NO ₂)	anual	100	Media aritmética anual	Quimioluminiscencia (método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono(O ₃)	8 horas	100	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (método automático)
Plomo(PB) en PM ₁₀	anual 2 ⁽²⁾	0,5	Media aritmética anual	Método para PM10 (espectrofotometría de absorción atómica)
	mensual	1.5	NE más de 4 veces/año	
Sulfuro de hidrógeno(H ₂ S)	24 horas ²	150	Media aritmética	Fluorescencia UV (Método automático)

Fuente: Minam.

ARTÍCULO 26°. Generación de Humos en cantidades elevadas.

Los establecimientos comerciales como pollerías, restaurantes, panaderías, pizzerías y similares, cuyos titulares y propietarios hacen el uso del carbón y leña como elementos de cocción de sus productos, generando la emisión de humos en cantidades elevadas que son nocivas para la salud y contaminación el medio ambiente, son reguladas según D.S. N°085-2003-PCM, que no puedan superar los estándares establecidos.

2.3. Definición de términos

Aire limpio: De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, el aire limpio es un requisito básico de la salud y del bienestar de los humanos. Se encuentra

compuesto de oxígeno (21%) y nitrógeno (78%) y otros gases menos comunes, de los cuales el argón es el más abundante. La concentración de dióxido de carbono (CO₂) (0,03%) es menor que la del argón (0,93%). El vapor de agua también está presente, hasta 4% por volumen.

Calidad del aire: Ausencia o presencia de agentes nocivos en el aire o atmósfera, los cuales deberían ir de la mano con los porcentajes establecidos por la Organización Mundial de la Salud al establecer lo que es el aire puro o limpio, o al menos bajo límites que no generen riesgos a la salud de las personas.

Cambio climático: La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático define el cambio climático como: “el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables” CMNUCC, Artículo 1, segundo párrafo.

Contaminantes comunes del aire: monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂).

Estándares Nacionales de Calidad del Aire (ECA): Niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar el riesgo a la salud humana. Son considerados estándares primarios de obligatorio cumplimiento.

Fuentes fijas de contaminación: Agrupan todos los puntos de emisión establecidos en un lugar, tales como industrias y chimeneas.

Fuentes móviles de contaminación: Agrupan a la contaminación producida por fuentes en movimiento, como el transporte motorizado.

Límites Máximos Permisibles (LMP): Medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Son de cumplimiento obligatorio.

Material particulado: Mezcla de partículas suspendidas en el aire que fluye de los escapes automotores. Conocido como el smog.

Monitoreo del aire: Sistema para medir la calidad del aire en puntos críticos de contaminación con efectos en la salud de la población.

Partículas PM₁₀ y PM_{2.5}: El material particulado se encuentra calificado en micras. Así existe una fracción gruesa que va de 2,5 a 10 micras, el cual puede llegar hasta los pulmones (vías aéreas superiores). Mientras que la fracción fina menor a 2,5 micras, es altamente nocivo, puesto que puede ingresar hasta los alvéolos y posteriormente a la sangre, causando enfermedades de tipo pulmonar o neoplásicas.

Las unidades de medida con las que se mide los ECAs son: **µg/m³**: Microgramos por metro cúbico.

2.4. Marco teórico.

2.4.1. Determinación de materiales particulados por gravimetría

El material particulado incluye partículas de polvo, humo, niebla, cenizas en suspensión líquidas o sólidas, entre otros. Las partículas son divididas en dos grupos principales (Manahan, 1994): partículas sub-micrométricas y micrométricas. Las primeras tienen un diámetro aerodinámico entre 0 y 10 micrómetros (µm), son muy livianas y por ende muy volátiles. Como partículas micrométricas se clasifican todas aquellas con un diámetro mayor a 10 µm.

Las partículas de mayor interés – debido a sus efectos sobre la salud de las personas – son las partículas sub-micrométricas como el PM₁₀ (partículas de un diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 µm), las cuales fácilmente pueden permanecer en suspensión durante largo tiempo y llegar a ser riesgosas para las personas, porque pueden ser inhaladas fácilmente, provocando serios daños al sistema respiratorio (Del Giorgio, 1977). La peligrosidad de las partículas está estrechamente relacionada con su contenido de metales pesados e hidrocarburos, las cuales – utilizando a las partículas sub-micrométricas como medios de transporte – llegan de esta manera hasta los alvéolos, donde pueden ingresar al cuerpo humano mediante la sangre. La Red Mónica realiza el monitoreo de este contaminante a través del método activo.

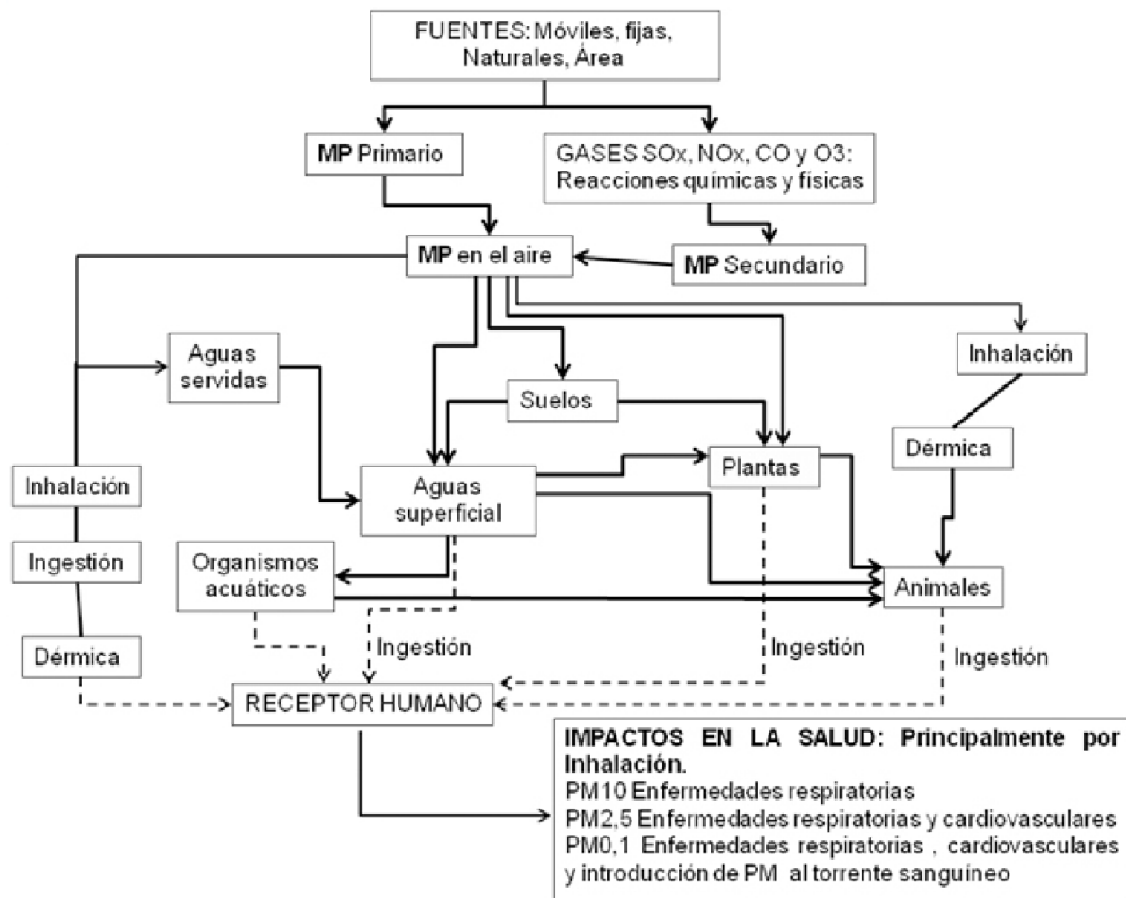
El material particulado de tamaño más fino, en comparación con las PM10, son las PM2.5, partículas que resultan ser aún más peligrosas, porque pueden llegar más fácilmente al tejido pulmonar donde quedan alojadas (Korc, 1999). Las PM2.5 provienen de la quema de combustibles en automotores, plantas de energía, quema de bosques y procesos industriales entre otros. Estas partículas finas también son formadas en la atmósfera cuando los gases como el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles son transformados en el aire por reacciones químicas.

Debido al tamaño fino de estas partículas (30 veces más pequeñas que el grosor de un cabello), estas pueden ingresar en las partes más profundas de los pulmones, como ser los alvéolos. Estudios científicos han identificado relaciones entre estas partículas finas y varios problemas de salud incluyendo asma, bronquitis y síntomas respiratorios agudos y crónicos. Los niños son los más susceptibles a riesgos de salud relacionados con las PM2.5 ya que su sistema respiratorio inmune aún está en desarrollo.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) en 1997 incluyó a estas partículas dentro de las NAAQS (Normas Nacionales de Calidad del Aire) debido a su asociación estrecha con problemas muy serios de salud. Hoy en día muchos países de Europa y Latinoamérica también han catalogado a estas partículas como importantes de monitorearlas en centros urbanos por sus efectos en la salud. En Bolivia, a la Red Mónica le preocupa este tipo de partículas, como también existe mucho interés de incorporar a futuro este contaminante en la normativa ambiental nacional y en las redes de monitoreo de calidad del aire.

Figura 2:

FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS AL PM Y SU EFECTO EN LA SALUD



Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Fuentes Emisoras de Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Huamanga

El presente inventario de emisiones de fuentes fijas fue desarrollado principalmente con la aplicación de la metodología de "Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire – Técnicas para el Inventario Rápido de la Contaminación Ambiental" de Alexander P. Economopoulos, traducido y publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS de la Organización Mundial de la Salud, la cual en adelante se denominará Metodología OMS.

Este método permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de una

determinada área de estudio, mediante la aplicación de factores de emisión basados en experiencias previas (medición) sobre la naturaleza y cantidad de contaminantes generados, con y sin sistemas de control.

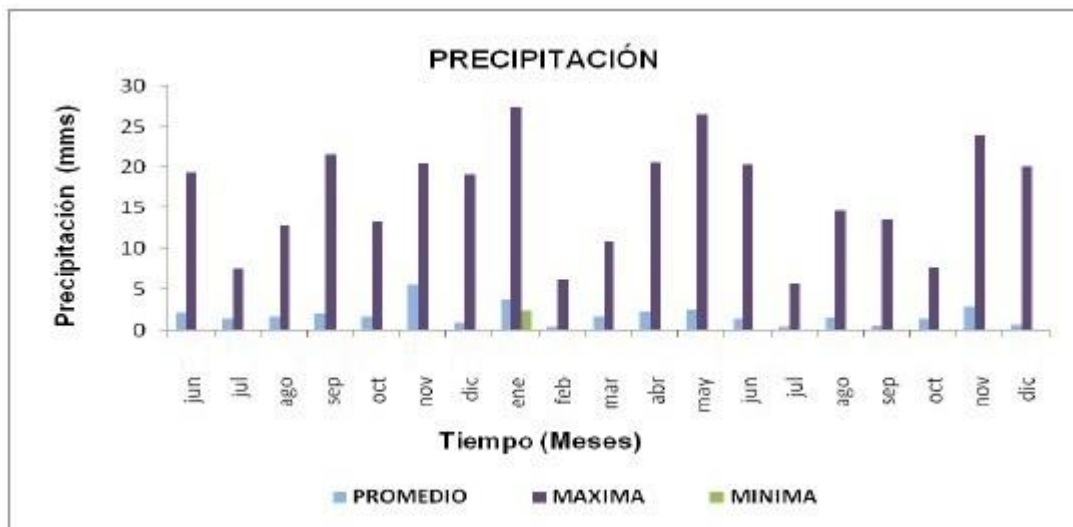
Cada factor de emisión se define como la carga normalizada liberada de un contaminante expresado en kilogramos por unidad de actividad que caracteriza a la fuente de emisión.

El análisis de los datos registrados en las Principales avenidas como, Av. Ramón Castilla, Av. Independencia, Av. Arenales y Jr. sol, ubicadas en el centro de Huamanga para el periodo comprendido de junio del 2015 - diciembre del 2016, datos suministrados a través la determinación de materiales particulados PM10 por gravimetría con impactadores Harvard, se presentan a continuación.

Precipitación. Con relación a la precipitación, en la parte norte de Huamanga presenta un comportamiento de tipo bimodal. Las precipitaciones oscilan entre 6,2 y 28 mm para los periodos lluviosos: marzo - mayo y octubre - noviembre, mientras que para los periodos secos: febrero, julio y diciembre no supera los 5 mm.

Como se ve en la Figura 1, el comportamiento es bimodal, siendo los periodos lluviosos de marzo a junio y de septiembre a noviembre. Los periodos secos corresponden al periodo de diciembre a febrero y el mes de julio. El máximo valor se presentó en los meses de enero y mayo de 2016 con 27,3 mm y 26,5 mm. A continuación, se presenta en la Figura 3. El comportamiento en precipitación registrado por la Estación del Recreo durante los años 2015 – 2016.

Figura 3:
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL 2015 - 2016



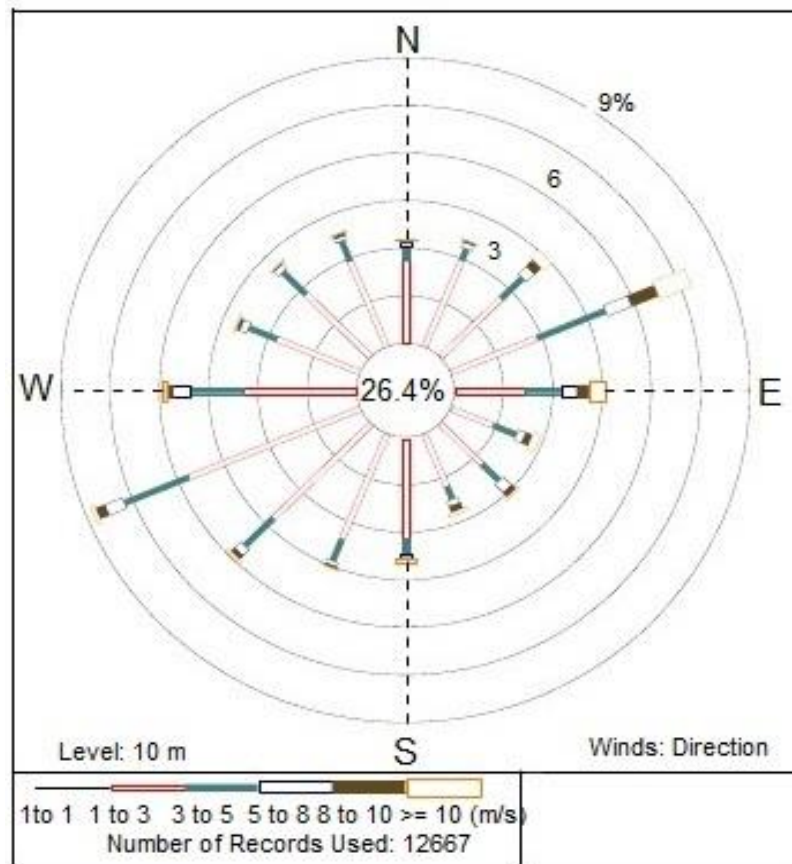
Fuente: Datos Obtenidos en las principales calles de Huamanga.

Los datos registrados en las principales Av. Ramón Castilla, Av. Independencia, Av. Arenales y Jr. sol, ubicadas en el centro de Huamanga muestran una tendencia predominante de dirección sur oeste y noreste. El rango de velocidad más frecuente (55 %) es de 1 a 3 m/s, estas velocidades son bajas y no facilitan una adecuada dispersión de contaminantes.

De igual forma se presentan velocidades del viento de 3 a 5 m/s en todas las direcciones destacándose los vientos predominantes oeste suroeste y este noreste.

Es importante destacar la presencia de vientos con velocidades de 10 m/s en la dirección Este Noreste. En la figura 2 se presenta la rosa de vientos para el periodo comprendido de junio del 2015 - diciembre del 2016, construida en el primer semestre de 2017.

Figura 4:
ROSA DE VIENTOS

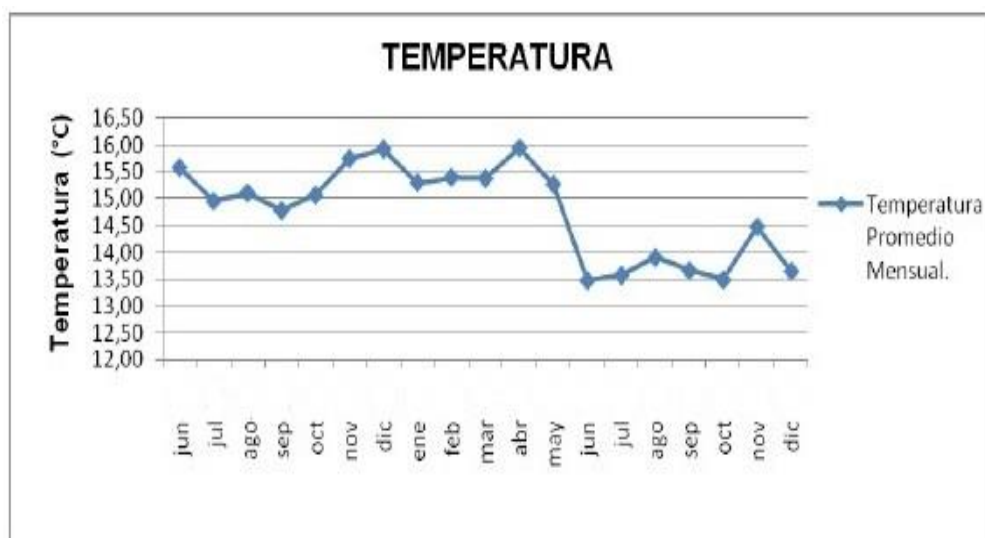


Fuente: Datos obtenidos en las principales calles de Huamanga

Temperatura Superficial. La temperatura media registrada en la estación del Recreo para el año 2016 es de 14.4 °C con fluctuaciones entre los 13.5°C y 16.0 °C.

La figura 5, muestra que los máximos valores de temperatura se presentan en los meses diciembre de 2015 y abril 2016, mientras que los valores mínimos se dan en junio a octubre de 2016.

Figura 5:
TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL 2015 – 2016



Fuente: Datos Obtenidos en la Principales calles de Huamanga.

Tipos de Fuentes Emisoras.

Para el propósito de este inventario de emisiones, las fuentes de emisión han sido agrupadas de la manera siguiente:

- Fuentes Puntuales: sector industrial e institucional.
- Fuentes de Área: sector comercial, de servicios y municipal.

Fuentes Puntuales: Se define como una fuente puntual a toda instalación establecida en un lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales o actividades que puedan generar emisiones contaminantes significativas a la atmósfera, por ejemplo, se puede citar a las Ladrilleras, Fundiciones, Calderas y otros.

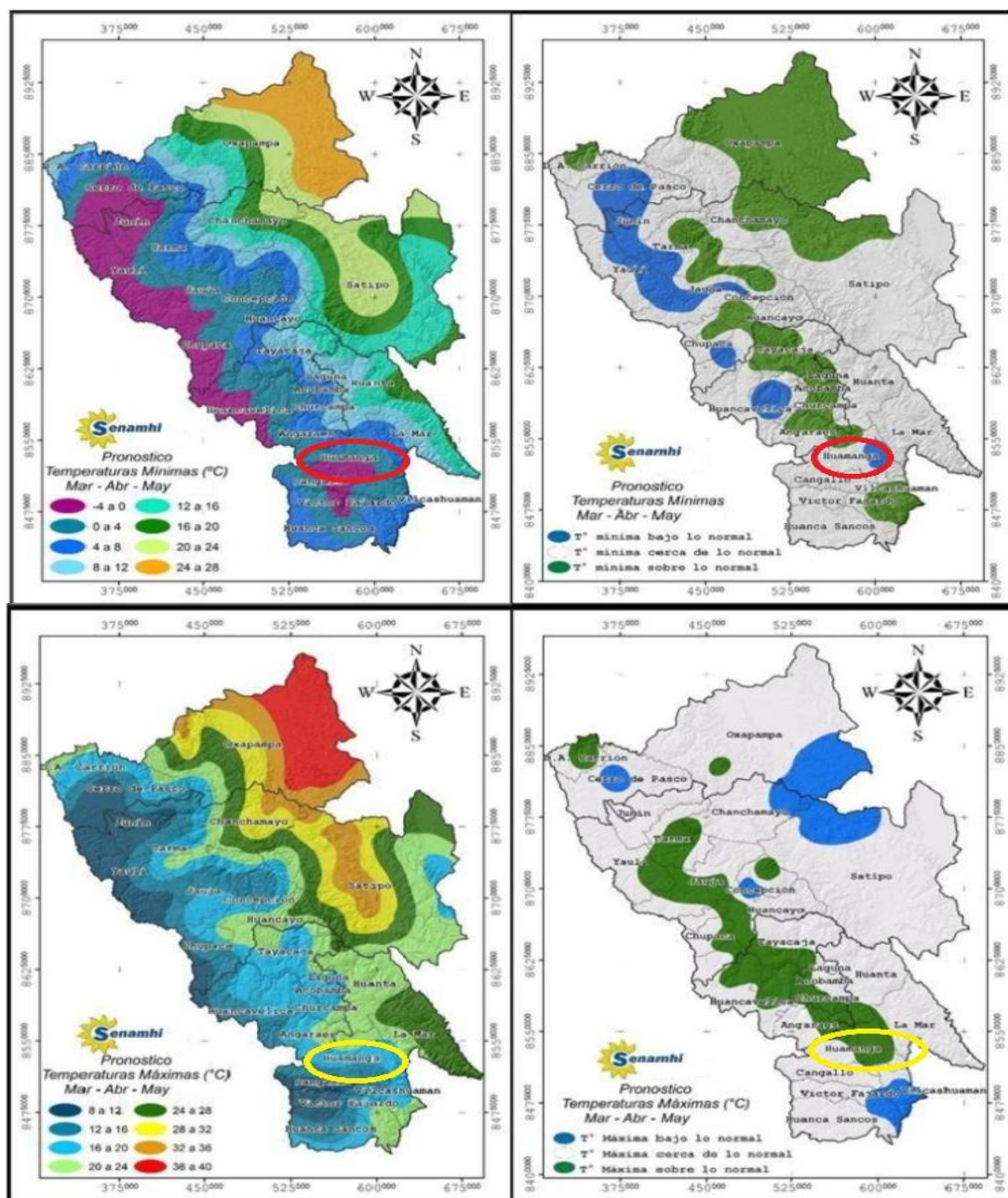
Fuentes de Área: Son todos aquellos establecimientos o lugares donde se desarrollan actividades que de manera individual emiten cantidades relativamente pequeñas de contaminantes, pero que en conjunto sus emisiones representan un aporte considerable de contaminantes a la atmósfera y que no llegan a considerarse como fuentes puntuales. En esta categoría se incluyen la mayoría de los establecimientos comerciales y de servicios, como por ejemplo las panaderías, imprentas, carpintería, grifos y otros.

De acuerdo a la evaluación realizada por los miembros del Gesta Zonal de Aire de la ciudad de Huamanga, las categorías de fuentes existentes en el ámbito Geográfico delimitado son las siguientes:

Estas totalizan 07 categorías de fuentes puntuales y 09 categorías de fuentes de Área.

Figura 6:

DISTRIBUCIÓN DE VARIACIONES TÉRMICAS AMBIENTALES Y HUMEDAD RELATIVA



Fuente: Senamhi

Tabla 2:
FUENTES DE EMISIONES

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
1	Actividades comerciales de servicios que realizan combustión	Ladrilleras	-	Puntual
2		Fundiciones	-	Puntual
3		Calderas	-	Puntual
4		Incineradores	-	Puntual
5	Actividades que generan electricidad	Central Térmica	-	Puntual
6	Actividades de transformador de recursos naturales	Chancadora de piedra	-	Puntual
7	Perdida evaporativa por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de combustible para abastecer a líneas aéreas	Aeropuerto o (aviones)	Puntual
8	Actividades productivas de molinería	molinos de granos	molinos	Área
9	evaporación de solventes	estampados textiles	estampados	Área
10		Actividades de impresión	impresión	Área
11	Actividades de Industria de transformación de madera	Aserraderos	Aserraderos	Área
12		Fábricas de muebles y piezas para edificios y construcción	Carpinterías	Área

13	Perdida evaporativa por manejo de combustibles	Venta al por mayor y menor de combustibles para automotores	grifos	Área
14	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Fábricas de productos de panadería	panadería	Área
15		Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expendan comidas y bebidas	restaurantes	Área

Fuente: Elaboración Propia

Caracterización de las Fuentes Emisoras

El inventario de fuentes fijas de la ciudad de Huamanga cuenta con las siguientes fuentes puntuales y de área:

Ladrilleras:

En la cuenca existen 15 ladrilleras identificadas como fuentes fijas puntuales las que producen un promedio de 10,500 millares al año los cuales son producidos en la cuenca denominada valle de Muyurina y compañía.

Fundiciones:

Existen 22 fundiciones, las cuales utilizan como combustible: Antracita y Aceite usado como se muestra en el cuadro:

Tabla 3:
TIPO DE COMBUSTIBLES

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Antracita	22.73	31.7
Aceite residual	77.27	5.82

Incineradores:

Se la cuenca atmosférica existe un incinerador, que es propiedad de la ESSALUD, donde se queman 3.6 toneladas al mes de materia orgánica. Cuenta con tres calderas que utilizan diésel las cuales se encuentran en la clasificación de calderas.

Calderas:

Existen calderas, las cuales tres utilizan diésel con un promedio de 231.71 toneladas al año. Estas calderas el 50% son de uso de instituciones públicas, el 37.5% a proceso industriales de destilación, y el 12.5% pertenecen a actividades de lavanderías.

Tabla 4:
TIPO DE COMBUSTIBLES

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Diesel	100	231.71

Central Térmica:

La central térmica, pertenece a empresa generadora eléctrica ELECTROCENTRO S. A.

ELECTROCENTRO S.A., dicha empresa se encuentra ubicada en QUICAPATA – Huamanga, con un consumo promedio de 1,171.74 toneladas anuales de diésel.

Chancadora de piedra:

Existe una chancadora de piedra, la que produce un aproximado de 94,900 toneladas al año, desarrollándose proceso primario y secundario.

Aeropuerto:

Se considera este como una fuente fija puntual considerándose como almacenamiento de combustible, ya que en esta se almacena combustible Turbo Jet A-1, para ser abastecidas a los vehículos aéreos.

Molinos:

En la cuenca atmosférica de Huamanga existen molinos, los cuales se clasificaron en dos rubros: molinos de maíz, los que únicamente procesan maíz y los molinos de granos que procesan todo tipo de grano como quinua y trigo.

Molinos de Granos:

Los molinos de granos considerados como fuentes de área, los cuales procesan maíz, trigo y otros, otros que son varios de acuerdo a la demanda, procesando un promedio de 1,280 toneladas al año.

Textil y Estampados:

En la cuenca atmosférica existen 131 textilerías y estampados los cuales en sus procesos tiene un consumo promedio de 1.98 kilos al año de thinner y 62.78 kilos anuales de pintura.

Aserraderos:

Existen 28 aserraderos los realizan corte y trozado de madera, a diferencia de las carpinterías estos no realizan trabajos de pequeñas producciones. La producción promedio es de 114,267 metros cuadrados al año.

Carpinterías:

La actividad de carpintería consiste en la elaboración de muebles domésticos, existen 70 carpinterías ubicadas en la cuenca atmosférica los cuales tiene un consumo promedio de 109.19 metros cuadrados de madera procesada, y una producción de 220 kilogramos anual.

Imprentas:

Existen 90 establecimientos denominados imprentas donde realizan impresiones de papelería, como volantes, afiches, tarjetas; donde se reportaron consumo de tinta con un promedio de 50 kilogramos al año.

Grifos:

Existen 73 grifos los cuales presentan las siguientes características de venta de combustible, estos grifos se encuentran ubicados dentro del área de la cuenca atmosférica de la ciudad de Huamanga.

Tabla 5:
TIPO DE COMBUSTIBLES

Tipo de combustible	% Establecimientos	Venta Promedio (Ton/año)
Gasolina 84	100	937.30
Gasolina 90	65.39	165.06
Gasolina 95	42.31	57.39
Diesel	96.15	1,098
Todo tipo de combustible	42.31	-

Panaderías

En la cuenca atmosférica las panaderías son una categoría de fuente de área debido que son numerosas ya que el universo asciende a 131 panaderías las cuales utilizan dos tipos de combustibles los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 6:
TIPO DE COMBUSTIBLES

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	85	10.20
Diesel	15	8.53

Restaurantes

Los restaurantes conforman las fuentes de área, con un universo de 235 de los cuales el 17.70% de estos establecimientos son de actividades principales las pollerías el 82.30 % son de restaurantes.

Los restaurantes y pollerías utilizan combustibles como carbón, gas y otros, en mucho de los establecimientos se utilizan más de un combustible como se muestra a continuación. El consumo de carbón está asociado a las actividades de las pollerías.

Emisiones por Contaminante

En la generación de las emisiones totales, no todas las fuentes contribuyen de manera uniforme por tipo de contaminante, algunas tienen mayor peso en la emisión de ciertos contaminantes debido a los procesos que se dan en cada una de ellas,

por lo tanto, es importante conocer cuáles son los sectores del inventario que tienen una mayor contribución.

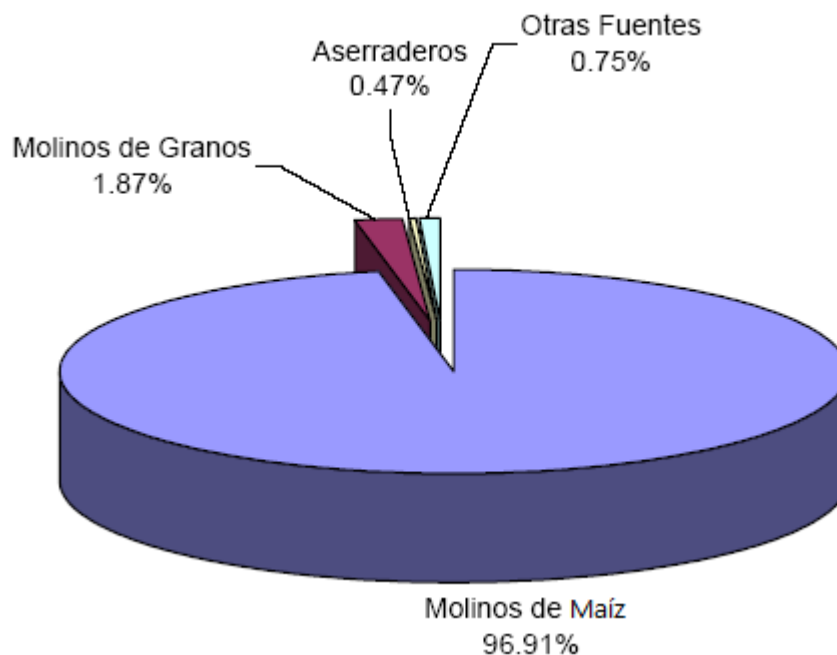
Partículas Totales en Suspensión, PTS

Del total de esta emisión, son producto de procesos productivos.

Se debe mencionar en este inventario que no se cuenta con información necesaria para el cálculo de PTS por combustión, en las actividades de combustión en ladrilleras y molinos de maíz. Es por ello que lo emitido en PTS representa procesos productivos. Cabe mencionar que el producto de emisiones es referido a 12 molineras los cuales procesan Maíz.

Figura 7:

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE PTS POR TIPO DE FUENTE



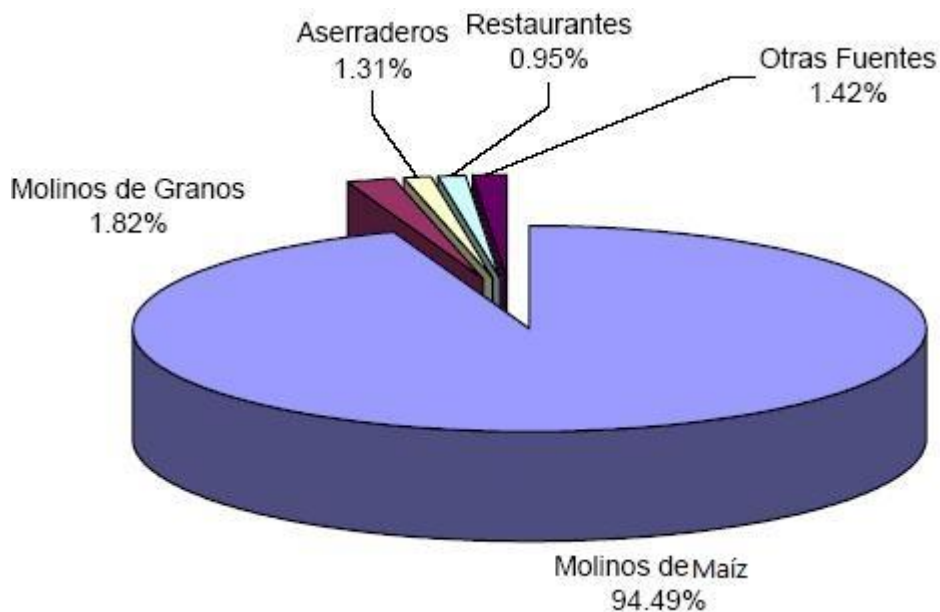
Según se aprecia en el Gráfico, en el segundo lugar de emisión, aunque representando sólo el 1.87% (72 Ton/año) de las emisiones de los molinos de Granos, que representan a 9 molineras. Donde se muelen granos diversos exceptuados el maíz.

Partículas en Suspensión menores a 10 micras, PM₁₀

Esta emisión es calculada de las etapas de proceso, no se cuenta con información de consumo de combustible. El segundo de PTS y PM₁₀ son los molinos de granos, los cuales son fuentes de área. Esta fuente esta representa el 2% del total de emisiones. Las demás fuentes de emisión no aportan significativamente en emisiones de PTS y PM₁₀.

Figura 8:

DISTRIBUCIÓN DE PM₁₀ POR TIPO DE FUENTE

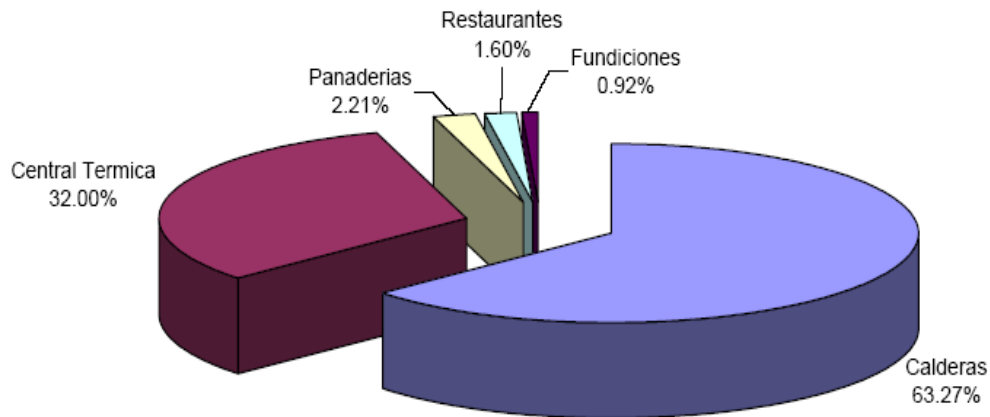


Dióxido de Azufre

La emisión total en peso en toda la cuenca es de 73 ton/año, esta se encuentra representando el 96.19% pro las fuentes puntuales y un 3.81 % por fuentes de área.

Con respecto a las fuentes puntuales el mayor emisor está representado por las calderas las que emiten el 63.3% (46 ton/año), la segunda fuente de emisión es la central térmica emitiendo 23 ton/año (32%).

Figura 9:
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE SO₂ POR TIPO DE FUENTE

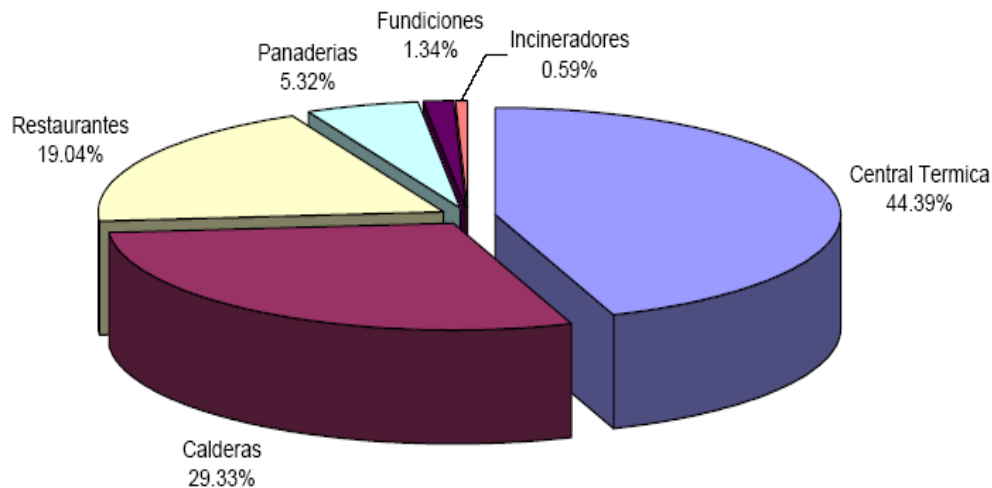


Óxidos de Nitrógeno

El 75.64% de las emisiones de óxidos de nitrógeno es emitida por las fuentes puntuales, siendo el mayor emisor la central térmica emitiendo 10 ton/año, producto de la quema de combustible, el segundo mayor emisor son las calderas con 2 ton/año que al igual que la central térmica está en función al consumo de combustible, siendo estas dos fuentes las de mayor consumo de combustible.

Las demás fuentes, tanto puntuales como de área, distan ampliamente de esta emisión, y sus aportes se muestran en la gráfica siguiente:

Figura 10:
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE NOX POR TIPO DE FUENTE

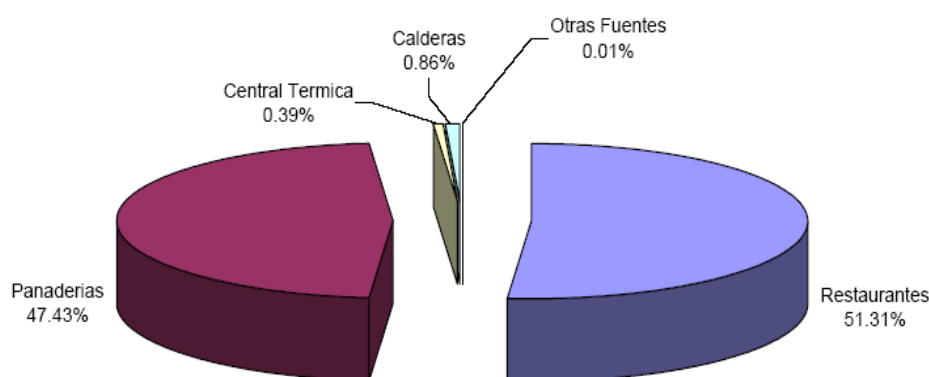


Monóxido de Carbono

A diferencia de los contaminantes descritos anteriormente, la emisión de monóxido de carbono es consecuencia principalmente del aporte de las fuentes de área por actividades de combustión. Así, la fabricación de productos de panadería representa el 47.4% de las emisiones totales, por la combustión mayoritaria de leña cuyo factor alcanza 140 Kg/ton.

Figura 11:

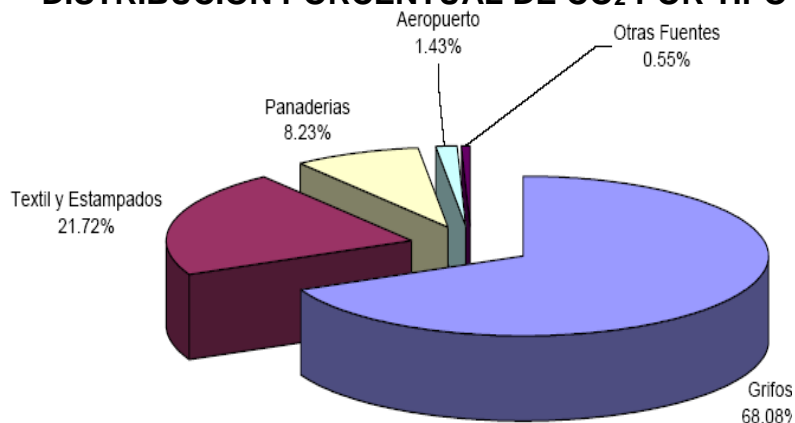
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CO POR TIPO DE FUENTE



Compuestos Orgánicos Volátiles

Los principales contribuyentes de los compuestos orgánicos volátiles son las fuentes de área, con un 98.51% del total de emisión de la cuenca, siendo tres fuentes de área las aportantes: Grifos, Textiles y estampados y panaderías, los cuales los describiremos:

- Los grifos aportan 68.08 % del total de las emisiones (245.5 Ton/año), esta emisión está en función al volumen de venta de los combustibles calculadas como cargas y recargas que se realizan en los grifos.
- Textiles y estampados, emitiendo 78.3 ton/año, (21.72%), producto del uso de thinner y pintura.
- Panaderías (29.67 Ton/año), que representa 8.23%, por la combustión de la leña.

Figura 12:**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CO₂ POR TIPO****Plomo**

La única categoría de fuente identificada como aportante de plomo en la cuenca atmosférica de la ciudad de Huamanga, son las fundiciones, que en su mayoría son fundiciones artesanales, la emisión reportada es de 0.002 ton/año (emisiones que al redondeo se reporta como cero).

2.4.3. Materiales y Métodos**2.4.3.1. Materiales, Equipos e Instrumentos****INSTRUMENTOS:**

- ✓ Balanza Analítica con precisión de 0.01 mg Marca Merck modelo CP225D.
- ✓ Medidor de Flujo marca Koneth.

APARATOS:

- ✓ Bomba de Succión.
- ✓ Desecador de vidrio con sílice gel.
- ✓ Orificio Crítico (o restrictor de flujo).
- ✓ Unidad de Impactación.

MATERIALES:

- ✓ Cajas Petri.
- ✓ Filtros de Teflón de 37mm.
- ✓ Papel Absorbente.
- ✓ Pinzas de Metal de punta plana.
- ✓ Plumón Marcador.
- ✓ Porta Filtros de color Amarillo.

2.4.4. Procedimiento**2.4.4.1. Alcance y Aplicación.**

Este procedimiento describe el proceso de monitoreo de material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM_{10}) con Impactadores Harvard en aire ambiental, así como el manejo de los datos colectados para el reporte de resultados.

Este método gravimétrico de bajo volumen permite cuantificar concentraciones de (PM_{10}) en exteriores e interiores.

2.4.5. Resumen del método

La concentración de (PM_{10}) en el aire se mide como la masa total de las partículas acumuladas en el filtro, clasificado según este rango de tamaño, dividido por el volumen de aire de muestra.

El muestreador de bajo volumen Harvard para (PM_{10}) consta de un impactador para la separación de las partículas menores o iguales de 10 micrones, de aquellas con un diámetro mayor a 10 micras. El dispositivo en general consta además de una bomba y un orificio crítico, el cual restringe el ingreso de aire a un flujo constante de 4litros/minuto.

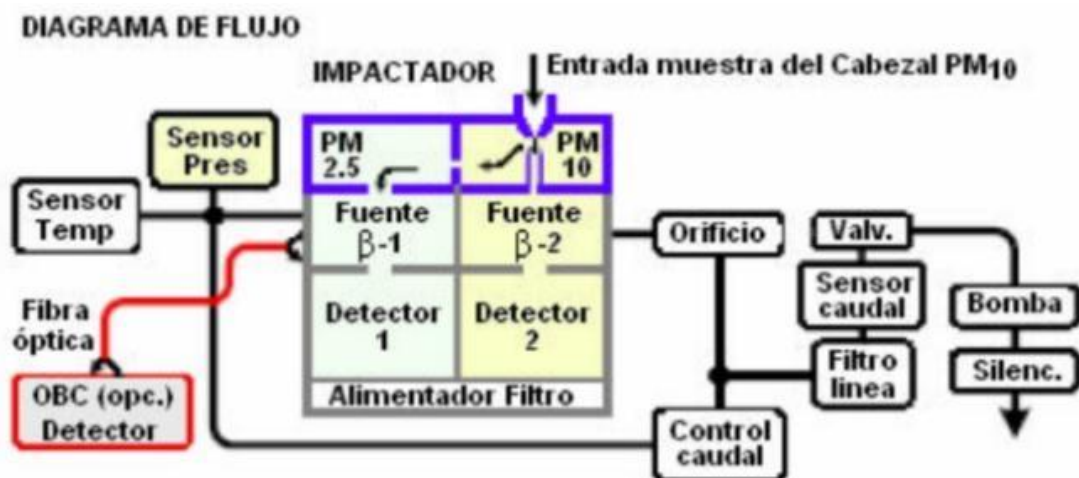
En el sistema de colección se colocan filtros de teflón, previamente desecados durante 24 horas a 28-30°C y pesados por triplicado, los cuales retienen las partículas durante un período de 24 horas y retornan al laboratorio para ser

nuevamente pesados y desechados. La diferencia de pesos de los filtros determina el peso neto obtenido de la muestra (PM₁₀) recolectada. El volumen total del aire muestreado es determinado por el flujo volumétrico conocido (4 l/minuto) y el tiempo expuesto (24 horas).

Figura 13:
DETERMINACIÓN GRAVIMÉTRICA DE PM₁₀



Figura 14:
DIAGRAMA DE FLUJO DEL IMPACTADOR HARVARD



2.4.6. Precauciones de Seguridad

Se requiere de mandiles y guantes para el pesaje de los filtros y trabajo en el campo.

La manipulación de filtros de teflón debe realizarse con una pinza de metal plana, para evitar el contacto del operador con el filtro.

El muestreador debe instalarse en un área que evite que el operador esté expuesto a superficies resbaladizas durante épocas inclementes, como por ejemplo de lluvia.

Revisar las indicaciones de voltaje de la bomba, así como los requisitos de potencia antes de conectarla. Asegurarse que los cables estén completamente sellados y la toma corriente en perfecto estado.

2.4.7. Precauciones para la Operación

No coloque el muestreador directamente sobre tierra arena gruesa o en la cima de un tejado, pues el viento puede remover este material y contaminar la muestra. No instale el muestreador cerca de salidas o aberturas como chimeneas, ductos de ventilación o aire acondicionado.

Se debe asegurar que la energía en el sitio esté disponible en todo momento, pues interrupciones eléctricas pueden producir pérdida de las muestras.

Se debe verificar la calibración de la balanza mediante el uso de una pesa de control calibrada cada vez que se realice el pesaje.

Las pinzas deben tener las puntas planas de modo que no dañen la superficie de los filtros de teflón.

Los guantes deben ser de nitrilo o de otro material que no tenga taco u otro compuesto que pueda contaminar el filtro.

Se debe mantener limpia el área de pesaje, para evitar la contaminación de los filtros.

Es recomendable tener en cuenta la temperatura de la sala de pesaje, de modo que se trabaje a las mismas condiciones de temperatura y humedad durante el pesaje de inicio y el pesaje final de las muestras. Adicionalmente realizar el acondicionamiento y pesaje lo más rápido posible al arribo de la muestra.

Todo el material debe ser lavado antes de su uso y una vez limpio, no debe ser expuesto al ambiente a excepción de lo estrictamente necesario.

2.4.8. Calificación del Personal

El personal responsable debe tener información y estar capacitado para realizar el muestreo en campo, el análisis gravimétrico en laboratorio y el mantenimiento de los dispositivos de medición, así como la práctica suficiente en estas actividades.

2.4.9. Preparación y Manejo de Filtros

Acondicionamiento e Identificación de los filtros

Los filtros deben colocarse en la porta filtro amarillo haciendo uso de la pinza de modo que no se dañe la superficie. Los operadores deben usar guantes protectores al manejar los filtros para evitar la contaminación de estos con las grasas naturales de la piel y la humedad. Los filtros se deben mantener con la porta filtros en cajas Petri previamente codificadas.

Se debe asignar a cada filtro un número de Identificación, el cual puede colocarse por la porta filtro y en la caja Petri.

Figura 15:
FILTRO PM₁₀



La identificación de los filtros se realiza de acuerdo a la codificación siguiente:

PM10-NF/LDM

Siendo:

PM10: Parámetro a ser monitoreado.

NF: Número del filtro (entre 01 y 999).

LDM: Lugar de muestreo codificado con 3 letras.

Según el trabajo realizado los puntos de monitoreo identificados han sido codificados tal como se indica en el siguiente cuadro.

Tabla 7:
CODIFICACIÓN DE LOS LUGARES DE MUESTREO

Código	Lugar	Dirección	Distrito
JNH	C.S. JESUS NAZARENO	Jr. Ciro Alegría N°800	Huamanga
BH	C.S. MICRORED DE SALUD BELEN	Jr. 7 de abril 491	Huamanga
STH	C.S. STA ELENA	Jr. Lucanas S/N	Huamanga
DESA	DESA – Huamanga	DIRESA	Huamanga

La identificación en la porta filtros y placas Petri se imprimen con plumón indeleble, para evitar que se borren hasta el retorno al laboratorio.

Para el Transporte de los filtros utilizar una caja de plástico con asa para su fácil identificación.

Si las muestras van a ser enviadas al laboratorio, el operador de campo debe colocar las cajas Petri con los filtros en la caja plástica, de modo que los filtros se trasladan con la parte expuesta hacia arriba y así se evite la pérdida de las partículas colectadas o que se dañe de la superficie expuesta.

Pesaje de los Filtros

Antes de proceder al pesaje de los filtros, examinarlos visualmente para asegurar que los filtros defectuosos sean desechados. Los defectos que llevan al descarte de los filtros son la presencia de agujeros pequeños y material sobrepuesto, así como la decoloración o no uniformidad en la superficie del filtro.

Previo al pesaje, los filtros deben acondicionarse por lo menos 24 horas antes en un desecador entre 28 a 30°C, el que se ubica en el cuarto de pesaje ambientalmente controlado. La humedad relativa el cuarto debe estar en un valor medio constante

entre 20% y 45% con una variabilidad no mayor de (+-) 5% y la temperatura en un valor medio constante entre 15 y 30°C, con una variabilidad de no más de (+-) 3°C. La humedad relativa y la temperatura deben ser verificadas y registradas manualmente todos los días de trabajo en el registro de condiciones ambientales del laboratorio para asegurar la conformidad con los valores señalados.

Los filtros se pesan en la balanza analítica con una resolución mínima de 0,01mg. Y una precisión de 0,05mg. La que debe haber sido previamente calibrada (por los menos anualmente) y debe contar con el mantenimiento recomendado por el proveedor.

Encender la balanza y dejar que se realice la verificación interna de calibración que el equipo realiza automáticamente, luego llevar la balanza a cero según las indicaciones del manual de operación de la balanza. Realizar el chequeo de control de calidad usando la pesa para verificación de la calibración.

Retirar uno por uno los filtros del desecador y pesar según las indicaciones del manual de operación de la balanza, retornar el filtro del desecador, esperar unos 30 minutos y repetir la operación, hasta tener un promedio de tres lecturas estables. Cada cierto número de pesajes verifique el cero y la lectura de la pesa de verificación E2. Ingresar los datos obtenidos en el formulario de datos de pesaje.

Colocar el filtro pesado con su porta filtro en la caja Petri previamente codificada y asegurarla con cinta adhesiva. Transportar los filtros en la caja de plástico evite que se puedan dañar.

El filtro se expone durante 24 horas para la colección del PM₁₀ una vez finalizado el muestreo y retirado el filtro expuesto colocarlo en la caja Petri correspondiente y retornar al laboratorio para repetir los procesos de acondicionamiento y pesaje anteriormente descritos.

Una vez pesados y reportados los resultados, colocar filtro dentro de un sobre protector y mantenerlos en custodia para otros análisis posteriores.

**PESAJE DE FILTROS****PORTA FILTROS**

Control de Calidad de las Muestras

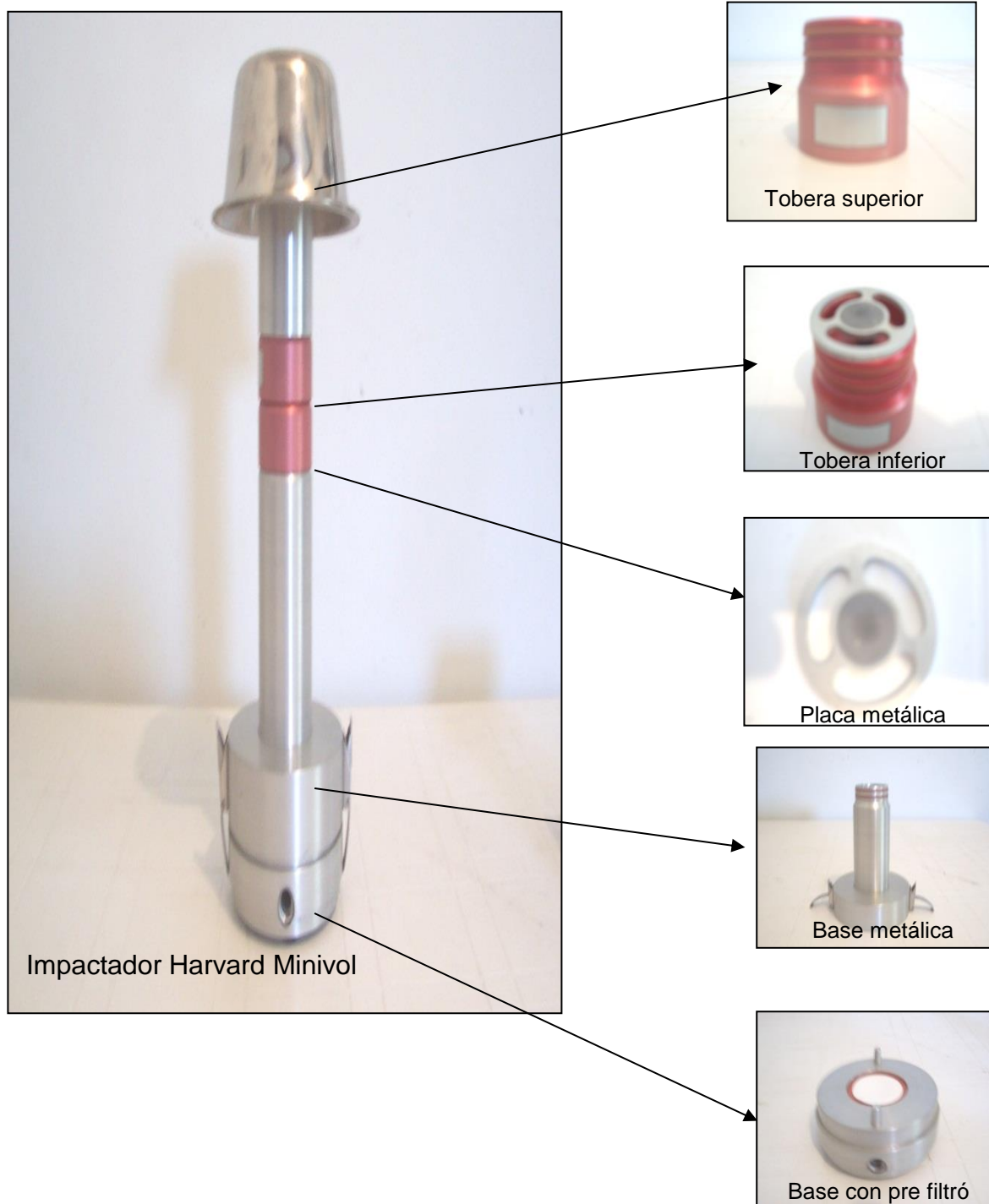
La cadena de custodia debe incluir todos los datos que se requieren para la trazabilidad de la muestra, así como para calcular la concentración total de PM10 (volumen total, temperatura ambiente, presión barométrica y tiempo transcurrido). El periodo de muestreo puede fluctuar entre 23 y 25 horas. Si el muestreador hubiera operado fuera de estos límites, descartar la muestra.

Los filtros se deben examinar antes del pesaje respectivo para evaluar la condición física de cada uno. Si el material de la muestra se ha desprendido del filtro, recuperar tanto como sea posible empleando un cepillo suave de pelo de camello.

Se deben descartar los filtros que hayan sido rasgados antes o durante el muestreo, aquellos que presentan códigos y fechas similares, los filtros con presencia de contaminantes, aquellos que provienen de un equipo que operó inadecuadamente o que fueron mal instalados.

Colocar los filtros defectuosos en sobres limpios, etiquetarlos con los defectos encontrados para que sean analizados por el supervisor para su aprobación final.

2.4.10. Instalación del Equipo de Muestreo



Embalaje y traslado del equipo

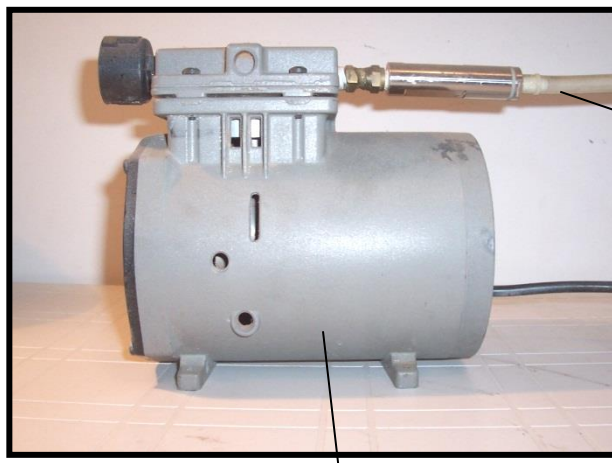
Para el traslado del equipo de monitoreo se recomienda embalar con precaución los componentes y poner especial cuidado en aquellas partes que pueden ser susceptibles de contaminarse o dañarse durante el traslado, lo que luego influirá en los resultados de las mediciones.

Instalación de los equipos en el sitio

El muestreador de material particulado se instala generalmente en una caseta de metal cuya parte superior permita el libre desplazamiento del viento. El muestreador debe tener flujo de aire sin restricción y debe estar situado donde el operador pueda alcanzarlo de manera segura, a pesar de condiciones de tiempo adverso.

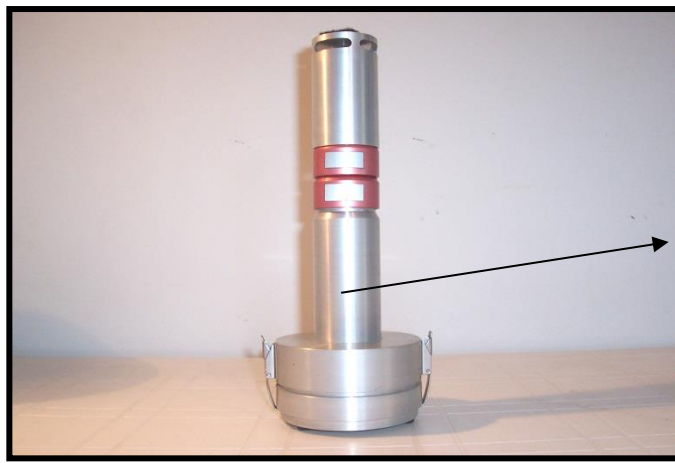
Instalar el muestreador en un lugar accesible a las actividades que implica su funcionamiento rutinario (calibraciones, instalación y recuperación de filtros, verificación de flujo y auditorias).

COMPONENTES DEL SISTEMA DE MUESTREO ACTIVO



BOMBA DE SUCCIÓN

RESTRI
CTOR
DE
FLUJO



IMPACTADOR
HARVARD

Armado del Equipo

Armar el equipo conectando, con mangueras transparentes, el sistema de Impactación a la bomba, la que a su vez tiene conectado el restrictor de flujo. Asegurar que el sistema se mantiene hermético colocando cinta teflón en los terminales en los que se conectaran las mangueras y luego asegurarlas con una abrazadera ajustable.

Funcionamiento del Equipo

Verificar que el suministro eléctrico en la caseta es de 220 voltios, voltaje que requiere la bomba para operar. Cuando se haga uso de un temporizador o de cronómetro electrónico, conectar la bomba a este dispositivo, que ha sido previamente programado y va conectado directamente al suministro eléctrico para el funcionamiento del muestreador durante 24 horas.

Verificación del Flujo

El flujo de cada orificio crítico o restrictor de flujo se controla mensualmente, mediante el uso del medidor de flujo. Para efectuar este control, el medidor de flujo se conecta al equipo y se recolecta las lecturas observadas cada cinco minutos durante un lapso de 30 minutos en el formulario de verificación del flujo. El promedio de las lecturas obtenidas nos indicara el flujo verdadero que pasa por el orificio crítico.

2.4.11. Muestreo

El proceso de operación del muestreador de bajo volumen consiste en la exposición de filtros que recolectaran el material particulado para un período de medición de 24 horas.

Desmontar la base del Muestreador hasta descubrir la zona en la que se colocará el filtro insertado en su porta filtro, verificar que los empaques se encuentren en perfecto estado.

Colocar el filtro con su porta filtro en la unidad teniendo en cuenta que el aro más grueso la porta filtro amarillo que se coloca en la base inferior, verificar que encaje sobre la empaquetadura de la base del sistema. Asegurar la base del impactador y accionar el equipo, dejar de operar durante 24 horas y anotar la hora de inicio en la cadena de custodia.

Los sistemas de Impactación que operan con temporizadores, se apagaran a las 24 horas de iniciado el muestreo, previa programación del dispositivo. Anotar la hora de término del muestreo en la cadena de custodia.

Registrar la información relativa a la identificación del filtro y el lugar de muestreo, así como las observaciones que indiquen que el filtro extraído debe ser aceptado o desechado, así mismo registrar toda la información del muestreo como el nombre y dirección de la estación, datos de equipo y personal encargado del muestreo en la cadena de custodia.

Indicar en la cadena de custodia cualquier observación que pueda sugerir que la muestra obtenida en el proceso no es representativa del área muestreada, como por ejemplo la presencia de quemas y construcciones cercanas.

2.4.12. Mantenimiento de los muestreadores

Desconectar las bombas antes del mantenimiento del sistema de monitoreo. No se debe golpear el sistema ni forzar el desmontaje o montaje de sus piezas.

Revisar que las empaquetaduras se encuentren en perfecto estado, de ser necesario reemplazarlas, para evitar fugas. Revisar los carbones de la bomba, de ser necesario cambiarlos, para así mantener la proporción del flujo estable.

2.4.13. Análisis de los Datos

Utilizar los datos de los pesos del formulario de datos de pesaje.

Calcular la concentración de material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM10) por metro cúbico de aire mediante la siguiente fórmula:

$$PM_{10} [ug/m^3] = (\text{Peso}_{\text{final}} - \text{Peso}_{\text{inicial}}) * 10^9 \text{ ug} / Q (\text{l/min}) * m_{\text{muestreo}}$$

Dónde:

Pf y Pi son los pesos final e inicial del filtro en gramos.

Q es el flujo de aire en litros/minuto.

T es el tiempo de exposición en minutos.

PRESUPUESTO

El presupuesto requerido para el monitoreo de la Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Huamanga con los equipos impactadores Harvard es:

Tabla 8:
PRESUPUESTOS DE MONITOREO

Material	Cantidad	Costos (soles)
Filtros teflón 10.0 Micrón, 37mm, 50/Pk	350 unidades	1500.00
Placas Petri	350 unidades	1050.00
Sílice gel	01 kilogramo	320.00
Material de Oficina (cuadernos, papel bond, plumones indelebles, etc.,).	-----	500.00
Fotocopias de formatos	-----	200.00
Spray de silicona	10 unidades	150.00
Alcohol	03 litros	15.00
Vestuario	04 Chalecos	280.00
Mantenimiento de Casetas y Equipos Harvard	02 veces por año	2000.00
Mantenimiento de la Balanza de Pesaje – marca Merck	01 vez por año	1500.00
Combustible para transporte	240 galones	3120.00
TOTAL		10,470.00

Fuente: Elaboración Propia

RESULTADO

En la cuenca atmosférica de la Ciudad de Huamanga se desarrolló el Monitoreo en las 4 estaciones ya mencionadas de modo que aproximadamente se realizaba por 10 días en 1 mes, así mismo los análisis y resultados se desarrollaban a fin de verificar si los estándares de calidad están dentro del rango permitido, y de lo contrario dar a conocer la problemática, es fundamental también mostrar mediante gráficos estadísticos el distrito más próximo a sobrepasar el estándar de la calidad. Se desarrollaron los Monitoreo respectivos por lo cual como ejemplo fundamental se muestra a continuación lo que se desarrolla por cada Muestra a tomarse.

CACH-PM10-08: INFORME DE RESULTADOS



DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL – HUAMANGA

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE

Tabla 9:
REPORTE DE RESULTADOS DE MONITOREO

Fecha: 30 de enero del 2016

Código de Lote	PM₁₀- 016- 019/2016
-----------------------	---------------------------------------

Número	Código	Estación	Concentración (µg/m ³)
01	JNH	Centro de Salud Jesús Nazareno	73
02	BH	Centro de Salud Belén	104
03	SEH	Centro de Salud Santa Elena	115
04	DES A	Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental	89

Fuente: Laboratorio MINSA Huamanga

Inicio del monitoreo : 24 de ENERO de 2016

Finalización del monitoreo : 25 de ENERO de 2016

Fecha de análisis : 28 de ENERO de 2016

Método utilizado : Gravimétrico con Impactadores Harvard

Periodo de exposición : 24 horas

ECA (24 horas) : 150 µg/m³

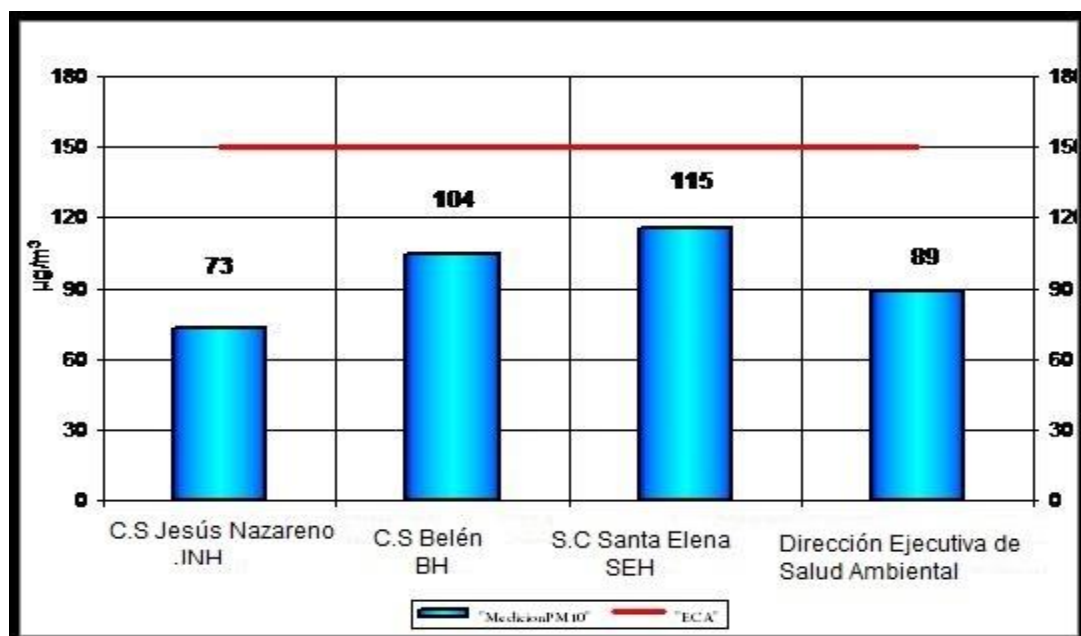
RC-PM10-07: INFORME DE RESULTADOS



Figura 16:

RESULTADOS EN BASE A LOS DATOS INGRESADOS

Código de Lote	PM ₁₀ - 016- 019/2016
----------------	----------------------------------



Fuente: Laboratorio MINSAs Huamanga

Observaciones:

Como se observa el en gráfico es el claro ejemplo de lo que está sucediendo en la Ciudad de Huamanga el límite de contaminación está muy próximo al distrito de San Juan Bautista es decir este distrito es el que está muy próximo a contaminarse de una manera más asfixiante, en todos los 3 meses de prácticas sucedió lo mismo con dicho distrito que es el que más preocuparía en el futuro de modo que los equipos detectores (IMPACTADORES HARVARD) así lo dan a conocer.

CADENA DE CUSTODIA

Solicitante: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental - Ayacucho

Proyecto/Programa: Calidad del Aire N° Informe: 04

Responsable del muestreo: _____

Firma: _____

Código Laboratorio	Punto de Muestreo Localidad/distrito/Departamento	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	PM10- N° FILTRO	VOL. AIRE (m ³)	OBSERVACIONES
JNH	Centro de Salud Jesús Nazareno / Distrito de Huamanga / Departamento Ayacucho	24 de Enero del 2016	08:00 a.m.	016	5.76	----- ----- -
BH	Centro de Salud Belén– Sector I / Distrito de Huamanga / Departamento Ayacucho	24 de Enero del 2016	08:27 a.m.	017	5.76	----- ----- --
SEH	Centro De Salud Santa Elena / Distrito De Huamanga / Departamento Ayacucho	24 de Enero del 2016	08:52 a.m.	018	5.9	----- ----- ----
DESA	Dirección Ejecutiva De Salud Ambiental / Distrito De Huamanga / Departamento Ayacucho	24 de Enero del 2016	09:11 a.m.	019	5.62	----- ----- -----

Fuente: Laboratorio MINSa Huamanga.

Como resultado final se obtiene que el Monitoreo realizado por el área de control del Aire de la Dirección ejecutiva de salud Ambiental es muy importante de modo que previene la problemática fundamental del aire que tiene importancia principal con el ser humano.

2.5. Marco conceptual

2.5.1. Impactadores Harvard.

El muestreador tipo Harvard (o muestreador MS&T o impactador Harvard) es un equipo para medir de manera gravimétrica la concentración de partículas suspendidas en el aire, que fue desarrollado en el año 1992 por investigadores de la Universidad de Harvard.

El impactador Harvard consta de dos partes: La toma muestra con el impactador y la unidad de bombeo. El equipo trabaja con un flujo de aire de 4 litros por minuto. Dependiendo del cabezal que se le coloque, puede ser usado para medir partículas menores a 10 micras (PM_{10}), partículas menores a 2,5 micras ($PM_{2,5}$) o partículas menores a 1 micra (PM_1), las cuales son captadas en filtros de 37mm. El periodo de exposición de los filtros es de 24 horas, dando resultados correspondientes a periodos diarios.

El impactador Harvard puede ser usado para realizar mediciones de calidad del aire tanto en exteriores como en interiores y para cualquier tipo de zona (urbana, industrial, minera). Debido a que la bomba es relativamente silenciosa, este equipo es ideal para su uso en zonas residenciales o en oficinas.

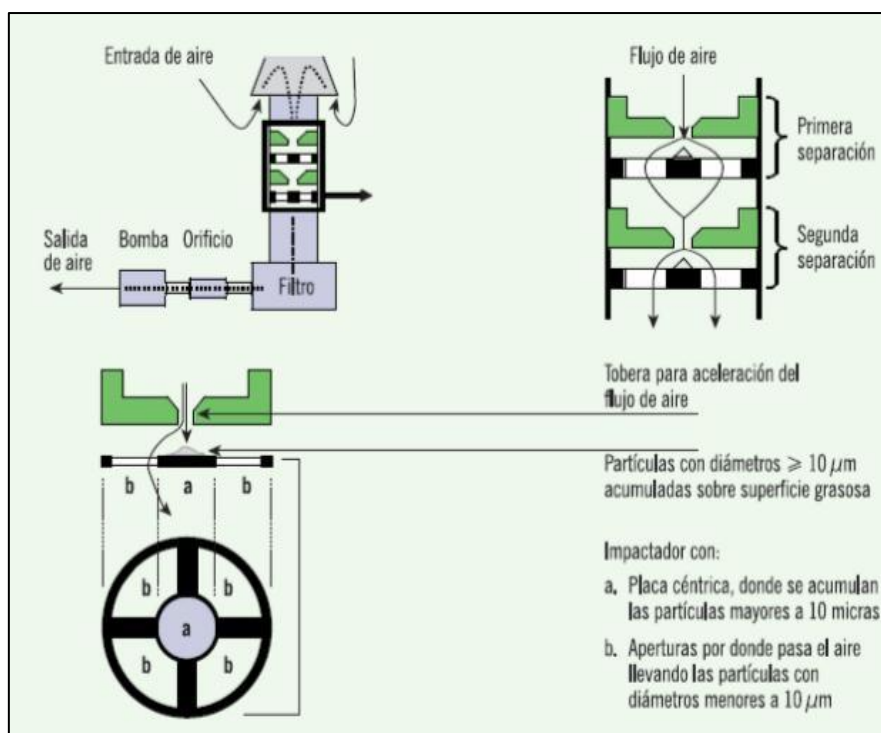
El monitoreo de calidad del aire usando el muestreador Harvard ha sido ampliamente realizado en diversas partes del mundo para preparar diagnósticos (ejemplo. Chile y Colombia), coleccionar información para estudios en salud (ejemplo: México), caracterizar partículas (ejemplo: Grecia), entre otros. Además, ha sido evaluado comparativamente con otros equipos dando como resultado una buena correlación con equipos como el Hi-Vol (muestreador de alto volumen).

En el Perú, el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos de la Dirección General de Salud Ambiental (R.D. 1404/2005/DIGESA/SA del 07/09/05) menciona como método equivalente para la medición de PM_{10} al método gravimétrico de muestreador de bajo volumen equipado con cabezal PM_{10} , dentro de lo que encaja el muestreador tipo Harvard. Adicionalmente, vale mencionar, que

las Direcciones de Salud Ambiental de Arequipa, Cusco, Trujillo y Chiclayo vienen operando desde el año 2005 sus redes de monitoreo de calidad del aire mediante el uso de muestreadores tipo Harvard para la determinación de la concentración de PM_{10} .

Figura 17:

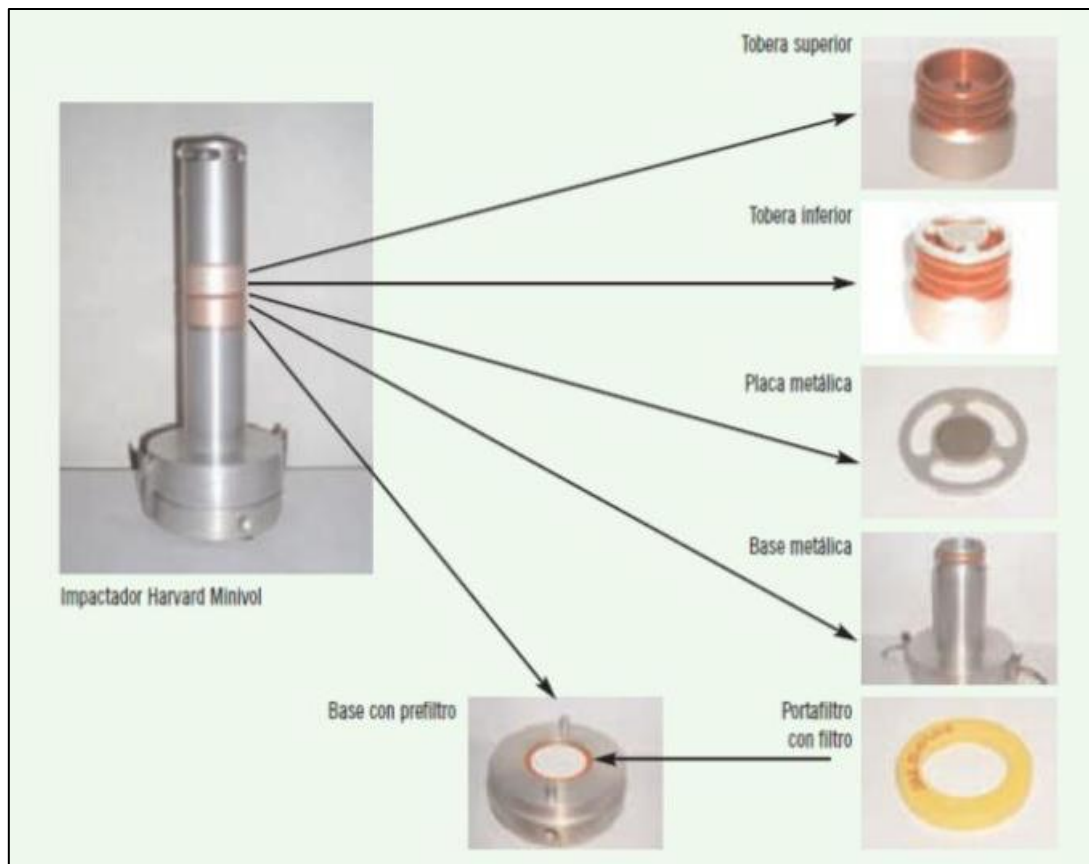
DIAGRAMA DE PARTES DEL IMPACTADOR HARVARD PARA PM_{10}



Fuente: Manual de impactador Harvard.

Material particulado es el término utilizado para definir una mezcla de partículas sólidas y líquidas encontradas en el aire. Algunas de estas partículas son grandes y oscuras y pueden ser vistas, tales como el hollín y el humo. Otras pueden ser tan pequeñas que solo pueden ser detectadas mediante la utilización de un microscopio electrónico estas partículas que se producen en gran variedad de tamaño (finas cuando son menores a 2.5 micras de diámetro y de mayor tamaño cuando son superiores a 2.5 micras), son originadas por diferentes fuentes móviles y estacionarias, así como por fuentes naturales.

Figura 18:
IMPACTADOR HARVARD MINIVOL Y SUS COMPONENTES



Fuente: Manual de impactador Harvard.

Existen muchas formas de medir la contaminación del aire los cuales abarcan métodos químicos simples o métodos de algunas técnicas electrónicas más sofisticadas. De manera general podemos distinguir cuatro métodos principales para medir la contaminación del aire que también pueden ser usadas en Huamanga.

MUESTREO PASIVO: Son métodos de calidad aire confiables y costo efectivo. Son buenos indicadores de la concentración promedio de contaminación en periodos de semanas a meses. Se denomina muestro pasivo porque los equipos de muestreo no tienen sistema de bombeo alguno.

MUESTREO ACTIVO: A diferencia de muestro pasivo, en estos métodos se bombea un volumen conocido de aire a través de un colector (un filtro a una solución química) por un periodo de tiempo conocido, el colector se remueve del sistema de bombeo y es mas tarde analizado en el laboratorio. De manera general,

el muestreo activo utiliza métodos físicos o químicos para coleccionar el aire contaminado.

MÉTODOS AUTOMÁTICOS: Estos métodos son los mejores en términos de la alta resolución de sus mediciones, permitiéndonos la realización de un monitoreo continuo para concentraciones horarias hasta menores. El espectro de contaminantes que se pueden determinar, va desde los contaminantes criterios (PM₁₀-PM_{2.5}, CO, SO₂, NO₂, O₃) hasta tóxicos en el aire como el plomo y los compuestos orgánicos volátiles.

MÉTODO ÓPTICOS DE PERCEPCIÓN REMOTA: Estos métodos se basan en técnicas espectroscópicas. Con ellos es posible hacer mediciones en tiempo real de la concentración de un buen número de contaminantes entre los que se incluyen NO₂ y SO₂.

CAPÍTULO III:

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la Investigación.

En la presente investigación se abordó el diseño no experimental, ya que consiste en conocer la situación predominante sobre la Calidad del Aire en la Ciudad de Huamanga.

3.2. Tipo y Nivel de la Investigación

3.2.1. Tipo de la Investigación

Investigación aplicada

Es aplicada porque busca el proceso de un nuevo conocimiento técnico con aplicación inmediata a un problema fijo.

Este tipo de investigación se fundamenta en los resultados de la investigación básica, la cual a su vez está supeditada a una necesidad social por resolver.

3.2.2. Nivel de la Investigación

Nivel Descriptivo

Porque nos permite llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas.

3.3. Método.

Los métodos utilizados en esta investigación fueron:

3.3.1. Método Inductivo

Que consiste en considerar hechos y características particulares que consiste en conocer la situación predominante sobre la Calidad del Aire en la Ciudad de Huamanga, en estudio para luego inferir ciertas conclusiones, como por ejemplo la documentación de la problemática y sus áreas inducirán a las actividades de mayor riesgo.

3.3.2. Método deductivo

A través de este razonamiento, se toman hechos y características generales, para llegar a conocer hechos particulares que nos permitirán cumplir con los objetivos de la investigación. Este método se emplea por ejemplo para aplicar los conocimientos de los riesgos que existen en la contaminación del aire en la ciudad de Huamanga.

3.4. Variables de investigación

3.4.1. Variable Independiente

Descripción.

Control de la calidad del aire en la ciudad de Huamanga a través la determinación de materiales particulados PM₁₀ por gravimetría.

3.5. Tipo de Muestreo

La investigación es de tipo **Aleatorio Simple** (MAS), probabilístico porque busca describir las características de un problema en estudio, además de adjuntar las alternativas - soluciones a las actividades críticas que contaminan el aire en Huamanga.

3.6. Técnicas, Instrumentos y Fuentes de Recolección de Datos

3.6.1. Técnicas de Recolección de datos

Fichas de Reportes de Mediciones:

- Registros de datos de pesaje
- Blancos de campo
- Estándar de Verificación

3.6.2. Instrumentos de la Investigación

Cámara fotografía

Es un instrumento muy utilizado a la hora de aplicar la Observación, la cual es una técnica de recolección de datos.

Impactador Harvard

Es un equipo para medir de manera gravimétrica la concentración de partículas suspendidas en el aire.

**CAPITULO IV:
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS**

4.1. Resultados generales

4.1.2. Discusión de resultados

Se identificó el problema ambiental por contaminación del aire que afecta directamente en la salud de la población de huamanga, debido que los negocios como Imprentas, Pollerías, Mercados y la inmisión de CO₂ por el parque automotor, son los principales contaminadores en Huamanga y la falta de monitores por parte de la Dirección Regional de Salud de Ayacucho.

La Municipalidad Provincial tienes que crear nuevas Ordenanzas Municipales para tener las herramientas para poder fiscalizar a los comercios en Huamanga, o hacer cumplir los estándares ambientales como son los de calidad de aire dado por el ministerio de ambiente también la falta de información de la población sobre los daños a la salud por la contaminación del aire.

CONCLUSIONES

Mediante la Siguiete Experiencia de estudio específicamente en el área de Ambiental Conjuntamente también con el Laboratorio de Control de Calidad del Aire detallo la siguiente conclusión:

Conociendo el Estándar de la Calidad del Aire (150 ug/m³) y de acuerdo a los resultados Obtenidos en todos los Monitoreos progresivos en las cuatro principales avenidas, durante los Meses de Enero a Marzo se determina que la Calidad del Aire en la Ciudad de Huamanga no sobrepasa los estándares, en ninguna de las CUATRO estaciones (cuatro principales avenidas del centro de huamanga), sin embargo estas están próximas a acercarse al nivel permitido por lo cual gracias al Monitoreo que viene realizando el área de Ecología y Protección Ambiental nos permite tener un criterio más amplio a tomarse en contra de la contaminación Atmosférica.

Del Mismo modo de Acuerdo a los meses de Trabajo en el Área de Ecología y Protección Ambiental se desarrolló Inspecciones de Salud a favor al medio Ambiente en Empresas, Industrias, Actividades Económicas, etc. Por lo tanto, se concluye que dicha experiencia fue de vital importancia para mi persona de modo que se logró aprender mediante consejos Profesionales del Ingeniero Encargado de Dicha área como trabaja el Ministerio de Salud a favor del Medio Ambiente a fin de comprometer a las Empresas e Industrias a estar al orden en sus papeles y sobre todo que estén al orden con el medio ambiente.

En Conclusión la Experiencia desarrollada en el tiempo de trabajo se desarrolló criterios muy importantes que el Ministerio de Salud o específicamente la DIRESA permita a jóvenes practicantes llenarse de conocimiento sobre la Calidad del Aire, y sobre el Bienestar de la Población de Huamanga a través de la preservación del Medio ambiente, por lo tanto un claro ejemplo es el Monitoreo de la Calidad del Aire en toda la cuenca Atmosférica de la ciudad de Huamanga lo que permite a esta ciudad tener un conocimiento certero de la realidad que engloba a dicha ciudad con respecto a la calidad del aire, y así poder determinar posibles soluciones que ayuden a conservar una Ciudad limpia y libre de contaminación.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a la experiencia realizada se recomienda lo siguiente:

-Tomar el ejemplo de la DIRESA (Dirección Regional de Salud) que mediante el área de Ecología y Protección Ambiental desarrollan un impecable programa de Monitoreo de Calidad del Aire, para que otras ciudades puedan tener también un criterio importante de su propia ciudad en cuanto a la calidad del Aire para que así se puedan tomar las Políticas Ambientales necesarias a fin de proteger y conservar nuestra tierra limpia.

-Implementar el Laboratorio de Calidad del Aire ya que es muy importante el trabajo que esta área realiza a fin de obtener conjuntamente resultados confiables y poder otorgar a los encargados del área un buen laboratorio con todas las comodidades de poder desarrollar los resultados de los Monitoreos y poder informar a las autoridades.

-Programar Charlas en los diferentes sectores sobre la Problemática Ambiental y sobre todo la Contaminación Atmosférica a fin de que todos estén encaminados hacia un mismo fin de preservación de la Calidad del Aire y un bienestar generacional que dejen un futuro próspero de calidad para nuestros descendientes y futuras generaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- CEPIS (2000). Presentaciones de Brasil, Canadá, Chile, Estados Unidos y México en la Reunión de Expertos sobre la Evaluación de Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire, realizada en Lima, Perú, del 5-7 de setiembre de 2000.
- OPS (2000). Plan regional sobre calidad del aire urbano y salud para el período 2000-2009. Washington: OPS. OPS/CEPIS/99.21 (AIRE).
- Patterson RK, Mom Berger GF, Hook LA, Cheng MD, Boden TA (1998). NARSTO quality systems management plan. U.S. Department of Energy. ORNL/CDIAC-110.
- PNUMA, OMS (1994a). GEMS/AIR Methodology Reviews. Vol. 1: Quality assurance in urban air quality monitoring. Nairobi: UNEP. WHO/EOS/94.1, UNEP/GEMS/94. A.2 (inglés y español).
- U.S. EPA (1998) Quality assurance handbook for air pollution measurement systems. Volume II: Part 1. Ambient air quality monitoring program quality system development. NC: Research Triangle Park. EPA-454/R-98-004.
- U.S. EPA (1998) EPA Guidance for quality assurance project plans. Washington, DC. EPA QA/G-5. EPA/600/R-98/0.

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE HUAMANGA A TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE MATERIALES PARTICULADOS PM₁₀ POR GRAVIMETRÍA CON IMPACTADORES HARVARD

Problema General y Específicos	Objetivo General y Específicos	Descripción y Diseño de la Investigación	Técnica e instrumentos de recolección de datos	Población y Muestra de Estudio
<p>Problema general. ¿Es posible la Evaluación de la calidad del aire en la ciudad de huamanga a través de la determinación de materiales particulados PM10 por gravimetría con impactadores Harvard?</p> <p>Problemas específicos. Ps1. ¿Es posible la Evaluación de la calidad del aire en la ciudad de huamanga a través de la determinación de materiales particulados PM10 por gravimetría? Ps2. ¿Es posible la evaluación la calidad del aire en la ciudad de huamanga a través de la determinación de materiales particulados PM10 con impactadores Harvard?</p>	<p>Objetivo General. Vigilar la calidad del aire ambiental en la Ciudad de Huamanga generando información confiable, comparable y representativa, para su aplicación en las estrategias nacionales para la protección de la salud de la población del entorno.</p> <p>Objetivos Específicos. Objetivo 1. Identificar problemas Ambientales que implican directamente en la salud a través de inspecciones desarrolladas en Empresas y diversas actividades económicas (imprentas, negocios, mercados, etc.) Objetivo 2. Evaluar el cumplimiento del Reglamento de Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental del Aire.</p>	<p>En la presente investigación se abordó el diseño no experimental, ya que consiste en conocer la situación predominante sobre la Calidad del Aire en la Ciudad de Huamanga.</p> <p>Tipo de la Investigación: Investigación aplicada</p> <p>Nivel de la Investigación: Nivel Descriptivo</p> <p>Método: Los métodos utilizados en esta investigación fueron Método Inductivo y Método deductivo</p> <p>Variables de investigación Independiente</p> <p>Tipo de Muestreo Aleatorio Simple (MAS)</p>	<p>RECOLECCIÓN DE DATOS:</p> <p>Ficha de recolección de mediciones y muestras.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registros de datos de pesaje • Blancos de campo. • Estándar de Verificación. 	<p>La población que se tomó como referencia son las zonas con mayor tráfico y densidad de población.</p>

21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								

Registro de Verificación de Flujo

MES:		AÑO:	
Tiempo (minutos)		Volumen(litros)	
CALIBRADOR:			
MODELO:			
5			
10			
15			
Promedio			
Desviación Estándar			

Rango Permisible: 3.8-4.2 litros/minuto.

Anexo N° 03

Mortalidad atribuible al PM₁₀

Mortalidad atribuible al material particulado PM₁₀ en los C.S. donde se tomó como referencia la Evaluación de la calidad del aire. 2016-2017

Lugar	Total	Respiratorias	Cardiovasculares	Dérmicas	Población total
C.S. Jesús de Nazareno	2,781	1,512	486	783	13,968
C.S. Micro red de salud Belén	3,627	2,212	608	807	19,950
C.S. Santa Elena	4,462	2,432	1,340	690	18,546
Hospital Regional de Huamanga	5,464	2,671	1,837	956	69,293

Fuente: Diresa Ayacucho