



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL  
PARTICULADO (PM<sub>10</sub>) EN PUNTOS DE ALTO TRÁNSITO  
VEHICULAR DEL DISTRITO DE MORALES - SAN MARTÍN  
2015”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MYRIAN BETTINA PAREDES VÁSQUEZ**

**ASESOR**

**Blgo. Mblgo. HENRY GIOVANI JAVE CONCEPCIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**TARAPOTO – PERÚ**

**2015**

## DEDICATORIA

*Estos años han sido de lucha constante, de gratas vivencias, de momentos de éxitos y también de angustias y desesperanza; para poder cumplir mis objetivos y así alcanzar uno de mis grandes anhelos, los deseos de superarme y lograr mi meta, fueron tan grandes que logré vencer todos los obstáculos y es por ello dedico esta Tesis a:*

*A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres Edison Paredes Tenazoa y Nelcy Vásquez Ushiñahua por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.*

*Myrian Bettina Paredes Vásquez*

## AGRADECIMIENTO

Siempre resulta difícil agradecer a aquellas personas que han colaborado con un proceso, con un trabajo, porque nunca alcanza el tiempo, el papel o la memoria para mencionar o dar con justicia todos los créditos y méritos a quienes se lo merecen.

Partiendo de esta limitación y diciendo de antemano MUCHAS GRACIAS a todas las personas que de una u otra manera han colaborado en el desarrollo de esta tesis, deseo agradecer especialmente a:

A Dios quien me dio la vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me dio la sabiduría suficiente para culminar el desarrollo de mi tesis.

A mis padres por todo el esfuerzo que hicieron para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron todos estos años; gracias a ustedes llegue donde estoy.

Al Dr. Jorge Torres Delgado, quien permanentemente me apoyó con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

Agradezco también de manera especial a mi Asesor de tesis quién con sus conocimientos supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a crecer como personas y como profesional.

***“Ahora puedo decir que todo lo que soy es gracias a todos ustedes”***

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Páginas</b>
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
LISTA DE TABLAS .....	vi
LISTA DE CUADROS .....	vi
LISTA DE GRAFICAS .....	vi
LISTA DE IMÁGENES .....	vii
LISTA DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	x
CAPÍTULO I: PROBLEMA .....	13
1.1. Planteamiento del problema .....	13
1.2. Formulación del problema .....	15
1.3. Objetivo: General y específicos .....	15
1.4. Justificación .....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Antecedentes .....	17
2.2. Bases teóricas .....	21
2.3. Hipótesis .....	32
2.4. Variables de Estudio .....	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
3.1. Ámbito de Estudio .....	35
3.2. Tipo de Investigación .....	38
3.3. Nivel de investigación .....	38
3.4. Método de Investigación .....	38
3.5. Diseño de Investigación .....	44
3.6. Población, Muestra, Muestreo .....	45
3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos .....	45
3.8. Procedimiento de Recolección de datos .....	45

3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos .....	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	48
4.1. Presentación de Resultados .....	48
4.2. Discusión .....	54
CONCLUSIONES .....	57
RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	59
ANEXOS.....	62

## LISTA DE TABLAS

1. Tabla 1: Equipos y método de análisis.	.....	28
2. Tabla 2: Operacionalización de variables	.....	34
3. Tabla 3: Detalles de los equipos de monitoreo	.....	39
4. Tabla 4: Materiales utilizados para el monitoreo	.....	39
5. Tabla 5: Ubicación espacial de los puntos de monitoreo	.....	42
6. Tabla 6: : Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de mayo del 2015.	.....	49
7. Tabla 7: Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de agosto del 2015.	.....	50
8. Tabla 8: Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de noviembre del 2015.	.....	51

## LISTA DE CUADROS

1. Cuadro 1: Estándares nacionales de calidad ambiental del aire	.....	29
2. Cuadro 2: Índice de Calidad de Aire (ICA), categorizado como bueno, regular, malo, insalubre, peligrosa.	.....	30
3. Cuadro 3: Calificación, riesgo y recomendaciones del Índice de Calidad del Aire (INCA).	.....	32
4. Cuadro 4: Intervalo del INCA, teniendo en cuenta los valores de concentración y la ecuación simplificada que permite determinar el rango de asignación de la calificación de colores.	.....	32
5. Cuadro 5: Equipos y método empleados para el monitoreo.	.....	41
6. Cuadro 6: Evaluar el flujo vehicular para establecer los puntos de alto tránsito vehicular a monitorear.	.....	52

## LISTA DE GRAFICAS

1. Grafica 1: Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de mayo del 2015.	.....	49
---	-------	----

2. Grafica 2: Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de agosto del 2015.	.....	50
3. Grafica 3: Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de noviembre del 2015.	.....	51
4. Rosas de viento de mayores valores obtenidos en cada uno de los meses en los que se ejecutó el monitoreo.	.....	53

### LISTA DE IMÁGENES

1. Imagen 1: Distribución del número de partículas en función al diámetro	.....	24
2. Imagen 2: Mapa de ubicación geográfica de los tres puntos de muestreo en el distrito de Morales	.....	37

### LISTA DE ANEXOS

1. Procedimiento para determinar la concentración de material particulado (PM10).	.....	63
2. Anexo 2: Resultados de la determinación de material particulado PM <sub>10</sub> en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en los meses de mayo, agosto y noviembre del año 2015.	.....	66
3. Anexo 3: Registro de los parámetros meteorológicos en los lugares de muestreo utilizando un anemómetro compuesto por un registrador de datos y sensores meteorológicos.	.....	67
4. Anexo 4: Determinación de la muestra y submuestra para aplicación de la encuesta como instrumento en el proceso de la determinación de la concentración de material particulado PM10 en puntos de alto tránsito vehicular del distrito de Morales.	.....	68
5. Anexo 5: Instrumento	.....	71
6. Anexo 6: Resultados de la encuesta expresados en términos de porcentaje a la población del distrito de Morales.	.....	75
7. Anexo 7: Certificado de Calibración del caudalímetro.	.....	79
8. Anexo 8: Panel fotográfico correspondiente al muestreo de PM 10 con el equipo denominado Hi-vol (Ovalo del Soldado Huallaga y Segundo Ovalo de Morales respectivamente).	.....	80
9. Anexo 9: Artículo científico.	.....	81

## RESUMEN

En el distrito de Morales, la contaminación atmosférica ocurre usualmente por efecto de una o más fuentes emisoras ubicadas en el entorno. El ejemplo típico es el área céntrica de la ciudad, en las cuales se superponen los efectos de las emisiones de numerosas fuentes fijas de la actividad comercial y las emisiones provocadas por los vehículos.

El objetivo general de la presente investigación fue determinar la concentración de material particulado (PM10), en puntos de alto tránsito vehicular en el distrito de Morales. A manera de objetivos específicos tenemos: evaluar e interpretar la influencia de las variables ambientales en la concentración del material particulado en los puntos de alto tránsito vehicular; determinar el tránsito vehicular en los puntos de alto tránsito a muestrear; y estudiar alternativas viables que permitan mantener o mitigar la concentración de material particulado (PM10). Para lograr los objetivos se empleó un muestreador de alto volumen (Hi-Vol.), se efectuó mediciones de 24 horas en cada punto establecido; permitiendo recolectar muestras cada día (proceso evaluado por triplicado). Se instaló el filtro previamente pesado (Peso inicial), transcurrido las 24 horas se tomó nota de los parámetros meteorológicos, se culminó el muestreo y se procedió a retirar al filtro; para posteriormente transportarse al laboratorio y ser desecado, pesado (Peso final). Con los pesos obtenidos se procedió a determinar la concentración de material particulado (PM10).

La investigación concluye que de acuerdo al estudio realizado, en la estación de monitoreo la concentración obtenida de PM10 en dos puntos de muestreo del Distrito de Morales, no excedieron los estándares de calidad de aire establecido por la norma nacional D.S. N.º 074-2001 PCM y que los pobladores de los alrededores no se encuentran expuestos de manera directa por este contaminante ya que no existiría daño directo a su salud, con excepción de las personas con determinada sensibilidad a este contaminante.

**Palabras claves:** Material particulado, alto tránsito, flujo vehicular, índice vehicular, variables meteorológicas.

## ABSTRACT

In the district of Morales the atmosphere pollution usually happen because of one or more issuable emission source ubicated around. The typical example is the central area of the city within superimpose the effects of many sources of the trading activities and the emissions done by vehicles.

The main goal of the present research is determinate the concentration of particled material (PM10) in points with vehicle affluence in the district of Morales; and the specific goals are: Evaluate and translate the rush of the environmental variables in the concentration of the particled material in the high vehicle rush. Determinate the vehicle rush in the points of high traffic to sample; and study alternatives variables that let to keep or moderate the concetration of particled material (PM10). To get the goals we have used a sampler of high volume (Hi-vol) we have doneof 24/hours in each stablsh point; allowing that we gather samples in each day (inicial weight) passed the 24 hours we got notes of the meteorological parameters and we finished the samples and we removed the philter; and after that we went to the laboratory and it was desiccated weighted (final weight); with the weights that we had, we determinated the concentration of the paticled material(PM10).

The research concludes that according to the search we did, the concentration we have got of (PM10) in the two points of samples in the district of Morales don't surpass the quality standars of the air stablsh by the national rules D.S. N°074-2001 PCM and the citizen around aren't exposed in direct way for this pollutant and there isn't direct damage in their health except people with some sensibility with this pollutant.

**Key words:** Particled material, high traffic, vehicle effluence, vehicle registration, meteorological variables.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es la presencia en la atmosfera de sustancias no deseables, en concentraciones, tiempo y circunstancias tales que pueden afectar significativamente el confort, la salud y el bienestar de las personas o el uso y disfrute de sus propiedades. La presencia de partículas en la atmosfera, solas o combinadas con otros contaminantes, genera riesgos para la salud, afectando el sistema respiratorio humano<sup>1</sup>, aun en concentraciones bajas de partículas respirables ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), se pueden incrementar los riesgos de infecciones respiratorias agudas (IRA) e incluso episodios asmáticos<sup>2</sup>.

El término “partícula” se emplea para describir cualquier material solido o liquido dividido finamente, que es dispersado y arrastrado por el aire y que tiene un tamaño que varía entre 0.0002 y 500  $\mu\text{m}$ . Las emisiones de partículas naturales incluyen polvos, aspersión marina, emisiones volcánicas, emanaciones de la flora, e incendios de bosques. Las emisiones antropogénicas provienen de fuentes estacionarias, fuentes fugitivas (polvos de las carreteras e industrias), y fuentes móviles. Las partículas respirables se han clasificado de acuerdo a dos tamaños: las de tipo PM10 que son aquellas partículas menos a 10 micrómetros y el PM2.5 aquellas partículas menores a los 2.5 micrómetros; las primeras son aquellas partículas gruesas que en su mayoría presentan un pH básico producto de la combustión no controlada; algunas están relacionadas con la desintegración mecánica de la materia o la resuspensión de partículas en el ambiente; en el segundo agrupa a las partículas generalmente ácidas, que contienen hollín y otros derivados de las emisiones vehiculares e industriales, y corresponde a la fracción más pequeña y agresiva debido a que estas son respirables en un 100% y por ello se alojan en bronquios, bronquiolos y alveolos<sup>2</sup>.

Las exigencias del aire en las grandes ciudades del mundo, obedece principalmente a una masiva preocupación por el impacto que tienen los contaminantes atmosféricos sobre la salud de la población. En los últimos años, se ha presentado una elevada emisión de contaminantes a la atmósfera como consecuencia del aumento en la densidad de población y el progreso de la industria, este último muy ligado a la combustión

en procesos industriales y unidades vehiculares, los cuales traen consigo altas emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Material Particulado (PM) e hidrocarburos.

Bajo esta óptica, es evidente como los esfuerzos por determinar la contribución de diversas fuentes de contaminación atmosférica respecto a material particulado, se han logrado reducciones importantes en la concentración de partículas en el aire de diversas ciudades del mundo. Uno de los ejemplos más interesantes es el de la Ciudad de Santiago de Chile, que ha reducido de manera significativa las concentraciones de este contaminante, gracias a la aplicación del Modelo CMB (Chemical Mass Balance), lo cual le permitió al gobierno chileno diseñar medidas de control de la contaminación con especial énfasis en fuentes móviles, principalmente de los vehículos tipo ómnibus, logrando en 10 años, pasar de una flota de 14000 buses con 15 años de servicio en promedio, a una flota de 7500 buses con 5 años en promedio de servicio mejorando la calidad de vida de la población y reduciendo en gran medida las enfermedades relacionadas de los grupos de riesgo.<sup>3</sup>

En el Perú, la contaminación del aire se genera debido al desarrollo de actividades industriales (como la actividad pesquera o minera) y también por el deficiente parque automotor. De manera específica para Lima Metropolitana, el parque automotor y la actividad industrial son las principales causas de contaminación del aire. En efecto, según Plan Integral de Saneamiento Atmosférico – PISA de las unidades vehiculares son responsables de aproximadamente el 90% de la contaminación del aire (específicamente en PM<sub>10</sub>), mientras que el 10% restante se explica por las fuentes estacionarias (PISA, 2002). El parque automotor puede agravar los problemas en el futuro, lo que, sumado a la falta de mantenimiento de los vehículos y la ausencia o incumplimiento de las revisiones técnicas, no se logra controlar la emisión de gases contaminantes y material particulado.

En la ciudad de Segunda Jerusalén, distrito Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, departamento de San Martín-Perú, se encuentra establecida la fábrica de cemento en esta región con una capacidad aproximada de producción de 150.000 TM/año<sup>4</sup>, y que

viene funcionando desde hace 11 años; a propósito de su presencia industrial, la Red de Salud de Rioja, del Ministerio de Salud, emitió un informe que muestra que los índices de enfermedades respiratorias de la población han ido incrementándose en el período de funcionamiento de la fábrica. <sup>5</sup> Establecida la sospecha de la relación de causalidad entre cuadros de salud respiratorios y el funcionamiento de la fábrica, aun cuando el control de monitoreos ambientales específicamente de PM10 declarado por la empresa muestra una variación por debajo de la norma peruana <sup>6</sup>, diversas organizaciones locales han iniciado el estudio con mayor profundidad, llegando a confirmar la sospecha de generación de valores de material particulado que superan la normativa nacional vigente y prácticamente no viendo otra alternativa la industria en cuestión se ha visto en la obligación de implementar medidas de urgencia para el control de sus emisiones.

El distrito de Morales no es la excepción, ya que el crecimiento acelerado de la ciudad se desarrolla en la actualidad sin ninguna planificación y el desconocimiento de los principios ambientales afecta seriamente la calidad de vida y la salud de la población, en estos últimos años ha traído consigo un gran incremento de vehículos que generan un problema ambiental por la contaminación atmosférica, es así, en el presente trabajo se evaluó la concentración de material particulado menor a 10 micrómetros (PM10) siguiendo el protocolo de monitoreo establecido en la normativa nacional vigente y se determinó su concentración por el método separación inercial/filtración (gravimetría) a partir de un muestreo de alto volumen, en puntos de alto tránsito vehicular, para posteriormente interpretarse teniendo en cuenta los valores establecidos según el D.S. N.° 074-2001 PCM; llegándose a concluir que los puntos de monitoreo del Segundo Ovalo de Morales y el Ovalo el Soldado Huallaga presentan 163.89 ug/m<sup>3</sup> y 116.66 ug/m<sup>3</sup> respectivamente; en el primer caso superando los valores de los ECA y según el INCA para ambos caso clasifica como una mala calidad que según la escala de color corresponde al color naranja (rango de 101 a 200 ug/m<sup>3</sup>); mientras que en el punto de monitoreo en la zona céntrica del distrito de Morales (Plaza de armas) se determinó 89.81 ug/m<sup>3</sup>; el cual se encuentra dentro de los valores establecidos en los ECA y califica como regular según el INCA, y la escala de color corresponde al color amarillo (51 a 100 ug/m<sup>3</sup>).

## CAPÍTULO I: PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

En las últimas décadas la problemática de la contaminación del aire ha sido de primordial interés, a nivel local, regional y global, desde el punto de vista ambiental y de la salud humana. La presencia de partículas como el monóxido de carbono en áreas urbanas se ha señalado como una de las responsables de tal problemática. La Región San Martín no es ajena a esta realidad, el deterioro de la calidad del aire tiene entre sus principales causas, las emisiones atmosféricas provenientes del transporte, la industria, la actividad agropecuaria, el proceso de deposición de desechos, los incendios forestales y las fuentes domésticas, las mismas que con sus emisiones de gases contaminantes deterioran la calidad del aire; contribuyendo así al aumento de emisiones con carácter de impacto negativo. <sup>1</sup>

El material particulado proveniente de la combustión que es el conjunto de procesos físico-químicos en los que un elemento combustible se combina con otro elemento comburente ( $O_2$  gaseoso), desprendiendo luz, calor y productos químicos resultantes de la reacción (oxidación); se puede emitir directamente, en forma de carbono elemental y orgánico, o bien formarse en la atmósfera a partir de otros contaminantes. También se puede emitir material particulado al re-suspender el polvo presente en las calles producto del movimiento por acción de vehículos pesados o maquinaria pesada en general, por acción de mezclas de material de construcción u otros materiales de los que puede haber desprendimiento de material mineral. <sup>5</sup>

El origen de material particulado en la industria del transporte motorizado constituye generalmente la fuente más importante de partículas primarias, procediendo éstas de las emisiones de los motores de los vehículos, del desgaste del firme de rodadura, los neumáticos y frenos, así como de la re-suspensión del material depositado en el suelo.

Las partículas emitidas por los motores son principalmente materia carbonosa de color negro (BC, black carbón) de granulometría fina (todas las

partículas son  $< 2.5 \mu\text{m}$  y, en gran parte,  $< 0.5 \mu\text{m}$ ), mientras que las partículas generadas de forma mecánica son de granulometría gruesa. El tráfico provoca también la emisión de algunos elementos traza, tales como K, Pb, Br o Cl procedentes del motor, y Sb, Cu, Zn, Mo, Ba, Cd, Cr, Mn y Fe procedentes de la erosión de frenos y neumáticos. <sup>5</sup>

Los vehículos motorizados son uno de las principales fuentes de contaminantes atmosféricos en las ciudades, que generan tres tipos de emisiones: las emisiones por el tubo de escape, que son producto de la combustión del combustible (sea esta gasolina, diésel, u otro derivado del petróleo). También tenemos a las emisiones evaporativas que corresponden a la evaporación del combustible a la atmósfera; se trata por lo tanto de hidrocarburos (HC), y por último las emisiones por levantamiento de polvo de las calles que dependen del peso del vehículo y su velocidad de circulación, y también de características de la vía, como del tránsito promedio de vehículos en ella; por cierto, dependen también de la cantidad de material sólido depositado en las calles, susceptible de ser levantado por los vehículos que circulan. <sup>1</sup>

En nuestra localidad, las unidades de transporte como motos y motocarros, no son ajenos a la emisión de compuestos, siendo el material particulado uno de los de mayor interés en la ciudadanía, las consecuencias relacionadas con la presencia de altos niveles de material particulado (MP) y gases tóxicos (GT) emitidos como resultado de los procesos de combustión parcial por el uso de combustibles fósiles en la atmósfera, están altamente relacionadas con enfermedades cardiorrespiratorias en el hombre, deterioro de materiales y otros efectos.

Bajo este contexto en el distrito de Morales, la contaminación atmosférica ocurre usualmente por efecto de una o más fuentes emisoras ubicadas en el entorno. El ejemplo típico es el área céntrica de la ciudad, en las cuales se superponen los efectos de las emisiones de numerosas fuentes fijas de la actividad comercial y las emisiones provocadas por los vehículos. Aunque a menudo la

contaminación del aire no ha sido considerada entre los problemas ambientales de mayor repercusión en la salud de la población del distrito, situaciones tales como deficiencias de la planificación física urbana e industrial, y el ineficiente control de emisiones a partir de fuentes estacionarias y urbanos estén expuestos, en gran medida a la acción directa de diversos contaminantes del aire y en consecuencia a sus efectos nocivos sobre la salud de la población.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.1.1. Problema General.**

- ¿Cuál será la concentración de material particulado (PM10) en puntos de alto tránsito vehicular del distrito de Morales - San Martín 2015?

### **1.1.2. Problemas Específicos.**

- ¿Cómo influirán las variables ambientales en la concentración del material particulado en los puntos de alto tránsito vehicular?
- ¿Cuál será el tránsito vehicular en los puntos de alto tránsito a muestrear?
- ¿Qué alternativas de solución se podría plantearse en caso que los valores encontrados superen los estándares de calidad ambiental?

## **1.3. Objetivo: General y específicos**

### **1.1.3. Objetivo General.**

- Determinar la concentración de material particulado (PM10) en puntos de alto tránsito vehicular del distrito de Morales - San Martín 2015.

### **1.1.4. Objetivos Específicos.**

- Evaluar e interpretar la influencia de las variables ambientales en la concentración del material particulado en los puntos de alto tránsito vehicular.
- Determinar el tránsito vehicular en los puntos de alto tránsito a muestrear.

- Estudiar alternativas viables que permitan mantener o mitigar la concentración de material particulado (PM10).

#### **1.4. Justificación**

El aire es un recurso indispensable que, así como sucede con muchos otros, recibe el embate de la contaminación generada por el hombre y también una aportación de la misma naturaleza. El impacto de la contaminación atmosférica es un tema de vital importancia que influye en el medio ambiente, el hombre, otros seres vivos y en general el futuro de nuestro planeta.

De tal manera el presente trabajo se sustenta a través de la situación actual que se vive el distrito de Morales, donde la concentración de contaminación por material particulado (PM10) debido al incremento de la demanda de transporte masivo y el crecimiento demográfico acelerado, insta la necesidad de frenar la contaminación para restablecer el equilibrio ecológico y el bienestar de la población. Se urge, que las instituciones como la municipalidad, el OEFA y otras establezcan cronogramas de monitoreo y control; así como las universidades y centros de investigación realicen trabajos relacionados para determinar las posibles causas relacionadas y se propongan alternativas de solución viables.

De esta manera, se espera que el presente trabajo se constituya como una herramienta de importancia ofreciendo resultados útiles que nos permitirá conocer el grado de contaminación en los lugares de estudio, reconociendo situaciones reales de la concentración del material particulado, para de esta manera tomar las medidas correspondientes por parte de las autoridades locales, regionales así como de las autoridades ambientales nacionales encargadas de la protección de las poblaciones y el medio ambiente. Además, constituirá una fuente principal de información en la determinación de partículas tipo PM10 que contribuya la determinación de soluciones viables para la reducción de emisiones de contaminantes y la mejora de la calidad del aire, todo con el fin de contribuir en post de una mejor calidad de vida de la población dentro de las áreas de influencia.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

**MARTÍN, Paula Beatriz. (2013). “Concentración de material particulado en aire en la ciudad de Buenos Aires”:** En este trabajo se aplica el modelo de dispersión atmosférica urbana DAUMOD, teniendo como objetivo general estimar la concentración de PM total en suspensión en la Ciudad de Buenos Aires. Asimismo, se presentan los principales resultados obtenidos para el inventario de emisiones de material particulado total en la ciudad. El inventario incluye las emisiones generadas por fuentes a reales (residencias, comercios, pequeñas industrias, vehículos, aviones que operan en el Aeroparque de la Ciudad de Buenos Aires) y puntuales (chimeneas de las Centrales Térmicas Generadoras de Electricidad). Los vehículos (transporte automotor de pasajeros, autos, taxis, camiones y camionetas) son responsables del 94.7% de la emisión total anual de material particulado total. Los resultados del modelo DAUMOD, verificados con los valores observados por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires en Palermo son satisfactorios y permiten obtener la distribución de la concentración horaria de fondo de material particulado total en suspensión en la ciudad. La distribución espacial de la concentración horaria no es homogénea y las zonas con niveles más altos de concentración de material particulado total en suspensión varían de acuerdo con las condiciones atmosféricas y la hora del día. De los resultados obtenidos se puede concluir que, si se dispone de la distribución espacial de la fracción másica de PM10 y de PM2.5 en el material particulado total en la ciudad, el modelo permite estimar las concentraciones en aire de estos contaminantes.

**MATÍAS, María. (2013). “Análisis de procesos de control de la contaminación del aire en una fundición minera y evaluación de la calidad del aire en una ciudad situada en su área de influencia”. Lima – Perú:** En el presente trabajo se realizó un análisis del proceso pirometalúrgico de la producción de cobre, del proceso químico de la conversión de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) a ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y de la dispersión de los contaminantes más importantes emitidos o que influyen en la

calidad ambiental en el área de influencia de la fundición, los cuales son dióxido de azufre y material particulado (PM2.5 y PM10).

El objetivo del presente trabajo es evaluar la concentración de material particulado y SO<sub>2</sub> para poder determinar si los niveles que se detectan están por debajo de los límites máximos permisibles. Asimismo, se hará un análisis de los procesos químicos y físicos de control de emisiones.

Se ha comprobado que las inmisiones son mayores en la estación E2 por ubicarse más cerca de la fuente emisora, a 10 Km, estando en el rango de 10-30 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, 5-15 µg/m<sup>3</sup> PM2.5 y 20-60 µg/m<sup>3</sup> PM10; mientras que en E1, a 15 Km de la fuente, las concentraciones están entre 5-15 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, 7.5-12.5 µg/m<sup>3</sup> PM2.5 y 30-50 µg/m<sup>3</sup> PM10. Las emisiones fugitivas en el proceso contribuyen en gran medida en el aumento de inmisiones; los equipos de control de material particulado funcionan de manera eficiente ya que los niveles de concentración de PM2.5 y PM10 son bajos y en la mayoría de los casos no exceden el ECA; en situaciones de vientos en “calma” y dirección desfavorable hay aumento en los niveles de inmisión; la dirección predominante del viento es de sur a norte, con lo cual se observa que la fundición en estudio está ubicada adecuadamente, ya que minimiza los impactos en la calidad del aire en el área de influencia.

Como conclusiones se obtuvieron que a mayor distancia de la fuente emisora haya menor concentración de dióxido de azufre, es decir, menor impacto, debido a la dispersión atmosférica. La concentración de material particulado PM2.5, se ve influenciado no sólo por las emisiones antropogénicas provenientes de la fundición, sino también por el denominado “aerosol marino”; en este caso de estudio, el mar está muy cercano a la fuente emisora (a una distancia promedio de 800 metros); así como, a las estaciones de calidad del aire.

**MEZA, Lourdes M. (2012). “Estimación de Factores de Emisión de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, en Vías Urbanas en Mexicali, Baja California, México”.** El objetivo de esta investigación fue estimar los factores de emisión (FE) que permitan valorar la cantidad de material particulado de las vías pavimentadas y no pavimentadas de la ciudad de Mexicali, Baja California, México. Se empleó el modelo AP-42 de la US EPA, bajo un diseño estadístico al azar, correspondiente a 60 sitios de muestreo en un mapa georeferenciado con proyección UTM 11 Norte. Se obtuvieron los valores de carga y porcentaje de sedimento menor a 75 µm en laboratorio, velocidad y número de vehículos, en campo. Las estimaciones de los FE corresponden a 0.92 Kg. PM<sub>10</sub>/VKT y 0.73 Kg. PM<sub>2.5</sub>/VKT en vías pavimentadas y 2.33 Kg. PM<sub>10</sub>/VKT y 0.58 Kg. PM<sub>2.5</sub>/VKT en vías no pavimentadas, respectivamente. Llegando a la conclusión que el valor de FE propio determina la cantidad de material particulado a suspenderse y la relación de los factores de emisión (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) en ambas vías indica que es necesario hacer mantenimiento y control del tránsito de los vehículos.

**FRANCO, Juan Felipe, et al. (2012). “Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto”:** Se presenta un estudio piloto en el que se caracterizaron los niveles de material particulado respirable (PM<sub>10</sub>) en cuatro colegios distritales (CD) en Bogotá. Tres de estos Colegios Distritales estaban ubicados en inmediaciones de vías consideradas de alto tráfico vehicular, por las que circulan diferentes tipos de transporte público (colectivo convencional y masivo). El Colegio Distrital restante (utilizado como sitio control para el experimento) se encontraba ubicado sobre una vía en una zona semi-rural de la ciudad. La determinación de las concentraciones atmosféricas de PM<sub>10</sub> se realizó utilizando técnicas de medición gravimétricas y en tiempo real.

Los niveles medios de PM<sub>10</sub> registrados en los CD se encuentran en un rango entre 55 y 91 µg/m<sup>3</sup>. Estas cifras indican que las concentraciones del contaminante al interior de las instituciones educativas exceden los valores considerados como nocivos para poblaciones sensibles por la Organización Mundial

de la Salud. Se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de PM10 encontradas en el CD seleccionado como control y las concentraciones encontradas en los otros CD. Los resultados aquí presentados corresponden a la línea base de un estudio longitudinal que aún está en desarrollo y evidencian la necesidad de continuar con investigación orientada a caracterizar el rango de concentraciones de material particulado en las inmediaciones de las principales vías de la ciudad de Bogotá.

Entre las conclusiones podemos destacar que el análisis realizado en este estudio piloto sugiere que los niveles de concentración de material particulado en las inmediaciones de los colegios distritales evaluados son elevados y superiores a los valores de referencia que han sido considerados como nocivos para la salud de poblaciones sensibles por la OMS. Las concentraciones registradas son de especial preocupación teniendo en cuenta que los menores permanecen en sus instituciones educativas por periodos de ocho horas o más.

**Revista EIA. (2011) “Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, COLOMBIA”:** Este trabajo de investigación presenta los resultados de la estimación de contaminantes atmosféricos (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM10 y COV) provenientes de fuentes móviles en la zona urbana del municipio de Envigado para el año 2010. Se utilizó información de vehículos matriculados en el municipio, aforos, distribución y actividad vehiculares. Las emisiones fueron estimadas mediante los factores establecidos en el método IVE que mejor se ajustaron a los patrones de movilidad, características del parque automotor y tipo de combustibles presentes en la zona de estudio. Como resultado, fue posible estimar las emisiones horarias y diarias de los contaminantes analizados, y con la ayuda de un sistema SIG, se representaron gráficamente. A partir de los resultados, se concluyó que las mayores emisiones se presentaron sobre las vías con mayor tránsito vehicular (Carrera 50 o Avenida Regional, carrera 48 o Avenida Las Vegas, carrera 43A o Avenida El Poblado y vía paralela a la quebrada La Ayurá); el mayor aporte lo hace el monóxido de carbono

(CO) con 18,4 t d-1 (71,3 %), la hora del día con mayor emisión de este contaminante es las 12:00 horas con 1,4 t h-1 (7,4 %) y la categoría vehicular que más aporta a los niveles ambientales con este contaminante es Autos con 8,3 ton d-1 (32,7 %).

## 2.2. Bases teóricas

**Material particulado:** El Material Particulado consiste principalmente en partículas de carbón no quemado, sulfatos, nitratos, amonio, cloro, y partículas de metales como hierro, mercurio y plomo que al ser emitidas permanecen suspendidas en el aire. Dependiendo del tamaño éstas se clasifican en: PM10, partículas con diámetro por debajo de 10 micras, y PM2.5, partículas con diámetros inferiores a 2.5 micras. Estudios realizados han demostrado que éstas últimas tienen un gran efecto negativo sobre la salud humana, debido a que pueden entrar con facilidad en las vías respiratorias y alterar la actividad alveolar, causando las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA).<sup>12</sup>

**Material Particulado-PM10:** 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.<sup>13</sup>

**Material Particulado - PM 2.5:** Corresponde a la fracción fina del MP2.5, con un diámetro aerodinámico inferior a 2,5  $\mu\text{m}$ , lo que les permite penetrar más por el sistema respiratorio llegando a los alvéolos pulmonares.

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.<sup>13</sup>

### **Características del material particulado**

**Tamaño:** El tamaño de las partículas suspendidas es una característica muy importante, porque mientras más pequeño sea su diámetro aerodinámico mayor será su capacidad de penetrar a áreas más profundas del sistema respiratorio; por lo tanto, en función de esta característica, la clasificación de las partículas se ha ido modificando a lo largo del tiempo, debido principalmente a los resultados de numerosas investigaciones sobre los efectos de las partículas ambientales en la salud humana.

Originalmente, el indicador de la calidad del aire referente a las partículas era solo para las partículas suspendidas totales (PST), las cuales comprenden un rango de tamaño entre 0.005 y 100 micrómetros o micras ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro aerodinámico; sin embargo, la mayoría de las partículas presentes en la atmósfera tienen un tamaño menor a 40  $\mu\text{m}$ . Posteriormente, algunas investigaciones sobre los efectos de las partículas ambientales en la salud se enfocaron en partículas que pueden ser inhaladas por el sistema respiratorio, y se encontró que las partículas de diámetro aerodinámico menor a 10  $\mu\text{m}$  (PM10) tienen esta característica; a estas partículas se les conoce también como fracción respirable o inhalable. Sin embargo, actualmente la atención se ha centrado menos en las partículas gruesas y más en las partículas finas y ultrafinas, comprendidas dentro de las PM10. La fracción gruesa la componen las partículas cuyo diámetro aerodinámico se encuentra entre 2.5 y 10

$\mu\text{m}$  (PM<sub>2.5-10</sub>), la fracción fina comprende las partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5  $\mu\text{m}$  (PM<sub>2.5</sub>), y las ultrafinas se refieren a las partículas menores a 1  $\mu\text{m}$  (PM<sub>1</sub>).<sup>14</sup>

**Origen:** Se pueden identificar cuatro grandes fuentes de material particulado de origen antropogénico:

- a) **Procesos Industriales y de Combustión:** Emisiones puntuales y de área.
- b) **Procesos fugitivos (Industriales):** Proveniente del arrastre causado por el viento de materiales almacenados, carreteras de plantas industriales sin pavimentar, manejo de materiales industriales, su cargamento y operaciones de transferencia de lugar.
- c) **Procesos fugitivos no Industriales:** Proveniente de la erosión de carreteras públicas sin o con pavimento, operaciones agrícolas, construcción, y quemas intencionadas, controladas o no.
- d) **Transporte:** Proveniente de los vehículos y del desgaste de frenos, embragues, llantas, etc.

Dependiendo de dónde provengan las partículas, su tamaño varía, y se debe tener en cuenta en qué condiciones son producidas y a partir de qué materiales.

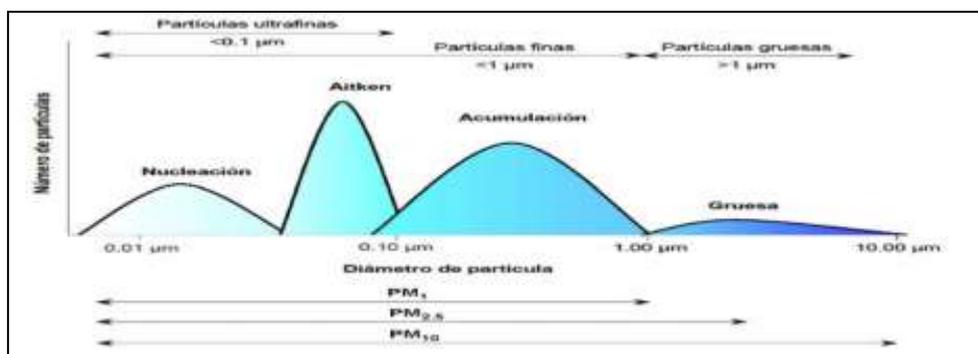
13

**Distribución granulométrica:** Las partículas atmosféricas en suspensión pueden tener diferentes tamaños y el diámetro puede variar entre nanómetros (nm) y decenas de micras ( $\mu\text{m}$ ). Los distintos rangos de tamaños de partícula se denominan “modas” y están relacionados en su mayoría con el mecanismo de formación. Así, las modas principales son: nucleación (< 0.02  $\mu\text{m}$ ), Aitken (0.02-0.1  $\mu\text{m}$ ), acumulación (0.1-1  $\mu\text{m}$ ) y moda gruesa (> 1  $\mu\text{m}$ ). La denominación de las partículas varía en función del ámbito de estudio. En ciencias atmosféricas se denominan “partículas ultrafinas” a las partículas de diámetro inferior a 0.1  $\mu\text{m}$  y “partículas finas” a aquellas partículas de diámetro < 1  $\mu\text{m}$ , mientras que en epidemiología esta última definición abarca hasta las partículas de diámetro < 2.5  $\mu\text{m}$ .<sup>15</sup>

Por lo tanto, en estudios epidemiológicos se hace referencia a partículas gruesas a partir de 2.5  $\mu\text{m}$  de diámetro, mientras que en ciencias de la atmósfera se consideran gruesas las partículas de diámetro superior a 1  $\mu\text{m}$ . Las modas expuestas suelen diferenciarse cuando las medidas se realizan sobre la concentración en número de partículas.

Para el estudio de la calidad de aire se suelen utilizar concentraciones de PM en masa ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y, por lo general, no se distinguen las modas expuestas, sino que las partículas se clasifican en otras fracciones granulométricas: PST, PM10, PM2.5 y PM.

El término PST se refiere a las partículas en suspensión totales, mientras que los términos PM10, PM2.5 y PM1 corresponden a las partículas con diámetro inferior a 10, 2.5 y 1  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Concretamente, se define PM10, PM2.5 y PM1 como la masa de partículas que atraviesa un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 10, 2.5 y 1  $\mu\text{m}$ , respectivamente, con una eficiencia de corte del 50 %.<sup>16</sup>



**IMAGEN 01: Distribución del número de partículas en función del diámetro.**  
*Fuente: USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2008)*

a) **Moda de nucleación (< 0,02  $\mu\text{m}$ ): Moda gruesa (> 1  $\mu\text{m}$ ):** La mayor concentración en número de partícula se encuentra entre 5-15 nm. Son atribuidas a precursores como  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_3$  y vapor de agua. La vida media de estas partículas en la atmósfera es del orden de horas ya que coagulan rápidamente con otras partículas o incrementan de tamaño por condensación. La nucleación

se ve favorecida por descensos en la temperatura y/o incrementos en la humedad relativa.<sup>9</sup>

- b) **Moda Aitken (0,02-0,1  $\mu\text{m}$ ):** Mucho se desconoce aún acerca de la composición química de estas partículas, aunque es muy probable que las de origen secundario se formen por procesos de coagulación a partir del modo de nucleación, por condensación y/o por reacciones en fase líquida (con compuestos inorgánicos).<sup>3</sup>
  
- c) **Moda de acumulación (0,1 – 1  $\mu\text{m}$ ):** La mayor densidad de partículas se registra entre 150-250 nm. En la atmósfera, las partículas de la moda Aitken crecen hasta formar parte de la moda de acumulación por medio de reacciones en fase líquida que tienen lugar en gotas de agua en las nubes. La transferencia de masa es máxima en la nube a pesar del escaso tiempo de reacción, debido al elevado volumen de agua y la velocidad de reacción en las nubes. Aproximadamente el 90% del sulfato que se forma en la atmósfera es originado por la oxidación en fase líquida del dióxido de azufre en las. El tiempo de residencia en la atmósfera es máximo para las partículas de esta moda.<sup>17, 19</sup>
  
- d) **Moda gruesa (> 1  $\mu\text{m}$ ):** En términos de calidad del aire y epidemiología esta moda comprende las partículas de diámetro >2,5  $\mu\text{m}$ . La mayor parte de las partículas en esta moda se forman por procesos mecánicos tales como la erosión de la superficie terrestre. El crecimiento de las partículas de diámetro <1  $\mu\text{m}$  no puede dar lugar a partículas de diámetro >1  $\mu\text{m}$ . Por otra parte, los procesos mecánicos que generan las partículas primarias no pueden normalmente producir partículas de diámetro <1  $\mu\text{m}$  debido a limitaciones energéticas. Consecuentemente, la transferencia de partículas entre diferentes modas se encuentra con un límite en torno a 1  $\mu\text{m}$ . Las partículas <1  $\mu\text{m}$  son denominadas partículas finas, mientras que aquellas de diámetro >1  $\mu\text{m}$  son gruesas.<sup>18, 20</sup>

### **Efectos del material particulado:**

#### **a) Efectos del PM 2.5 en la salud**

Su tamaño hace que dichas partículas sean 100% respirables, ya que pueden viajar profundamente en los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los alvéolos pulmonares.

Las partículas PM 2.5 están asociadas con numerosos efectos negativos sobre la salud como: Aumento en la frecuencia de cáncer pulmonar, muertes prematuras, síntomas respiratorios severos, irritación de ojos y nariz.<sup>17, 24</sup>

#### **b) Efectos del PM10 en la salud**

El material particulado PM10 está asociado a: Tos severa, reducción del funcionamiento de los pulmones bronquitis, obstrucción crónica pulmonar, arterioesclerosis.

La exposición prolongada o repetitiva a las PM<sub>10</sub> puede provocar efectos nocivos en el sistema respiratorio de la persona, no obstante, son menos perjudiciales que las PM<sub>2.5</sub> ya que, al tener un mayor tamaño, no logran atravesar los alveolos pulmonares, quedando retenidas en la mucosa que recubre las vías respiratorias superiores.<sup>24</sup>

La mayoría de estas partículas precipitan en la tierra, provocando una capa de polvo en la superficie que puede afectar seriamente a la salud tanto de los organismos terrestres como los organismos acuáticos.<sup>17</sup>

**Método de medición de material particulado:** Entre los cuales existen varios métodos para la medición de material particulado, entre los cuales tenemos el método gravimétrico, este método puede ser dividido en varias maneras: método gravimétrico mediante captación de partículas en envases abiertos, Método Gravimétrico mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal. Existen

también métodos alternativos que son utilizados en varios casos como son: métodos de medición continua, como Micro balanza Oscilante o Atenuación Beta.

En el caso de los laboratorios de física se usan diferentes tipos de herramientas de medición, cada una de ellas con sus propios sistemas de medición.

1. **La balanza** es un instrumento que mide la masa de una sustancia o cuerpo, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre dicha masa. Los tipos de balanza y sus principales características pueden ser:
  - a) **Balanza granataria:** posee una capacidad de 2600 gramos, una sensibilidad de hasta 0,01 gramo, aunque su velocidad de pesado es un tanto lenta.
  - b) **Balanza analítica:** posee una capacidad de 200 gramos, una sensibilidad de hasta 0,1 miligramo, es de un solo platillo y su velocidad de pesado es alta.
  - c) **Balanza semi-micro:** posee una capacidad de 100 gramos, una sensibilidad de hasta 0,01 miligramo, es de un solo platillo y su velocidad de pesado es alta.
  - d) **Balanza de pesa deslizante:** Dispone de dos masas conocidas que se pueden desplazar sobre escalas, una con una graduación macro y la otra con una graduación micro.
  - e) **Balanzas electrónicas:** La operación de una balanza electrónica moderna está claramente definida en el manual de operación que suministran los fabricantes.<sup>6</sup>
  
2. En el caso de una **estufa o incubadora**, la calibración es especialmente importante al ser la temperatura un factor crítico en el correcto desarrollo. Los tipos de estufas pueden ser:

- a) **Estufas de secado y esterilización**, utilizadas en todos los procesos de secado de diverso material de laboratorio o material de vidrio en general, circuitos impresos, gránulos y polvos, etc.
- b) **Estufas de secado al vacío**, es desarrollada para aplicaciones de tratamientos térmicos y secado de productos sensibles al calor.<sup>6</sup>

### Legislación ambiental

Decreto Supremo N° 074-2001 PCM. Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad de Aire.

**Tabla 1:** Equipos y método de análisis

Contaminante	Periodo	Valor (ug/m <sup>3</sup> )	Método de análisis
PM10	24 horas	150	Separación inercia/filtración (Gravimétrico)

**FUENTE:** D.S.N° 074-2001 – PCM.

**Estándar de Calidad Ambiental (ECA)** es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.<sup>8</sup>

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 material particulado menor o igual a 10 micrómetros (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 teniendo en cuenta las variaciones estacionales<sup>4</sup>.

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTÁNDAR		MÉTODO DE ANÁLISIS
		VALOR (ug/m <sup>3</sup> )	FORMATO	
Dióxido de azufre	Anual	80	Media aritmética anual.	Fluorescencia UV (mét. automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año.	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año.	
Monóxido de carbono	8 horas	10000	Promedio móvil.	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (mét. automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez/año.	
Dióxido de nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual.	Quimioluminiscencia (mét. automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año.	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año.	Fotometría UV (mét. automático)
Plomo	Anual			Método para PM-10 (espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año.	
Sulfuro de hidrógeno	24 horas			Fluorescencia (mét. automático)

### Cuadro 1: Estándares nacionales de calidad ambiental del aire

(Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico. NE significa no exceder)

**FUENTE:** D. S. N° 003-2008-MINAM "ECA".

### Índice de calidad del Aire (INCA)

El Índice de Calidad del Aire (INCA) califica el estado de la calidad del aire de una determinada zona. Presenta la información de calidad del aire en números y colores facilitando que las personas tomen conocimiento de los niveles de exposición a determinados contaminantes.

**Definición de contaminantes criterio:** El INCA se basa en las mediciones de seis contaminantes primarios, en el que se incluye al material particulado. La quema de combustibles como carbón, gas, petróleo, madera de motores, hornos, estufas, calderos e incineradores liberan partículas a la atmósfera. También se producen en actividades como la construcción, fundiciones, elaboración de cemento, cal, entre otros y por su composición generan efectos nocivos en la salud como problemas respiratorios sobre todo en personas asmáticas y con problemas cardiovasculares, asimismo puede ocasionar daños en el tejido pulmonar, mortalidad prematura y en algunos casos cáncer. De acuerdo a su diámetro las partículas se clasifican en Material Particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM10) y Material Particulado con diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5).

**Valores del INCA:** El índice de calidad del Aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de calidad Ambiental de Aire.

Para un mejor entendimiento el INCA se divide en 4 niveles de cuidado para la salud. La banda de color verde comprende valores del INCA de 0 a 50 y significa que la calidad del aire es buena; la banda de color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire; la banda de color anaranjado se encuentra comprendida entre los valores 101 y el valor umbral de cuidado para cada contaminante, lo que nos indica que la calidad del aire es mala; finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que la calidad del aire se encuentra en el umbral de cuidado, el cual corresponde a la aplicación de los estados de alerta por parte de la autoridad de salud.

CALIFICACIÓN	VALORES DEL INCA	COLORES
Buena	0 – 50	Verde
Moderada	51 – 100	Amarillo
Mala	101 – Valor umbral de contaminante	Anaranjado
Umbral de cuidado	> Valor umbral de contaminante	Rojo

**Cuadro 2:** Índice de Calidad de Aire (ICA), categorizado como bueno, regular, malo, insalubre, peligrosa.

**FUENTE:** R. M. 112 INCA - MINAM, 2015.

**Elección del medio:** Estas bandas de colores utilizadas para representar y calificar el estado de la calidad del aire toman en cuenta conceptos ya posicionados en la población, como, por ejemplo, los colores del semáforo y del espectro de luz como el arco iris.

Estos conceptos sencillos de entender por la población representan un referente conocido y por ende confiable que posibilita entender mejor el estado de la calidad del aire. En general, es preferible no tener más de 5 categorías de colores, además de no usar condiciones que compliquen (por ejemplo, muy mala o insalubre y poco saludable) o confundan con respecto a la interpretación de la calidad del aire.

Por otro lado, es muy importante colocar los riesgos y recomendaciones que implica cada color o estado de la calidad del aire para orientar y evitar la incertidumbre frente a la mala calidad del aire.

De acuerdo a lo señalado por estos índices, las personas se orientan a preguntarse las posibles causas o fuentes que generan una mala calidad del aire, de esa manera se estaría cultivando un interés cada vez mayor de la población por la preservación de un aire limpio, generando un cambio de actitud y comportamiento frente a esta problemática.

Cada categoría corresponde a los diferentes niveles de cuidado que se deben tener en cuenta para la protección de la salud, a continuación, se describen los riesgos y las recomendaciones para cada una de ellas:

CALIFICACIÓN	RIESGO	RECOMENDACIONES
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	Las personas de los grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos síntomas respiratorios.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para los grupos vulnerables.
Mala	Las personas de los grupos sensibles podrían experimentar daños a la salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.

Umbral de cuidado	Toda la población puede verse afectada gravemente en la salud.	Implementar estados de alerta.
-------------------	--	--------------------------------

**Cuadro 3:** Calificación, riesgo y recomendaciones del Índice de Calidad del Aire (INCA).  
**FUENTE:** R. M. 112 INCA - MINAM, 2015.

### Cálculo del Índice de Calidad del Aire (INCA)

Los valores del INCA fueron calculados tomando como referencia los ECA y como rango final, el valor umbral de aplicación de los estados de alerta. Las ecuaciones de cálculo figuran en los cuadros siguientes:

#### MATERIAL PARTICULADO (PM-10)

Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (ug/m <sup>3</sup> )	Ecuación simplificada
0 – 50	0 – 75	$I [ PM 10 ] = C[PM10]*100/150$
51 – 100	76 – 150	
101 – 167	151 – 250	
> 167	> 250	

**Cuadro 4:** Intervalo del INCA, teniendo en cuenta los valores de concentración y la ecuación simplificada que permite determinar el rango de asignación de la calificación de colores.  
**FUENTE:** R. M. 112 INCA - MINAM, 2015.

## 2.3. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis General

- Concentraciones superiores a 150 ug/m<sup>3</sup> de material particulado (PM10), en los puntos evaluados podría estar influenciado por el tránsito vehicular elevado en el distrito de Morales - San Martín 2015 y ello determinará la contaminación del aire.

### Hipótesis nula

- Concentraciones inferiores o iguales a 150 ug/m<sup>3</sup> de material particulado (PM10), en los puntos evaluados no tendrá relación con el tránsito vehicular del distrito de Morales - San Martín 2015 y ello no determinará la contaminación del aire.

### 2.3.2. Hipótesis Específicos

- Registros altos de humedad permitirán que el material particulado (PM10) precipite con facilidad, mientras que una temperatura elevada

permitirá mantenerlo en suspensión y una velocidad de viento considerable transportara a otros ambientes.

- Los puntos donde se realizará la evaluación presentaran registros de alto tránsito vehicular respecto u otros dentro de la ciudad de Morales.
- El planteamiento y ejecución de un plan de control y monitoreo permitirá mantener o mitigar los valores de la concentración de material particulado dentro de los estándares de calidad ambiental.

## **2.4. Variables de Estudio**

### **Variables independientes**

- Tránsito vehicular

### **Variable dependiente**

- Concentración del material particulado (PM10)

### **Variable Interviniente**

- Parámetros ambientales.

### **Operacionalización de variables**

**Tabla N° 2:** Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b> Tránsito vehicular.	Fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos) y el de peatones	El cronómetro es uno de instrumentos cuya función sirve para medir fracciones de tiempo, normalmente cortos y con exactitud con relación al tránsito vehicular en el distrito de Morales.	Tránsito vehicular presente en el área de estudio	Cantidad de tránsito vehicular	Razón/proporción.  Continua.  Razón/proporción.  Razón/proporción. Continua.  Razón/proporción.
<b>INDEPENDIENTE</b> Concentración de material particulado (PM10).	Valor numérico de la concentración del material particulado factible a ser determinado por métodos estándares (gravimétrico).	El método gravimétrico es un método de referencia para determinación de material particulado, que incluye todo material que condense arriba de la temperatura de filtrado, que puede ser empleado para calibrar métodos continuos. La cantidad de material particulado es función de la temperatura y la presión, por lo que estas deben ser medidas.	Material particulado presente en el aire.	Concentración de material particulado.	Razón/proporción. Continua: m <sup>3</sup> /s  Razón/proporción. Continua: mg/L  Razón/proporción: Individuos  Cualitativas, nominales. Razón/proporción.

**FUENTE:** *Elaboración propia, 2015.*

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. **Ámbito de Estudio**

El desarrollo de la investigación se realizó en EM-1 Segundo Ovalo de Morales, EM-2 Ovalo del Soldado Huallaga, EM-3 Plaza de Armas del Distrito de Morales. La misma que presenta una ubicación geográfica de latitud sur: 06° 36' 15", longitud oeste: 76° 10' 30" y una altitud: 283 m.s.n.m. en la capital del distrito, Morales.

#### **Social**

El presente proyecto involucra a la población que se encuentran asentadas en lugares que presenten alto tránsito vehicular del Distrito de Morales; la misma que tras la ejecución del proyecto, la implementación y ejecución de programas como el de control y monitoreo o en el caso que se superen los estándares de calidad ambiental un programa de minimización en coordinación con las autoridades pertinentes; resultando de vital importancia para la población involucrada y el ambiente en general del mencionado distrito.

#### **Espacial**

La ubicación política y geográfica del Distrito de Morales es como sigue:

- **Ubicación Política**

País: Perú.

Región: San Martín.

Provincia: San Martín.

Distrito: Morales.

- **Ubicación Geográfica**

El Distrito de Morales está ubicado entre las coordenadas:

Latitud sur: 06° 36' 15".

Longitud oeste: 76° 10' 30".

Altitud: 283 m.s.n.m. en la capital del distrito, Morales (Ver Mapa 1)

## **Extensión y Población**

- **Extensión**

La extensión territorial del distrito de Morales es de 162,500 Km<sup>2</sup>.

- **Población**

Considerando los resultados del último censo nacional de población y vivienda (año 2007), sistematizado por el INEI. El distrito de Morales tiene una población de 23,561 habitantes.

## **Densidad Poblacional**

- La densidad poblacional es de 582.7 habitantes/Km<sup>2</sup>.

## **Límites y Acceso.**

- **Límite:**

- ✓ POR EL NORTE: Con el distrito de San Antonio de Cumbaza.
- ✓ POR EL SUR: Con el distrito de Juan Guerra.
- ✓ POR EL OESTE: Con el distrito de Cacatachi.
- ✓ POR EL SUROESTE: Con el distrito de Cuñumbuque.
- ✓ POR EL OESTE: Con el distrito de Tarapoto.

- **El Distrito de Morales.**

Al distrito de Morales, con su capital Morales, donde está instalada su palacio Municipal se encuentra a 03 kilómetros del distrito Capital de la Provincia de San Martín, Tarapoto y a 120 kilómetros de la ciudad capital del departamento, Moyobamba.

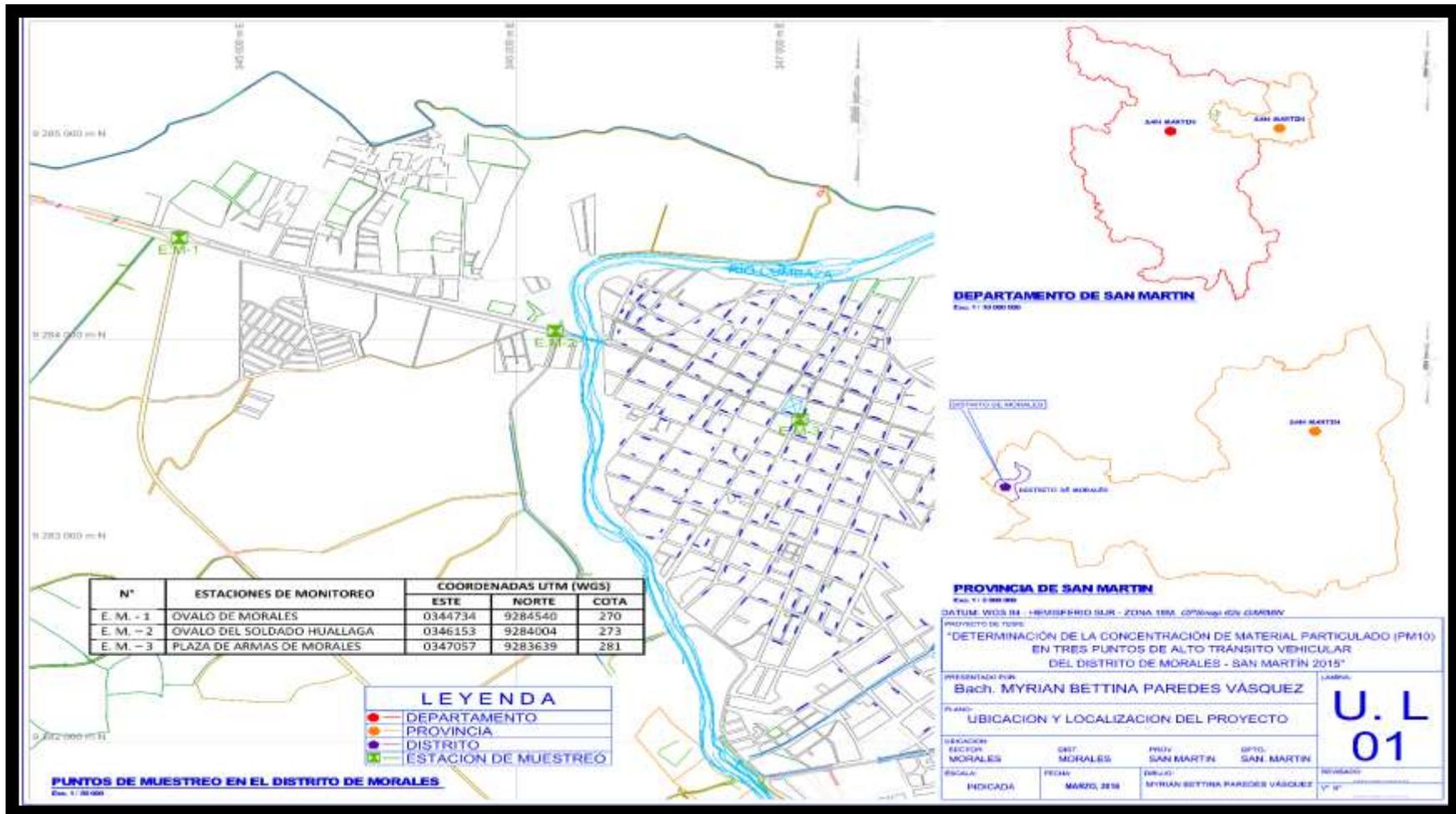


Imagen 02: Mapa de la ubicación geográfica de los tres puntos de muestreo en el Distrito de Morales.  
Fuente: Elaboración propia, 2015.

### **Temporal**

El tiempo estimado para desarrollar el presente trabajo es de doce (12) meses, que comprende los meses de enero del 2015 a enero del año 2016.

### **3.2. Tipo de Investigación**

La investigación es de tipo **aplicativo**<sup>23</sup>, porque se hizo los muestreos para determinar el material particulado en los tres puntos de alto tránsito vehicular en el distrito de Morales, para luego hacer comparaciones con los LMPS o ECAS.

### **3.3. Nivel de investigación**

La investigación corresponde a un nivel **descriptivo**<sup>23</sup>, ya que permite investigar fenómenos poco estudiados, teniendo como propósito evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables (en un contexto en particular). Los estudios cuantitativos correlacionales miden el grado de relación entre esas dos o más variables (cuantifican relaciones). Es decir, miden cada variable presuntamente relacionada y después también miden y analizan la correlación.

### **3.4. Método de Investigación**

El presente proyecto se desarrolló en las siguientes etapas:

#### **ETAPA 1: Revisión bibliográfica y coordinación para la obtención de equipos y materiales**

- Búsqueda de libros, revistas, documentos indexados y otros artículos virtuales que permitan obtener la información bibliográfica necesaria para la ejecución del presente trabajo.
- Coordinación con la consultora DMS INGENIERÍA ASOCIADA S.R.L. para el alquiler del equipo de monitoreo (Hi-vol).

**ETAPA 2: Determinación de los puntos de muestreo y preparación de materiales y equipos.**

- Evaluar el flujo vehicular (número de unidades vehiculares en un tiempo determinado) en las horas punta (donde la población se dirige a sus centros de trabajo, estudios, etc.) para determinar los puntos de alto tránsito a monitorear.
- Con ayuda de un GPS se procedió a determinar la ubicación espacial de los puntos de muestreo.
- Verificación de los equipos a utilizarse en el monitoreo (Ver tabla 3) que estén debidamente calibrados por los organismos autorizados.

**Tabla 3:** Detalles de los equipos de monitoreo.

EQUIPOS	MARCA	DESCRIPCIÓN	CALIBRACIÓN	CANT.
Anemómetro	TENMARS	Modelo TM-403	Si	1
Higrómetro	SMART SENSOR	Modelo AR867	Si	1
Brújula	Lensatic Compass	Modelo Marching	No	1
GPS	Garmin	MAP 62SC	No	1
Caudalímetro	Hi-vol	Medidor de alto volumen	Si	1
Estufa	Memmert	Modelo CN 55	Si	1
Balanza Analítica	-	Ohaus	Si	1
Desecador	Pyrex	-	No	1

**FUENTE:** Elaboración propia, 2015.

- Verificación de los materiales a utilizarse en el monitoreo (Ver tabla 4) que cumplan con los requisitos según DIGESA 2005.

**Tabla 4.** Materiales utilizados para el monitoreo.

EQUIPO	MARCA	DESCRIPCIÓN	CANT.
Papel filtro	Whatman	Microfibra de cuarzo QM-A de 20.3 x 25.4 cm	1
Cinta de seguridad	-	Señalización de Peligro	1
Hoja de campo	-	Recopilación de datos in situ	1
Extensión eléctrica	-	20m de largo	1
Trípode	-	color negro 1.5m de largo	1
Pinzas	-	Acero	1

**FUENTE:** Elaboración propia, 2015.

### ETAPA 3: Transporte de equipos y materiales y ejecución del monitoreo

- Los equipos y materiales fueron transportados cuidadosamente para evitar averías y desperfectos.
- El equipo muestreador de alto volumen HIVOL se instaló en un lugar expuesto y a una distancia de por lo menos 4 metros de las edificaciones u otra estructura cercana. Debe ubicarse en una plataforma, de modo que el filtro se encuentre entre 2 y 3 metros sobre la superficie.
- Se efectuó mediciones de 24 horas en cada punto o estación de monitoreo establecido. Permitiendo que se recolecte muestras cada día (proceso evaluado por triplicado) siguiendo el protocolo para calidad de aire.
- En el procedimiento de operación es muy importante que todos los muestreos se efectúen exactamente del mismo modo y en todas las locaciones o estaciones de monitoreo.
- Paralelamente se tomaron los datos meteorológicos (Temperatura, Velocidad de viento, humedad y dirección de viento en el lugar a muestrear).
- Se instaló el filtro previamente pesado (Peso inicial), se conectará a la fuente de energía eléctrica, se reguló el caudalímetro, se puso en marcha teniendo en cuenta la hora de inicio que se registró.
- Trascurrido las 24 horas se tomó nota de los parámetros meteorológicos, se paró el equipo muestreador y se procedió a retirar al filtro con cuidado para evitar la pérdida del material particulado; para posteriormente transportarse al laboratorio y ser desecado, pesado (Peso final).
- Con los pesos obtenidos se procedió a determinar la concentración de material particulado (PM10) aplicando la fórmula siguiente.

$$PM_{10} = \frac{P_f - P_i}{Q * 24h}$$

**Donde:**

- PM10: Concentración de material particulado PM10.  
Pf: Peso final del filtro Whatman (después de ser expuesto).  
Pi: Peso inicial del filtro Whatman (antes de ser expuesto).  
Q: Caudal.

## Requisitos básicos:

### A. Monitoreo de PM10

Para la determinación de PM10 se empleó un muestreador de alto volumen (Hi-Vol.) que aspira aire del medio ambiente, a un flujo constante, dentro de un orificio de forma especial, en donde el material particulado en suspensión es separado inercialmente en fracciones de uno a más, dentro de un rango menor a 10 micras.

Para el monitoreo con PM 10 se tomará como referencia lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones.

#### a. Preparación de Filtro

- Se codificó el filtro, teniendo mucho cuidado de que este no se contamine o se rompa, así se obtuvo el peso inicial. Se confeccionó un porta-filtro de papel encerado para cada filtro.
- El filtro se colocó por 24 horas en una estufa a 28 - 30°C, el filtro se pesa y luego se almacena nuevamente durante un mínimo de 24 horas a la temperatura antes indicada, para eliminar la humedad adquirida por efectos del ambiente.

#### b. Instalación del equipo PM10

Se coloca el filtro con su porta-filtro en la unidad de impacción. El equipo (Hi-Vol.) Se acciona el equipo dejándolo funcionar por 24 horas, anotando el tiempo inicial.

Se anota el tiempo final de la medición de 24 horas. Terminado el periodo de monitoreo, el filtro expuesto se retira del portafiltro con una pinza, se coloca dentro de un porta-filtro.

PARÁMETRO	EQUIPO DE MUESTREO	LIMITE DE DETECCIÓN DE EQUIPO	MÉTODO DE ANÁLISIS
PM10	Muestreador de Partículas de bajo volumen	No aplica	Separación inercial/ Gravimetría

**Cuadro 5:** Equipos y método empleados para el monitoreo.

**FUENTE:** *Elaboración propia, 2015.*

**c. Análisis del filtro**

La caja Petri con el filtro se coloca en una estufa a 28 –30 °C por 24 horas, para eliminar la humedad ambiental, después se coloca en un desecador durante 30 minutos para lograr alcanzar la temperatura ambiental (25 °C) y no capture humedad.

El filtro se pesó tres veces, del valor promedio se restó luego el peso del filtro de referencia.

El filtro expuesto luego se colocó en un sobre de papel, se etiquetó y se colocó en la estufa adecuada para eliminar humedad. Así quedan los filtros almacenados para cualquier análisis posterior.

**3.5.1. Ubicación de Investigación**

El Distrito de Morales está ubicado entre las coordenadas:

Latitud sur: 06° 36' 15".

Longitud oeste: 76° 10' 30".

Altitud: 283 m.s.n.m. en la capital del distrito, Morales.

**Tabla 5:** Ubicación espacial de los puntos de monitoreo.

<b>Puntos de monitoreo</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ALTURA</b>
EM-1*	0344734	9284540	270 m
EM-2*	0346153	9284004	273 m
EM-3*	0347057	9283639	281 m

**FUENTE:** *Elaboración propia, 2015.*

EM-1\*: Segundo Ovalo de Morales.

EM- 2\*: Ovalo del Soldado Huallaga.

EM-3\*: Plaza de Armas del Distrito de Morales.

### 3.5.2. Aplicación de los instrumentos (Encuesta)

La encuesta (**Anexo N° 05**) se aplicó a una población obtenida a partir de una sub-muestra, que según datos estimados por Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) al 2015 para el distrito de Morales fue de 29302 habitantes.

Determinación de la **muestra** para la aplicación de la encuesta teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$n_0 = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2}$$

$$n' = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

**Donde:**

N = Población total.

Z = Nivel de Confianza.

K = Desviación Estándar.

E = Error Permisible.

n = Muestra.

p = Proporción de la población con características de estudio.

q = Proporción de la población sin características de estudio.

Determinación de la **sub-muestra** para la aplicación de la encuesta teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$n_0 = \frac{3.8416 \times 0.5 \times 0.5}{0.0009}$$

**Donde:**

n = muestra.

N = población total.

Z = nivel de confianza 95% = 1.96.

$\sigma$  = desviación estándar.

E = error permisible.

### 3.5. Diseño de Investigación

La investigación corresponde a un diseño no experimental, ya que no es posible manipular las variables y las unidades son asignadas aleatoriamente a los distintos niveles o categorías de la variable o variables manipuladas.

El propósito de la investigación fue determinar si las concentraciones de material particulado en el tramo Ovalo del Soldado Huallaga, Plaza de Armas y el Segundo Ovalo del Distrito de Morales genera mayor concentración de material particulado debido al incremento del tránsito vehicular y compararlos con los ECA.

Para la realización del estudio se tuvo que tener cuenta lo siguiente: Criterios de selección del sitio de muestreo, el lugar designado para el muestreo, fue el distrito de Morales. En donde se eligió tres (03) puntos de muestreo en donde se presentó altos niveles de tránsito vehicular, que se detallan a continuación: EM-1 Segundo Ovalo de Morales, EM- 2 Ovalo del Soldado Huallaga, EM-3 Plaza de Armas del Distrito de Morales.

#### **Para el monitoreo de PM10:**

Para la determinación de PM10 se empleó un muestreador de alto volumen (Hi-Vol.) Para el monitoreo con PM 10 se tomó como referencia lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones. Además, se tuvo que considerar la reparación de Filtro, instalación del equipo PM10, y el análisis del filtro.

### **3.6. Población, Muestra, Muestreo**

#### **3.6.1. Población**

El material particulado presente en la atmosfera de los ocho (08) puntos de muestreo en lugares de alto tránsito vehicular en el Distrito de Morales.

#### **3.6.2. Muestra**

El material particulado factible de ser evaluado en tres puntos de alto tránsito vehicular a muestrear.

#### **3.6.3. Muestreo**

El tipo de muestreo que se aplicó en el presente trabajo de investigación es probabilístico, ya que el material particulado esta presenta en el ambiente de forma natural en altas o bajas concentraciones dependiendo de ciertos factores; existiendo así la probabilidad de que al ser muestreado existe la probabilidad que haciendo uso de los equipos e instrumentos respectivos pueda ser evaluado y determinado su concentración.

### **3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos**

#### **3.7.1. Técnicas**

- Observación directa en el campo
- Registro de coordenadas (UTM)
- Muestreo del material particulado
- Análisis de datos.

#### **3.7.2. Instrumentos**

- Fichas de campo.
- PM10
- Perfil gravimétrico.

### **3.8. Procedimiento de Recolección de datos.**

#### **Revisión bibliográfica**

- Se seleccionó el material bibliográfico revisado previo a la evaluación del material particulado (PM10), estándares de calidad ambiental e índices de calidad ambiental. También se revisó material bibliográfico sobre métodos de determinación, casos de material particulado, obtenidos en bibliotecas universitarias y por internet, que en general tratan de estudios similares o de referencia.

#### **Trabajo de campo y laboratorio**

- Evaluar el flujo vehicular para establecer los puntos de alto tránsito vehicular a monitorear.
- Se levantaron las coordenadas geográficas de los puntos seleccionados como puntos de muestreo utilización de un GPS (Track y puntos).
- Toma de muestras, registro de datos en lista de chequeo y cadenas de custodia.
- Los datos serán registrados en los formatos adecuados para PM10, que posteriormente serán determinados aplicando una fórmula matemática que se describe en la metodología.

#### **En gabinete**

- Se procesan los datos obtenidos, se presentan, se confrontan (ECAs e ICAs) y se interpretan teniendo en cuenta los Estándares de Calidad Ambiental y los Índices de Calidad Ambiental.

### **3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos**

La información bibliográfica adecuada se sistematizó adecuadamente de las fuentes bibliográficas diversas como se menciona líneas arriba. Esta información fue relevante en la elaboración del marco teórico o fundamentos teóricos del tema de estudio. La información fue ordenada según su importancia y tiempo que podría haber utilizado en el desarrollo del presente proyecto.

La información obtenida en campo y en el laboratorio, esta fue de vital importancia, ya que a partir de ella se debería presentar los resultados, la discusión y las conclusiones del informe, lógicamente contrastándose con instrumentos adecuados de gestión ambiental como los estándares de calidad ambiental (ECA) y los índices de calidad de aire (ICA).

Los datos fueron registrados cronológicamente según los tiempos de evaluación, registrándose en fichas de campo y encuestas, datos que fueron procesados, analizados, interpretados y presentados en cuadros, gráficos y tablas; para lo cual se utilizó la aplicación Excel del paquete del software Microsoft Office 2016.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. Presentación de Resultados**

Las tablas, cuadros y graficas que se presentan a continuación corresponden a los resultados de la determinación de la concentración de material particulado PM10 en puntos de alto tránsito de vehicular del distrito de Morales en los meses de mayo, agosto y noviembre del año 2015; así como su interpretación correspondiente según la normativa nacional vigente. Teniendo en cuenta que las condiciones de evaluación no fueron homogéneas para todos los puntos evaluados (En el Ovalo Soldado Huallaga se realizó el muestreo en el segundo piso de una vivienda aledaña y con el inconveniente que a unos 150 m se presentaba una vía en proceso de pavimentación (carretera que conduce al Distrito de San Antonio)) mientras que en los dos otros puntos de monitoreo la evaluación se realizó a 1.5 m de altura respecto a la superficie del piso (altura del equipo).

También se presenta resultados de la evaluación de ciertos parámetros meteorológicos como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento en cumplimiento con lo establecido según DIGESA y el OEFA para la determinación de parámetros como gases y material particulado en el componente aire.

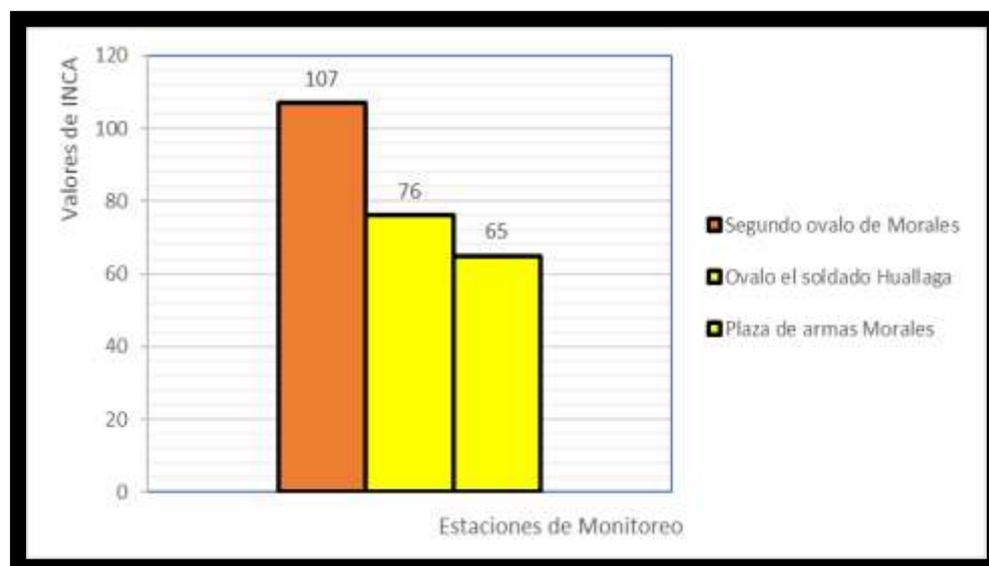
**Tabla 6:** Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de mayo del 2015.

Estación de monitoreo	Concentración de partículas PM <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	* ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Valor del análisis **	** INCA (Intervalo)	Color de Asignación
Segundo Ovalo de Morales	161.11	150	107	101 - 167	Naranja
Ovalo el Soldado Huallaga	113.88	150	76	51 - 100	Naranja
Plaza de Armas Morales	97.22	150	65	51 - 100	Amarillo

(\*) **ECA:** Estándares de Calidad Ambiental (D. S. N° 003-2008-MINAM).

(\*\*) **INCA:** Índices de calidad de aire (R. M. N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*



**Grafica 1:** Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de mayo del 2015.

FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*

**Tabla 7:** Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de agosto del 2015.

Estación de monitoreo	Concentración de partículas PM <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	* ECA (μg/m <sup>3</sup> )	Valor del análisis **	** INCA (Intervalo)	Color de Asignación
Segundo Ovalo de Morales	166.67	150	111	101 - 167	Naranja
Ovalo el Soldado Huallaga	116.67	150	78	51 - 100	Amarillo
Plaza de Armas Morales	83.33	150	56	51 - 100	Amarillo

(\*) **ECA:** Estándares de Calidad Ambiental (D. S. N° 003-2008-MINAM).

(\*\*) **INCA:** Índices de calidad de aire (R. M. N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*



**Grafica 2:** Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de agosto del 2015.

FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*

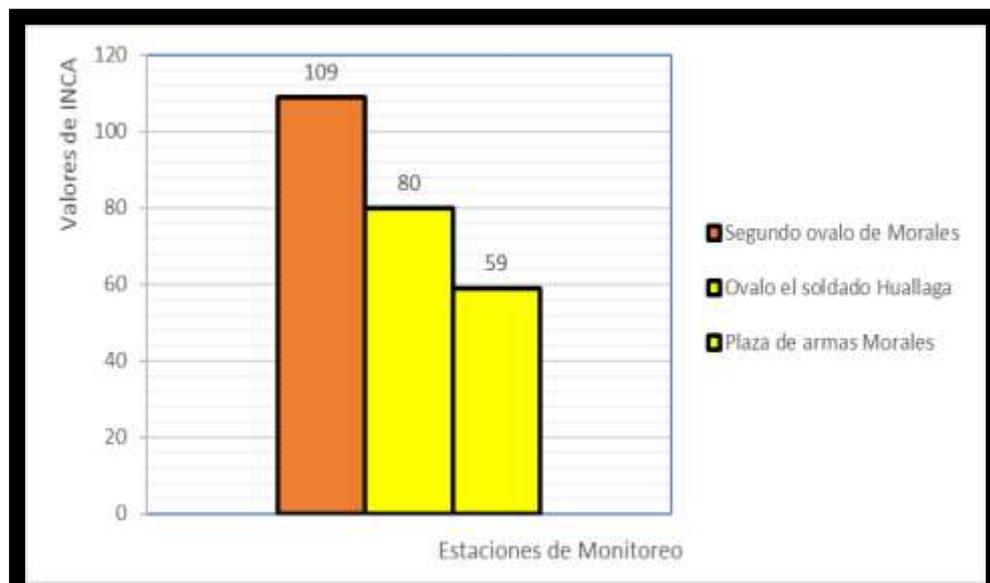
**Tabla 8:** Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de noviembre del 2015.

Estación de monitoreo	Concentración de partículas PM <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	* ECA (ug/m <sup>3</sup> )	Valor del análisis **	** INCA (Intervalo)	Color de Asignación
Segundo Ovalo de Morales	163.89	150	109	101 - 167	Naranja
Ovalo el Soldado Huallaga	119.44	150	80	51 - 100	Amarillo
Plaza de Armas Morales	88.89	150	59	51 - 100	Amarillo

(\*) **ECA:** Estándares de Calidad Ambiental (D. S. N° 003-2008-MINAM).

(\*\*) **INCA:** Índices de calidad de aire (R. M. N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*



**Gráfica 3:** Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de noviembre del 2015.

FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*

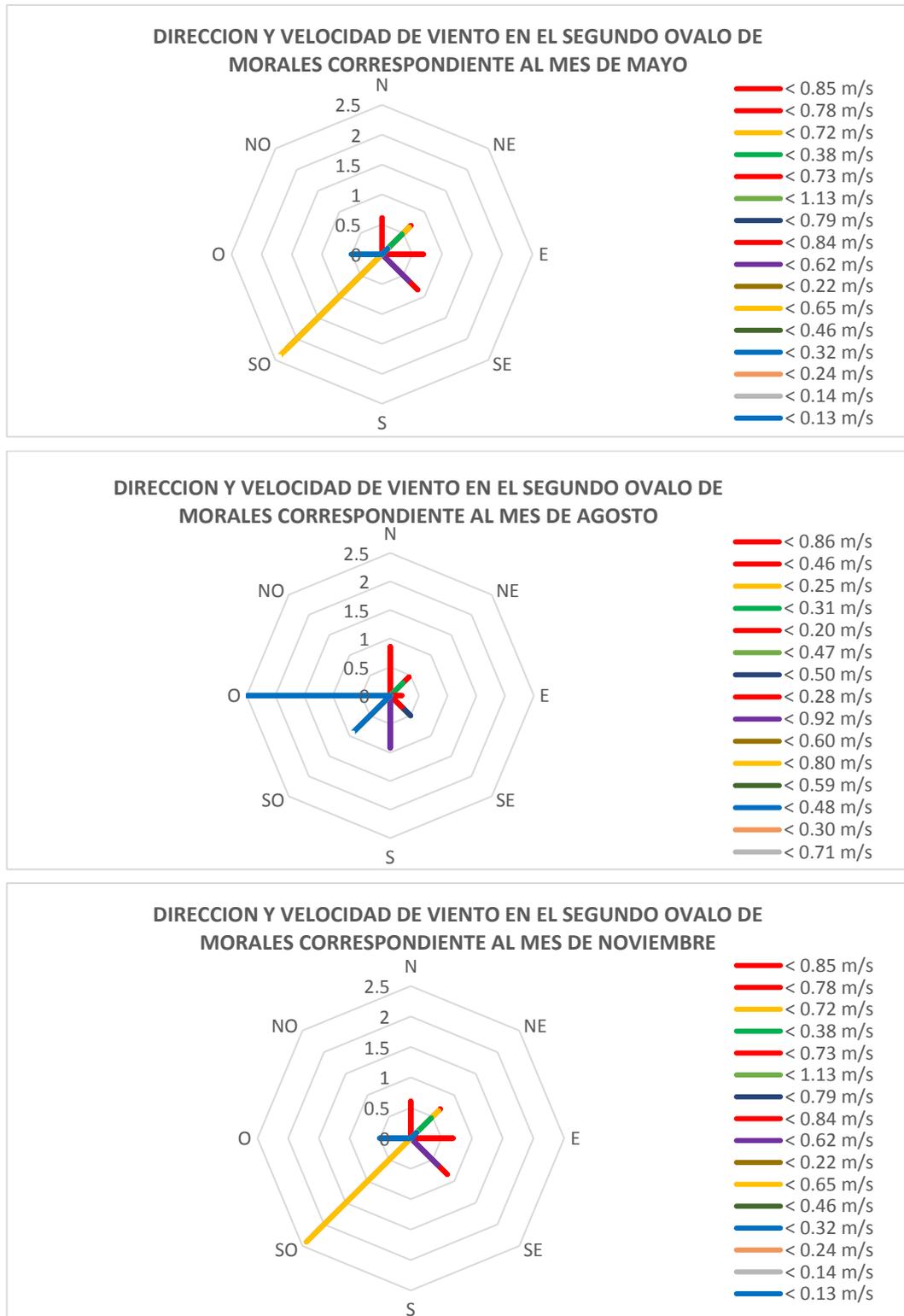
Nº	X	Y	UBICACIÓN	REFERENCIA	UNIDADES/TIEMPO (Unid./h)	TOTAL
1	344739	9284540	SEGUNDO OVALO MORALES		432	1208
					450	
					286	
				OTROS (*)	40	
2	346153	9284004	OVALO DEL SOLDADO HUALLAGA		426	1292
					528	
					318	
				OTROS (*)	20	
3	347057	9283639	PLAZA DE ARMAS DEL DISTRITO DE MORALES		312	1026
					356	
					354	
				OTROS (*)	4	
4	346774	9282201	JR. MALECON CUMBAZA (EL CENTENARIO)		364	1007
					375	
					256	
				OTROS (*)	12	
5	347058	9283696	GRIFO MORALES		365	1011
					356	
					276	
				OTROS (*)	14	
6	347017	9283507	JR. JOSÉ GÁLVEZ - FRANCISCO PIZARRO		260	603
					243	
					96	
				OTROS (*)	4	
7	347202	9282985	JR. 1RA DE MAYO (CENTRO DE SALUD MORALES)		240	519
					162	
					114	
				OTROS (*)	3	
8	347765	9283358	AV. SALABERRY N° 895 (MULTICERVICIOS TICLA SAC)		386	993
					376	
					215	
				OTROS (*)	16	

**Cuadro 6:** Evaluar el flujo vehicular para establecer los puntos de alto tránsito vehicular a monitorear.

Nota (\*): Unidades vehiculares mayores como camiones, buses, maquinaria pesada, etc.

FUENTE: Elaboración propia, 2015.

**Gráfica 4:** Rosas de viento de mayores valores obtenidos en cada uno de los meses en los que se ejecutó el monitoreo.



**FUENTE:** Elaboración propia, 2015.

## 4.2. Discusión

La concentración de partículas PM10 registradas en la estación del Segundo Ovalo de Morales, durante los meses de muestreo (mayo, agosto y noviembre), son de 161.11, 166.67 y 163.89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, encontrándose sobre los valores establecidos en la normativa ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) establecida para la de calidad de aire de acuerdo al D.S. N.º 074-2001 PCM; que al haberse comparado con el índice de calidad de aire (ICA) se obtiene como resultado el nivel de riesgo valorado y correspondiente al color naranja para todos los casos, cuya calificación se considera como mala, y se puede interpretar que la calidad del aire es inaceptable, ya que los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos sobre la salud, corroborándose con los resultados que arrojó la aplicación de la encuesta sobre todo en áreas próximas al “Segundo Ovalo”, en la cual se manifiesta una incomodidad al respirar producto del material particulado que se genera siendo favorecida por factores como la humedad, la temperatura y el viento. En la que altas temperaturas (superior a  $25^\circ\text{C}$ ), una humedad relativa baja (menor a 80 %) y una velocidad de viento no favorable a mantener el material particulado suspendido ( $< 2 \text{ m/s}$ ).

Según la bibliografía consultada, entre los factores preponderantes que generan una alta concentración de material particulado en suspensión en las áreas urbanas se pueden mencionar; a las vías no pavimentadas, la falta de limpieza y mantenimiento de las mismas, procesos de combustión incompleta por parte de unidades motorizadas debido principalmente al uso de combustibles no refinados o en todo caso por falta de mantenimiento de las unidades vehiculares; así como de la re-suspensión del material depositado en las vías (por las altas velocidades y el alto tonelaje). Según Moragues (2013) menciona que además de los factores antes mencionados, existen variables que influyen favoreciendo la suspensión del material particulado; entre ellas la influencia de altas temperaturas, la baja humedad y la nula o escasa velocidad de viento, además indica que también depende del volumen y la masa del material particulado. Respecto a los resultados obtenidos, al ser contrastados con la realidad, se puede evidenciar que, en los punto de muestreo donde se supera los ECAs y se determina una mala calificación del aire respecto al

PM10 que podría afectar a las personas de los grupos sensibles y la población en general, coincidentemente contrastan con la realidad de un tránsito mixto elevado tanto de unidades menores y de alto tonelaje, además de ser vías rápidas en las que se registran hasta 110 Km/h, con escaso o nula actividad de limpieza, donde el agua de esorrentía moviliza el material particulado (erosión hídrica) y lo deposita a las orillas de las vías, el mismo que es removido y suspendido por procesos eólicos (erosión eólica) e incluso por deflación, también se puede evidenciar que las calles aledañas corresponden a tramos no asfaltados y que en su mayoría no cuentan con redes de alcantarillado y drenaje facilitando el arrastre de las partículas minerales del suelo que confluyen posteriormente a vías de alto tránsito vehicular agravando las condiciones.

El material particulado es considerado como uno de los contaminantes del aire más importantes en términos de sus posibles efectos sobre la salud de las personas. Estudios epidemiológicos evidencian la existencia de asociaciones significativas entre el nivel de la concentración de material particulado en el aire e impactos adversos en la salud (WHO, 2000). Las partículas más finas son generalmente las que más contribuyen a estos efectos adversos, debido a su capacidad de ingresar más profundamente en las vías respiratorias hasta alcanzar los pulmones, alojándose allí y dañando los tejidos involucrados en el intercambio de gases. Mientras que los efectos del material particulado varían considerablemente dependiendo de su composición y distribución, generalmente, la exposición al material particulado inhalable puede causar un aumento en la mortalidad de origen cardíaco y respiratorio, una reducción de los niveles de la capacidad pulmonar en niños y adultos asmáticos y enfermedades crónicas de obstrucción pulmonar. Los efectos sobre la salud originados por estas causas, traen asociados aumentos en el ausentismo escolar, disminución de los días de actividad laboral y un aumento del número de consultas médicas o a las salas de emergencias por síntomas de asma y otras patologías respiratorias (COMEAP, 1998, WHO, 2000); como es el caso de los reportes del ministerio de salud en los últimos años en la región San Martín, donde indica que el grupo de la población vulnerable como niños, ancianos, mujeres

gestantes y aquellos que sufren enfermedades supresoras ha ido en aumento en los últimos años; donde posiblemente estos casos también estén relacionados con el transporte y sus condiciones en la localidad.

La concentración de partículas PM10 registradas en las estaciones restantes llámese ovalo soldado Huallaga y Plaza de Armas del Distrito de Morales, durante los meses de muestreo (mayo, agosto y noviembre), se encuentran por debajo de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido por la norma nacional de calidad de aire de acuerdo al D.S N.° 074-2001 PCM y también que al ser comparados con el índice de calidad de aire, teniendo como resultado el nivel de riesgo de color amarillo cuya calificación es moderada, y se puede interpretar que la calidad del aire es aceptable; donde las personas de los grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos síntomas respiratorios.

Los resultados obtenidos, también pueden ser corroborados gracias a la interpretación del instrumento aplicado (Encuesta); donde la información recabada de mayor interés demuestra que los efectos del material particulado de tipo PM10 podrían conllevar a problemas de salud a la población sobre todo a aquellos individuos de los grupos sensibles, que además las autoridades involucradas muy poca presencia tienen en las áreas de influencia, las fuentes que generan y promueven los agentes contaminantes están estrechamente relacionados con el tránsito vehicular (46%), las condiciones del componente por donde se desplazan o sus alrededores además de ciertos factores que favorecen la presencia y valores significativos de material particulado de tipo PM10 en los puntos de alto tránsito vehicular en el distrito de Morales.

## CONCLUSIONES

- La concentración de material particulado menor a 10  $\mu\text{m}$  (PM10) en los tres puntos de alto tránsito vehicular evaluados en el distrito de Morales denominados como el Segundo Ovalo de Morales, el Ovalo el Soldado Huallaga y el punto denominado zona céntrica del distrito de Morales (Plaza de armas) presentan 163.89, 116.66 y 89.81  $\text{ug}/\text{m}^3$  como valores promedio respectivamente en los tres monitoreos en los tres meses evaluados (mayo, agosto, noviembre).
- En el primer punto de monitoreo denominado segundo ovalo, se supera en todos los monitoreos realizados los valores establecidos en los ECA, y según el INCA corresponde a una mala calidad de aire para PM10 equivalente al color naranja en la escala de colores; valores que estaría siendo influenciados por el alto tránsito vehicular y las condiciones ambientales favorables, ya que en dicho punto se registraron los valores más altos de la velocidad de viento que superan en todos los casos los 2 m/s.
- Los puntos de monitoreo considerados de alto tránsito vehicular en el distrito de Morales son el segundo ovalo de Morales, el ovalo el soldado Huallaga y el punto denominado zona céntrica del distrito de Morales (plaza de armas), los mismos que presentan valores promedio de 1208, 1292 y 1026 Unid/h respectivamente registrados en horas punta.
- La implementación de planes de monitoreo que permitan detectar de forma oportuna casos donde los valores de material particulado menor o igual a 10  $\mu\text{m}$  (PM10) estén próximos o superen los valores establecidos en la normativa nacional vigente (ECA), además de la limpieza y mantenimiento de las vías de alto tránsito, limpieza y mantenimiento de los sistemas de drenaje fluvial, asfaltado de las calles aledañas, construcción de veredas y sardineles e incluso el establecimiento y mantenimiento de áreas verdes en zonas despejadas permitirán mantener o mitigar la concentración del contaminante en cuestión.

## **RECOMENDACIONES**

### **Relacionados con el trabajo**

- Realizar monitoreos mensuales y ampliar el número de puntos o estaciones de control.
- Tener en cuenta que en la zona de estudio existen horas específicas (horas punta) en la que el tránsito vehicular es mayor.
- Utilizar puntos o zonas seguras que no pongan en peligro los instrumentos, equipos o material utilizados en el monitoreo.
- Aplicar instrumentos como encuestas, entrevistas y otros de forma sucesiva que permita tener conocimiento de las inquietudes de la población para con los temas de interés como es el caso de los contaminantes.

### **Relacionados con la problemática**

- Cumplir con las revisiones técnicas vehiculares periódicas establecidas los organismos correspondientes, para un mejor control de las emisiones atmosféricas especialmente en unidades móviles con una antigüedad considerable.
- El sector transporte e industrial debe sustituir el uso del combustible tradicional no refinado de forma gradual hasta su totalidad por otros que generan menor carga de contaminantes como el gas natural u otros.
- El cumplimiento de la limpieza de la vía pública, acelerar el proceso de pavimentación y construcción de veredas, así como la forestación y la mayor instalación de áreas verdes en la zona urbana en el distrito de Morales, con el fin de minimizar la generación de material en suspensión de tipo PM-10 y proporcionar a la vez un ambiente saludable brindando mejores condiciones de vida para la población de las áreas de influencia.
- Desarrollar Políticas Públicas por parte de las entidades relacionadas como el Ministerio de Transporte, Municipalidad, el OEFA, etc. que permitan el control del ambiente a través de los monitoreos de material particulado principalmente en zonas de alto riesgo.
- Promover los convenios entre las universidades, entidades ediles y gobiernos regionales incentivando la ejecución de proyectos de importancia académica y social.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. **NIETO, O., (2010).** Efectos en la salud de la contaminación por material particulado. Curso
2. **ABBEY ET AL, (2011).** Los síntomas crónicos respiratorios relacionados con las concentraciones ambientales a largo plazo de las partículas finas, menos de 2,5 micras de diámetro aerodinámico (PM 2.5) y otros contaminantes del aire. Medio Epidemiol. Vol.5. p.137-159.
3. **Contaminación del Aire por Material Particulado.** AINSA. Medellín-Colombia.
4. **MINISTERIO DE PRODUCCIÓN-PRODUCE. (2005).** Hoja de reporte del control de monitoreos Ambientales-Calidad de aire-Cementos Selva S.A.
5. **Tecnología XXI S.A., (2002).** Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). Cementos Selva S.A.
6. **RED DE SALUD DE RIOJA-MINISTERIO DE SALUD-MINSA/2005.** Informe de índice de enfermedades respiratorias en la población de Segunda Jerusalén.
7. **BAUTISTA, Cely. (2013).** “Análisis de contribución de fuentes en PM10 y PM2.5 en un área de fondo urbano con influencia de emisiones industriales”. Abanto, Vizcaya
8. **CABALLERO, Margarita. (2010).** “Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático”.
9. **Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. (2010).** Volumen V. Calidad ambiental. Editado por la Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente. Primera edición, enero de 2011. Copyright Ministerio del Ambiente –MINAM Avenida Javier Prado Oeste N° 1440, San Isidro, Lima 27 – Perú.
10. **CASTAÑEDA, Sonia. (2010).** “Legislación – contaminación atmosférica”. Edición 2008.
11. **Álvarez J. (2012).** “Métodos de exploraciones gravimétricas y geoquímicas”.
12. **MARTIN, Paula Beatriz. (2013).** “Concentración de material particulado en aire en la ciudad de Buenos Aires”.
13. **Turk, Wittles.(2009).** Ecología, Contaminación y Medio Ambiente. Madrid-España.
14. **MEZA, Lourdes M. (2010).** “Estimación de Factores de Emisión de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, en Vías Urbanas en Mexicali, Baja California, México”.

- 15. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 16, p. 149-162. (2011).** “Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, COLOMBIA”. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia).
- 16. FRANCO, Juan Felipe, et al. (2012).** “Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto”. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- 17. MATÍAS, María. (2013).** “Análisis de procesos de control de la contaminación del aire en una fundición minera y evaluación de la calidad del aire en una ciudad situada en su área de influencia”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química, Ingeniería Química e Ingeniería Agroindustrial, E.A.P. de Ingeniería Química. Lima – Perú. Página 01 y 128.
- 18. DOMÍNGUEZ, José M. (2013).** “Jornada sobre calderas eficientes en procesos industriales”. Conceptos de combustión y combustibles.
- 19. FLORES, Julio. (2013).** “Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios”. Departamento de ciencias Básicas. División de ciencias Básicas e ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. México, D.F. Cap. 9. Pag.130
- 20. GONZÁLEZ, Susan. (2013).** “Contaminación”. Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño” Extensión Maturín, Escuela de Ingeniería Industrial.
- 21. IGLESIAS, Silvia. (2013).** “SITUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos - E.A.P. de Ingeniería Geográfica.
- 22. INZA, Ainhoa. (2010).** “Estudio de series temporales y composición química del material particulado atmosférico en distintas áreas del País Vasco”. Departamento de Mineralogía y Petrología Facultad de Ciencia y Tecnología Universidad del País Vasco. Pág. 30
- 23. ADONIS M, et al (2012).** “Contaminación del aire en espacios interiores. Ambiente y Desarrollo - marzo 2012”.
- 24. Manual de procedimientos para determinación de Material particulado MP10. (2009).** Gobierno de Chile, Ministerio de Salud.

- 25. MEJÍA, Gerardo et al. (2011).** “Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM2.5”. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. Primera edición.
- 26. MORAGUES, Jaime. (2013).** “Manual de tecnologías de medición de concentración de gases y material particulado en chimeneas y atmósfera”. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*. Bogotá- Colombia.
- 27. PUIGSERVER, Manuel. (2010).** “El medio atmosférico: meteorología y contaminación”. Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona.
- 28. RODRÍGUEZ, Andrés Mauricio. (2010).** “Modelación de la generación de material particulado en función de la composición del combustible”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá, D.C., Colombia.
- 29. HERNÁNDEZ R., Fernández C. y Baptista L. (2010).** “Metodología de la Investigación”. Quinta Edición. México Edit. McGraw Hill.
- 30. SÁNCHEZ, José M. (2011).** “Los efectos en salud de la contaminación atmosférica por PM 10 en Santiago”.
- 31. SILVA, Vicente A. (2011).** “Contaminación del aire por material particulado (PM10 y PM 2.5)”.
- 32. WARK, Kenneth. (2011).** “Contaminación del aire. Origen y Control”. México: Editorial Limusa. p.22

# ANEXOS

## ANEXO 1: Procedimiento para determinar la concentración de material particulado (PM10).

Para determinar la concentración de material particulado (MP10) se utilizará la siguiente fórmula.

$$[ ] = \frac{P_f - P_i}{Qr * t}$$

Donde:

[ ]: Concentración del material particulado (PM10) en ug/m<sup>3</sup>.

Pf: Masa del papel filtro después de la exposición en ug.

Pi: Masa del papel filtro antes de la exposición en ug.

Qr: Flujo (valor del caudalímetro) en m<sup>3</sup>/h.

t: Tiempo de muestreo en h.

### DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (MP10):

#### 1. Mes de mayo: Punto de muestreo:

##### 1.1. Segundo Ovalo de Morales (20-05-15)

Pi: 4,6282 g= 4628200 ug

Pf: 4,6340 g= 4634000 ug

Qr: 1.5 m<sup>3</sup>/h

t: 24 h

$$PM\ 10\ \mu g/m^3 = \frac{4634000 - 4628200}{1.5 * 24}$$

Por lo tanto, la concentración de PM 10 es 161.11 ug/m<sup>3</sup>.

Posteriormente se sigue el procedimiento para asignación del intervalo INCA:

Teniendo en cuenta lo siguiente:

$$I [ PM10 ] = C [ PM10 ] * 100/150 \rightarrow I [ PM10 ] = 161.11 * 100/150 = 107$$

##### 1.2. Ovalo el Soldado Huallaga (21-05-15)

La concentración de PM 10 es 113.88 ug/m<sup>3</sup>.

$$I [ PM10 ] = C [ PM10 ] * 100/150 \rightarrow I [ PM10 ] = 113.88 * 100/150 = 76$$

##### 1.3. Plaza de Armas Morales (22-05-15)

La concentración de PM 10 es 97.22 ug/m<sup>3</sup>.

$$I [ PM10 ] = C [ PM10 ] * 100/150 \rightarrow I [ PM10 ] = 97.22 * 100/150 = 65$$

**2. Mes de agosto:** Punto de muestreo:

**2.1. Segundo Ovalo de Morales (24-08-15)**

Pi: 4,6301g= 4630100 ug

Pf: 4,6361g= 4636100 ug

Qr: 1.5 m<sup>3</sup>/h

t: 24 h

$$PM\ 10\ \mu g/m^3 = \frac{4636100 - 4630100}{1.5 * 24}$$

Por lo tanto, la concentración de PM 10 es 166.67 ug/m<sup>3</sup>.

$$I [PM10] = C [PM10] * 100/150 \rightarrow I [PM10] = 166.67 * 100/150 = 111$$

**2.2. Ovalo el Soldado Huallaga (25-08-15)**

La concentración de PM 10 es 116.67 ug/m<sup>3</sup>.

$$I [PM10] = C [PM10] * 100/150 \rightarrow I [PM10] = 116.67 * 100/150 = 78$$

**2.3. Plaza de Armas Morales (26-08-15)**

La concentración de PM 10 es 83.33 ug/m<sup>3</sup>.

$$I [PM10] = C [PM10] * 100/150 \rightarrow I [PM10] = 83.33 * 100/150 = 56$$

**3. Mes de Noviembre:** Punto de muestreo:

**3.1. Segundo Ovalo de Morales (22-11-15)**

Pi: 4,6350 g= 4629100ug

Pf: 4,6291g= 4635000 ug

Qr: 1.5 m<sup>3</sup>/h

t: 24 h

$$PM\ 10\ \mu g/m^3 = \frac{4635000 - 4629100}{1.5 * 24}$$

Por lo tanto, la concentración de PM 10 es 163.89ug/m<sup>3</sup>.

$$I [PM10] = C [PM10] * 100/150 \rightarrow I [PM10] = 163.89 * 100/150 = 109$$

**3.2. Ovalo el Soldado Huallaga (23-11-15)**

La concentración de PM 10 es 119.44 ug/m<sup>3</sup>.

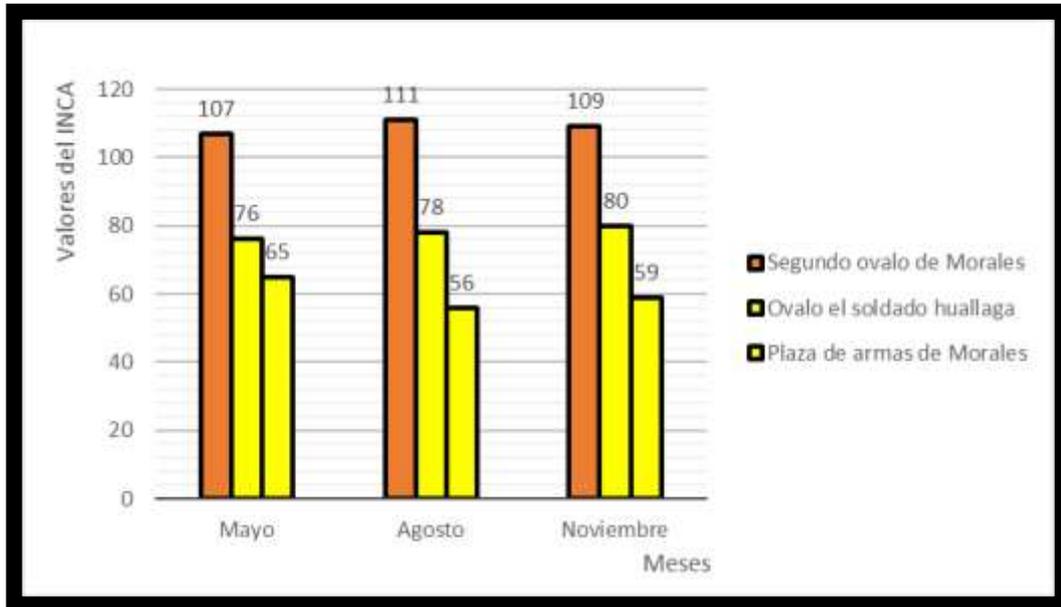
$$I [PM10] = C [PM10] * 100/150 \rightarrow I [PM10] = 119.44 * 100/150 = 80$$

### 3.3. Plaza de Armas Morales (24-11-15)

La concentración de PM 10 es 88.89 ug/m<sup>3</sup>.

$$I [PM10] = C [PM10] * 100/150 \rightarrow I [PM10] = 88.89 * 100/150 = 59$$

**Anexo 2:** Resultados de la determinación de material particulado PM<sub>10</sub> en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en los meses de mayo, agosto y noviembre del año 2015.



**FUENTE:** Elaboración propia, 2015.

**Anexo 3:** Registro de los parámetros meteorológicos en los lugares de muestreo utilizando un anemómetro compuesto por un registrador de datos y sensores meteorológicos.

ITEM	Fecha de muestreo	Velocidad de viento (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Dirección de viento
		Prom.	Prom.	Prom.	
<b>Mes de mayo</b>					
EM-1	20 de mayo	2.4	27.0	72.8	SO
EM-2	21 de mayo	1.9	25.8	76.0	SO
EM-3	22 de mayo	1.5	26.5	79.1	O
<b>Mes de agosto</b>					
EM-1	24 de agosto	2.5	21.7	79.0	O
EM-2	25 de agosto	1.9	28.6	78.4	NO
EM-3	26 de agosto	1.4	27.0	77.8	O
<b>Mes de noviembre</b>					
EM-1	22 de nov.	2.3	28.8	73.0	NO
EM-2	23 de nov.	1.9	27.4	75.4	SO
EM-3	24 de nov.	1.4	26.0	77.7	O

**FUENTE:** *Elaboración propia, 2015.*

**ANEXO 4:** Determinación de la muestra y submuestra para aplicación de la encuesta como instrumento en el proceso de la determinación de la concentración de material particulado PM10 en puntos de alto tránsito vehicular del distrito de Morales.

A. Determinación de la **muestra** para la aplicación de la encuesta teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$n_0 = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2}$$

$$n' = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

**Donde:**

N = Población total.

Z = Nivel de Confianza.

K = Desviación Estándar.

E = Error Permisible.

n = Muestra.

p = Proporción de la población con características de estudio.

q = Proporción de la población sin características de estudio.

**Procedimiento:**

N = 29032

n = 0

Z = 1.96

p = 0.5

K = 1.96

q = 0.5

E = 0.03

$$n_0 = \frac{3.8416 \times 0.5 \times 0.5}{0.0009}$$

$$n_0 = \frac{0.96}{0.0009}$$

$$n_0 = 1067$$

$$n' = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

$$n' = \frac{1067}{1 + \frac{(1067 - 1)}{29032}}$$

$$n' = 1030 \approx \text{MUESTRA}$$

- B. Determinación de la **sub-muestra** para la aplicación de la encuesta teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \delta^2}{(N - 1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \delta^2}$$

**Donde:**

n = muestra.

N = población total.

Z = nivel de confianza 95% = 1.96.

$\sigma$  = desviación estándar.

E = error permisible.

**Procedimiento:**

N = 1067

Z = 1.96

$\sigma$  = 0.25

E = 0.061

$$n = \frac{(3.8416) \times (1030) \times (0.0625)}{(1029) \times (0.003721) + (38416) \times (0.0625)}$$

$$n = \frac{247.30}{4.069009}$$

$$n = 61 \approx \text{SUBMUESTRA}$$

Con la submuestra obtenida, se debe adicionar el 12 % de la contingencia.

61	→	100%
X	→	12 %
X = 7.32		

**Entonces:**

$$61 + 7 = 68$$

N° de individuos a entrevistar = 68

**Anexo 5:** instrumento

**ENCUESTA DIRIGIDA A LOS PEATONES QUE TRANSITAN POR LOS LUGARES DE ALTO TRÁNSITO VEHICULAR EN EL DISTRITO DE MORALES**

Primera edición

**I. CARACTERIZACIÓN DEL INFORMANTE**

1. Ciudad dónde vive: .....
2. Sexo:
  - Hombre
  - Mujer
3. Cuál es el último año de enseñanza que usted cursó y aprobó:
  - Básica incompleta
  - Básica completa
  - Media completa
  - Media incompleta
  - Superior
4. ¿Usted trabaja actualmente?
  - ¿SI, En qué?.....
  - No trabaja
5. A qué organización pertenece: .....
6. Cargo que ocupa: .....

**II. CONOCIMIENTO DEL PROBLEMA Y LA NORMATIVA ACTUAL RELACIONADA**

1. ¿Sabe usted si el material particulado en el aire tiene algún efecto en la salud?
  1. Sabe, pero no sabe cuál.
  2. Si, menciona cualesquiera menos problemas respiratorios.
  3. Si y lo relaciona con problemas respiratorios.
2. ¿Sabía Ud. que existe una norma que regula la cantidad máxima de MP respirable en el aire y que su alcance es de tipo nacional?
  1. SI.
  2. No
  3. Poco.
  - 2.1. ¿Cómo se enteró?
    1. Por la tele
    2. Por la prensa escrita
    3. Por la radio.
    4. Por conversaciones con amigos.
    5. Donde estudié.

6. Otros medios cuál.....
- 2.2. ¿Conoce fuentes de emisión?
1. Si conoce.
  2. No conoce.

3. ¿Qué fuentes de emisión conoce?
1. Industrias.
  2. Procesadoras de material de construcción.
  3. Vehículos.
  4. Otras.

### III. CONOCIMIENTO DEL ROL CIUDADANO

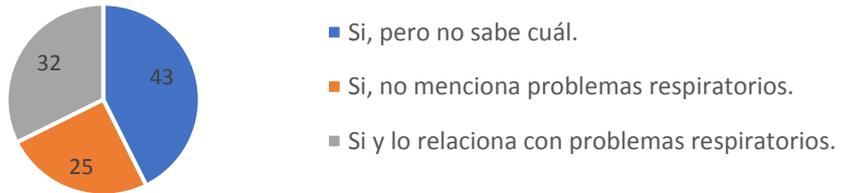
4. ¿Cómo evaluaría Ud. la calidad del aire en su ciudad?
1. Buena.
  2. Regular.
  3. Mala.
5. ¿Qué acciones ha realizado para disminuir la contaminación ambiental?
1. Hice una denuncia a nombre propio.
  2. Hice una denuncia a través de una colectividad.
  3. Hicimos una manifestación.
  4. Tomamos acciones con otras personas
  5. No se tomó acciones porque no hay resultados
6. ¿Si hizo una denuncia a nombre propio o colectivamente, cómo se informó del procedimiento a seguir?
1. Nos informamos en el municipio.
  2. Nos informamos en una entidad de salud.
  3. Nos informamos a través del MINAM.
  4. Nos informamos por los medios de comunicación.
  5. Por una persona particular que sabía.
  6. Recurrimos a un profesional especialista para informarnos.
  7. Recurrimos a las autoridades de la localidad para informarnos.
  8. Lo conocía.

9. Otro,
7. ¿Sabe cuál es la institución responsable de llevar a cabo la evaluación y control de los contaminantes?
1. No sabe.
  2. Sabe, menciona MINAM.
  3. Sabe, menciona OEFA.
  4. Sabe, menciona municipalidad.
  5. Otra,
8. ¿Sabe usted si la institución que mencionó cumple el papel de controlar y fiscalizar a empresas por emisiones de material particulado?
1. SI.
  2. NO.
9. ¿Usted conoce cuáles son los derechos que le garantiza la normativa con respecto a la calidad del medio ambiente?
1. Si.
  2. Algo.
  3. No.
10. ¿Cree usted que la información respecto de las normas de contaminación es fácil o difícil de encontrar?
1. Fácil de encontrar.
  2. Difícil de encontrar.
11. ¿Diría usted que las autoridades de salud cumplen su rol de asegurar un medio ambiente saludable?
1. Si.
  2. No.
12. ¿Las autoridades ambientales cumplen su rol de asegurar un ambiente saludable?
1. Si.
  2. No.
13. ¿Cómo calificaría el conocimiento que tiene usted y los miembros de su familia, organización respecto de los efectos de la contaminación de material particulado?
1. Los conozco bastante.
  2. Los conozco más o menos.
  3. Los conozco muy poco.
  4. No los conozco.
14. ¿Cómo calificaría usted el conocimiento que tienen respecto de los derechos frente a la contaminación?

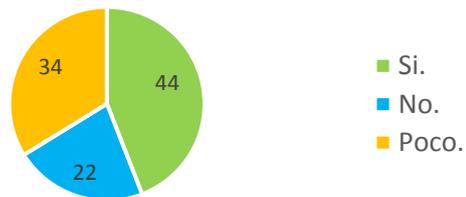
1. Los conozco bastante.
  2. Los conozco más o menos.
  3. Los conozco muy poco.
  4. No los conozco.
- 15.** ¿Sabía usted, que durante la elaboración de las normas ambientales hay un momento de la participación ciudadana a fin de incorporar la opinión de los ciudadanos?
1. Si.
  2. No.

**Anexo 6:** Resultados de la encuesta expresados en términos de porcentaje a la población del distrito de Morales.

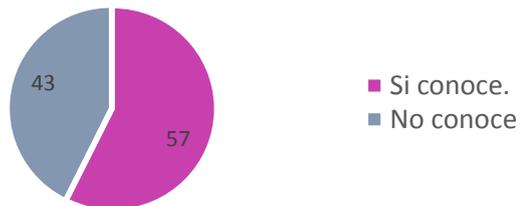
**¿Sabe usted si el material particulado en el aire tiene algún efecto en la salud?**



**¿Sabía Ud. que existe una norma que regula la cantidad máxima de MP respirable en el aire y que su alcance es de tipo nacional?**



**¿Conoce fuentes de emisión?**



**¿Qué fuentes de emisión conoce?**



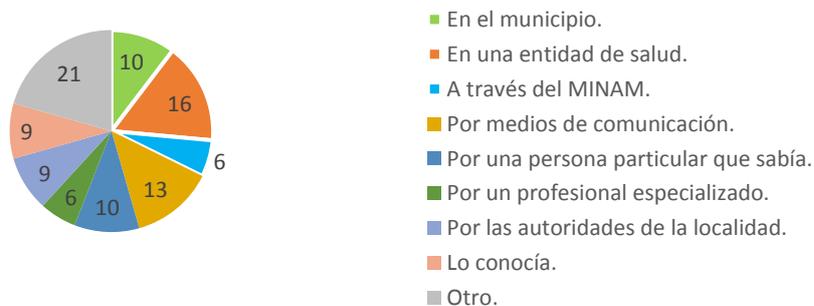
### ¿Cómo evaluaría Ud. la calidad del aire en su ciudad?



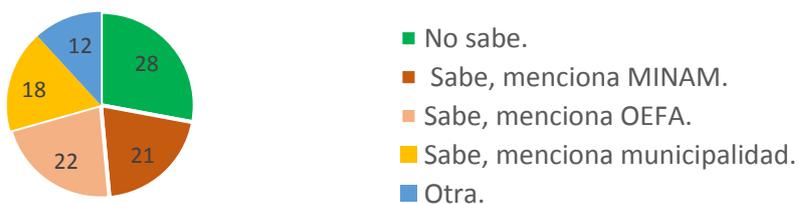
### ¿Qué acciones ha realizado para disminuir la contaminación ambiental?



### ¿Si hizo una denuncia a nombre propio o colectivamente, cómo se informó del procedimiento a seguir?



### ¿Sabe cuál es la institución responsable de llevar a cabo la evaluación y control de los contaminantes?



**¿Sabe usted si la institución que mencionó cumple el papel de controlar y fiscalizar a empresas por emisiones de material particulado?**



**¿Usted conoce cuáles son los derechos que le garantiza la normativa con respecto a la calidad del medio ambiente?**



**¿Diría usted que las autoridades de salud cumplen su rol de asegurar un medio ambiente saludable?**



**¿Las autoridades ambientales cumplen su rol de asegurar un ambiente saludable?**



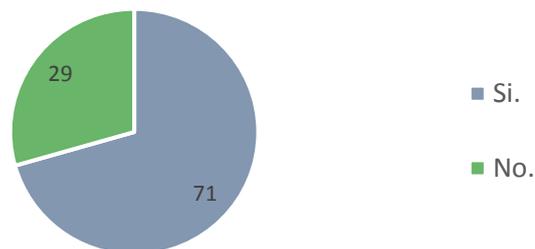
**¿Cómo calificaría el conocimiento que tiene usted y los miembros de su familia, organización respecto de los efectos de la contaminación de material particulado?**



**¿Cómo calificaría usted el conocimiento que tienen respecto de los derechos frente a la contaminación?**



**¿Sabía usted, que durante la elaboración de las normas ambientales hay un momento de la participación ciudadana a fin de incorporar la opinión de los ciudadanos?**



FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*

Anexo 7: Certificado de Calibración del caudalímetro.

		<b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI – SNA CON REGISTRO N° LC – 001</b>	 Registro N° LC-001
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° T-0869-2014</b> <b>CON VALOR OFICIAL SEGÚN CEDULA DE NOTIFICACIÓN N° 189.2013/SNA-INDECOPI</b>			
Fecha de emisión: 2014-05-09		Expediente N° 35059 Pag 1 de 2	
1. Solicitante : DMS INGENIERÍA ASOCIADA S.R.L. 2. Dirección : Av. El Retablo 1210-201 - Urb. Primavera COMAS - Lima. 3. Instrumento calibrado : Caudalímetros de gases Ítem : Tipo: Medidor de diafragma Marca / Fabricante : ZAMBELLI Mark : Identificación : GT-07 (**) Serie : No indica Modelo : CAT. N° 63-1032 Procedencia : Italia 4. Lugar d calibración : Laboratorio de caudales de METROIL. 5. Fecha de calibración : Del 2014-05-07 al 2014-05-08 6. Método de calibración : La calibración se efectuó según PC-MT-008 Rev 09 "Procedimiento de Calibración de Calibración de Caudalímetros" de METROIL S.A.C. 7. Trazabilidad : Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los Patrones del SNM-INDECOPI Se utilizaron los siguientes instrumentos patrones: Caudalímetro LM-178 con Certificado de calibración N° LT-349-2013 del SNM-INDECOPI. Caudalímetro LM-189 con Certificado de calibración N° LT-350-2013 del SNM-INDECOPI. 8. Condiciones y procedimiento de calibración: Antes de la calibración se mantuvo el instrumento durante un mínimo de 24 horas en ambiente de temperatura controlada de 23±2 °C y humedad relativa menor del 70%. Procedimiento aplicado: FL/PRO/7237/036-INTA. Para cada caudal de referencia "Q" se ha adquirido la lectura del objeto de calibración "q". El fluido de calibración ha sido aire seco. Las medidas efectuadas están referidas a condiciones actuales de presión y temperatura. El tiempo de estabilización no ha sido inferior a quince minutos. La presión actual medida se corresponde con la atmosférica durante la calibración. 9. Incertidumbres : Las incertidumbres asignadas han sido calculadas considerando las contribuciones de los patrones, del procedimiento de calibración, de las condiciones ambientales y del objeto calibrado. La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura, que para una distribución t de Student con veff grados efectivos de libertad, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medida se ha obtenido conforme al documento EA-4/02. Los valores e incertidumbres asignados corresponden al momento de la medida y objeto de calibración identificado en este certificado, no considerándose su estabilidad a más largo plazo. Las incertidumbres expandidas en las medidas de la Temperatura y Presión Actuales son de 0.10 °C y 3 mbar, respectivamente.	Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.  Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados; los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del Instrumento.  METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.  El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.		
		 Ing. Marco A. MONTALVO CABEZAS Gerente del Servicio Metrologico	
METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C. Oficina (Ventas, Recepción): Av. Canadá 1557-La Victoria, Lima 12 Central Telefónica: (511) 224-4400 Teléfono: (511) 226-8811 Nextel: 109*8844/109*8846 KPM *481-570 Laboratorio: Av. Universidad Norte 8903, Coahuil, Lima 7 Central Telefónica: (511) 557-2727/557-3743 Teléfono: (511) 557-2511 E-mail: ventas@metrologicas.pe / Web: www.metrologicas.pe F-36-084 / Mayo 2014/May. 05			

FUENTE: Fotocopia tomada a partir del certificado original, 2015.

**Anexo 8:** Panel fotográfico correspondiente al muestreo de PM 10 con el equipo denominado Hi-vol (Ovalo del Soldado Huallaga y Segundo Ovalo de Morales respectivamente).



Muestreo de PM10 en el Ovalo del Soldado Huallaga.



Muestreo de PM10 en el Segundo Ovalo de Morales.

*FUENTE: Elaboración propia, 2015.*

## **Anexo 9: Artículo científico.**

### **“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>10</sub>) EN PUNTOS DE ALTO TRÁNSITO VEHICULAR DEL DISTRITO DE MORALES - SAN MARTÍN 2015”**

**Bach. MYRIAN BETTINA PAREDES VÁSQUEZ**

**Myrian.pv@gmail.com**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FILIAL TARAPOTO**

#### **RESUMEN**

En el distrito de Morales, la contaminación atmosférica ocurre usualmente por efecto de una o más fuentes emisoras ubicadas en el entorno. El ejemplo típico es el área céntrica de la ciudad, en las cuales se superponen los efectos de las emisiones de numerosas fuentes fijas de la actividad comercial y las emisiones provocadas por los vehículos.

El objetivo general de la presente investigación fue determinar la concentración de material particulado (PM<sub>10</sub>), en puntos de alto tránsito vehicular en el distrito de Morales. A manera de objetivos específicos tenemos: evaluar e interpretar la influencia de las variables ambientales en la concentración del material particulado en los puntos de alto tránsito vehicular; determinar el tránsito vehicular en los puntos de alto tránsito a muestrear; y estudiar alternativas viables que permitan mantener o mitigar la concentración de material particulado (PM<sub>10</sub>). Para lograr los objetivos se empleó un muestreador de alto volumen (Hi-Vol.), se efectuó mediciones de 24 horas en cada punto establecido; permitiendo recolectar muestras cada día (proceso evaluado por triplicado). Se instaló el filtro previamente pesado (Peso inicial), trascurrido las 24 horas se tomó nota de los parámetros meteorológicos, se culminó el muestreo y se procedió a retirar al filtro; para posteriormente transportarse al laboratorio y ser desecado, pesado (Peso final). Con los pesos obtenidos se procedió a determinar la concentración de material particulado (PM<sub>10</sub>).

La investigación concluye que de acuerdo al estudio realizado, en la estación de monitoreo la concentración obtenida de PM<sub>10</sub> en dos puntos de muestreo del Distrito de Morales, no excedieron los estándares de calidad de aire establecido por la norma nacional D.S. N.° 074-2001 PCM y que los pobladores de los alrededores no se encuentran expuestos de manera directa por este contaminante ya que no existirá daño directo a su salud, con excepción de las personas con determinada sensibilidad a este contaminante.

**Palabras claves:** Material particulado, alto tránsito, flujo vehicular, índice vehicular, variables meteorológicas.

#### **ABSTRACT**

In the district of Morales the atmosphere pollution usually happen because of one or more issuable emission source ubicated around. The typical example is the central area of the city within superimpose the effects of many sources of the trading activities and the emissions done by vehicles.

The main goal of the present research is determinate the concentration of particled material (PM<sub>10</sub>) in points with vehicle affluence in the district of Morales; and the specific goals are: Evaluate and translate the rush of the environmental variables in the concentration of the particled material in the high vehicle rush. Determinate the vehicle rush in the points of high traffic to sample; and study alternatives variables that let to keep or moderate the concetration of particled material (PM<sub>10</sub>). To get the goals we have used a sampler of high volume (Hi-vol) we have doneof 24/hours in each stablsh point; allowing that we gather samples in each day (inicial weight) passed the 24 hours we got notes of the meteorological parameters and we finished the samples and we removed the philter; and after that we went to the laboratory and it was desiccated weighted (final weight); with the weights that we had, we determinated the concentration of the paticled material(PM<sub>10</sub>).

The research concludes that according to the search we did, the concentration we have got of (PM<sub>10</sub>) in the two points of samples in the district of Morales don't surpass the quality standars of the air stablsh by the national rules D.S. N°074-2001 PCM and the citizen around aren't exposed in direct way for this pollutant and there isn't direct damage in their health except people with some sensibility with this pollutant.

**Key words:** Particled material, high traffic, vehicle effluence, vehicle registration, meteorological variables.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es la presencia en la atmósfera de sustancias no deseables, en concentraciones, tiempo y circunstancias tales que pueden afectar significativamente el confort, la salud y el bienestar de las personas o el uso y disfrute de sus propiedades. La presencia de partículas en la atmósfera, solas o combinadas con otros contaminantes, genera riesgos para la salud, afectando el sistema respiratorio humano<sup>1</sup>, aun en concentraciones bajas de partículas respirables ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), se pueden incrementar los riesgos de infecciones respiratorias agudas (IRA) e incluso episodios asmáticos<sup>2</sup>.

El término "partícula" se emplea para describir cualquier material sólido o líquido dividido finamente, que es dispersado y arrastrado por el aire y que tiene un tamaño que varía entre  $0.0002$  y  $500 \mu\text{m}$ . Las emisiones de partículas naturales incluyen polvos, aspersión marina, emisiones volcánicas, emanaciones de la flora, e incendios de bosques. Las emisiones antropogénicas provienen de fuentes estacionarias, fuentes fugitivas (polvos de las carreteras e industrias), y fuentes móviles. Las partículas respirables se han clasificado de acuerdo a dos tamaños: las de tipo PM10 que son aquellas partículas menores a  $10$  micrómetros y el PM2.5 aquellas partículas menores a los  $2.5$  micrómetros; las primeras son aquellas partículas gruesas que en su mayoría presentan un pH básico producto de la combustión no controlada; algunas están relacionadas con la desintegración mecánica de la materia o la resuspensión de partículas en el ambiente; en el segundo agrupa a las partículas generalmente ácidas, que contienen hollín y otros derivados de las emisiones vehiculares e industriales, y corresponde a la fracción más pequeña y agresiva debido a que estas son respirables en un  $100\%$  y por ello se alojan en bronquios, bronquiolos y alveolos<sup>2</sup>.

Las exigencias del aire en las grandes ciudades del mundo, obedece principalmente a una masiva preocupación por el impacto que tienen los contaminantes atmosféricos sobre la salud de la población. En los últimos años, se ha presentado una elevada emisión de contaminantes a la atmósfera como consecuencia del aumento en la densidad de población y el progreso de la industria, este último muy ligado a la combustión en procesos industriales y unidades vehiculares, los cuales

traen consigo altas emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Material Particulado (PM) e hidrocarburos.

Bajo esta óptica, es evidente como los esfuerzos por determinar la contribución de diversas fuentes de contaminación atmosférica respecto a material particulado, se han logrado reducciones importantes en la concentración de partículas en el aire de diversas ciudades del mundo. Uno de los ejemplos más interesantes es el de la Ciudad de Santiago de Chile, que ha reducido de manera significativa las concentraciones de este contaminante, gracias a la aplicación del Modelo CMB (Chemical Mass Balance), lo cual le permitió al gobierno chileno diseñar medidas de control de la contaminación con especial énfasis en fuentes móviles, principalmente de los vehículos tipo ómnibus, logrando en 10 años, pasar de una flota de 14000 buses con 15 años de servicio en promedio, a una flota de 7500 buses con 5 años en promedio de servicio mejorando la calidad de vida de la población y reduciendo en gran medida las enfermedades relacionadas de los grupos de riesgo.<sup>3</sup>

En el Perú, la contaminación del aire se genera debido al desarrollo de actividades industriales (como la actividad pesquera o minera) y también por el deficiente parque automotor. De manera específica para Lima Metropolitana, el parque automotor y la actividad industrial son las principales causas de contaminación del aire. En efecto, según Plan Integral de Saneamiento Atmosférico – PISA de las unidades vehiculares son responsables de aproximadamente el  $90\%$  de la contaminación del aire (específicamente en PM10), mientras que el  $10\%$  restante se explica por las fuentes estacionarias (PISA, 2002). El parque automotor puede agravar los problemas en el futuro, lo que, sumado a la falta de mantenimiento de los vehículos y la ausencia o incumplimiento de las revisiones técnicas, no se logra controlar la emisión de gases contaminantes y material particulado.

En la ciudad de Segunda Jerusalén, distrito Elías Soplin Vargas, provincia de Rioja, departamento de San Martín-Perú, se encuentra establecida la fábrica de cemento en esta región con una capacidad aproximada de producción de  $150.000 \text{ TM/año}^4$ , y que viene funcionando desde hace 11 años; a propósito de su presencia industrial, la Red de Salud de Rioja, del

Ministerio de Salud, emitió un informe que muestra que los índices de enfermedades respiratorias de la población han ido incrementándose en el período de funcionamiento de la fábrica. <sup>5</sup> Establecida la sospecha de la relación de causalidad entre cuadros de salud respiratorios y el funcionamiento de la fábrica, aun cuando el control de monitoreos ambientales específicamente de PM10 declarado por la empresa muestra una variación por debajo de la norma peruana <sup>6</sup>, diversas organizaciones locales han iniciado el estudio con mayor profundidad, llegando a confirmar la sospecha de generación de valores de material particulado que superan la normativa nacional vigente y prácticamente no viendo otra alternativa la industria en cuestión se ha visto en la obligación de implementar medidas de urgencia para el control de sus emisiones.

El distrito de Morales no es la excepción, ya que el crecimiento acelerado de la ciudad se desarrolla en la actualidad sin ninguna planificación y el desconocimiento de los principios ambientales afecta seriamente la calidad de vida y la salud de la población, en estos últimos años ha traído consigo un gran incremento

de vehículos que generan un problema ambiental por la contaminación atmosférica, es así, en el presente trabajo se evaluó la concentración de material particulado menor a 10 micrómetros (PM10) siguiendo el protocolo de monitoreo establecido en la normativa nacional vigente y se determinó su concentración por el método separación inercial/filtración (gravimetría) a partir de un muestreo de alto volumen, en puntos de alto tránsito vehicular, para posteriormente interpretarse teniendo en cuenta los valores establecidos según el D.S. N.º 074-2001 PCM; llegándose a concluir que los puntos de monitoreo del Segundo Ovalo de Morales y el Ovalo el Soldado Huallaga presentan 163.89 ug/m<sup>3</sup> y 116.66 ug/m<sup>3</sup> respectivamente; en el primer caso superando los valores de los ECA y según el INCA para ambos caso clasifica como una mala calidad que según la escala de color corresponde al color naranja (rango de 101 a 200 ug/m<sup>3</sup>); mientras que en el punto de monitoreo en la zona céntrica del distrito de Morales (Plaza de armas) se determinó 89.81 ug/m<sup>3</sup>; el cual se encuentra dentro de los valores establecidos en los ECA y califica como regular según el INCA, y la escala de color corresponde al color amarillo (51 a 100 ug/m<sup>3</sup>).

## MATERIAL Y MÉTODO

### MATERIALES:

#### Equipos

**Tabla 3:** Detalles de los equipos de monitoreo.

EQUIPOS	MARCA	DESCRIPCIÓN	CALIBRACIÓN	CANT.
Anemómetro	TENMARS	Modelo TM-403	Si	1
Higrómetro	SMART SENSOR	Modelo AR867	Si	1
Brújula	Lensatic Compass	Modelo Marching	No	1
GPS	Garmin	MAP 62SC	No	1
Caudalímetro	Hi-vol	Medidor de alto volumen	Si	1
Estufa	Memmert	Modelo CN 55	Si	1
Balanza Analítica	-	Ohaus	Si	1
Desecador	Pyrex	-	No	1

FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*

### Materiales

**Tabla 4.** Materiales utilizados para el monitoreo.

EQUIPO	MARCA	DESCRIPCIÓN	CANT.
Papel filtro	Whatman	Microfibra de cuarzo QM-A de 20.3 x 25.4 cm	1
Cinta de seguridad	-	Señalización de Peligro	1
Hoja de campo	-	Recopilación de datos in situ	1
Extensión eléctrica	-	20m de largo	1

Trípode	-	color negro 1.5m de largo	1
Pinzas	-	Acero	1

**FUENTE:** *Elaboración propia, 2015.*

#### Instrumentos

- Fichas de campo.
- PM10
- Perfil gravimétrico.

#### MÉTODO:

El presente proyecto se desarrolló en las siguientes etapas:

#### ETAPA 1: Revisión bibliográfica y coordinación para la obtención de equipos y materiales

- Búsqueda de libros, revistas, documentos indexados y otros artículos virtuales que permitan obtener la información bibliográfica necesaria para la ejecución del presente trabajo.
- Coordinación con la consultora DMS INGENIERÍA ASOCIADA S.R.L. para el alquiler del equipo de monitoreo (Hi-vol).

#### ETAPA 2: Determinación de los puntos de muestreo y preparación de materiales y equipos.

- Evaluar el flujo vehicular (número de unidades vehiculares en un tiempo determinado) para determinar los puntos de alto tránsito a monitorear.
- Con ayuda de un GPS se procedió a determinar la ubicación espacial de los puntos de muestreo.
- Verificación de los equipos a utilizarse en el monitoreo (Ver tabla 3) que estén debidamente calibrados por los organismos autorizados.
- Verificación de los materiales a utilizarse en el monitoreo (Ver tabla 4) que cumplan con los requisitos según DIGESA 2005.

#### ETAPA 3: Transporte de equipos y materiales y ejecución del monitoreo

- Los equipos y materiales fueron transportados cuidadosamente para evitar averías y desperfectos.
- El equipo muestreador de alto volumen HIVOL se instaló en un lugar expuesto y a una distancia de por lo menos 4 metros de las edificaciones u otra estructura cercana. Debe ubicarse en una plataforma, de modo que el

filtro se encuentre entre 2 y 3 metros sobre la superficie.

- Se efectuó mediciones de 24 horas en cada punto o estación de monitoreo establecido. Permitiendo que se recolecte muestras cada día (proceso evaluado por triplicado) siguiendo el protocolo para calidad de aire.
- En el procedimiento de operación es muy importante que todos los muestreos se efectúen exactamente del mismo modo y en todas las locaciones o estaciones de monitoreo.
- Paralelamente se tomaron los datos meteorológicos (Temperatura, Velocidad de viento, humedad y dirección de viento en el lugar a muestrear).
- Se instaló el filtro previamente pesado (Peso inicial), se conectará a la fuente de energía eléctrica, se reguló el caudalímetro, se puso en marcha teniendo en cuenta la hora de inicio que se registró.
- Trascurrido las 24 horas se tomó nota de los parámetros meteorológicos, se paró el equipo muestreador y se procedió a retirar al filtro con cuidado para evitar la pérdida del material particulado; para posteriormente transportarse al laboratorio y ser desecado, pesado (Peso final).
- Con los pesos obtenidos se procedió a determinar la concentración de material particulado (PM10) aplicando la fórmula siguiente.

$$PM_{10} = \frac{P_f - P_i}{Q * 24h}$$

#### Donde:

PM10: Concentración de material particulado PM10.

Pf: Peso final del filtro (después de ser expuesto).

Pi: Peso inicial del filtro (antes de ser expuesto).

Q: Caudal.

#### Requisitos básicos:

##### A. Monitoreo de PM10

Para la determinación de PM10 se empleó un muestreador de alto volumen (Hi-Vol.) que aspira aire del medio ambiente, a un flujo constante, dentro de un orificio de forma especial, en donde el material

particulado en suspensión es separado inercialmente en fracciones de uno a más, dentro de un rango menor a 10 micras.

Para el monitoreo con PM 10 se tomará como referencia lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones.

**a. Preparación de Filtro**

- Se codificó el filtro, teniendo mucho cuidado de que este no se contamine o se rompa, así se obtuvo el peso inicial. Se confeccionó un porta-filtro de papel encerado para cada filtro.
- El filtro se colocó por 24 horas en una estufa a 28 - 30°C, el filtro se pesa y luego se

almacena nuevamente durante un mínimo de 24 horas a la temperatura antes indicada, para eliminar la humedad adquirida por efectos del ambiente.

**b. Instalación del equipo PM10**

Se coloca el filtro con su porta-filtro en la unidad de impacción. El equipo (Hi-Vol.) Se acciona el equipo dejándolo funcionar por 24 horas, anotando el tiempo inicial.

Se anota el tiempo final de la medición de 24 horas. Terminado el periodo de monitoreo, el filtro expuesto se retira del portafiltro con una pinza, se coloca dentro de un porta-filtro.

PARÁMETRO	EQUIPO DE MUESTREO	LIMITE DE DETECCIÓN DE EQUIPO	MÉTODO DE ANÁLISIS
PM10	Muestreador de Partículas de bajo volumen	No aplica	Separación inercial/ Gravimetría

**Cuadro 8:** Equipos y método empleados para el monitoreo.

**FUENTE:** *Elaboración propia, 2015.*

**c. Análisis del filtro**

La caja Petri con el filtro se coloca en una estufa a 28 –30 °C por 24 horas, para eliminar la humedad ambiental, después se coloca en un desecador durante 30 minutos para lograr alcanzar la temperatura ambiental (25 °C) y no capture humedad.

El filtro se pesó tres veces, del valor promedio se restó luego el peso del filtro de referencia.

El filtro expuesto luego se colocó en un sobre de papel, se etiquetó y se colocó en la estufa adecuada para eliminar humedad. Así quedan los filtros almacenados para cualquier análisis posterior.

**RESULTADOS**

**Presentación de Resultados**

Las tablas, cuadros y graficas que se presentan a continuación corresponden a los resultados de la determinación de la concentración de material particulado PM10 en puntos de alto tránsito de vehicular del distrito de Morales en los meses de mayo, agosto y noviembre del año 2015; así como su interpretación correspondiente según la normativa nacional vigente. Teniendo en cuenta que las condiciones de evaluación no fueron homogéneas para todos los puntos evaluados (En

el ovalo Soldado Huallaga se realizó el muestreo en el segundo piso de una vivienda aledaña y con el inconveniente que a unos 150 m se presentaba una vía en proceso de pavimentación (carretera que conduce al Distrito de San Antonio)) mientras que en los dos otros puntos de monitoreo la evaluación se realizó a 1.5 m de altura respecto a la superficie del piso (altura del equipo).

También se presenta resultados de la evaluación de ciertos parámetros

meteorológicos como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento en cumplimiento con lo establecido según DIGESA y

el OEFA para la determinación de parámetros como gases y material particulado en el componente aire.

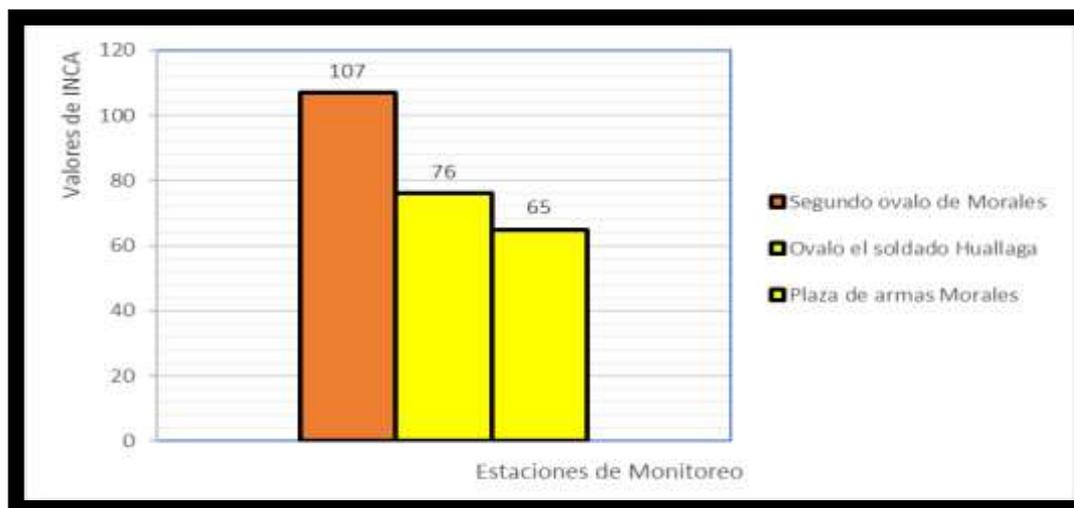
**Tabla 6:** Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de mayo del 2015.

Estación de monitoreo	Concentración de partículas PM <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	* ECA (μg/m <sup>3</sup> )	Valor del análisis **	** INCA (Intervalo)	Color de Asignación
Segundo Ovalo de Morales	161.11	150	107	101 - 167	Naranja
Ovalo el Soldado Huallaga	113.88	150	76	51 - 100	Naranja
Plaza de Armas Morales	97.22	150	65	51 - 100	Amarillo

(\*) ECA: Estándares de Calidad Ambiental (D. S. N° 003-2008-MINAM).

(\*\*) INCA: Índices de calidad de aire (R. M. N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: Elaboración propia, 2015.



**Gráfica 1:** Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de mayo del 2015.

FUENTE: Elaboración propia, 2015.

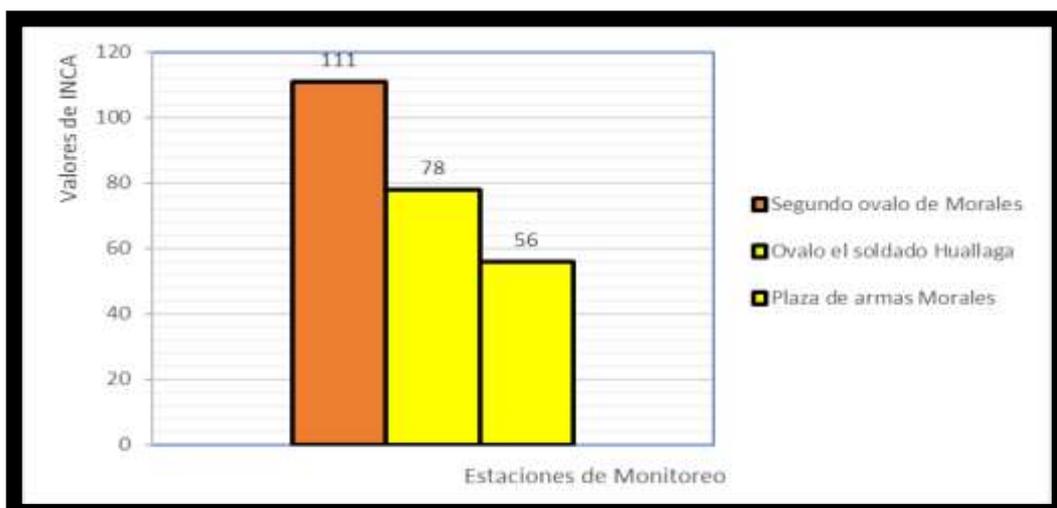
**Tabla 7:** Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de agosto del 2015.

Estación de monitoreo	Concentración de partículas PM <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	* ECA (μg/m <sup>3</sup> )	Valor del análisis **	** INCA (Intervalo)	Color de Asignación
Segundo Ovalo de Morales	166.67	150	111	101 - 167	Naranja
Ovalo el Soldado Huallaga	116.67	150	78	51 - 100	Amarillo
Plaza de Armas Morales	83.33	150	56	51 - 100	Amarillo

(\*) ECA: Estándares de Calidad Ambiental (D. S. N° 003-2008-MINAM).

(\*\*) INCA: Índices de calidad de aire (R. M. N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: Elaboración propia, 2015.



**Grafica 2:** Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de agosto del 2015.

FUENTE: Elaboración propia, 2015.

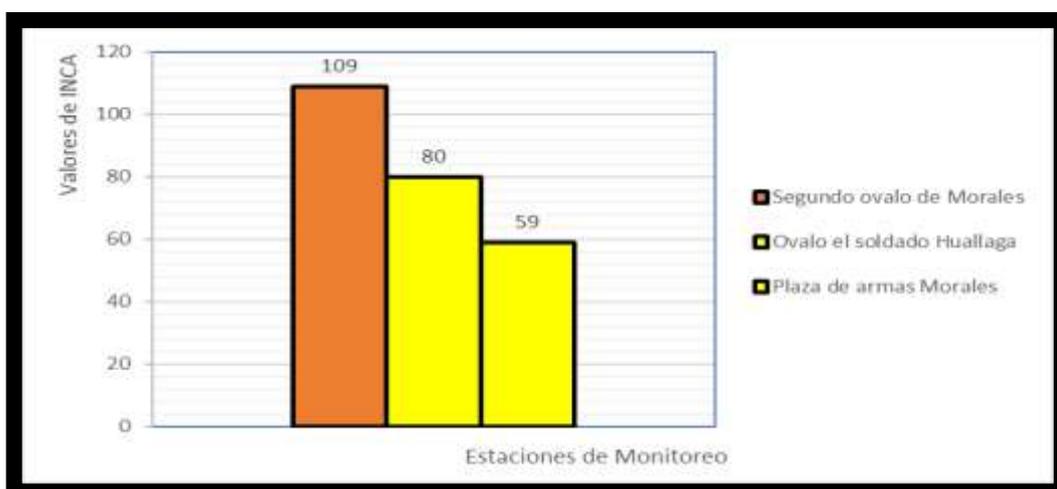
**Tabla 8:** Concentración de material particulado tipo PM-10 evaluado en 24 horas y valores del análisis contrastado con los ECA e INCA determinados en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales correspondientes al mes de noviembre del 2015.

Estación de monitoreo	Concentración de partículas PM <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	* ECA (ug/m <sup>3</sup> )	Valor del análisis **	** INCA (Intervalo)	Color de Asignación
Segundo Ovalo de Morales	163.89	150	109	101 - 167	Naranja
Ovalo el Soldado Huallaga	119.44	150	80	51 - 100	Amarillo
Plaza de Armas Morales	88.89	150	59	51 - 100	Amarillo

(\*) ECA: Estándares de Calidad Ambiental (D. S. N° 003-2008-MINAM).

(\*\*) INCA: Índices de calidad de aire (R. M. N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: Elaboración propia, 2015.



**Grafica 3:** Valores correspondientes al análisis según los INCA del material particulado tipo PM-10 en lugares de alto tránsito vehicular del distrito de Morales evaluados en el mes de noviembre del 2015.

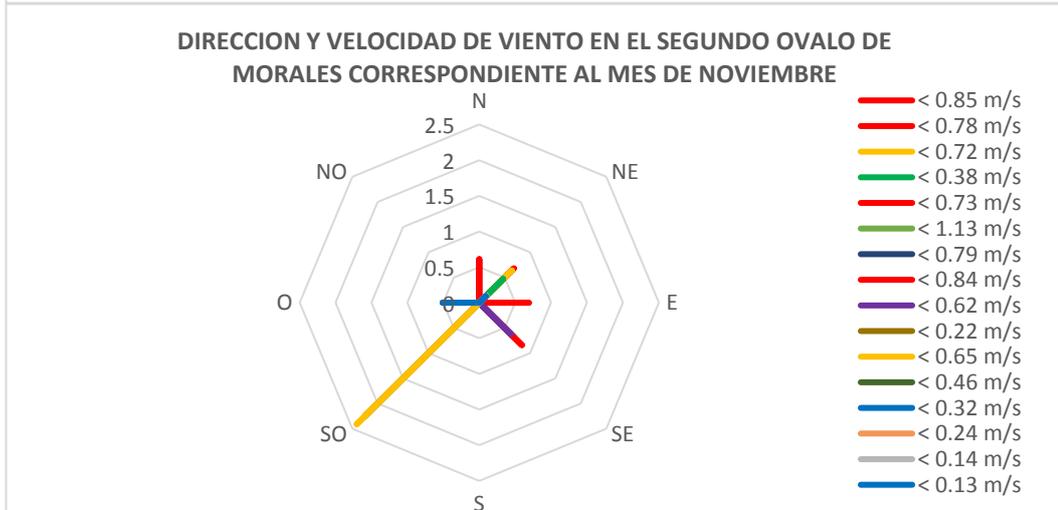
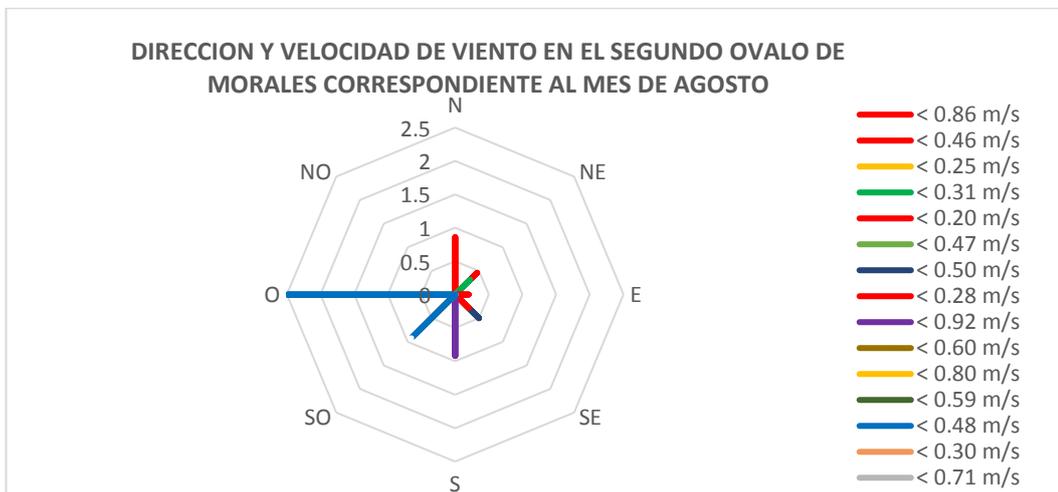
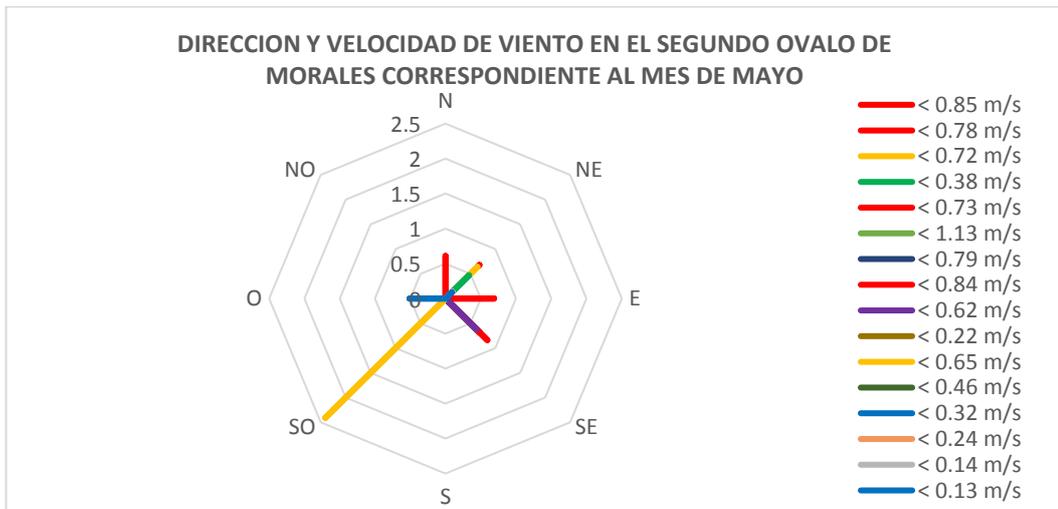
FUENTE: Elaboración propia, 2015.

Nº	X	Y	UBICACIÓN	REFERENCIA	UNIDADES/TIEMPO (Unid./h)	TOTAL
1	344739	9284540	SEGUNDO OVALO MORALES		432	1208
					450	
					286	
				OTROS (*)	40	
2	346153	9284004	OVALO DEL SOLDADO HUALLAGA		426	1292
					528	
					318	
				OTROS (*)	20	
3	347057	9283639	PLAZA DE ARMAS DEL DISTRITO DE MORALES		312	1026
					356	
					354	
				OTROS (*)	4	
4	346774	9282201	JR. MALECON CUMBAZA (EL CENTENARIO)		364	1007
					375	
					256	
				OTROS (*)	12	
5	347058	9283696	GRIFO MORALES		365	1011
					356	
					276	
				OTROS (*)	14	
6	347017	9283507	JR. JOSÉ GÁLVEZ - FRANCISCO PIZARRO		260	603
					243	
					96	
				OTROS (*)	4	
7	347202	9282985	JR. 1RA DE MAYO (CENTRO DE SALUD MORALES)		240	519
					162	
					114	
				OTROS (*)	3	
8	347765	9283358	AV. SALABERRY N° 895 (MULTICERVICIOS TICLA SAC		386	993
					376	
					215	
				OTROS (*)	16	

**Cuadro 6:** Evaluar el flujo vehicular para establecer los puntos de alto tránsito vehicular a monitorear.

Nota (\*): Unidades vehiculares mayores como camiones, buses, maquinaria pesada, etc.

FUENTE: *Elaboración propia, 2015.*



**Gráfica 4:** Rosas de viento de mayores valores obtenidos en cada uno de los meses en los que se ejecutó el monitoreo.

**FUENTE:** Elaboración propia, 2015.

## DISCUSIÓN

La concentración de partículas PM10 registradas en la estación del Segundo Ovalo de Morales, durante los meses de muestreo (mayo, agosto, noviembre), son de 161.11, 166.67 y 163.89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, encontrándose sobre los valores establecidos en la normativa ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) establecida para la de calidad de aire de acuerdo al D.S. N.° 074-2001 PCM; que al haberse comparado con el índice de calidad de aire (ICA) se obtiene como resultado el nivel de riesgo valorado y correspondiente al color Naranja para todos los casos, cuya calificación se considera como mala, y se puede interpretar que la calidad del aire es inaceptable, ya que los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos sobre la salud, corroborándose con los resultados que arrojó la aplicación de la en cuesta sobre todo en áreas próximas al “Segundo Ovalo”, en la cual se manifiesta una incomodidad al respirar producto del material particulado que se genera teniendo en cuenta muchos factores como son la humedad, la temperatura y el viento. En la que altas temperaturas (superior a  $25^\circ\text{C}$ ), una humedad relativa baja (menor a 80 %) y una velocidad de viento no favorable a mantener el material particulado suspendido ( $< 2 \text{ m/s}$ ).

Según la bibliografía consultada, entre los factores preponderantes que generan una alta concentración de material particulado en suspensión en las áreas urbanas se pueden mencionar; a las vías no pavimentadas, la falta de limpieza y mantenimiento de las mismas, procesos de combustión incompleta por parte de unidades motorizadas debido principalmente al uso de combustibles no refinados o en todo caso por falta de mantenimiento de las unidades vehiculares; así como de la re-suspensión del material depositado en las vías (por las altas velocidades y el alto tonelaje). Según Moragues (2013) menciona que además de los factores antes mencionados, existen variables que influyen favoreciendo la suspensión del material particulado; entre ellas la influencia de altas temperaturas, la baja humedad y la nula o escasa velocidad de viento, además indica que también depende del volumen y la masa del material particulado. Respecto a los resultados obtenidos, al ser contrastados con la realidad, se puede evidenciar que, en el punto de muestreo donde se supera los ECAs y se determina una mala calificación del aire respecto al PM10 que podría

afectar a las personas de los grupos sensibles y la población en general, coincidentemente contrastan con la realidad de un tránsito mixto elevado tanto de unidades menores y de alto tonelaje, además de ser vías rápidas en las que se registran hasta 110 Km/h, con escaso o nula actividad de limpieza, donde el agua de escorrentía moviliza el material particulado (erosión hídrica) y lo deposita a las orillas de las vías, el mismo que es removido y suspendido por procesos eólicos (erosión eólica) e incluso por deflación, también se puede evidenciar que las calles alledañas corresponden a tramos no asfaltados y que en su mayoría no cuentan con redes de alcantarillado y drenaje facilitando el arrastre de las partículas minerales del suelo que confluyen posteriormente a vías de alto tránsito vehicular agravando las condiciones.

El material particulado es considerado como uno de los contaminantes del aire más importantes en términos de sus posibles efectos sobre la salud de las personas. Estudios epidemiológicos evidencian la existencia de asociaciones significativas entre el nivel de la concentración de material particulado en el aire e impactos adversos en la salud (WHO, 2000). Las partículas más finas son generalmente las que más contribuyen a estos efectos adversos, debido a su capacidad de ingresar más profundamente en las vías respiratorias hasta alcanzar los pulmones, alojándose allí y dañando los tejidos involucrados en el intercambio de gases. Mientras que los efectos del material particulado varían considerablemente dependiendo de su composición y distribución, generalmente, la exposición al material particulado inhalable puede causar un aumento en la mortalidad de origen cardíaco y respiratorio, una reducción de los niveles de la capacidad pulmonar en niños y adultos asmáticos y enfermedades crónicas de obstrucción pulmonar. Los efectos sobre la salud originados por estas causas, traen asociados aumentos en el ausentismo escolar, disminución de los días de actividad laboral y un aumento del número de consultas médicas o a las salas de emergencias por síntomas de asma y otras patologías respiratorias (COMEAP, 1998, WHO, 2000); como es el caso de los reportes del ministerio de salud en los últimos años en la región San Martín, donde indica que el grupo de la población vulnerable como niños, ancianos, mujeres gestantes y aquellos que sufren enfermedades supresoras ha ido en aumento en los últimos años; donde posiblemente estos casos

también estén relacionados con el transporte y sus condiciones en la localidad.

La concentración de partículas PM10 registradas en las estaciones restantes llámese ovalo soldado Huallaga y Plaza de Armas del Distrito de Morales, durante los meses de muestreo (mayo, agosto, noviembre), se encuentran por debajo de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido por la norma nacional de calidad de aire de acuerdo al D.S N.° 074-2001 PCM y también que al ser comparados con el índice de calidad de aire, teniendo como resultado el nivel de riesgo de color amarillo cuya calificación es moderada, y se puede interpretar que la calidad del aire es aceptable; donde las personas de los grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos síntomas respiratorios.

Los resultados obtenidos, también pueden ser corroborados gracias a la interpretación del instrumento aplicado (Encuesta); donde la información recabada de mayor interés demuestra que los efectos del material particulado de tipo PM10 podrían conllevar a problemas de salud a la población sobre todo a aquellos individuos de los grupos sensibles, que además las autoridades involucradas muy poca presencia tienen en las áreas de influencia, las fuentes que generan y promueven los agentes contaminantes están estrechamente relacionados con el tránsito vehicular (46%), las condiciones del componente por donde se desplazan o sus alrededores además de ciertos factores que favorecen la presencia y valores significativos de material particulado de tipo PM10 en los puntos de alto tránsito vehicular en el distrito de Morales.

### CONCLUSIONES

- La concentración de material particulado menor a 10  $\mu\text{m}$  (PM10) en los tres puntos de alto tránsito vehicular evaluados en el distrito de Morales denominados como el Segundo Ovalo de Morales, el Ovalo el Soldado Huallaga y el punto denominado zona céntrica del distrito de Morales (Plaza de armas) presentan 163.89, 116.66 y 89.81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como valores promedio respectivamente en los tres monitoreos en los tres meses evaluados (mayo, agosto, noviembre).

- En el primer punto de monitoreo denominado segundo ovalo, se supera en todos los monitoreos realizados los valores establecidos en los ECA, y según el INCA corresponde a una mala calidad de aire para PM10 equivalente al color naranja en la escala de colores; valores que estaría siendo influenciados por el alto tránsito vehicular y las condiciones ambientales favorables, ya que en dicho punto se registraron los valores más altos de la velocidad de viento que superan en todos los casos los 2 m/s.
- Los puntos de monitoreo considerados de alto tránsito vehicular en el distrito de Morales son el segundo ovalo de Morales, el ovalo el soldado Huallaga y el punto denominado zona céntrica del distrito de Morales (plaza de armas), los mismos que presentan valores promedio de 1208, 1292 y 1026 Unid/h respectivamente registrados en horas punta.
- La implementación de planes de monitoreo que permitan detectar de forma oportuna casos donde los valores de material particulado menor o igual a 10  $\mu\text{m}$  (PM10) estén próximos o superen los valores establecidos en la normativa nacional vigente (ECA), además de la limpieza y mantenimiento de las vías de alto tránsito, limpieza y mantenimiento de los sistemas de drenaje fluvial, asfaltado de las calles aledañas, construcción de veredas y sardineles e incluso el establecimiento y mantenimiento de áreas verdes en zonas despejadas permitirán mantener o mitigar la concentración del contaminante en cuestión.

### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- NIETO, O., (2010).** Efectos en la salud de la contaminación por material particulado. Curso
- ABBEY ET AL, (2011).** Los síntomas crónicos respiratorios relacionados con las concentraciones ambientales a largo plazo de las partículas finas, menos de 2,5 micras de diámetro aerodinámico (PM 2.5) y otros contaminantes del aire. Medio Epidemiol. Vol.5. p.137-159.
- Contaminación del Aire por Material Particulado.** AINSA. Medellín-Colombia.
- MINISTERIO DE PRODUCCIÓN-PRODUCE. (2005).** Hoja de reporte del

- control de monitoreos Ambientales-Calidad de aire-Cementos Selva S.A.
5. **Tecnología XXI S.A., (2002).** Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). Cementos Selva S.A.
  6. **RED DE SALUD DE RIOJA-MINISTERIO DE SALUD-MINSA/2005.** Informe de índice de enfermedades respiratorias en la población de Segunda Jerusalén.
  7. **BAUTISTA, Cely. (2013).** “Análisis de contribución de fuentes en PM10 y PM2.5 en un área de fondo urbano con influencia de emisiones industriales”. Abanto, Vizcaya
  8. **CABALLERO, Margarita. (2010).** “Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático”.
  9. **Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. (2010).** Volumen V. Calidad ambiental. Editado por la Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente. Primera edición, enero de 2011. Copyright Ministerio del Ambiente –MINAM Avenida Javier Prado Oeste N° 1440, San Isidro, Lima 27 – Perú.
  10. **CASTAÑEDA, Sonia. (2010).** “Legislación – contaminación atmosférica”. Edición 2008.
  11. **Álvarez J. (2012).** “Métodos de exploraciones gravimétricas y geoquímicas”.
  12. **MARTIN, Paula Beatriz. (2013).** “Concentración de material particulado en aire en la ciudad de Buenos Aires”.
  13. **Turk, Wittles.(2009).** Ecología, Contaminación y Medio Ambiente. Madrid-España.
  14. **MEZA, Lourdes M. (2010).** “Estimación de Factores de Emisión de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, en Vías Urbanas en Mexicali, Baja California, México”.
  15. **Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 16, p. 149-162. (2011).** “Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, COLOMBIA”. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia).
  16. **FRANCO, Juan Felipe, et al. (2012).** “Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto”. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
  17. **MATÍAS, María. (2013).** “Análisis de procesos de control de la contaminación del aire en una fundición minera y evaluación de la calidad del aire en una ciudad situada en su área de influencia”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química, Ingeniería Química e Ingeniería Agroindustrial, E.A.P. de Ingeniería Química. Lima – Perú. Página 01 y 128.
  18. **DOMÍNGUEZ, José M. (2013).** “Jornada sobre calderas eficientes en procesos industriales”. Conceptos de combustión y combustibles.
  19. **FLORES, Julio. (2013).** “Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios”. Departamento de ciencias Básicas. División de ciencias Básicas e ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. México, D.F. Cap. 9. Pag.130
  20. **GONZÁLEZ, Susan. (2013).** “Contaminación”. Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño” Extensión Maturín, Escuela de Ingeniería Industrial.
  21. **IGLESIAS, Silvia. (2013).** “SITUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos - E.A.P. de Ingeniería Geográfica.
  22. **INZA, Ainhoa. (2010).** “Estudio de series temporales y composición química del material particulado atmosférico en distintas áreas del País Vasco”. Departamento de Mineralogía y Petrología Facultad de Ciencia y Tecnología Universidad del País Vasco. Pág. 30
  23. **ADONIS M, et al (2012).** “Contaminación del aire en espacios interiores. Ambiente y Desarrollo - marzo 2012”.
  24. **Manual de procedimientos para determinación de Material particulado MP10. (2009).** Gobierno de Chile, Ministerio de Salud.
  25. **MEJÍA, Gerardo et al. (2011).** “Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM<sub>2.5</sub>”. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. Primera edición.
  26. **MORAGUES, Jaime. (2013).** “Manual de tecnologías de medición de concentración de gases y material particulado en chimeneas y atmósfera”. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*. Bogotá- Colombia.
  27. **PUIGSERVER, Manuel. (2010).** “El medio atmosférico: meteorología y contaminación”. Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona.
  28. **RODRÍGUEZ, Andrés Mauricio. (2010).** “Modelación de la generación de material

particulado en función de la composición del combustible”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá, D.C., Colombia.

29. **HERNÁNDEZ R., Fernández C. y Baptista L. (2010).** “Metodología de la Investigación”. Quinta Edición. México Edit. McGraw Hill.
30. **SÁNCHEZ, José M. (2011).** “Los efectos en salud de la contaminación atmosférica por PM 10 en Santiago”.
31. **SILVA, Vicente A. (2011).** “Contaminación del aire por material particulado (PM10 y PM 2.5)”.
32. **WARK, Kenneth. (2011).** “Contaminación del aire. Origen y Control”. México: Editorial Limusa. p.22