

---

**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO  
DEL MATERIAL PARTICULADO  
PM-10 EN LA CALIDAD DEL AIRE  
EN EL AA. HH. TÚPAC AMARU –  
ATE – LIMA**

---

Presentado por el Bachiller:

**Elvis Tapara Aguilar**

Para optar el Título profesional en Ingeniería Ambiental

Lima – Perú  
2015

A mis padres por su incondicional apoyo  
y amor.

A mis familiares por creer en mi  
superación y esfuerzo

El autor.

A Dios, quien ilumina y conduce mi camino por el sendero de la superación.

A mi Universidad Alas Peruanas, por la formación brindada, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

A quienes apoyaron los monitoreos, la redacción de la tesis, A mi Profesor Asesor.

El autor.

# ÍNDICE

CARÁTULA.	I
DEDICATORIA.	II
AGRADECIMIENTO.	III
ÍNDICE.	IV
RESUMEN.	VII
ABSTRACT.	IX
INTRODUCCIÓN.	XI
<b>Capítulo I: Planteamiento del problema.</b>	
1.1. Caracterización del problema.	01
1.2. Formulación del problema.	06
1.2.1. Problema general.	06
1.2.2. Problemas específicos.	06
1.3. Objetivos.	06
1.3.1. Objetivo general.	06
1.3.2. Objetivos específicos.	07
1.4. Justificación de investigación.	07
1.4.1. Justificación legal.	07
1.4.2. Justificación científica.	07
1.4.3. Justificación ambiental.	07
1.4.4. Justificación social.	08
1.5. Importancia del estudio.	08
1.6. Justificación del estudio.	08
<b>Capítulo II: Fundamentos teóricos.</b>	

2.1.	Marco referencial.	09
2.1.1.	Antecedentes del estudio.	09
2.1.2.	Referencias teóricas.	12
2.2.	Marco legal.	14
2.2.1.	Ley N° 28611. Ley General del Ambiente.	14
2.2.2.	Ley N° 28245. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.	15
2.2.3.	Ley N° 26842. Ley General de Salud.	15
2.2.4.	D.S. N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (Art. 12 y 13).	16
2.2.5.	D.S. N° 003-2008-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire.	17
2.2.6.	D.S. N° 047-2001-MTC. Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial.	18
2.2.7.	D.S. N° 009-2012-MINAM. Modifican Decreto Supremo N° 047- 2001-MTC, que establece Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulen en la Red Vial	18
2.2.8.	R.D. N° 1404/2005/DIGESA. Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos.	18
2.3.	Marco conceptual.	19
2.3.1.	Actividad convectiva.	19
2.3.2.	Adiabático.	19

2.3.3.	Advección.	19
2.3.4.	Aire.	19
2.3.5.	Aire contaminado.	20
2.3.6.	Alisios.	20
2.3.7.	Anticiclón.	20
2.3.8.	Atmósfera estándar.	20
2.3.9.	Baja presión.	21
2.3.10.	Barómetro.	21
2.3.11.	Biósfera.	21
2.3.12.	Borrasca.	21
2.3.13.	Brisa de tierra.	21
2.3.14.	Brisa de valle.	22
2.3.15.	Bruma.	22
2.3.16.	Calima.	22
2.3.17.	Contaminación.	23
2.3.18.	Convección.	23
2.3.19.	Dirección del viento.	24
2.3.20.	Escala de viento de Beaufort.	24
2.3.21.	Estabilidad.	25
2.3.22.	Fuerza de Coriolis.	25
2.3.23.	Masa de aire.	25
2.3.24.	Meteorología.	26
2.3.25.	Microclima.	26
2.3.26.	Presión.	26

2.3.27. Ráfaga.	26
2.3.28. Turbulencia.	26
2.3.29. Velocidad del viento.	27
2.3.30. Vientos alisios.	27
2.3.31. Vorticidad.	27
2.4. Marco teórico.	28
2.4.1. Polvo.	28
2.4.2. Efectos de la contaminación de polvo.	43
2.4.3. Efectos de la contaminación atmosférica.	52
<b>Capítulo III: Fundamentos metodológicos.</b>	
3.1. Metodología de la investigación.	54
3.1.1. Método.	54
3.1.2. Tipo.	55
3.1.3. Nivel.	55
3.2. Diseño de investigación.	55
3.3. Hipótesis de investigación.	56
3.3.1. Hipótesis general.	56
3.3.2. Hipótesis específica.	56
3.4. Variables de investigación.	56
3.4.1. Variable independiente.	56
3.4.2. Variable dependiente	57
3.5. Población y muestra.	58
3.5.1. Población	58
3.5.2. Muestra	58

3.6.	Técnicas e Instrumentos de investigación.	58
3.6.1.	Técnicas.	58
3.6.2.	I	
3.7.	Procesamiento estadístico de datos.	59
<b>Capítulo IV: Organización, análisis y presentación de resultados.</b>		
4.1.	Resultados.	59
4.1.1.	Situación de la salud de personas del sector de estudio.	59
4.1.2.	Calidad del aire del sector de estudio.	65
4.1.3.	Estudio de la concentración del Material particulado en la zona.	66
4.2.	Discusión de resultados.	67
4.3.	Comprobación de resultados.	67
	Conclusiones.	XV
	Sugerencias.	XVII
	Bibliografía.	XIX
	Anexos.	XXI.

## **RESUMEN**

El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más analizados en el mundo, se entiende como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera, estos surgen debido a algunas variedades de fuentes naturales o antropogénicas y estas presentan un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas. La presencia en la atmósfera de este contaminante ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmósfera, causada por la absorción y dispersión de la luz. Además, la presencia del material particulado está asociada con el incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras de adultos. Es necesario, además de realizar mediciones de la concentración de este contaminante, evaluar su comportamiento en el espacio y el tiempo, asociándolo con los fenómenos

meteorológicos, composición química y origen, los cuales permitan orientar estrategias de control y realizar seguimiento por parte de las autoridades ambientales interesadas. Esta tesis presenta un análisis de los resultados que se presentan y además de las consecuencias que puede estar ocasionando en la presencia de problemas respiratorios, como son asma, infecciones respiratorias, etc. las partículas presentes en la atmósfera, los equipos para su monitoreo, aplicaciones tecnológicas complementarias y tecnologías de control, en una zona determinada de la ciudad de Lima en la que se consideran los espacios más contaminados por reportes que se elevan, es el caso de la zona de Ate, específicamente la colindante con los cerros hacia el sureste de la ciudad.

El análisis corrobora una relación entre los índices de enfermedades respiratorias y los niveles de material particulado presente en la zona.

El autor.

## **ABSTRACT**

The particulate material is one of the most studied worldwide air pollutants, it is understood as the set of solid and / or liquid (except pure water) present in suspension in the atmosphere, these arise because some varieties of natural sources or anthropogenic and these have a wide range of morphological, physical, chemical and thermodynamic properties. The presence in the atmosphere of this pollutant brings variety of impacts to vegetation, materials and man, including visual impairment in the atmosphere, caused by absorption and scattering of light. Furthermore, the presence of particulate matter is associated with increased risk of death from cardiopulmonary causes adult samples. It is also necessary to make measurements of the concentration of this pollutant, to evaluate their behavior in space and time, associating with meteorological phenomena, chemical composition and origin, which could guide

control strategies and track by the authorities Environmental interested. This thesis presents an analysis of the results presented and also the consequences that may be causing in the presence of respiratory problems, such as asthma, respiratory infections, etc. the particles present in the atmosphere, equipment for monitoring, complementary technological applications and control technologies, in an area of the city of Lima in which are considered the most contaminated areas reports that rise is the case Ate area, specifically adjacent to the hills to the southeast of the city.

The analysis confirms a relationship between rates of respiratory disease and levels of particulate matter present in the area.

The author.

## INTRODUCCIÓN

El material particulado está presente en muchas fuentes y se manifiesta en muchos como hollín de diesel, polvo de vías, polvo de laderas, cerros, desiertos, también de resultantes de procesos productivos, este no se sedimenta en períodos cortos, permanece en el aire debido a su tamaño y densidad, sin duda dependiendo de su origen son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos, a ello se suma que no tiene tamaño, forma o composición exacta, pues es muy variada, solo se considera el diámetro aerodinámico que corresponde al diámetro de una esfera uniforme en unidad de densidad que alcanza la misma velocidad terminal de asentamiento que la partícula de interés y que está determinado por la forma y densidad de la partícula. De acuerdo a esto, pueden ser clasificadas como finas y gruesas, estas serán  $PM_{10}$ , o  $PM_{2.5}$ .

De hecho por debajo de esas medidas existen partículas en suspensión, desde nanómetros (nm) hasta decenas de micras ( $\mu\text{m}$ ). Generalmente se identifican diferentes rangos de tamaños de partícula denominados “modas”, que están relacionados en su mayoría con el mecanismo de formación de las partículas: nucleación, Aitken, acumulación y moda gruesa, ninguna es perceptible a simple vista, pero si en conjunto se aprecian las sombras, acumulaciones o cambios físicos que se aprecian a la luz, así como los químicos que vienen acompañados de los olores característicos de la fuente originadora, y que producto de varios procesos como el vapor de condensación, la evaporación, la coagulación a través de las colisiones del movimiento, como la hidrodinámica y fuerzas gravitacionales o eléctricas. El material particulado posee una amplia gama de propiedades morfológicas, químicas, físicas y termodinámicas, se emite a la atmósfera producto de diferentes actividades, naturales como antropogénicas entre ellas las volcánicas y las partículas arrastradas por el viento, como el aerosol marino, en las antropogénicas se encuentran las emisiones de gases de escape y partículas procedentes de los buques de navegación marítima, pero de todas las fuentes la que más origina partículas son las de los vehículos, sobre todo de las características, su sola presencia constituye deterioro de la calidad del aire y afecta, principalmente, la composición química de la atmósfera.

Este estudio tuvo como objetivo analizar las condiciones del aire, y centrarnos en la presencia del PM<sub>10</sub>, para definir cuál es el nivel de concentración y además analizar la recurrencia de enfermedades respiratorias que tienen relación con esta concentración, de tal manera que se puede

establecer una relación y proponer condiciones que mejoren a esta situación, esto basados en el hecho de que el material particulado está asociado con compuestos con conocida actividad genotóxica, mutagénica o carcinogénica.

Y la principal causa de este problema lo presentan los vehículos diésel, también hechos como la quema de combustibles fósiles, transformación de metales e incineración de residuos que liberan sustancias que contienen Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Vanadio (V) o Antimonio (Sb), además de estar asociados a materia mineral, aerosol marino, compuestos de azufre, compuestos de nitrógeno y compuestos de carbono, comprender esto es muy relevante, pues nos permite comprender que calidad del aire se respira en las ciudades.

El presente estudio está estructurado en tres partes:

Parte I: que comprende las páginas preliminares como: Carátula, Dedicatoria, Agradecimiento, Índice, Resumen, Abstract e Introducción.

Parte II: que considera cuatro capítulos y son el contenido temático del presente estudio:

- Capítulo I: Planteamiento del problema.
- Capítulo II: Fundamentos teóricos.
- Capítulo III: Metodología de la investigación.
- Capítulo IV: Presentación, Organización y Análisis de los resultados.

Parte III: que incluye las páginas complementarias como: Conclusiones, Sugerencias, Bibliografía y Anexos.

El objetivo principal de esta tesis es describir los impactos en la salud asociados al material particulado PM10 que se encuentran presentes en la

atmósfera, el uso de los equipos de muestreo, desarrollo de herramientas computacionales, y acciones para predecir su comportamiento y las tecnologías utilizadas para su control.

Queda en vuestras manos para efectos del análisis y con sus recomendaciones mejorar el presente estudio.

El autor.

## **Capítulo I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.**

Lima tiene zonas donde el polvo atmosférico que se produce debido a las corrientes de polvo atmosférico es altamente perturbador y afecta la tranquilidad de los habitantes, estas zonas se encuentran en las zonas cercanas a los cerros, el polvo atmosférico que arrastra no es totalmente definido, es decir no ha sido caracterizado, por lo que se hace necesario determinar las condiciones físicas y que tipo de impacto causa.

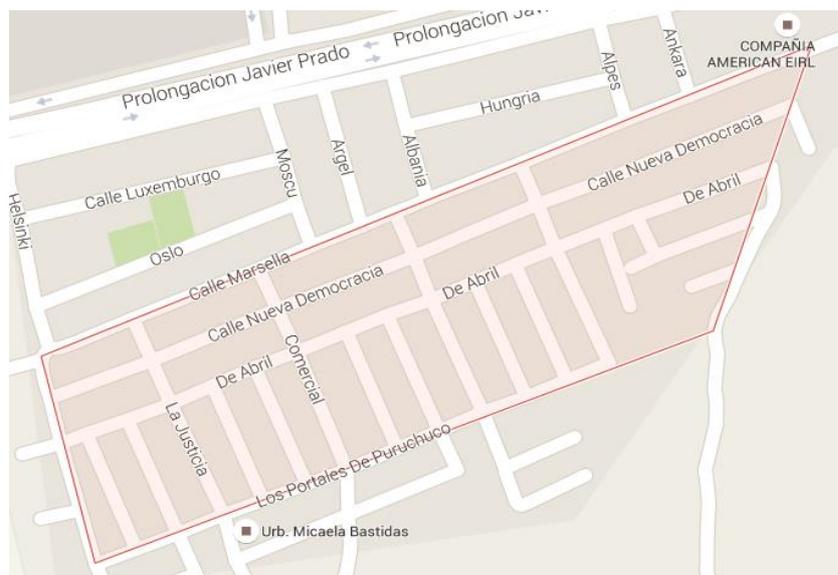
No existen estudios que determinen las características del polvo atmosférico, su procedencia exacta y las consecuencias que en el arrastre puedan provocar.

El MINAM, el MINSA y la Municipalidad comparten la responsabilidad de manejar este problema y determinarlo, pues en Ate es un problema frecuente y

es probable que tenga consecuencias en la salud de las personas, especialmente en infecciones respiratorias agudas, dermatológicas o problemas alérgenos como el asma, determinar, podría considerar medidas que se deberían tomar para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos.

El tránsito de vehículos obsoletos sigue siendo la principal causa de contaminación del aire, y esta se registra principalmente en Ate Vitarte, un distrito ubicado solo a 50 metros de la Carretera Central. El ingeniero ambiental del Senamhi Aldo Zevallos señaló, en diálogo con *elcomercio.pe* (28/12/12), “... *que es precisa la regulación del tráfico vehicular vía ordenanzas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones así como de las municipalidades. Debe existir un sistema como en otros países. Según el último número de la placa, organizar el tránsito por días y controlar ello. También tiene que mejorarse el proceso de revisiones técnicas*”, indicó. “*El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la unidad de medida para establecer la calidad del aire. Muestra el nivel máximo permisible de contaminación en el que una persona puede estar. Para el contaminante PM-10 el ECA es de 150 microgramos por metro cúbico cada 24 horas. Para el dióxido de nitrógeno son 200 microgramos por metro cúbico cada hora. En caso del ozono, son 120 microgramos por metro cúbico por ocho horas y para el dióxido de azufre es de 80 microgramos por metro cúbico, en promedio, cada 24 horas*”, detalló, concluyó indicando que “... *los distritos de Villa María del Triunfo y Ate Vitarte registraron mayor concentración y superación del citado estándar. “No hubo inconvenientes en Jesús María ni San Borja*”, señaló. El Asentamiento Humano Túpac Amaru pertenece a la subzona 3, que comprende a las agrupaciones Virgen del Carmen, Tupac





Fuente: Google maps

Cercano a los cerros que limitan con Cieneguilla, el cerro Candela y la misma sobretransitada Carretera Central se ubica en una zona polucionada, por los vientos que soplan y arrastran material particulado, al que se le suma la contaminación propia de la cercana carretera central y pronto será mayor el problema, cuando el Túnel Puruchuco se convierta en una problemática más.

La zona 03 es la segunda con mayor población distrital, en ella se encuentran establecidas 83 organizaciones de vivienda, las mismas que concentran a 22,160 unidades familiares, ocupando el segundo lugar entre las seis zonas del distrito. La población de la zona 03, se caracteriza también por ser una zona de inmigrantes, cuya práctica deportiva es resaltante, lo que ha propiciado que se formen muchos equipos organizados del deporte futbolístico. Así mismo como parte de su identidad, no dejan de festejar sus fiestas costumbristas, en esta zona se concentra la mayor cantidad de personas del distrito, más de 60 mil personas, que son el 54.4% de la población total, en el AA. HH. Túpac Amaru I, la población de 0 a 6 años son cerca 681 personas y las de 7 a 13 años son 794 personas, la La zona 03 sufre de un alarmante

crecimiento del pandillaje, drogadicción y delincuencia común, así como la proliferación de discotecas.

Existe un Centro de Salud que se llama Base Túpac Amaru, que pertenece a la Red de Salud del Ministerio de Salud, según el Ministerio de Salud y el reporte del Centro de Salud, se tiene problemas respiratorios de Asma, Faringitis, Infecciones agudas y otras de carácter respiratorio.

Muchas de estas zonas no cuentan con agua potable instalada y tienen que comprar el agua de los camiones cisterna.

El aspecto ambiental de la zona 3, en la que está comprendida el AA. HH. I “Túpac Amaru”, presenta las siguientes características:

- a) Zona de un buen clima,
- b) Recursos Arqueológicos y Monumentales,
- c) Presencia de áreas libres que permiten su Planeamiento,
- d) Acequia que atraviesa el distrito (Av. Central) siendo utilizado como desagüe,
- e) Desequilibrio medio ambiental producto de contaminación originada por actividades industriales ubicadas en ambos márgenes de la Carretera Central,
- f) Existencias de cerros que bordean sectores territoriales de la sub-zona 03,
- g) Deficiente mantenimiento municipal de parques y jardines, y
- h) Calles descuidadas, presencia de desmontes y residuos sólidos.

Uno de los elementos que contribuye a la contaminación de la zona, son los focos de contaminación causados por el transporte vehicular, el cual se

origina por el crecimiento desmedido de las unidades de transporte, invasión de los comerciantes que restringen el tránsito, así como el uso de combustibles inadecuados y además por la antigüedad del parque automotor. Los habitantes de la zona se encuentran en una constante contaminación por la calidad del aire que respira, afectando a los pulmones, provocando la aparición de diversas enfermedades en especial a las vías respiratorias. El funcionamiento de las pequeñas y medianas industrias está produciendo graves problemas de contaminación ambiental por los humos y desechos sólidos que generan. Los desechos sólidos y líquidos (especialmente desagües domésticos), la existencia de lugares de concentración de basurales afectan el medio ambiente en la zona. Otro elemento que contribuye a la contaminación en la zona urbana son los desfuegos automotrices; y el Parque N° 2 del AA. HH. Túpac Amaru I se encuentra en muy malas condiciones y los Parques cercanos están casi en similar condición, este AA. HH. considera a 1008 socios.

El estudio definirá los índices de presencia de material particulado y su presencia significa un potencial problema para la zona 3, especialmente para el AA. HH. Túpac Amaru 1.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1. Problema general.**

¿En qué medida el nivel de concentración del material particulado menor  $PM_{10}$  afecta la calidad del aire en el AA. HH. Micaela 1 – Zona 3 del distrito de Ate – Lima?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

- A. ¿Cuál es el nivel de concentración del  $PM_{10}$  en el AA. HH. Túpac Amaru 1 en la Zona 3 del distrito de Ate, Lima?
- B. ¿Cuáles son las características del aire en el AA. HH. Túpac Amaru 1 en la Zona 3 del distrito de Ate, Lima?

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

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Determinar en qué medida el nivel de concentración del material particulado menor  $PM_{10}$  afecta la calidad del aire en el AA. HH. Micaela 1 – Zona 3 del distrito de Ate – Lima.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- A. Determinar el nivel de concentración del  $PM_{10}$  en el AA. HH. Túpac Amaru 1 en la Zona 3 del distrito de Ate, Lima.
- B. Explicar las características del aire en el AA. HH. Túpac Amaru 1 en la Zona 3 del distrito de Ate, Lima.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

#### **1.4.1. Justificación legal.**

Las normas consideran necesario el control de las emisiones para poder determinar medidas que establezcan la mitigación o corregir de existir los contaminantes que estén deteriorando el ambiente por su elevada presencia en el medio físico, esto basado en las ECA y LMP actualizados.

#### **1.4.2. Justificación científica.**

Los estudios de este tipo tienden a actualizar y mejorar los procedimientos de tal forma que permiten ampliar las condiciones y resultados, estos a su vez propician la mejora de los conceptos y teorías al respecto del

tema, de tal suerte que establecen medidas y condiciones con criterio técnico y/o científico que facilitan la comprensión de los hechos.

#### **1.4.3. Justificación ambiental.**

Determinar los excesos que se presentan a raíz de la contaminación circundante, nos permitirá definir cuáles son los efectos en muchos sentidos, tal es el caso de los impactos que este puede causar en la salud de las personas y no solo ello, sino al ambiente en general, el estudio puede ampliar sus condiciones a hechos subsecuentes e involucrados en el mismo.

#### **1.4.4. Justificación social.**

De hecho la contaminación está vinculada a efectos y sensibilidad social, de tal forma que se pueden determinar hechos como la divulgación harán tomar conciencia a las personas para poder determinar sus propias formas de tener a buen resguardo su salud, pero además los efectos que producen en el entorno, por efectos de la inmisión y la suspensión que lo convierten en un hecho latente que podría concluir en daños en la salud y el ambiente.

### **1.5. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

Se tiene referencia de que los niveles de presencia de polvo atmosférico en Lima es de  $14 \text{ tk/km}^2$ , cuando los niveles de la OMS establecen que deban ser de  $5 \text{ tk/km}^2$  teniendo en cuenta que no existen estudios precisos al respecto y la presencia de ese polvo atmosférico no es solamente compuesto de silicatos, aluminio, calcio, entre otros, pero existen sustancias que deben ser arrastradas por el mismo viento, teniendo en cuenta que la dirección de los

vientos es de sur a norte y de norte a sureste la procedencia de estos polvos, pueden surgir de zonas industriales, que no serían solo los compuestos físicos indicados, sino otras sustancias que los pobladores de la zona de Micaela 1, ubicada en los linderos y estribaciones de la ciudad la vuelve vulnerable a los vientos envolventes y de baja dirección.

#### **1.6. LIMITACIONES DE INVESTIGACIÓN.**

Para el presente estudio no se aprecian limitaciones significativas.

## **Capítulo II**

# **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1. MARCO REFERENCIAL.**

#### **2.1.1. Antecedentes de la investigación.**

A. RIVERA POMA, Juan Manuel (2012), en la tesis: **“MODELO DE IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS CRÍTICOS EN LIMA – CALLAO”**, presentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, presenta las siguientes conclusiones:

- 1) La calidad del aire de la zona urbana de Lima y Callao según partículas menores o iguales a 10 micras PM10:
  - Estación de monitoreo de Lima Este es de mala calidad.
  - La calidad del aire de la zona urbana de Lima y Callao según partículas menores o iguales a 2.5 micras PM 2.5:

- Estación de monitoreo de Lima Este la calidad del aire es peligroso.
- 2) La calidad del aire de la zona urbana de Lima y Callao según las partículas totales en suspensión PTS:
- Estación de monitoreo de Lima Este la calidad del aire es insalubre.
- 3) La calidad del aire de la zona urbana de Lima y Callao según el dióxido de azufre
- Estación de monitoreo de Lima Este la calidad del aire es buena.
- 4) La calidad del aire de la zona urbana de Lima y Callao según el dióxido de nitrógeno:
- Estación de monitoreo de Lima Este el aire es de buena calidad
- 5) Utilización de Modelos Dinámicos: Mediante el empleo de Modelos Dinámicos (Stella, Vensim, Arena, etc.), se puede definir la relación de influencia de la contaminación y sus efectos en la población.

B. **ESPÍN ALARCÓN, Guillermo Enrique (2010), en la tesis CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR EL POLVO PM-10, PRODUCTO DE LA EXPLOTACIÓN MINERA Y LA REGENERACIÓN URBANO-INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL,** presentada en la Universidad de Guayaquil – Ecuador, alcanza el siguiente resumen:

La tesis recoge la información básica de la situación a diciembre del año 2010, en la contaminación atmosférica por el material particulado PM10, producto de la explotación minera y la regeneración urbano - industrial de la ciudad de Guayaquil. Introduce el concepto de inmisión o contaminación in situ o puntual de igual manera real, incluyendo los problemas atmosféricos como velocidad del viento, temperatura introduce parámetros de salud, de enfermedades respiratorias agudas, clasificación dada por la Organización Mundial de la Salud, y su correspondiente Organización Panamericana de la Salud. La Ingeniería Sanitaria aplicada al control de la calidad de aire y su manejo, es una ciencia interdisciplinaria, requiere componentes: meteorológicos referidos a la velocidad y dirección del viento, la temperatura; componentes de monitoreo de los contaminantes ya sean material particulado PM10, gases como Co2, So2, No2, ozono y otros; componentes de salud, por las enfermedades y su afectación de salud, por las enfermedades y su afectación; componentes institucionales que van a decidir las diferentes políticas y estrategias de acción para mitigar los efectos.

- C. **ALVARADO ZÚÑIGA, Gerardo Mauricio (2010), en la tesis ESTUDIO INTEGRADO DE FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE DE PUDAHUEL**, presentado en la Universidad de Chile, alcanza el siguiente resumen:

Desde hace décadas la ciudad de Santiago experimenta un alto grado de contaminación atmosférica por material particulado en la época de otoño-invierno; incluso durante algunos días se alcanzan concentraciones de MP10 consideradas peligrosas para la salud de las personas, especialmente para niños y ancianos. En la mayoría de esos días la estación de monitoreo ubicada en la comuna de Pudahuel presentó valores más altos, definiendo la condición relevante para la adopción de medidas de control de emisiones y restricciones al funcionamiento de fuentes fijas y móviles en toda la Región Metropolitana.

#### **2.1.2. Referentes históricos.**

#### **D. SENAMHI. Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana**

**2011.** Entre otros aspectos señala:

- El SENAMHI monitorea la calidad del aire en la ciudad de Lima y formula pronósticos de calidad del aire con las variables que intervienen en la dispersión, deposición y transporte de contaminantes, velocidad y dirección del viento, transporte por turbulencia (torbellinos), transporte por tipos de nubes, reacciones químicas en la atmósfera y fuentes contaminantes antropogénicas y biogénicas.
- La red de vigilancia de la calidad del aire del SENAMHI monitorea permanentemente los siguientes contaminantes: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido

de nitrógeno (NO), óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ozono troposférico (O<sub>3</sub>) y partículas menores de 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>).

**DIGESA. II ESTUDIO DE SATURACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO – 2011.** Estudio que destaca lo siguiente:

- La concentración del Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), se encuentra por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental-ECA. Norma peruana: Valor anual 100 µg/m<sup>3</sup>
- El resultado para el metal pesado plomo (Pb) demuestra una concentración baja con respecto al ECA anual; norma Peruana de 0.5 µg/m<sup>3</sup>.
- El Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), tiene una concentración muy baja con respecto a la recomendación de la OMS (24 horas 20 µg/m<sup>3</sup>), y de los ECAs (24 horas norma Peruana de 80 µg/m<sup>3</sup>).
- El parámetro Ozono (O<sub>3</sub>), registrado en el estudio, está por debajo de las norma nacional (ECAs) e internacional (OMS) establecido.
- El parámetro Polvo Sedimentable (PS) en relación al Estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 05.mg/cm<sup>2</sup>/mes, registra valores que exceden en algunos distritos de Lima y Callao. Carabaylo presenta la mayor incidencia 1.85 mg/cm<sup>2</sup>/mes. Lo siguen los distritos de Santa Anita, Ate y Comas. Lo contrario sucede en 11 distritos como Magdalena del Mar y la Punta, que tienen índices de 0.17

mg/cm<sup>2</sup>/mes y 0.25 mg/cm<sup>2</sup>/mes respectivamente, valor que está por debajo del límite recomendado por la OMS.

- En el caso del PM10 hay mejoras, sin embargo aún se exceden los ECAs.
- Respecto al PM2.5, el estudio registra mejoras, sin embargo al igual que el PM10 en 26 distritos de Lima Metropolitana y el Callao exceden los ECAs.

## **2.2. MARCO LEGAL.**

### **2.2.1. Ley N° 28611. Ley General del Ambiente.**

A. Artículo 11.- De los lineamientos ambientales básicos de las políticas públicas. Sin perjuicio del contenido específico de la Política Nacional del Ambiente, el diseño y aplicación de las políticas públicas consideran los siguientes lineamientos:

b. La prevención de riesgos y daños ambientales, así como la prevención y el control de la contaminación ambiental, principalmente en las fuentes emisoras. En particular, la promoción del desarrollo y uso de tecnologías, métodos, procesos y prácticas de producción, comercialización y disposición final más limpias.

B. Artículo 33.- De la elaboración de ECA y LMP.

33.4 En el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso.

C. Artículo 134.- De la vigilancia ciudadana.

134.1 Las autoridades competentes dictan medidas que faciliten el ejercicio de la vigilancia ciudadana y el desarrollo y difusión de los mecanismos de denuncia frente a infracciones a la normativa ambiental.

134.2 La participación ciudadana puede adoptar las formas siguientes:

- a. Fiscalización y control visual de procesos de contaminación.
- b. Fiscalización y control por medio de mediciones, muestreo o monitoreo ambiental.

**2.2.2. Ley N° 28245. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.**

A. Artículo 6.- De los Instrumentos de Gestión y Planificación Ambiental.

- g) La formulación y ejecución coordinada de planes, programas y acciones de prevención de la contaminación ambiental así como de recuperación de ambientes degradados;

**2.2.3. Ley N° 26842. Ley General de Salud.**

A. Artículo 18°. Toda persona es responsable frente a terceros por el incumplimiento de las prácticas sanitarias y de higiene destinada a prevenir la aparición y propagación de enfermedades transmisibles, así como por los actos o hecho.

B. Artículo 106.- Cuando la contaminación del ambiente signifique riesgo o daño a la salud de las personas, la Autoridad de Salud de nivel nacional dictará las medidas de prevención y control indispensables para que cesen los actos o hechos que ocasionan dichos riesgos y daños. s que originen contaminación del ambiente.

**2.2.4. D.S. N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (Art. 12 y 13).**

A. Artículo 3.- Definiciones.- Para los efectos de la presente norma se considera:

- b) Contaminante del aire.- Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano.
- c) Estándares de Calidad del Aire.- Aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana, los que deberán alcanzarse a través de mecanismos y plazos detallados en la presente norma. Como estos Estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios.

B. Artículo 4.- Estándares Primarios de Calidad del Aire.- Los estándares primarios de calidad del aire consideran los niveles de concentración máxima de los siguientes contaminantes del aire:

- a) Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).
- b) Material Particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM-10).
- c) Monóxido de Carbono (CO).
- d) Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>).
- e) Ozono (O<sub>3</sub>).
- f) Plomo (Pb).

g) Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)

Deberá realizarse el monitoreo periódico del Material Particulado con diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros (PM-2.5) con el objeto de establecer su correlación con el PM10. Asimismo, deberán realizarse estudios semestrales de especiación del PM10 para determinar su composición química, enfocando el estudio en partículas de carbono, nitratos, sulfatos y metales pesados.

Para tal efecto se considerarán las variaciones estacionales. Al menos cada dos años se realizará una evaluación de las redes de monitoreo.

**2.2.5. D.S. N° 003-2008-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire.**

- A. 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.

**2.2.6. D.S. N° 047-2001-MTC. Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial.**

- B. Artículo 2º.- Precítese que los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de Emisiones Contaminantes para vehículos automotores en circulación, vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados en el país, y vehículos automotores usados a ser importados, a que se refiere

el Reglamento Nacional de Vehículos, aprobado por Decreto Supremo N° 034-2001-MTC, son los establecidos en el presente Decreto Supremo

**2.2.7. D.S. N° 009-2012-MINAM. Modifican Decreto Supremo N° 047- 2001-MTC, que establece Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulen en la Red Vial**

- A. Artículo 2°.- Precítese que los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de Emisiones Contaminantes para vehículos automotores en circulación, vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados en el país, y vehículos automotores usados a ser importados, a que se refiere el Reglamento Nacional de Vehículos, aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003-MTC y sus modificatorias, son los establecidos en el presente Decreto Supremo.

**2.2.8. R.D. N° 1404/2005/DIGESA. Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos.**

- B. 1.2. Alcance del protocolo.

Este protocolo está diseñado para proporcionar a los operadores del monitoreo de la calidad del aire los principios básicos para la operación de una red de monitoreo de la calidad del aire en exteriores, para centros poblados en sus diferentes etapas, así como la gestión de los datos.

A pesar de que el enfoque de este documento son los contaminantes de la calidad ambiental del aire, se han incluido algunos

puntos de monitoreo meteorológico por ser parte integral del monitoreo de la calidad del aire.

Este protocolo no incluye los principios para el monitoreo de fuentes fijas. La información relacionada al monitoreo de emisiones puede encontrarse en el Sector correspondiente.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL.**

### **2.3.1. Actividad convectiva.**

Movimiento ascendente del aire provocado principalmente por el efecto de calentamiento que ocasiona la radiación solar en la superficie terrestre. Este fenómeno origina la formación de nubes de tipo cúmulos, que se pueden convertir en cumulonimbos si la convección es muy fuerte.

### **2.3.2. Adiabático.**

En meteorología ascenso o descenso de una masa de aire que se enfría o se calienta sin ceder ni absorber calor respectivamente del exterior.

### **2.3.3. Advección.**

Transporte horizontal de una propiedad de la atmósfera (humedad, concentración de contaminantes, temperatura, etc.) por la acción del viento. Por ejemplo: "Advección de aire frío" indica que el viento sopla desde una zona donde la temperatura del aire es menor a la del lugar en que nos encontramos.

### **2.3.4. Aire.**

Mezcla de diversos gases cuya proporción se mantiene constante hasta una altura aproximada de 20 Km. Los principales componentes son el nitrógeno y el oxígeno con una proporción del 78 y el 21 %, respectivamente.

respectivamente. En el 1% restante se incluyen gases como: ozono, vapor de agua, dióxido de carbono y algunos gases nobles (argón, radón, etc.).

#### **2.3.5. Aire contaminado.**

Aire que contiene en suspensión partículas de polvo, humo, microorganismos, sales o gases ajenos a su composición ordinaria o los tienen en concentraciones muy elevadas. Se dice que es húmedo, es el aire que contiene una humedad relativa superior al 80%. Se entiende que el aire es saturado, cuando la cantidad máxima de vapor de agua posible (100% de humedad) para una temperatura y una presión dadas.

#### **2.3.6. Alisios.**

Vientos predominantes en las regiones oceánicas tropicales, en los océanos Pacífico y Atlántico. Se originan en los centros de altas presiones subtropicales en ambos hemisferios y convergen en una banda cercana al Ecuador.

#### **2.3.7. Anticiclón.**

Se llama también Alta Presión. Es la región de la atmósfera con una presión más elevada que la de sus alrededores. Los vientos que salen de ellas en lugar de ser perpendiculares a las isobaras, se desvían en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y al revés en el hemisferio sur. En un mapa sinóptico, se observa como un sistema de isobaras cerradas, de forma aproximadamente circular u oval. Normalmente sobre los anticiclones el aire desciende, e impide la formación de nubes en los niveles medios y altos de la atmósfera. Por eso un régimen anticiclónico se asocia a "buen tiempo".

#### **2.3.8. Atmósfera estándar.**

Es el estado hipotético de la atmósfera que corresponde aproximadamente a su estado medio, en la cual los parámetros de presión y temperatura están definidos para todas las alturas, sus características principales son: una presión al nivel medio del mar de 1013.2 Hpa y un gradiente de temperatura de  $- 6.5^{\circ}\text{C}/\text{Km}$  que se mantienen constantes hasta una altura de 11 Km.

#### **2.3.9. Baja presión.**

Es un sistema de isobaras cerradas concéntricas en el cuál la presión mínima se localiza en el centro. La circulación es en sentido contrario a las manecillas del reloj. Este fenómeno provoca convergencia y convección por lo que se asocia a la presencia de gran nubosidad y chubascos.

#### **2.3.10. Barómetro.**

Instrumento que se usa para medir la presión atmosférica. Entre los más utilizados se encuentran el barómetro aneroide y el barómetro de mercurio.

#### **2.3.11. Biósfera.**

Zona de transición entre la tierra y la atmósfera. Se considera como la porción externa de la geósfera y la porción interna o inferior de la atmósfera. En ella se encuentran casi todas las formas de vida terrestre.

#### **2.3.12. Borrasca.**

Viento impuesto y breve con una velocidad comprendida entre 110 y 130 Km/h.

#### **2.3.13. Brisa de tierra.**

Viento débil que sopla durante la noche desde la tierra hacia el mar en las zonas costeras. Se origina porque la tierra se enfría más rápidamente que el mar.

#### **2.3.14. Brisa de valle.**

Es el viento local que sopla desde el valle hacia la montaña durante el día. Se genera debido al mayor calentamiento de la montaña respecto del valle.

#### **2.3.15. Bruma.**

La bruma se da cuando existe una gran concentración de partículas en el aire, ya sea polvo, arena, polución, o cenizas, las cuales crean una capa compacta cerca del suelo. Es un conjunto de gotas microscópicas de agua suspendidas en la atmósfera. Se confunde muchas veces con la niebla. Se diferencia de la niebla solamente en el menor tamaño y menor cantidad de las gotitas microscópicas que la forman por lo que reduce menos la visibilidad. Hablamos de bruma cuando esta disminución está comprendida entre 1 y 10 kilómetros y siempre que la humedad relativa sea superior al 80%. No se siente la impresión de humedad y de frío que hay en la niebla. Tiene un color más o menos grisáceo.

#### **2.3.16. Calima.**

Suspensión de partículas de polvo muy pequeñas en la atmósfera. No se perciben a simple vista pero le dan al cielo un color opaco. Este es un tipo de litometeor, es decir, fenómeno meteorológico relacionado con la arena y el polvo. La calima se diferencia de la neblina, simplemente, en que la humedad relativa debe ser inferior al 80%, siendo el grado de visibilidad

el mismo, por lo que podría llamarse "neblina seca". Suele ser característico de los meses veraniegos. Por su culpa se reducen la visibilidad y la irradiación solar, con un aspecto del cielo lechoso, blanquecino y borroso. Contribuyen a la coloración del crepúsculo. La calima alcanza su mayor intensidad los días calurosos y secos, ya que el Sol la refuerza, al contrario que con la niebla o la neblina, que suele eliminarlas.

### **2.3.17. Contaminación.**

Cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos. La contaminación atmosférica, se establece por la presencia de contaminantes en la atmósfera, como polvo, gases o humo en grandes cantidades y durante periodos de tiempo que resultan dañinos para los seres humanos, animales y plantas. Estos contaminantes pueden ser de origen natural o producidos por el hombre. Se dicen que es un contaminante primario cuando la sustancia producida en las actividades humanas o en la naturaleza que entran directamente en el aire alteran su composición normal; y se entiende que es un contaminante secundario, cuando la sustancia que se forma en la atmósfera cuando algún contaminante primario reacciona con otros componentes del aire. Los contaminantes. Son los gases o partículas suspendidas en la atmósfera, diferentes a la composición normal del aire.

### **2.3.18. Convección.**

Corrientes circulares de aire que transportan calor y vapor de agua que se forman cuando hay diferencias de temperatura. Este proceso permite transportar calor desde las capas bajas de la atmósfera hacia las altas

y en las condiciones apropiadas permite que se produzcan precipitaciones de menor o mayor intensidad.

Suponga que una "porción de aire" está caliente cerca del suelo (por conducción de calor, el flujo de calor debido al contacto directo). El calor lo expande, se hace menos denso que el aire de alrededor y flota y se eleva como un balón de aire caliente (o como una gota de aceite en una botella de agua).

En los niveles superiores de la atmósfera, esta burbuja caliente cede de nuevo su calor (a otros flujos o quizás, al frío espacio), se enfría y otras burbujas llegan desde abajo desplazándola y haciéndola descender de nuevo (diagrama del escritorio). Este flujo circulante se llama convección. De forma más general, la convección es un flujo que toma calor en un lugar, lo cede en otro y se mueve debido a este transporte de calor.

#### **2.3.19. Dirección del viento.**

Es la dirección desde la cual el viento está soplando. Para determinarla se usa la Rosa de los Vientos. Puede expresarse en grados a partir del Norte geográfico tal como se indica en la siguiente tabla.

- Dirección Grados
- Norte 0
- Este 90
- Sur 180
- Oeste 270

#### **2.3.20. Escala de viento de Beaufort.**

Escala que se usa para estimar la velocidad del viento. Fue diseñada por Sir Francis Beaufort (1777-1857), hidrógrafo de la Marina Real Británica. Se basa en los efectos de la fuerza del viento sobre la superficie terrestre y sobre el mar. Velocidad del viento en km/h (1º nº).-Numero de Beaufort (2º y 3º nº).-Efectos del viento sobre La Tierra.

### **2.3.21. Estabilidad.**

Propiedad de un sistema, en reposo o movimiento en el que decrece toda perturbación introducida en él. La estabilidad atmosférica es la condición en que la atmósfera que se opone al desarrollo de nubes de los géneros cúmulo y cumulonimbos. Se caracteriza por estados del cielo despejados o con presencia de nubes estratiformes.

### **2.3.22. Fuerza de Coriolis.**

Fuerza ficticia que aparece al considerar a la Tierra como sistema de referencia para el movimiento. Depende de la latitud y de la velocidad del objeto en movimiento. En el Hemisferio Norte, el aire es desviado hacia el lado derecho de su ruta, mientras que en el Hemisferio Sur el aire es desviado hacia el lado izquierdo. Esta fuerza es máxima en los polos y no existe en el Ecuador.

### **2.3.23. Masa de aire.**

Volumen extenso de aire con características de temperatura y humedad similares en toda su extensión horizontal. Una masa puede cubrir una región de varios millones de kilómetros cuadrados y poseer varios kilómetros de espesor. Una masa es estable cuándo conserva las condiciones naturales exactas y esta será una masa de aire inestable, cuando presenta inestabilidad

en las capas inferiores. Se producen nubes convectivas y precipitaciones y el contenido de humedad es elevado.

#### **2.3.24. Meteorología.**

Ciencia que estudia la atmósfera y los fenómenos atmosféricos. Comprende el estudio del tiempo y el clima y se ocupa del estudio físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre.

#### **2.3.25. Microclima.**

Es un conjunto de afecciones atmosféricas que caracterizan un contorno o ámbito reducido. Está tipificado por: Elementos topográficos- Acción del calor- Temperatura media anual- Humedad- Lluvias y vientos- Altura sobre el nivel del mar- Hidrografía- Naturaleza del suelo- Potencial Electromagnético.

#### **2.3.26. Presión.**

Es la fuerza ejercida por un cuerpo debido a su peso en cada unidad de superficie. La presión atmosférica. Es la presión o el peso que ejerce la atmósfera en un punto determinado. La medida se puede expresar en varias unidades: hectopascales, en milibares, pulgadas o milímetros de mercurio (Hg). También se conoce como presión barométrica.

#### **2.3.27. Ráfaga.**

Es un aumento repentino y significativo en las fluctuaciones de la velocidad del viento. La velocidad punta del viento debe alcanzar por lo menos 16 nudos (30 km/h) y la variación entre los picos y la calma es de por lo menos 10 nudos (18 km/h). Generalmente la duración es menor de 20 segundos.

#### **2.3.28. Turbulencia.**

Movimientos desordenados del aire compuestos por pequeños remolinos que se trasladan en las corrientes de aire. La turbulencia atmosférica es producida por aire en un estado de cambio continuo. Puede ser causada por las corrientes Termales o conectivas, por diferencias en el terreno y en la velocidad del viento, a lo largo de una zona frontal o por una variación de la temperatura y la presión.

#### **2.3.29. Velocidad del viento.**

Es el promedio del movimiento del aire durante un período de tiempo preestablecido. Es el movimiento del aire en relación a la superficie terrestre, generalmente de manera horizontal. Hay cuatro aspectos del viento que se miden: dirección, velocidad, tipo (ráfagas y rachas) y cambios. Los cambios superficiales se miden con veletas y anemómetros mientras que los de gran altitud se detectan con globos piloto, radiovientos o reportes de la aeronáutica civil.

#### **2.3.30. Vientos alisios.**

Son dos cinturones de viento que soplan desde los centros de alta presión subtropicales moviéndose hacia la zona de baja presión ecuatorial. Son vientos de poca altitud caracterizados por su consistencia en su dirección. En el hemisferio norte, los vientos alisios soplan desde el Noreste y en el Hemisferio Sur los vientos alisios soplan desde el Sureste.

#### **2.3.31. Vorticidad.**

Cuando las partículas del aire son arrastradas por el viento, se trasladan y al mismo tiempo giran sobre sí mismas presentan no sólo un movimiento de traslación, sino también un movimiento de giro sobre sí mismas

(vorticidad). Una vorticidad positiva indica la circulación del viento en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur. La negativa es una circulación anticiclónica. Wind chill. Es la sensación térmica que experimenta el cuerpo humano debido a la acción del viento, es decir, la temperatura aparente resultado de la temperatura del real del aire y la velocidad del viento.

## **2.4. MARCO TEÓRICO.**

Muchas propiedades de las partículas pueden influir de manera importante en su comportamiento en el aire y sus efectos sobre el ambiente y la salud. Estas propiedades se presentan en la Tabla1.

Los modelos de contaminación del aire juegan un papel importante en la ciencia, debido a su capacidad para investigar la importancia de procesos relevantes, al igual que un mayor rol en la aplicación. Son los únicos métodos que pueden cuantificar la relación entre emisiones y concentración-deposición, incluyendo las consecuencias de escenarios futuros y las estrategias de disminución (Bultjes, 2001). Estos modelos han sido usados para calcular el impacto de las emisiones volcánicas (Juárez, Gay & Flores, 2005) y modelos productivos (Olivares, 2001; Benavides, 2003; Sahu, Gelfand & Holland, 2006; Torno, 2008).

### **2.4.1. Polvo.**

Partículas finas de sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión en la atmósfera. Incluye fibras animales y vegetales, polen, sílice, bacterias y moho.

En las ciudades, el polvo atmosférico contiene también un gran número de partículas de humo y de hollín. En una ciudad industrial, la concentración de

partículas en el aire puede superar los tres millones por centímetro cúbico, mientras que en medio de un océano o en montañas altas puede ser de unos pocos centenares de miles por centímetro cúbico. Las partículas de polvo tienen un tamaño que varía desde media micra hasta muchas veces ese tamaño.

Se mantienen suspendidas en el aire durante largos periodos y pueden ser transportadas a grandes distancias. El polvo atmosférico tiene dos propiedades físicas importantes: dispersa la luz de longitudes de onda cortas, afectando por tanto al color del cielo, y sirve de núcleo en la condensación de vapor de agua.

Sin la presión de las partículas de polvo no se formarían las neblinas, las nieblas, el smog, ni las nubes. La fuerte concentración de polvo en el aire de las grandes ciudades es un grave problema de contaminación atmosférica. En lugares como los molinos de harina y azúcar, las partículas inflamables provocan a veces explosiones. Las partículas de sílice destruyen la maquinaria por su dureza; también son perjudiciales cuando se inhalan pues causan enfermedades como la silicosis.

Para conseguir aire limpio se han diseñado filtros que usan tela o agua. El polvo y el humo se eliminan de las chimeneas de las plantas industriales utilizando dispositivos como el precipitado de Cottrell.

#### **2.4.1.1. Material particulado.**

##### **2.4.1.1.1. Material Particulado - PM 10**

Son partículas que se encuentran dispersas en el aire y cuyo diámetro aerodinámico es menor a 10 micrómetros

(un micrón es la milésima parte de un milímetro). Estas partículas se encuentran flotando en el aire y pueden ser sólidas o líquidas, orgánicas e inorgánicas siendo su origen mayoritariamente natural las mismas que debido a su pequeño tamaño tienen una velocidad de sedimentación muy baja pudiendo mantenerse en el aire por mucho tiempo y logrando alcanzar distancias de hasta 30 millones con referencia a su lugar de emisión. Las mismas que al ser inhaladas afectan la salud de las personas penetrando en las vías respiratorias pudiendo en su camino adherirse a sus paredes y ocasionar síntomas respiratorios severos (tos, dificultad para respirar, agrava el asma) y llegar hasta los pulmones produciendo enfisemas o cáncer pulmonar. También producen alteraciones en la coagulación de la sangre y en la mayor incidencia en el desarrollo de las enfermedades cardíacas.

En Lima diariamente 16 personas mueren prematuramente por la contaminación del aire y más de 13,000 personas mueren al año por la misma causa. Las PM10 al ser inhaladas penetra con facilidad en el sistema respiratorio, causando efectos adversos a la salud respiratoria; siendo los más dañinos los producidos por los metales pesados y compuestos orgánicos que pueden causar enfermedades como el cáncer).

Las PM10 causan enfermedades respiratorias de tipo cardiovascular, y cáncer de pulmón; la exposición a partículas en suspensión puede reducir la esperanza de vida de dos años. Los efectos a la salud pueden ser tos, dificultad para respirar, agravado del asma, disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias, muerte prematura en individuos con enfermedades cardiovasculares.

#### **2.4.1.1.2. Material Particulado - PM 2.5.**

Es el material particulado respirable disperso en la atmósfera con diámetro igual o menor a 2.5 micrómetros (PM2.5). Estas partículas, ingresan con mayor facilidad a los pulmones, son partículas muchísimo más pequeñas que la pelusa que vemos a la luz del sol y pueden llegar al torrente sanguíneo.

Las fuentes de partículas finas incluyen la combustión en vehículos, generadores, quema de madera, procesos industriales; las partículas entre 2.5 y 10 micrómetros de diámetro tienen su origen en polvos que se levanta en las vías de tránsito no pavimentados; las partículas finas pueden acumularse en el sistema respiratorio; la exposición a partículas gruesas puede agravar el asma y bronquitis crónica, mientras que el material fino asociarse con efectos graves.

#### **2.4.1.2. Partículas totales en suspensión.**

Las partículas en suspensión son elementos sólidos o líquidos dispersos en el aire, de origen natural o artificial, se clasifican en: partículas sólidas, orgánico, de animal, vegetal, bacterias, hongos, polen, aerosoles, nieblas, partícula de mineral como sílice; el tráfico vehicular, la combustión en los motores, el roce de las ruedas con el pavimento, los humos de motores diésel emiten partículas finas y ultra finas de hidrocarburos; clima, dirección del viento, fábricas, edificios, humo de chimeneas, densidad de tráfico, estación del año, sistema de filtración, humidificación, conductos de suministro de aire, las partículas más finas pasan al torrente sanguíneo causando efectos sobre la salud humana.

#### **2.4.1.3. Polvos vegetales.**

La exposición profesional al polvo vegetal, es uno de los riesgos más corrientes encontrados en la industria y en la agricultura, causando diferentes enfermedades respiratorias.

#### **2.4.1.3.1. Riesgos polvos vegetales.**

- A. Causan enfermedades respiratorias con espasmos bronquiales, tos y opresión, que evolucionan hacia enfermedades obstructivas crónicas.
- B. En otros casos se trata de manifestaciones alérgicas como asma, bronquitis asmática,... o más específicas como bisiniosis (por el polvo de algodón, lino...), bagazosis (polvo de bagazo), etc.
- C. Irritación de ojos y conjuntivitis (maderas, algodón, yute, té...) y también reacciones alérgicas.
- D. Dermatitis en piel y urticarias con eritema (enrojecimiento) máculas pruriginosas (picores), etc.
- E. Riesgo de incendio y explosión: que es un grave peligro sobre todo cuando se trata de espacios cerrados (polvos de corcho, madera, algodón...).
- F. Los efectos de los diferentes productos de la plantas son variados:
  - a) Cereales: afectan las vías respiratorias y los ojos, causando asma (trilladora de molino, cargadora de muelle) y sensibilización o alergia en pulmones (Alveolitis alérgica).
  - b) Almacenamiento de cereales, hierbas: por el crecimiento de hongos en condiciones de humedad, que causa la enfermedad llamada "pulmón del gancho" (intensa dificultad respiratoria, tos y fiebre, que desaparece a los pocos días pero que evoluciona

hacia una lesión permanente y crónica (PULMÓN DEL GRANJERO)

- c) Algodón: causa de los trastornos respiratorios conocidos como "tos de los tejedores", bisiniosis y bronquitis crónicas o asma.
- d) Lino: es causa más frecuente de bisiniosis, con dificultad respiratoria crónica y marcada reducción de la capacidad ventilatoria pulmonar.
- e) Yute: causa bronquitis crónica y asma.
- f) Tabaco: el polvo es irritante de la piel y causa dermatitis, y ataques de asma llamados "tabacosis".
- g) Madera: grave irritación de ojos, piel y aparato respiratorio.
- h) Cábano, sisal: mohos y hongos que provocan una enfermedad respiratoria similar a la bagazosis con disnea, fiebre, esputos escasos y negruzcos, y reducción de la función respiratoria.
- i) Corcho: causa una fibrosis pulmonar relativamente benigna llamada suberosis.

#### **2.4.1.3.2. Prevención polvos vegetales**

- A. Realizar un control eficaz del polvo con procedimientos técnicos y tomas de muestras de aire.
- B. Uso de procesos cerrados o equipados con ventilación local con extracción.
- C. Ventilación general, uso de trabajos en húmedo, etc.
- D. Protección respiratoria complementaria, pero en lugares calurosos puede ser incómodo (valorar el uso de protección mediante capas de

gasa fina). Y siempre prevalecer la protección colectiva sobre la individual.

- E. Buen estado de limpieza y mantenimiento.
- F. Control médico para detectarlas lesiones específicas respiratorias, de piel, etc.

En caso de que surjan síntomas de estos tipos y dependiendo de cada caso en particular, puede tener que plantearse el cambio de puesto de trabajo.

#### **2.4.1.3.3. Efectos biológicos.**

El polvo puede definirse como un sistema disperso (aerosol) de partículas sólidas heterogéneas en un gas (aire) cuya distribución grosera por tamaño es predominantemente la de un coloide.

Al respirar, por inhalación las partículas entran en los pulmones, donde una parte son eliminadas por los mecanismos de limpieza pulmonar (el sistema mucociliar, el mecanismo fisiológico de la tos o el estornudo), y una pequeña fracción puede depositarse en el pulmón.

Este depósito depende del tamaño de la partícula, la sedimentación, el movimiento Browniano de la misma en el aire, etc.

La consecuencia son enfermedades causadas por el polvo, que varían en función del tipo del mismo: polvo de cuarzo (silicosis), polvo de asbesto (asbestosis)... o procesos alérgicos y otros cuadros clínicos que en general suelen llamarse "enfermedad pulmonar crónica inespecífica" (EPCI) pues en la práctica se ha demostrado que aun los polvos denominados "inertes" son también riesgo para la salud.

En otros casos determinan efectos tóxicos o cancerígenos, etc.

Las lesiones respiratorias dependen de factores personales como el estado de salud previo, pero sobre todo del riesgo característico del tipo de polvo, la concentración ambiental del mismo, y el tiempo de exposición, estableciendo una relación directa. Los diferentes tipos de exposiciones a polvos ambientales, y las lesiones que causan, se ven a lo largo de sus correspondientes apartados para las sustancias que contienen: cuarzo, asbesto, diferentes metales (hierro, plomo, manganeso....), polvos vegetales o animales, etc.

- A. Efectos fibrogénicos:** producen fibrosis de pulmón los polvos respirables que contienen cuarzo (sílice), o asbesto. (Neumoconiosis; Silicosis; Asbestosis)
- B. Efectos irritantes:** que causan enrojecimiento y quemazón de ojos y vías respiratorias superiores hasta la mucosa bronquial, pudiendo llegar a obstruir la misma. Es más frecuente que con los años curse hacia una enfermedad pulmonar crónica inespecífica (Bronquitis crónica y Enfisema). La OMS (1977) publicó una tabla del potencial irritativo de la sustancias.
- C. Alérgicos:** reacciones alérgicas causadas por polvos de origen animal o vegetal. Causan asma bronquial (ej. asma de los panaderos) y reacciones de rinitis y bronquitis crónica (Asma profesional). Ejemplos de formas alérgicas (suelen llevar el nombre de la profesión) son: el "pulmón del granjero", "pulmón del criador de aves", "pulmón del lavador de quesos" pulmón del recolector de setas"... con disnea (fatiga) y fiebre que evolucionan hacia fibrosis difusa del pulmón. (Pulmón del granjero).

- D. **Cancerígenos:** el polvo de asbesto, arsénico, cromo o níquel que causan neoplasias en el pulmón. También existen muchas sustancias como posibles carcinógenas que pueden asentar estos efectos en la zona expuesta o en otros órganos. Se han descrito periodos de latencia hasta la aparición de la enfermedad de hasta varias décadas de años. (Cáncer profesional)
- E. **Tóxicos sistémicos:** que ejercen su acción más allá del aparato respiratorio, sobre el sistema nervioso central, el hígado o los riñones. Ejemplo: cadmio, manganeso, plomo (éste último, afecta a órganos diferentes del aparato respiratorio).
- F. **Cutáneos:** dermatitis y urticarias causadas por materiales de aislamiento, fibra de vidrio, fibra de piedra, maderas exóticas.

#### 2.4.1.3.4. Prevención efectos biológicos

Medidas técnicas para la prevención y supresión del polvo en su origen.

##### A. Protección respiratoria, equipos.

- A. Información a los trabajadores/as sobre los riesgos a que están expuestos.
- B. Control médico con pruebas espirométricas (de Capacidad Vital, y VEMS o volumen espiratorio máximo por segundo), y en ocasiones una radiografía (si procede).
- C. Vigilancia epidemiológica para ajustar los límites de exposición y enfoque médico-sanitario y laboral.

#### 2.4.1.4. Explosiones.

La explosión puede ocurrir cuando el polvo se encuentre en el aire en concentración suficiente y se someta a una fuente de ignición. La llama se extenderá en todas las direcciones de la nube de polvo, transmitiendo los efectos a los alrededores a modo de explosión "secundaria".

Este riesgo se encuentra en materiales de origen natural (almidón, harina, azúcar, madera...), en plásticos, productos químicos o metales ligeros (aluminio, magnesio...) y en el azufre. Por lo tanto puede ocurrir en actividades de agricultura, minería, química y metal. Condiciones para la explosión de una nube de polvo:

- A. Los polvos son explosivos cuando la concentración es superior a 10 g/m<sup>3</sup>.
- B. Nubes de polvos en espacios cerrados a temperatura de 400°C, e incluso inferiores en algunos casos; o bien, el polvo sobre una superficie caliente por encima de 150°C es posible que arda sin llama.
- C. Descargas eléctricas superiores a 10 mJ (equipos eléctricos con cerramientos a prueba de polvo)
- D. Por efectos de fricción o impacto mecánico (si la acción es prolongada).
- E. Por cualquier llama al descubierto (polvos explosivos).

#### **2.4.1.4.1. Prevención explosiones.**

- A. Evitar la formación de nubes explosivas con atmósfera a concentración inferior al 5% en volumen.
- B. Construcción de instalaciones estancas de polvo.
- C. Manteniendo las instalaciones a presión ligeramente inferior a la atmosférica.

- D. Sistemas de extracción de polvo en lugares específicos (puntos de alimentación, ensacado...).
- E. Diseños para evitar derrames.
- F. Buen mantenimiento y limpieza de la planta.
- G. Eliminar cualquier fuente de ignición o llamas al descubierto.
- H. Equipos e instalaciones con conexión a tierra.
- I. Diseño de equipos que soporten posibles explosiones internas.
- J. Diseño de estrangulaciones de válvulas que permitan el paso del contenido, pero no de la explosión.
- K. Instalación de equipos automáticos de supresión de la explosión. etc.

#### **2.4.1.5. Control industrial.**

Los peligros más importantes asociados con el polvo industrial son el riesgo de explosión, y el peligro para la salud. Existen mayores riesgos en minas, canteras, molido de piedra, industrias químicas, agricultura, etc.

- A. El principal riesgo es la sílice y los polvos causantes de neumoconiosis pulmonar.
- B. Otros productos químicos (Ej. Berilio, cadmio) provocan irritaciones pulmonares.
- C. En otros casos, son polvos vegetales que causan enfermedades como asma y bisiniosis, o el pulmón del agricultor, por el polvo del heno, etc.
- D. Otros, como el cromo o el amianto son causa de cáncer de pulmón.
- E. Hay polvos tóxicos que afectan el sistema nervioso, y otros causan irritación de la piel y úlceras.

F. El propósito del control del polvo, es la reducción de su concentración ambiental por debajo de los límites de exposición.

Las técnicas que se aplican son: eliminación, sustitución por una materia menos peligrosa, separación y aislamiento de los procesos polvorientos, humedecimiento de los materiales para evitar que las partículas queden suspendidas en el aire, ventilación y filtración.

El diseño y la construcción de un sistema de ventilación extractor se indica en su apartado. (Sistemas extractores)

La comprobación de la eficacia de las medidas de control de polvo comienza por una simple observación visual del polvo suspendido en la atmósfera y del polvo depositado sobre bordes y juntas. Un método sencillo es usar una lámpara para polvo que sirve para observar la nube de polvo a través del rayo de la fuente de iluminación.

Realizar inspecciones de la ventilación/extracción local comprobando filtros y conductos, que deben renovarse o repararse.

Disponer de instrumentos para el muestreo para determinar las concentraciones.

#### **2.4.1.6. Muestreo.**

Para la medición del polvo suspendido en el aire, es necesario:

- 1º. Detectar el origen del polvo, y determinar su magnitud.
- 2º. Comprobar la eficacia de las medidas de prevención.
- 3º. Controlar la exposición personal al polvo en suspensión.

Los instrumentos de medición llamados "de rutina" han de adaptarse a toda clase de situaciones prácticas, ser de manejo fácil (Ej. en minas), autónomos, de resultados fiables y seguros para usarlos en atmósferas explosivas.

#### **2.4.1.6.1. Criterios del muestreo:**

- 1º. Los aparatos de muestreo deben recoger partículas incluso inferiores a las de 5 milimicras (que causan lesiones respiratorias).
- 2º. Las muestras se tomarán para determinar la concentración, la composición química, el tamaño de la partícula y los componentes que integren el polvo (en porcentaje de cada).
- 3º. Las concentraciones se expresan en el número de área de superficie o volumen (masa o peso) por unidad de volumen de aire (Ej. En partes por millón o ppm). Y si se trata de polvos de humos o nieblas tóxicas se calculan en miligramos por metro cúbico de aire (mg/m<sup>3</sup>) (gravimétricamente).
- 4º. En particular, hay aparatos gravimétricos, que van provistos de un elutriador que recoge únicamente las partículas llamadas "respirables".
- 5º. Los métodos para obtener la distribución del tamaño de la partícula pueden ser: tomando la muestra en el aire y llevándola a analizar al laboratorio, o bien tomando "una sección transversal" durante el muestreo mismo, utilizando instrumentos selectivos provistos de un separador o elutriador.

- 6º. Deben indicar las proporciones en peso de los diferentes componentes tales como la ceniza, la sílice libre o el cuarzo.
- 7º. Algunos países tienen su propia "estrategia de muestreo" o sistema de medición sobre: la duración y frecuencia de muestreo, posición en que puede realizarse (punto fijo o en el trabajador)...

#### **2.4.1.6.2. Aparatos de muestreo:**

- A. Estos aparatos funcionan por filtración, sedimentación, centrifugación, depuración o lavado, precipitación por choque, precipitación térmica, precipitación electrostática o medición de ciertas propiedades ópticas que se encuentran en las nubes de polvo.
- B. En una publicación de la OIT (1967) se describen unos 60 instrumentos de muestreo de rutina que se utilizaron preferentemente en minas.
- C. Dispositivos de filtración: el filtro Soxhlet junto con el aparato Staser; membranas de celulosa (bomba Draeger, el Zurlo, el aparato autónomo Morin-Cerchar, el Staplex, el SFI-Draeger, el MPG, y el aparato ignífugo de muestreo MRE); y otros agentes filtrantes (el aparato fabricado por los laboratorios Le Bouchet y el fabricado por las Minas Nord-Pas-de-Calais, uso del filtro Whatman, el aparato autónomo MRE, y el MRDE Multiequipo).
- D. Aparatos de sedimentación: aparato de sedimentación de Wright.
- E. Aparatos centrífugos de muestreo: El sistema Coniciclo de Muestreo Selectivo y el Turbo Colector de las Minas Nord-Pas-de-Calais, el

aparato alemán TBF50 del Instituto de Investigación de Minería, el CPM3, aparato BAT, el Pneumo-clasificador Zurlo)

- F. Aparatos depuradores: "micro-impinger" y el micro-borboteador.
- G. Aparatos propulsores basados en el impacto (conímetros o contadores de polvo): el Bergbauconímetro
- H. Precipitadores electrostáticos: el MSA, el de la Cámara de Minería (Sud-Africa) y aparatos Gast.
- I. Precipitadores térmicos: el tipo "minas" Casella.
- J. Aparatos ópticos: el Leitz Tyndalloscopio, el TM digital y el SIMSLIM (Reino Unido), el Masómetro 101 de la Sociedad GCA(EUA) , y el MPSI-IRCHA (Francia).

#### **2.4.1.6.3. Examen de las muestras de polvo:**

- 1º. Basándonos en la rutina, el examen de las muestras de polvo se ocupa de determinar la concentración. El peso del polvo se obtiene pesando el filtro antes y después del muestreo. Y se hace un recuento de partículas al microscopio. El análisis del polvo se limita a la determinación de sílice libre.
- 2º. Aunque recientemente aumenta el interés por conocer la composición de sustancias como la propia ceniza, puesto que ciertas sustancias (caolinita, ilita, y la clorita) juntas o separadas parecen tener un papel importante en el comienzo de la neumoconiosis en mineros de carbón.
- 3º. La comparación de los aparatos de muestreo supone tener que elegir un aparato y un método estándar de análisis.

4º. Es mejor no comparar los resultados del recuento, sino el entorno real, es decir la calificación de "atmósfera peligrosa" o "no peligrosa", obedeciendo los métodos aceptados de cada aparato.

#### **2.4.1.6.4. Criterio:**

Para determinar la nocividad o peligro de una atmósfera, se debe precisar el peso del polvo, su contenido mineral, el número de partículas y su contenido en sílice libre. Se establece un valor umbral límite, y se clasifica la atmósfera, o se lleva a unas tablas donde se definen las zonas peligrosas o no peligrosas.

La mayoría de los países han establecidos valores límites de concentración de polvo en relación a la medición con sus propios aparatos para determinar las categorías del estado de polvo en orden de nocividad creciente.

En base a los avances en los estudios epidemiológicos se van estableciendo los valores límites que evitan la aparición de lesiones, para funcionar siempre por debajo de estos valores. (TLV).

#### **2.4.2. Efectos de la contaminación de polvo.**

El aire tiene la función de transmitir el sonido, filtrar y amortiguar los rayos del Sol, dispersar la luz y mantener el equilibrio térmico. La energía solar ayuda en la purificación del aire atmosférico, las plantas a través del proceso de la fotosíntesis absorben el bióxido de carbono y desprenden el oxígeno purificando el aire.

La actividad industrial, centrales eléctricas emiten anhídrido sulfúrico, la actividad de hidrocarburos emiten compuestos de azufre, óxidos de nitrógeno,

fenoles, la siderúrgica, la disposición final de residuos sólidos emiten óxidos de azufre y nitrógeno, anhídridos y ácidos orgánicos.

El parque automotor formado por vehículos obsoletos de transporte personal y público, emiten gases contaminantes que afectan la salud del poblador limeño.

Las fuentes antropogénicas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización y almacenamiento de granos y la industria de la construcción.

En el mundo los mayores contaminantes atmosféricos, son las fuentes fijas, cuyas emisiones a través de las actividades de urbanización, la deforestación, la tala de árboles, la apertura de vías, la erosión de los cerros, escombros, disposición de desechos sólidos y las emisiones de contaminantes atmosféricos industriales.

Las partículas sólidas de polvo, hollín partículas líquidas producidas por la condensación de vapores; menores de 2,5 micrómetros de diámetro, son las más riesgosas, tienen mayor probabilidad de ingresar a los pulmones.

Las Naciones Unidas revelan que las personas más pobres, los niños y habitantes del tercer mundo tienen mayor índice de riesgo de exposición a la contaminación ambiental.

Los contaminantes del aire pueden causar resequedad de la mucosa, irritación y comezón de la piel, enfermedades respiratorias, vasculares y cardíacas, reducción de la capacidad de la sangre de transportar sustancias nutritivas y oxígeno al organismo, trastornos digestivos, problemas en huesos y dientes por fluoruros, asma, bronquitis, aumento de la frecuencia de cáncer

bronquial y enfisema pulmonar, problemas cardiovasculares, como trombosis; además de irritar los ojos, debido a la presencia de ozono en el aire y partículas de polvo en suspensión.

El efecto invernadero resultante, que permite la entrada de la energía solar pero reduce la remisión de rayos infrarrojos al espacio exterior, genera una tendencia al calentamiento global que podría llevar al deshielo de los casquetes polares.

La contaminación del aire se está reduciendo en los países industrializados, mientras que se agrava en los países en desarrollo. La contaminación del aire se relaciona con las enfermedades del pulmón, cardiopatía, cáncer del pulmón y daño neurológico en los niños. Desde finales de la década de 1940, el creciente consumo de carbón y petróleo han causado concentraciones mayores de dióxido de carbono en la atmósfera.

La Municipalidad de Ate – Vitarte a través de la Dirección General Protección Ambiental desde 1997 hasta 2001 realizó seguimiento a 236 empresas; determinando los niveles de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, vapores de solventes, partículas de cobre, de zinc, de plomo, hidróxido de calcio, todas contenidas en partículas Totales en Suspensión, partículas menores a 10 micras; y a las empresas que hacen tratamiento de las emisiones atmosféricas con vaporización, ciclones, mangas de tela, lavado, filtros para polvos y neutralización.

#### **2.4.2.1. El aire.**

El aire es una mezcla de elementos constitutivos de nitrógeno, oxígeno, vapor de agua; el 78 % del aire es nitrógeno y 21%

oxígeno; el uno por ciento restante incluye pequeñas cantidades de sustancias, como el dióxido de carbono, metano, hidrógeno, argón, helio, y gases inertes; existen cientos de contaminantes en el aire que se presentan en forma de partículas, gases y vapores; el aire es indispensable para la vida de los seres vivos, el hombre inhala 14.000 litros de aire por día.

El aire es un recurso natural renovable que se regeneran continuamente ya sea por la fotosíntesis de las plantas que absorben el dióxido de carbono y eliminan el 0% y por el ciclo del agua que aporta vapor de agua y lo desprende por efectos de las lluvias.

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

La contaminación del aire se inició con el descubrimiento del fuego; se incrementó con los procesos de la industrialización.

La revolución industrial utilizó como combustible la leña para la generación de vapor, energía para la tecnología del hierro y acero. Durante el siglo XVI, en Inglaterra se utilizaban la madera como combustible, generando sus escases, siendo sustituida por la hulla como combustible, la misma que libera gran cantidad de sustancias químicas al ambiente como azufre, nitrógeno etc.

Durante los años 1837 a 1901, Inglaterra, sufrió los efectos de la contaminación industrial, manifestándose casos de enfermedades desconocidas atribuidas como transmisibles. En el siglo XVIII comenzaron a

extenderse las áreas urbanas, aumentó la dependencia de las ciudades hacia el campo para la obtención de los alimentos. El desarrollo industrial aceleró la emisión de contaminantes atmosféricos y partículas. Durante el siglo XIX la contaminación atmosférica causada por la industria se identificó como un problema, para la salud. En el año 1952, Londres fue invadida por una niebla asociada a un régimen anticiclónico y a una inversión térmica; como resultado de las bajas temperaturas los calefactores estuvieron funcionando y las condiciones meteorológicas hicieron que la nube de humo persistiera sobre la ciudad durante varios días; causó 2 851 muertes en solo 9 días y 1 225 fallecimientos a la semana siguiente. En 1956 la niebla que envolvió a la ciudad durante 18 horas causó 1 000 muertes más de las previstas.

En 1972, en Estocolmo, se celebró la Primera Conferencia sobre el Ambiente Humano de la Organización de Naciones Unidas, movimientos públicos persuadieron a los gobiernos a desarrollar una legislación para limitar las emisiones de contaminantes químicos tóxicos al ambiente.

En el 1982, se creó la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo. En 1983, bajo la presidencia en esta comisión de la Dra. Gro Harlem Brundtland, Primera Ministra de Noruega, se intensificó el trabajo relacionado con temas del ambiente y la salud.

En el informe “Nuestro futuro común”, donde se estableció pautas fundamentales en los problemas ambientales e hizo un llamado al “desarrollo sostenible”, para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

El creciente desarrollo económico y tecnológico comenzó a borrar la línea divisoria entre los problemas ambientales locales y globales, entre los que se destacan la acidificación del ambiente, la destrucción de la capa de ozono y el incremento del calentamiento global de la tierra.

A consecuencia de ello y como una respuesta a la preocupación sobre la contaminación mundial y en una misión compartida:

- 1º. En 1982, se celebró La Conferencia Multilateral sobre la Acidificación del Ambiente. Las precipitaciones ácidas tienen un pH inferior a 5,0 y sus precursores son el bióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno causado por la quema de combustibles fósiles. Estos gases oxidados en la atmósfera, reaccionan con el agua de lluvia formando ácidos sulfúrico y nítrico; fenómeno que daña la flora y la fauna, la pérdida del patrimonio cultural, por la destrucción de monumentos históricos y zonas arqueológicas.
- 2º. En 1985, se aprobó el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, auspiciado por las Naciones Unidas, que adoptó medidas para proteger la salud y el ambiente de los efectos que provoca el agotamiento del ozono estratosférico, 49 países acordaron proteger la capa de ozono. Los compuestos químicos como los clorofluorocarbonados (CFC), que se encuentran en los aerosoles, los gases refrigerantes y los halones que son compuestos formados por bromo, flúor y carbono, son sustancias que se caracterizan por tener una gran capacidad de dañar la capa de ozono.

- 3º. En 1987, se firmó el Protocolo de Montreal para fijar límites a la producción de CFC y halones, el cual entró en vigor en 1989 y ha sufrido sucesivas enmiendas. Se estima que solo los países subdesarrollados utilizan el 16 % del consumo mundial y resulta necesaria la transferencia de tecnologías para dejar de utilizar dichos gases.
- 4º. En 1992, se realizaron Cumbres mundiales sobre medio ambiente y desarrollo sostenible en Río de Janeiro y Johannesburgo (2002), los que han evidenciado la necesidad de mejorar la calidad del aire y alcanzar un desarrollo social donde prevalezca la equidad y el respeto por la naturaleza. En 1985, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) invitaron a científicos de 29 países para analizar el calentamiento de la atmósfera, se creó un comité técnico para estudiar este fenómeno. Durante 1990, la Asamblea General de las Naciones Unidas creó el Comité Intergubernamental de Negociación para la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CIN/CMCC), con representantes de 150 países.

#### **2.4.3. Efectos de la contaminación atmosférica.**

Efectos de la contaminación atmosférica El pulmón es la mayor superficie corporal que está en contacto con los componentes gaseosos, el 70% del aire inspirado llega a los alvéolos; las partículas, gases, humus, microorganismos, virus, hongos, alérgenos, humedad, sustancias volátiles, pasan a la tráquea, bronquios y alvéolos, causando enfermedad respiratoria aguda o crónica. Los niños y ancianos son los más vulnerables por los

insuficientes mecanismos de defensa. Los vehículos automotores son la mayor fuente de monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, ozono y otros oxidantes fotoquímicas, plomo, partículas suspendidas totales de bióxido de azufre y los compuestos orgánicos volátiles, pueden provocar efectos inflamatorios irritativos en el aparato respiratorio.

La contaminación industrial de chimeneas, incendios forestales, disolventes, pinturas y resinas que aumentan la concentración de partículas y gases tóxicos como el dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, aerosoles y desechos, afectan directamente a las vías respiratorias, en asmáticos y cardiovasculares. Los gases, partículas, humos, microorganismos, virus, hongos, humedad, sustancias volátiles del aire que respira una persona pasa por la tráquea, bronquios y alvéolos pulmonares, causa enfermedad respiratoria; los niños y ancianos son más vulnerables, por mecanismo insuficiente de defensa; las partículas grandes se quedan en la fosa nasal, el 70% del aire inspirado menores a 0.5 micras pasan hasta los alvéolos pulmonares; causando asma bronquial, caracterizada por la obstrucción bronquial intermitente, motivados por broncos pasmo y edema de la mucosa, consecuentes a un fondo de hiperactividad bronquial; los factores como la ansiedad puede exacerbar el asma, la personalidad puede influir negativamente sobre el pronóstico de la enfermedad, se ha observado que el riesgo por asma es elevado en pacientes con ansiedad y depresión que abandonan el tratamiento psicótopo.

El plomo ingresa al organismo por las vías respiratorias, pudiendo las partículas pequeñas respirables llegar al tejido pulmonar. Las partículas de 2.9

um incrementan el plomo en heces fecales por ingesta, las partículas que logran llegar al pulmón es absorbido en su totalidad sin importar su composición química, el depósito de partículas en pulmón sería del 30-50 % de inhalado dependiendo del tamaño de las partículas; los niños absorberían de 1.6 a 2.7 veces más que los adultos. La absorción gastrointestinal en adultos es de 10% al 15%; la absorción neta en niños es de 42% al 50%; los factores que afectan la absorción son la dieta en adultos que llega hasta un 45% en ayuno. Las infecciones respiratorias y las diarreas generan más de tres millones de muertes cada año según la OMS

#### **2.4.3.1. Daños de la contaminación del aire.**

- A. Daños a la vegetación: alteraciones foliares, reducción del crecimiento de las plantas, disminución de la floración, etc.
- B. Alteraciones del medio ambiente: reducción de la visibilidad, efecto de invernadero, afectación de la capa de ozono, lluvia ácida, etcétera.
- C. Efectos psicológicos sobre el hombre.
- D. Efectos fisiológicos sobre el hombre: agudos y crónicos.
- E. Pérdidas por efectos directos o indirectos en el ganado y en las plantas.
- F. Pérdidas por la corrosión de materiales y de sus revestimientos de protección.
- G. Pérdidas por gastos de mantenimiento de las edificaciones y la depreciación de objetos y mercancías expuestos.
- H. Gastos directos por la aplicación de medidas para reducir el humo y las emanaciones de las fábricas.

- I. Pérdidas indirectas por mayores gastos de transporte en tiempo de niebla contaminada, o de electricidad por la necesidad de encender el alumbrado antes del horario establecido.
- J. Gastos administrativos de la lucha contra la contaminación.
- K. Costo en investigaciones destinadas a la contaminación ambiental.

#### **2.4.3.2. Clasificación de la contaminación atmosférica.**

La contaminación atmosférica es la presencia en el ambiente de cualquier sustancia química, partículas, microorganismos que alteran la calidad ambiental y la posibilidad de vida. Las causas de la contaminación pueden ser naturales o artificiales, generado principalmente por la quema de combustibles fósiles (plantas de energía que funcionan a carbón, fábricas y vehículos), partículas y gases industriales.

El problema de la contaminación atmosférica se relaciona con la densidad de partículas, gases y la capacidad de dispersión, teniendo en cuenta la formación de lluvia ácida y sus posibles efectos sobre los ecosistemas.

La contaminación del aire afecta a los países desarrollados y en vías de desarrollo; el incremento de los gases y la emisión de partículas, que dañan a la salud. Las principales fuentes de contaminación atmosférica se clasifica en:

##### **A. Fuentes naturales.**

Las fuentes naturales de contaminación son procesos propios de la naturaleza, como erupciones volcánicas, la actividad biológica de microorganismos, los huracanes, tornados, incendios naturales, plantas en descomposición (metano, sulfuro de hidrogeno).

La contaminación atmosférica por fuentes naturales es mayor que la antropogénica; sin embargo estos últimos presentan amenaza para el ecosistema cuando superan los límites máximos permisibles.

**B. Fuentes antropogénicas.**

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

La industria siderurgia emite partículas, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, óxido de hierro; mientras que la refinería de petróleo causa SO<sub>2</sub>, HC, CO, NO<sub>2</sub>, amoníaco, humos y partículas; la industria química emite SO<sub>2</sub>, nieblas de ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico, que causa olores desagradables.

**C. Fuentes estacionarias industrial y doméstico de combustibles fósiles:**

La siderurgia produce contaminantes en grandes cantidades de partículas, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, fluoruros y humos de óxidos de hierro; así mismo las refinerías de petróleo produce SO<sub>2</sub>, HC, CO, NO<sub>2</sub>, amoníaco, humos y partículas; también la industria química produce SO<sub>2</sub>, nieblas de ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico y causa olores desagradables.

**D. Fuentes móviles:**

Los automóviles emiten monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, y compuestos de plomo (tetra etilo de

plomo, aditivo que se añade para aumentar su índice de octano); los vehículos a motor Diesel emiten partículas en forma de hollín, hidrocarburos no quemados, óxido de nitrógeno y anhídrido sulfuroso.

**E. Fuentes de interiores:**

Incluyen humos de cigarrillo, fuentes biológicas como polen, ácaros, insectos, micro organismos, mascotas alergénicas, emisiones de combustión, emisiones de materiales de interiores o sustancias tales como compuestos orgánicos volátiles, plomo, radón, asbestos, diversos químicos sintéticos y otros.

## **Capítulo III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1.1. Método.**

Científico: Lógico - Inductivo. Pues cumple con pasos esenciales: Observación del fenómeno a estudiar, Creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, Deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y Verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia. Este método induce al científico a combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación).

### **3.1.2. Tipo.**

Descriptivo. Entendida por su procedimiento estadístico, describen los datos y este debe tener un impacto en los hechos que se estudian, buscando as vidas de la gente que le rodea. Como es el caso de la concentración del PM10, y su influencia en la calidad del aire, determinando las condiciones saludables Se podrán formular propuestas para prevenir o mitigar la situación y permitirá una mejor calidad de vida. La finalidad es conocer la situación, el evento o el hecho a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas, comprendiendo la naturaleza de su desempeño.

### **3.1.3. Nivel.**

Explicativo. Se encarga de comprender el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. Los estudios explicativos determinan las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la comprobación de la hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos.

La investigación explicativa pretender dar cuenta de un aspecto de la realidad, explicando su significatividad dentro de un marco teórico referencial, basado en leyes o reglas generales que implantan la condición para explicar el hecho.

## **3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

Causal – Comparativo

M<sub>1</sub> O<sub>1</sub>X

$M_2$   $O_2X$

$M_3$   $O_3X$

$M_4$   $O_4X$

Donde:

$M_1$  = Muestra de punto 1.

$M_2$  = Muestra de punto 2.

$M_3$  = Muestra de punto 3.

$M_4$  = Muestra de punto 4.

$O_1$  = Observación punto 1.

$O_2$  = Observación punto 2.

$O_3$  = Observación punto 3.

$O_4$  = Observación punto 4.

$X$  = Impacto ambiental del Material particulado.

### **3.3. HIPÓTESIS.**

#### **3.3.1. Hipótesis general.**

La concentración actual de material particulado en el AA.HH. Túpac Amaru I es alta lo que presenta una calidad de aire bastante deficiente, siendo un riesgo latente para la salud de los grupos vulnerables a enfermedades: infecto – respiratorios, alérgenos y dermatológicos.

#### **3.3.2. Hipótesis específica.**

- A. El nivel de concentración del PM10 en el AA. HH. Túpac Amaru 1 en la Zona 3 del distrito de Ate, Lima es alta.
- B. Las características del aire en el AA. HH. Túpac Amaru 1 en la Zona 3 del distrito de Ate, Lima son deficientes.

### **3.4. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.**

#### **3.4.1. Variable independiente.**

Material particulado  $PM_{10}$ .

#### **3.4.2. Variable dependiente.**

Calidad del aire..

### **3.5. POBLACIÓN.**

#### **3.5.1. Población.**

12 000 personas de diferente edad y sexo que moran o transitan en Micaela 1 - Ate.

#### **3.5.2. Muestra.**

Se ubican cuatro puntos, criterio de dirección del viento.

- A. M1: Zona sur de Túpac Amaru.
- B. M2: Zona este de Túpac Amaru.
- C. M3: Zona norte de Túpac Amaru.
- D. M4: Zona oeste de Túpac Amaru.

### **3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ACOPIO DE LA INFORMACIÓN.**

#### **3.6.1. Técnicas.**

##### **A. Plan de monitoreo:**

- a. Propósito del monitoreo.
- b. Período del monitoreo.
- c. Ubicación del monitoreo.
- d. Descripción del entorno.
- e. Equipos a utilizar.

##### **B. Metodología del monitoreo:**

- a. Repasar aspectos básicos.
- b. Calibración de equipos.
- c. Identificación de fuentes y unidades de ruido.
- d. Ubicación de puntos.
- e. Medición del ruido.

**C. Encuesta:**

- a. Definir el grupo.
- b. Aplicar la encuesta.
- c. Procesar la información.

**3.6.2. Instrumentos.**

- A. Instrumentos de medición del polvo.
- B. Cuestionarios.

**3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.**

**3.7.1. Medidas estadísticas.**

- A. Medidas de tendencia central.
- B. Medidas de variabilidad.

**3.7.2. Representación.**

- A. Diagramas de distribución.
- B.** Bastones e histogramas.

## **Capítulo IV**

# **ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1.1. Situación de la salud de personas del sector de estudio.**

No es la hipótesis en sí, pero es una situación colateral que se aprecia en la zona, en todo el distrito y en toda Lima, como producto de la combinación de factores existentes como el clima cambiante, la concentración de humedad y la presencia de elementos que contaminan o dañan el ambiente siempre existe una alta recurrencia de enfermedades de carácter alérgico, infecto-respiratorio agudo y cancerígeno, ello se apreciará como producto de la recopilación de datos de fuentes secundarias, tanto de la situación metropolitana, distrital y del sector.

Tabla N° 01  
Población Perú 2015

Región	2015	Distribución
Callao	1052286	3.30
Ica	793752	2.50
La Libertad	1822557	5.70
Lambayeque	1400523	4.40
Lima	9365699	29.50
Moquegua	181978	0.60
Piura	1809013	5.70
Tacna	396174	1.20
Tumbes	272112	0.90
Ancash	1201920	3.80
Apurímac	493964	1.50
Arequipa	1341073	4.20
Ayacucho	548834	1.70
Cajamarca	1653391	5.20
Cusco	1359534	4.30
Huancavelica	494781	1.60
Huánuco	1000086	3.10
Junín	1386408	4.30
Pasco	267169	0.80
Puno	1403855	4.40
Amazonas	519973	1.60
Loreto	1192180	3.70
Madre de Dios	123871	0.40
San Martín	1143836	3.60
Ucayali	650815	2.00
	31875784	100.00

Fuente: Boletín INEI 2015

**Interpretación:**

La tabla que se aprecia a continuación muestra como la población del Perú tiene concentrada a casi el 30% de la población en Lima Metropolitana, de esa población se tiene referencia que Ate – Vitarte tiene 592345 personas aproximadamente. Entonces la tercera parte de la población se concentra en Lima Metropolitana.

Gráfico N° 01  
Población Perú 2015

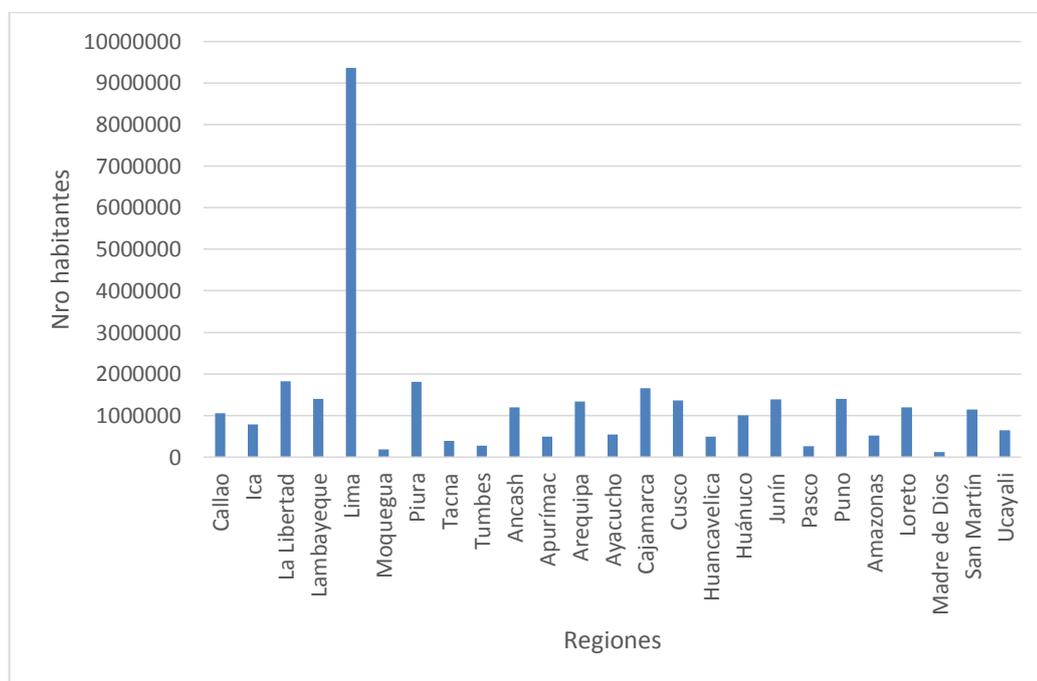
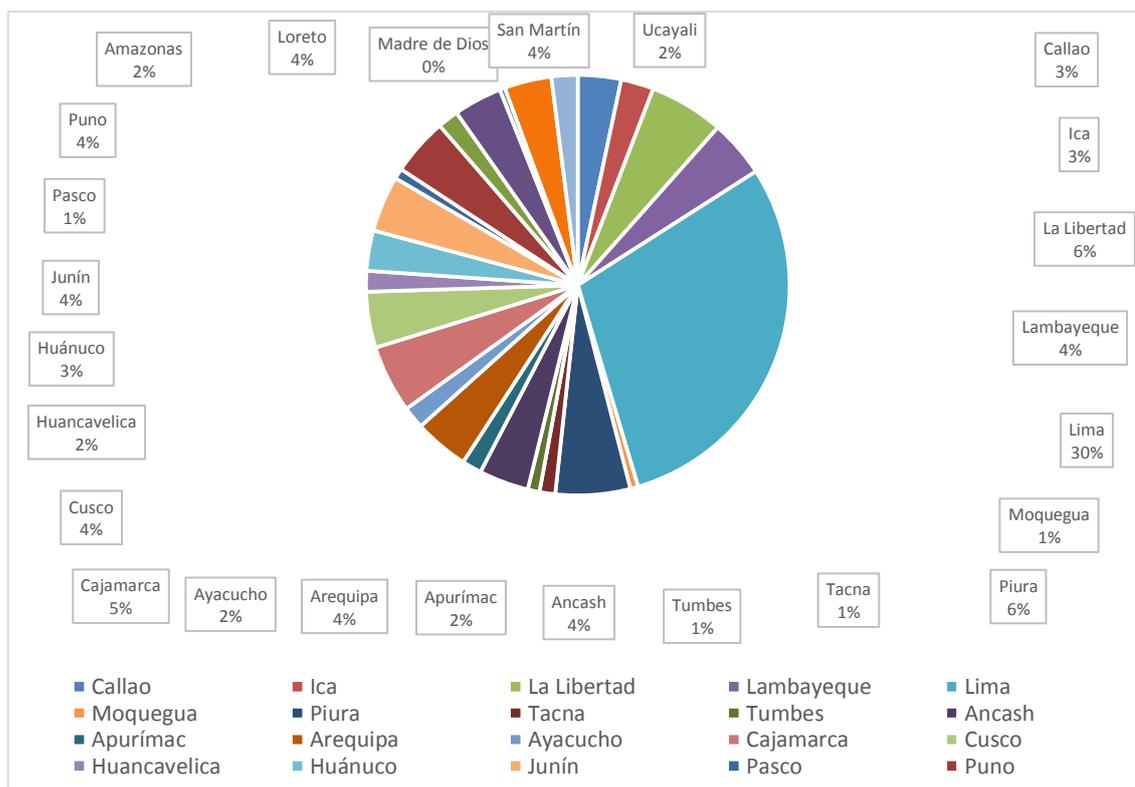


Gráfico N° 02  
Distribución Población Perú 2015

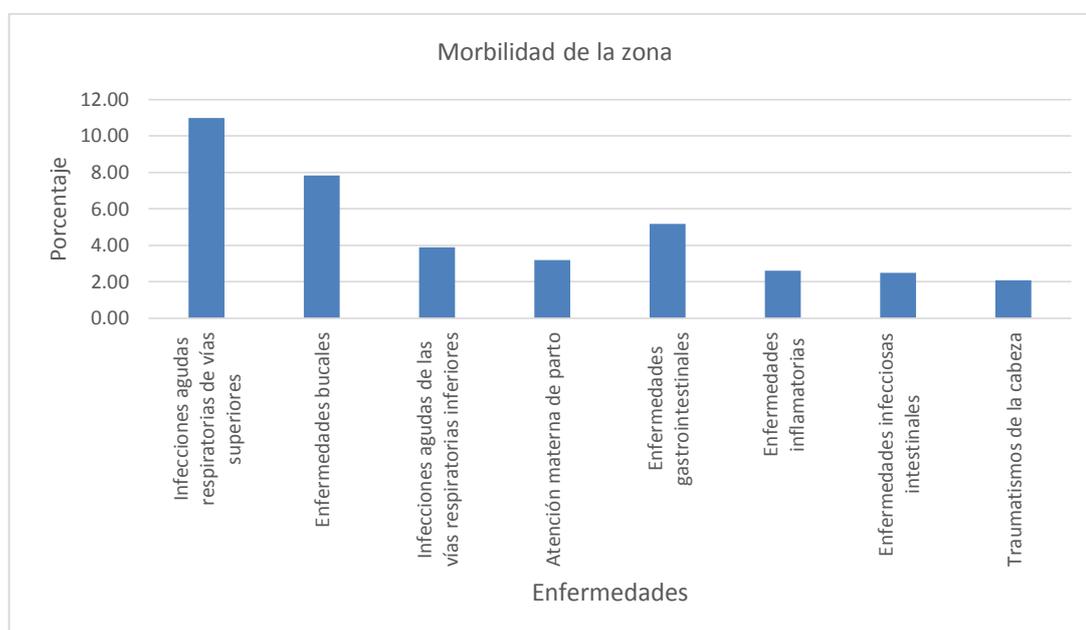


**Tabla N° 2**  
**Índice de morbilidad – Distrito de Ate**

Grupo de morbilidad	Total
Infecciones agudas respiratorias de vías superiores	10.97
Enfermedades bucales	7.82
Infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores	3.88
Atención materna de parto	3.19
Enfermedades gastrointestinales	5.18
Enfermedades inflamatorias	2.61
Enfermedades infecciosas intestinales	2.48
Traumatismos de la cabeza	2.07
Otras enfermedades	61.80
Totales	100.00

**Fuente: MINSA 2014**

**Gráfico N° 03**  
**Morbilidad distrito de Ate**



**Interpretación:**

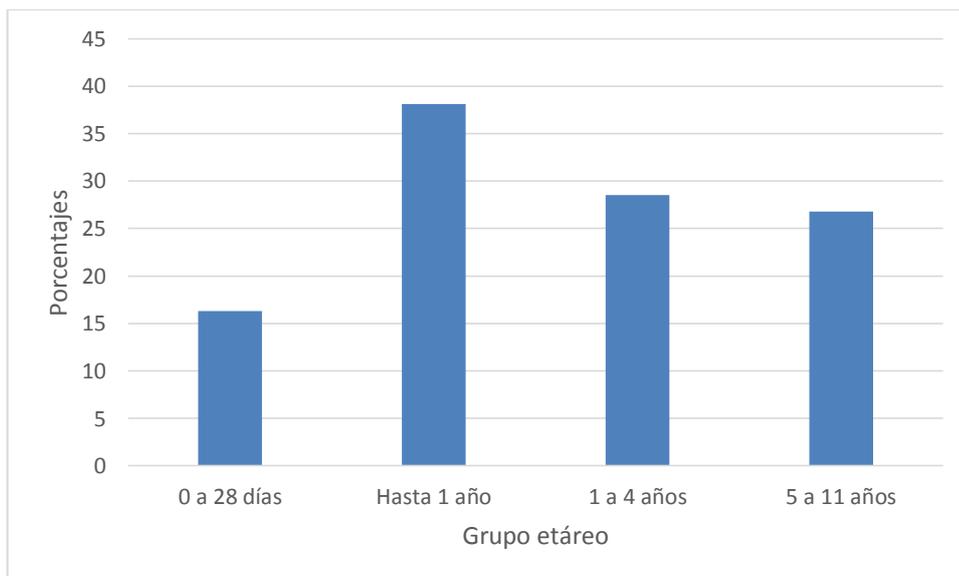
Se puede apreciar que las enfermedades respiratorias son el principal problema suman más del 14% de las enfermedades dentro de los grupos recurrentes, ello se debe a que se trata de una recurrencia debido al clima o a otros factores que tendrían que ver con las condiciones ambientales.

**Tabla N° 03**  
**Índices de Infecciones Respiratorias Agudas**

Grupo etáreo	Porcentaje
0 a 28 días	16.28
Hasta 1 año	38.13
1 a 4 años	28.54
5 a 11 años	26.78

**Fuente: Informe MINSA**

**Gráfico N° 04**  
**Índices de enfermedades por Grupo etáreo**



**Interpretación:**

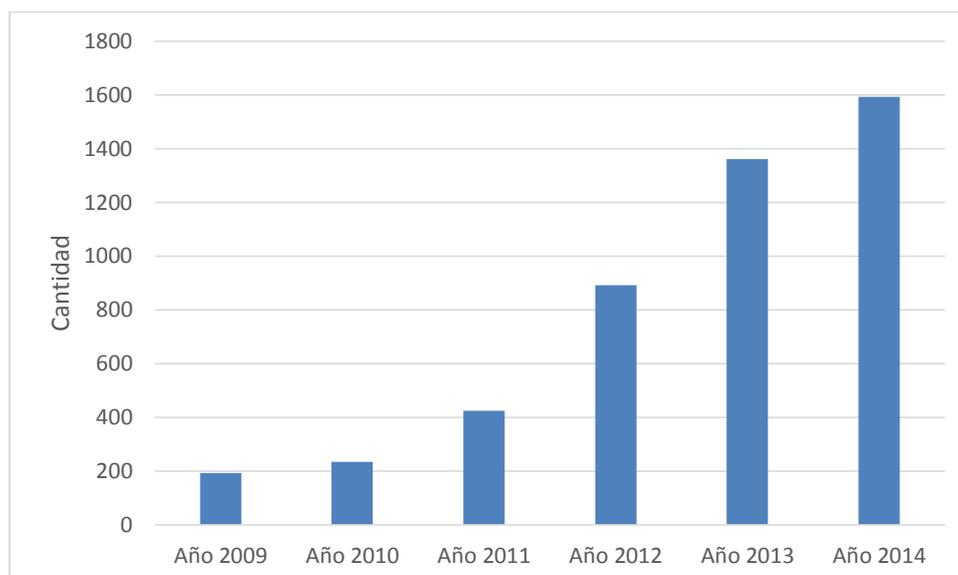
Se puede apreciar que las Infecciones Respiratorias Agudas son un porcentaje significativo y apreciable en los grupos etáreos, se aprecia que estos significan que existe problemas en la salud de la población, que afectaría la situación de la población.

**Tabla N° 04**  
**Evolución de casos de Infecciones Respiratorias Agudas**

Año	Número
Año 2009	192
Año 2010	233
Año 2011	424
Año 2012	892
Año 2013	1360
Año 2014	1593

Fuente: Informe MINSA 2014

**Gráfico N° 05**  
**Evolución de casos**



**Interpretación:**

Con el tiempo la población ha crecido, y los reportes de enfermedades de infecciones respiratorias agudas se han incrementado, pero el crecimiento no es correlacional al crecimiento de la población, en cuatro años, la población no se ha incrementado en un 400%, entonces existe el otro factor que es directamente relacionado al mismo y es la presencia del Material particulado.

#### 4.1.2. Calidad del aire del sector de estudio.

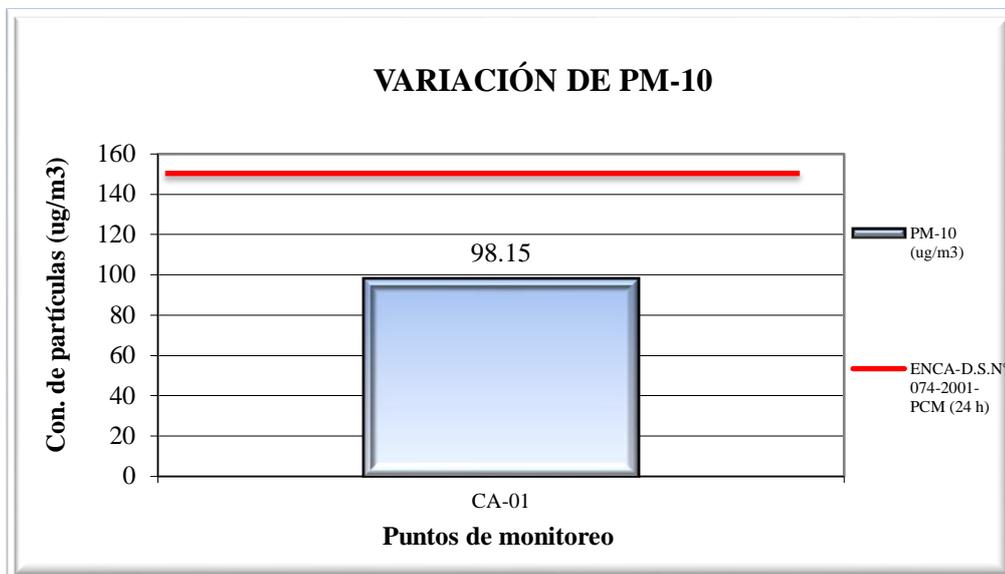
**Tabla N° 5**

**CÁLCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO PM 10**  
**UBICACIÓN: A.H. TUPAC AMARU ESTACIÓN : CA-01**

PARÁMETRO	FECHA DE INICIO	TIEMPO INICIO		TIEMPO FINAL		TIEMPO TOTAL (min)	LECTURA MANOMETRO INICIAL (pulg H <sub>2</sub> O)	LECTURA MANOMETRO FINAL (pulg H <sub>2</sub> O)
		HORA	MIN	HORA	MIN			
PM-10	26-jul-15	15	50	15	50	1440	13.779535	14.5669

PROMEDIO LECTURAS (pulg H <sub>2</sub> O)	PROMEDIO LECTURAS (mmHg)	TEMP AMBIENT AL (°C)	PRESION AMBIENTAL (mmHg)	Po/Pa	FLUJO Qa (m <sup>3</sup> /min)	FLUJO std (m <sup>3</sup> /min)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> std)	PESO (ug)	CONCENTRACION (ug/m <sup>3</sup> std)
14.173218	26.4511186	16.7	757.36	0.965	1.1652	1.194	1719.968	168550	98.00

**Fuente: Medición personal Nov 2015**



#### **Interpretación:**

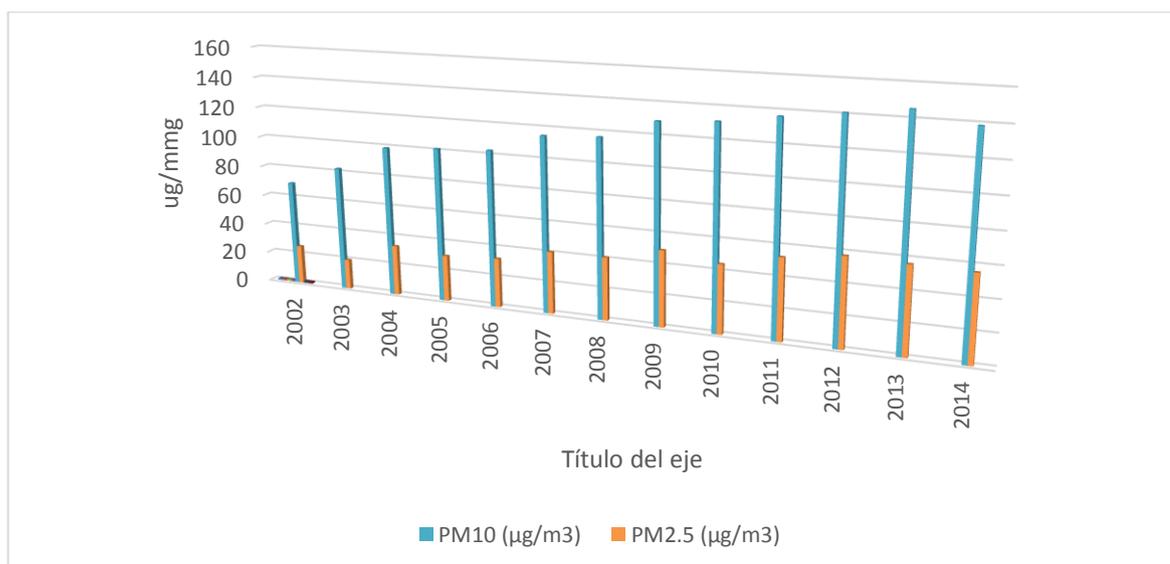
Se puede apreciar que PM10 tiene una concentración alta, no se refiere ni a emisión, ni inmisión, sino al nivel de concentración en la calidad de aire de la zona, pero sus niveles están por debajo de las ECA.

### 4.1.3. Estudio de la concentración del Material particulado en la zona.

**Tabla 6**  
**Concentración de material particulado**

Horas	NO2 (ppb)	NOX (ppb)	NO (ppb)	SO2 (ppb)	PM10 (µg/m3)	PM2.5 (µg/m3)	O3 (ppb)	CO (ppm )
00:00	22.8	51.8	29.0		73.9	25.9	4.7	1.3
01:00	22.0	53.1	31.1		70.1	17.8	4.4	1.4
02:00	22.0	55.2	33.2		66.8	23.3	4.4	1.3
03:00	19.3	40.8	21.5		58.1	20.5		1.6
04:00	16.3	33.6	17.2		53.1	22.4		1.1
05:00	14.9	36.5	21.7		54.6	20.8		1.1
06:00	17.9	59.0	41.1		105.0	21.0		1.3
07:00	22.0	102.3	80.4		109.4	29.7		1.6
08:00	25.1	118.2	93.4		132.8	34.8		1.8
09:00	28.0	116.1	88.3		144.4	43.1		1.9
10:00	26.9	105.7	78.6		154.7	53.3		1.8
11:00	29.0	111.2	82.2		165.2	57.7		1.8
12:00	24.1	67.9	43.7		136.7	45.8		1.4
13:00	26.4	68.5	42.2		134.2	40.4		1.4
14:00	29.6	63.3	33.4		139.5	34.2		1.4
15:00	25.7	67.4	42.0		137.9	24.5	26.8	1.2

Fuente: DIGESA



#### Interpretación:

La concentración con el tiempo se sigue acumulando, en forma progresiva y está cerca a los ECA y de seguro conforme la zona crezca se incrementará la concentración.

#### **4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

La calidad del aire se percibe bastante mala, las concentraciones de material particulado de ambas características se han venido incrementando y progresivamente también se incrementa la presencia de otro tipo de gases, y a la par con ellos los índices de enfermedades se incrementan, lo que es una **causa probable** de que la presencia del material particulado incrementa las enfermedades respiratorias, pero de hecho la calidad del aire que se respira en la zona es mala.

La concentración de PM10 se ha venido incrementando y con el tiempo de seguro será mayor el problema por lo que se hace estrictamente necesario considerar medidas para mitigar esa situación con suma urgencia, la Municipalidad de Ate tiene que asumir con mayor responsabilidad la problemática existente,

#### **4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

Se ha demostrado que la concentración actual de material particulado en el AA.HH. Túpac Amaru es alta, aun cuando no llega a la ECA de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero consideremos que para la OMS sus niveles son menores a lo que establece la reglamentación nacional, esta concentración a decir de los expertos mundiales genera daños irreversibles en la piel, las vías respiratorias y en la sangre, lo que determina entonces que su concentración es un riesgo latente para la salud de los grupos vulnerables a enfermedades: infecto – respiratorios, alérgenos y dermatológicos, por lo tanto la calidad del aire no es saludable para las personas.

## CONCLUSIONES

- 1º La concentración de material particulado y otras para la OMS y la DIGESA representa un importante riesgo ambiental para la salud. La OMS considera que de reducir los niveles de concentración se reduce la carga de morbilidad derivada de malestares o problemas neurovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas principalmente el asma.
- 2º En la zona de Ate no solo es el tránsito, es la quema de basura, el uso de cocinas a leña, y la presencia del polvo que desciende de las lomas secas que se ubican al sur de la zona, es la que contribuyen a la concentración del material particulado y afectan significativamente a la calidad del aire, y redundan en la salud de las personas.
- 3º La concentración de PM10 establece 150 como ECA, si bien es cierto, no alcanza ese límite se ha incrementado paulatinamente acercándose a

ese nivel, pero según los estándares internacionales se excede los mismos, por lo que de hecho es perjudicial para la calidad del aire.

- 4º La tasa de morbilidad se ha ido incrementando en la zona de estudio, por lo que es también menester considerar que se debe a la presencia de la dispersión del material particulado, el que es ayudado por los vientos y la presencia de otros componentes.

## **SUGERENCIAS**

- 1º El monitoreo en la zona debe ser permanente, para ir controlando la presencia de elementos nocivos que afectarían la salud de las personas, el control de esta situación permitiría reducir la morbilidad.
- 2º Es necesario además campañas de prevención para determinar las horas seguras y las horas de alerta que son momentos en que la concentración es mayor, de esta forma se puede prevenir y proteger a la población.
- 3º La Universidad debe hacer convenios con las municipalidades para colaborar en el monitoreo de la presencia de elementos contaminantes a fin de realizar un proceso de determinación de medidas favorables en caso de existir situaciones de contaminación severos o altos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. ANTILLANCA. **INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA EN EL CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE UNA CIUDAD PEQUEÑA (2005)**. UACH. Chile.
2. KORC Marcelo, FARÍAS Fernando (2000); **EL PROCESO DE FIJACIÓN Y REVISIÓN DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE**"; Editorial CEPIS-OPS; Lima.
3. NAYHUA GAMARRA, Laura (2004-2005); **PREVALENCIA DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y FACTORES ASOCIADOS A LA CALIDAD DE AIRE**; DIGESA; Perú 2004-2005.
4. CONAMA (2003); **ELABORACIÓN DE REGLAMENTOS Y PROTOCOLOS DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL MONITOREO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS**; CENMA; Chile.
5. <http://peru21.pe/noticia/675977/peru-solo-tiene-rellenos-sanitarios>RIVERA POMA, Juan Manuel (2012), en la tesis: **“MODELO DE IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS CRÍTICOS EN LIMA – CALLAO”**, presentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
6. ESPÍN ALARCÓN, Guillermo Enrique (2010), en la tesis **CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR EL POLVO PM-10, PRODUCTO DE LA EXPLOTACIÓN MINERA Y LA**

**REGENERACIÓN URBANO-INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE  
GUAYAQUIL**, presentada en la Universidad de Guayaquil –  
Ecuador

7. SENAMHI. **Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2011**DIGESA. **II ESTUDIO DE SATURACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA-CALLAO – 2011**. Ley N° 26842. Ley General de Salud
8. Ley N° 29712. **LEY QUE MODIFICA LA LEY 26842, LEY GENERAL DE SALUD**, sobre Funciones y Competencias de la Autoridad de Salud.
9. D.S. N° 074-2001-PCM. **REGLAMENTO DE ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE.**
10. D.S. N° 003-2008-MINAM. **APRUEBAN ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AIRE.**
11. D.S. N° 009-2003-S.A. **SU MODIFICATORIA Y DIRECTIVA. REGLAMENTO DE NIVELES DE ESTADOS DE ALERTA NACIONALES DE CONTAMINANTES DEL AIRE.**
12. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SALUD (OMS). **REFERENCIA DE LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE PARA POLVO SEDIMENTABLE.**
13. R.D. N° 1404/2005/DIGESA. **PROTOCOLO DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE Y GESTIÓN DE LOS DATOS.**

14. KORC Marcelo y FARÍAS Fernando (2000). **EL PROCESO DE FIJACIÓN Y REVISIÓN DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.**  
Editorial CEPIS-OPS; Lima - Perú.
15. NAYHUA GAMARRA, Laura (2005). **PREVALENCIA DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y FACTORES ASOCIADOS A LA CALIDAD DE AIRE;** DIGESA - Perú.
16. FUENTES PAREDES, Francisco (2007). **INFORME N° 1516 – 2007/ DEPA – APCCA.** DIGESA - Perú.
17. KIELY, Gerard. **INGENIERÍA AMBIENTAL FUNDAMENTOS, ENTORNOS, TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS DE GESTIÓN.**  
McGraw Hill – Colombia.
18. SANDOVAL, Hugo (2010). **CONTAMINACIÓN Y CONTAMINANTES, ASPECTOS CIENTÍFICOS, TEÓRICOS Y PRÁCTICOS.**  
McGraw Hill – Colombia.

# **Anexos**

## FOTOS



**Instalación del equipo**



**Control de vientos**



**Verificación de las medidas**



**Monitoreo de presencia de contaminantes**



**Asistencia técnica de expertos**



**Colocación final de la Estación de monitoreo**



**Concluyendo un día de mediciones**



**Zona de estudio**



**Entrevista a moradores sobre su situación de salud**



**Vista del Asentamiento Humano**

## Modelo de ficha de mediciones

UBICACION: ATE VITARTE - LIMA		ESTACION: CA-01		FACTORES AMBIENTALES: *Quema de llantas a 50m.											
A.A.H.H. Túpac Amaru (Mz. B1 Lt. 9 Zona 7)		FECHA: 26/07/15		*Mototaxis, vehículos (Trnsito vehicular menor) a 4m.											
		HORA: 15:50													
COORDENADAS UTM: S: 8666898.00 E: 290047.00		Altitud: 361 msnm		ALCANCE: Control Puntual											
PARÁMETRO	FECHA DE INICIO	TIEMPO INICIO TIEMPO FINAL			LECTURA MANÓMETRO INICIAL (pulg H <sub>2</sub> O)	LECTURA MANÓMETRO FINAL (pulg H <sub>2</sub> O)	PROMEDIO LECTURAS (pulg H <sub>2</sub> O)	PROMEDIO LECTURAS (mmHg)	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	PRESION AMBIENTAL PoPa (mmHg)	FLUJO Qa (m <sup>3</sup> /min)	FLUJO std (m <sup>3</sup> /min)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> std)	PESO (ug)	CONCENTRACIÓN (ug/m <sup>3</sup> std)
		HORA	MIN	HORA											
PM10	26-Jul-15	15	50	15	50	14.566937	14.173236	26.451532	16.17	757.3613	1.161255	1.193	1717.286	168550	98.15
H2S (*)	26-Jul-15	15	50	15	50				16.17	757.3613	0.0005	0.001	0.739	1.3	1.76
CO	26-Jul-15	15	50	23	50				16.17	757.3613	0.0005	0.001	0.246	575	2332.94

(\*) El peso de 1.3 ug es referencial, debido a que el resultado no alcanzó el nivel de detección (L.D.) del método de análisis empleado por el laboratorio SGS del Perú.



**Inassa**  
**ENVIROLAB**

## NSF Envirolab

LABORATORIO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION  
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-011

## INFORME FINAL

**Dirección de Entrega:**

Juan Carlos Quispe  
Golden Consulting S.A.C.  
Av. El Bosque Mza. O Lote. 12  
Urb. Canto Grande  
San Juan de Lurigancho  
Lima, Lima  
Peru

**Solicitante: C0198453**

Golden Consulting S.A.C.  
Av. El Bosque Mza. O Lote. 12  
Urb. Canto Grande  
San Juan de Lurigancho  
Lima, Lima  
Peru

Resultado	Completo	Fecha de Informe	2015-08-14
Procedencia	A.H. Túpac Amaru (Mz. B1. Lot. 9, Zona 4)		
Producto	Aire		
Tipo de Servicio	Análisis		
Informe de Ensayo N°	J-00181611		
Coordinador de Proyecto	Erika Wendy Campos Simón		

**Gracias por utilizar los servicios de NSF Envirolab. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.**

Informe Autorizado por

Enrique Quevedo Bacigalupo  
Jefe de Laboratorio

Ing. Melina Granados Chuco  
Asistente de Jefatura de Laboratorio

Fecha de Emisión 2015-08-14

Tel: (511) 616-5400

Fax: (511) 616-5418

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Email: [envirolab@nsf.org](mailto:envirolab@nsf.org)

Web: [www.envirolabperu.com.pe](http://www.envirolabperu.com.pe)

FI20150814112944

J-00181611

pág 1 de 3

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



**Inassa**  
**ENVIROLAB**

**Información General**

Matriz: Aire  
Solicitud de Análisis: Cotización N° 25297 (Ago-037)  
Muestreado por: Cliente  
Procedencia: A.H. Túpac Amaru (Mz. B1. Lot. 9, Zona 4)

Identificación de Laboratorio: S-0001179675  
Tipo de Muestra: Aire  
Identificación de Muestra: CA-01  
Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2015-08-03  
Fecha y hora de Muestreo: 2015-07-26 15:15

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* Partículas Menores a 10 Micras (Hi-Vol), NTP 900.030 - 2003	2015-08-06		
Diferencia de Pesos		0,168 55	g/filtro

**Nota(s) del Informe Final:**

CA-01: Ubicado en la Azotea del Domicilio Mz.B1 Lt.9 Zona 4.  
Coordenadas: 18L 0290045 E / 8666896 N

\* PM-10 (HIGH-VOL): La muestra llegó en filtro de fibra de cuarzo de 8"x10" al Laboratorio.



**Inassa**  
**ENVIROLAB**

**Ensayos realizados por:**

	<u>Id</u>	<u>Dirección</u>
Ensayos realizados por: →	NSF_LIMA_E	NSF Envirolab, Lima, Peru Avenida La Marina 3059 San Miguel Lima, Perú

**Referencias a los Procedimientos de Ensayo:**

Referencia Técnica

IQ0980 \* Partículas Menores a 10 Micras (Hi-Vol), NTP 900.030 - 2003

Descripciones de ensayos precedidos por un "\*\*\*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "\*\*\*" indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.