



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

TESIS

**“EVALUACION DE LA CALIDAD DE AIRE POR NO₂ EN
ESTACIONES DE SERVICIO POR UNIDADES DE TRANSPORTE
PESADO EN LAS CIUDADES DE LA BANDA DE SHILCAYO,
TARAPOTO Y MORALES”**

PRESENTADO POR:

Bach. JOSÉ ANTONIO PINEDO FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

ASESOR

Blgo. Mblgo. HENRY G. JAVE CONCEPCIÓN

TARAPOTO – SAN MARTIN

2017

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a toda mi familia y amigos, de especial manera a mis padres, quienes han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos, oportunidad y recursos económicos para lograr mi profesión.

A mi esposa gracias por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su amor, paciencia y comprensión; a mi hijo, que al verlo crecer me motiva a desarrollarme como profesional y esforzarme cada día.
A mis amigos con los que compartí todos estos años.

José Antonio Pinedo Flores

AGRADECIMIENTO

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo de tesis, en especial a mi asesor, por ser mi guía constante en la presente investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por mi trabajo y las sugerencias recibidas a todos los profesores, por la motivación y el asesoramiento en la formulación y ejecución de la tesis.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis compañeros de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad por su amistad y colaboración.

También quiero dar las gracias a los administradores y propietarios de las estaciones de servicio de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales, por su colaboración, por haberme permitido el acceso a dichas entidades y culminar con éxito la presente investigación.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos. A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Paginas
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE GENERAL	IV
LISTA DE CUADROS	VI
LISTA DE TABLAS	VI
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPÍTULO I: PROBLEMA.....	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.3. OBJETIVO	16
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. ANTECEDENTES	18
2.2. BASES TEÓRICAS	20
2.3. BASES LEGALES.....	38
2.4. HIPÓTESIS	40
2.5. VARIABLES	41
2.6: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	42
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO	43
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	44
3.4. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	49
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	50
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	51

4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	51
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
	CONCLUSIONES	60
	RECOMENDACIONES.....	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	ANEXOS.....	67

LISTA DE CUADROS

1.	Vehículos de transporte en la ciudad de Tarapoto Año 2012.....	15
2.	Clasificación de los contaminantes según criterios.....	24
3.	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.....	36
4.	Valores correspondientes a la ponderación del Índice Nacional de Calidad del Aire..	37
5.	Valores correspondientes a la ponderación del Índice de Calidad del Aire para Dióxido de Nitrógeno.....	38
6.	Resultados correspondientes a la evaluación de la calidad de aire por NO ₂ en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales	53
7.	Flujo vehicular en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales – 2016	55
8.	Valores de temperatura y humedad ambiental correspondiente al monitoreo meteorológico en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales – 2016.....	56
9.	Valores de velocidad de viento y dirección de viento correspondiente al monitoreo meteorológico en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales – 2016	57

LISTA DE TABLAS

1.	Componentes que conforman a la atmósfera	21
2.	Operacionalización de las variables.....	42
3.	Ubicación de los puntos de monitoreo en las ciudades de La Banda De Shilcayo, Tarapoto y Morales	43
4.	Ubicación de los puntos de monitoreo en la ciudades de La Banda De Shilcayo, Tarapoto y Morales	45

LISTA DE FIGURAS

1.	Emisión y evolución de los contaminantes atmosféricos.....	26
2.	Ciclo del Azufre en la naturaleza.....	32
3.	Ciclo del Carbono en la naturaleza	34

LISTA DE GRAFICAS

1. Grafica correspondiente a Resultados comparativos de la evaluación de la calidad de aire por NO₂ en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales,..... 54

RESUMEN

Sabiendo que el aire es un componente natural esencial para la vida, en la que su contaminación nos afecta día a día, además de causar desequilibrios en el ambiente generando fenómenos ambientales como el calentamiento global, la lluvia ácida, el efecto invernadero y otros. Los problemas de la calidad del aire en el Perú no son ajenos a la realidad mundial; así lo informa el CONAM, el mismo que indica que las emisiones generadas por las unidades de transporte motorizado al año 2030 se estima contribuyan en un 70 - 80% de la contaminación atmosférica a nivel nacional.

La presente investigación se centra en la evaluación de la calidad de aire por NO₂ en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales, a fin de determinar las condiciones en las que laboran el personal del área de atención al cliente; muestreándose por un lapso de una hora a una distancia no menor de 0.5 m de la fuente o directamente en el área en el que se desempeña el trabajador; los resultados se analizaron y se evaluó la calidad de aire según la R. M. 181-2016-MINAM para la calificación respectiva.

Las estaciones de servicio "SHILCAYO 2" – Morales, "R y S EIRL" - Tarapoto y "GRIFO EL OVALO EIRL" - La Banda De Shilcayo presentan una calificación de buena, las estaciones "SHILCAYO 1" - Morales, "SERVICON S.A.C." – Morales y "SUDAMERICA SRL" – Morales evaluada como moderada y finalmente las estaciones "SERVICENTRO LA PLANICIE" – Morales y "SHILCAYO 3" - La Banda De Shilcayo presentan una calificación de mala y en umbral de cuidado respectivamente; en las que el flujo vehicular, la temperatura ambiental, la velocidad del viento y porcentaje de humedad influyen en la concentración del NO₂.

Palabras clave: Dióxido de nitrógeno, estaciones de servicios, calidad de aire, contaminante.

ABSTRACT

Knowing that the air is a natural component essential to life, in which pollution affects us every day, in addition to cause imbalances in the environment generating phenomenal such as global warming, acid rain, greenhouse environmental and others. The problems of the quality of the air in the Perú are not alien to the global reality; thus informs it the CONAM, which indicates that the emissions generated by transport units motorized in 2030 contribute in a 70-80% of air pollution at the national level.

This research focuses on the evaluation of the quality of air by nitrogen dioxide (NO₂) in service stations by units of heavy transport in the cities of La Banda de Shilcayo, Tarapoto and Morales, in order to evaluate the conditions under which they work the staff of customer service; sampling is for a period of one hour at one distance of not less than 0.5 m from the source or directly in the area that serves the worker; the results were analyzed and determined air quality according to the R. M. 181-2016-MINAM to the respective qualification.

The stations of service " SHILCAYO 2" - Morales, "R and S EIRL" - Tarapoto and "GRIFO EL OVALO EIRL" - La Banda De Shilcayo presented a rating of good, the stations "SHILCAYO 1" - Morales, "SERVICON S.A.C." - Morales and "SUDAMERICA SRL" - Morales determined as moderate and finally stations "SERVICENTRO LA PLANICIE" - Morales and "SHILCAYO 3" - La Banda De Shilcayo presented a rating of bad and care threshold respectively; in which the vehicular flow, the ambient temperature, the speed of the wind and humidity influence the concentration of NO₂.

Key words: nitrogen dioxide, station of services, air quality, pollutant.

INTRODUCCIÓN

El aire es un componente natural esencial para el desarrollo de la vida en la tierra, sin él, en nuestro planeta no existirían las plantas, los animales ni los seres humanos mismos; la contaminación del aire nos afecta todos los días, causando daños irreversibles en el ambiente. Desde las emisiones minúsculas hasta las grandes emisiones industriales empeoran la calidad de vida generando innumerables problemas de salud y conllevando a un gasto adicional a los gobiernos; el Perú no es ajeno a esta realidad, según el CONAM informa el transporte contribuye entre un 70 y 80% de la contaminación atmosférica.

En la actualidad el incremento del parque automotor y expansión del ámbito urbano como consecuencia de los cambios contemporáneos de la ciudad en constante evolución y desarrollo representa problemas de contaminación y de salud no solo por la antigüedad de los vehículos, sino por la calidad del combustible que se emplea. La contaminación del aire puede tener efectos tanto a corto como a largo plazo sobre la salud humana y que las emisiones de gases han contribuido al llamado efecto invernadero que atrapan el calor radiante en la superficie de la tierra, haciendo que la temperatura aumente. Esto hace que el cambio climático represente uno de los mayores efectos negativos de la contaminación atmosférica sobre el ambiente agravando los problemas de salud, como la irritación de los tejidos y membranas del sistema respiratorio, y que a largo plazo puede reducir la capacidad de funcionamiento de los pulmones.

El NO₂ presente en el aire de las ciudades proviene en su mayor parte de la oxidación del NO, cuya fuente principal son las emisiones provocadas por las unidades de transporte motorizado. En la que, estas emisiones de combustibles fósiles pueden causar graves problemas de salud humana; de modo que a la hora de considerar los efectos del NO₂ sobre la salud se deben tener en cuenta no sólo los efectos directos que provoca, sino también su condición de marcador de la contaminación debida al tráfico y su condición de precursor de otros contaminantes.

En la presente investigación se evaluó el flujo vehicular en estaciones de servicio en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales a fin de determinar las estaciones con mayor flujo vehicular de transporte pesado; en las que se llegó a considerar las de mayor

flujo significativo las estaciones de servicio denominadas “Shilcayo 1” - Morales, “Servicentro La Planicie” – Morales, “SERVICON S.A.C.” – Morales, “R y S EIRL” - Tarapoto, “SHILCAYO 3” – La Banda de Shilcayo y Grifo “El Ovalo EIRL” – La Banda de Shilcayo con 21.63, 19.38, 18.25, 12.63, 11.25, 25.88, 26.88 y 25.13 Unid./h respectivamente.

Paralelo a la evaluación de la concentración del contaminante NO₂, se evaluaron parámetros meteorológicos, donde la temperatura promedio de 27.0 °C fue la más baja registrada en el proceso de monitoreo corresponden a los puntos denominados “Shilcayo 1” - Morales, “Servicentro La Planicie” – Morales, “SERVICON S.A.C.” – Morales, “R y S EIRL” - Tarapoto, “SHILCAYO 3” - La Banda de Shilcayo y “El Ovalo EIRL” – La Banda de Shilcayo contrastada con el porcentaje de humedad promedio de 69.0 y 63.5 % y una velocidad de viento con registro mínimo de 0.26 y 0.20 m/s los mismos que podían haber permitido la disponibilidad del NO₂ a niveles próximos a la superficie terrestre; caso contrario ocurre a valores de temperaturas promedio de 33.7 °C, un porcentaje de humedad promedio de 71 % y valores de 0.8 m/s en los que la contrastación de esta variable no favorecería que el contaminante se mantenga en estratos de muestreo próximos a la superficie terrestre o su concentración sea inferior al resto de los puntos evaluados, donde posiblemente por la misma propiedad de los gases tienda a expandirse y alcanzar una altura superior impidiendo de esta manera su muestreo de forma rutinaria que contrasta con la hipótesis específica.

En las estaciones de servicio evaluadas se determinó que la calidad de aire para dióxido de nitrógeno (NO₂) según el Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) es la siguiente; en las estaciones de servicio “Shilcayo 2” – Morales, “R y S EIRL” - Tarapoto y “El Ovalo EIRL” – La Banda de Shilcayo es *Buena*, la calidad del aire en estos puntos es aceptable y cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA). En la “Shilcayo 1” - Morales, “SERVICON S.A.C.” – Morales y “Sudamérica SRL” – Morales presenta una calidad de aire *Moderada*, asimismo la estación de servicio “Servicentro La Planicie” - Morales tiene como calidad *Mala*, mientras que EESS 07 “SHILCAYO 3” - La Banda de Shilcayo se determinó que se encuentra en el *Umbral de Cuidado* con respecto al contaminante y según la normativa vigente y el Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA), por lo que habría que sugerir monitoreos y controles permanentes que ayude a la conservación del equilibrio ambiental respecto a la calidad de aire para el parámetro dióxido de nitrógeno (NO₂) en estaciones de servicios estudiadas.

Asimismo, se podría decir que la temperatura ambiental registrada superior a 27 °C, una humedad superior al 61% como valor promedio y en un solo caso alcanzando el 88% además de una velocidad de viento superior a los 20 m/s podrían influir en la determinación de la concentración del dióxido de nitrógeno (NO₂) y la calidad de aire respecto a este contaminante ya que según la bibliografía consultada determina que el contaminante en todos los casos tiende a expandirse y por consiguiente difícil de muestrear y/o analizar a ras del suelo.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Los Estándares de Calidad Ambiental para Aire han sido fijados por el Estado Peruano mediante el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire del Perú, aprobado por el D.S. N° 074-2001-PCM y el D.S. N° 003-2008-MINAM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire”.

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud, bien sea en los países desarrollados o en los países en desarrollo.

Según las últimas estimaciones de la OMS sobre la carga mundial de morbilidad, la contaminación del aire exterior e interior provoca unos siete millones de defunciones prematuras. Esto representa actualmente uno de los mayores riesgos sanitarios mundiales, comparable a los riesgos relacionados con el tabaco, y superado únicamente por los riesgos sanitarios relacionados con la hipertensión y la nutrición.

La OMS estima que un 80% de las defunciones prematuras relacionadas con la contaminación del aire exterior se deben a cardiopatía isquémica y accidente cerebrovascular, mientras que un 14% se deben a neumopatía obstructiva crónica o infección aguda de las vías respiratorias inferiores, y un 6% a cáncer de pulmón.

Una evaluación de 2013 realizada por la Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS determinó que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia del cáncer, especialmente el cáncer de pulmón. También se ha observado una relación entre la contaminación del aire exterior y el aumento del cáncer de vías urinarias y vejiga.

Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3,7 millones de defunciones prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a pequeñas partículas de 10

micrones de diámetro (PM10) o menos, que pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer.

Los habitantes de países de ingresos bajos y medianos sufren desproporcionadamente la carga de morbilidad derivada de la contaminación del aire exterior, lo que se constata por el hecho de que el 88%, de los 3,7 millones de defunciones prematuras, se producen en esos países, y la mayor carga de morbilidad se registra en las regiones del Pacífico Occidental y el Asia Sudoriental. Las últimas estimaciones de la carga de morbilidad reflejan el importantísimo papel que cabe a la contaminación del aire en las cardiopatías y las defunciones prematuras; mucho más de lo que creían los científicos anteriormente.

La mayoría de las fuentes de contaminación del aire exterior están más allá del control de las personas, y requieren medidas por parte de los gobernantes de las ciudades, así como de las instancias normativas ambientales nacionales e internacionales en sectores tales como transporte, gestión de residuos energéticos, construcción y agricultura.

La ciudad de Tarapoto representa el centro comercial de mayor importancia a nivel regional, dentro de su ámbito urbano este conformado por parte de los territorios de las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.

La principal fuente de posible contaminación del aire en estaciones de servicio de la periferia de las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales, está constituida por la gran cantidad de unidades de transporte pesado que emiten gran cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), entre ellos el dióxido de nitrógeno (NO₂), aquellas movilizaciones (buses, semi trayler, camiones, camionetas, autos) que son atendidas en estos lugares de expendio con combustible diésel, que a su vez clientes, pasajeros y personas que laboran alrededor (grupos de riesgo) se ven afectadas por la concentración de estos gases emanados producto de la quema del combustible fósil.

El parque automotor de servicio público en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales ha aumentado considerablemente, viéndose incrementado

también la contaminación sonora, contaminación del medio ambiente por emanación de gases de combustión, así como la saturación y congestión de las vías de circulación que ponen en riesgo la seguridad del transeúnte, público usuario del transporte público y ciudadanos en general. (MPSM, 2008).

CLASE	MODELO	CANTIDAD DE VEHICULOS POR CIUDAD			TOTAL
		LA BDA. DE SHILC.	TARAPOTO	MORALES	
CATEGORIAS M y N					4000
AUTO	VARIOS	667	160	373	1200
STATION WAGON	VARIOS	611	147	342	1100
CAMIONETAS	PICK-UP	283	68	159	510
	RURAL/COMBI	255	62	143	460
MICRO-BUS	2EJES	83.4	20.1	46.5	150
CAMIÓN	2 y 3 EJES	256	62	142	460
SEMI TRAILER	2S1/2S2	67	16	37	120

Cuadro 1. Vehículos de transporte en las ciudades La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales en el año 2012.

Así, la contaminación del aire es un creciente problema en la ciudad de Tarapoto, por las importantes fuentes (móviles y estacionarias) de emisión de contaminantes. Entre las principales fuentes de contaminación del aire se ha identificado la emisión de gases del parque automotor en mayor proporción por los vehículos menores como motos y mototaxis (Ver cuadro 2), además de la generación de humos comerciales e industriales producto de la combustión en hornos de pollerías, parrilleras, chimeneas, y otras generando partículas suspendidas y cargadas de grasa (Equipo Técnico del MINAM 2013).

1.2. Formulación del Problema de Investigación

1.2.1. Problema Principal

- ¿Cuál será la calidad de aire por dióxido de nitrógeno (NO₂) en estaciones de servicio de unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales?

1.2.2. Problema Específico

- ¿Cuál será el flujo vehicular de las unidades de transporte pesado en estaciones de servicio a evaluar?
- ¿En qué medida los factores ambientales como la dirección y velocidad de viento, precipitación fluvial, humedad relativa o temperatura ambiental podrían influir en la determinación de la calidad de aire en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales?
- ¿Qué alternativas se podrían proponer en caso se determine una calidad de aire no adecuada en las estaciones de servicio a evaluar?

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la calidad de aire por dióxido de nitrógeno (NO₂) en estaciones de servicio de unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el flujo vehicular por unidades de transporte pesado en estaciones de servicio evaluadas.
- Determinar en qué medida los factores ambientales como la dirección y velocidad de viento, precipitación fluvial, humedad relativa o temperatura ambiental podrían influir en la determinación de la calidad de aire en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.
- Determinar las alternativas a proponer en caso se determine una calidad de aire no adecuada en estaciones de servicio a evaluar.

1.4. Justificación

Considerando la problemática, la contaminación que genera el uso cada vez mayor de medios de transporte, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] registró 27000 vehículos de transporte terrestre en el año 2012, de los cuales 5885 corresponden a las categorías M y N (según el Reglamento Nacional de Vehículos D.S. N° 058- 2003-MTC); y 23000 vehículos pertenecen a la Categoría L, cifra bastante alta, debido a que en el caso de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, por sus características geográficas el transporte público y privado se realiza en forma masiva en vehículos menores (motos lineales y mototaxis), así mismo la Dirección Regional de Producción San Martín (DIREPRO) describe que los factores que han generado un crecimiento acelerado de la agroindustria en estos dos últimos años ha sido el fomento a las agro-exportaciones, la culminación del eje vial IIRSA Norte, la inversión público privado en infraestructura productiva y el nivel de organización de los productores por el constante desarrollo de capacidades a las organizaciones de café, cacao, ganadería, palma aceitera y palmito, donde el 92 % se concentra en la ciudad de Tarapoto. Considerando estos factores se determina el porcentaje de NO₂ u otros gases que no son motivo de estudio como el SO₂ y CO; en el que se tomará como referencia los estudios realizados por el MINAM y otros estudios realizados en América Latina. Estudios han demostrado que las emisiones de gases por combustión produce muchos efectos en la salud de las personas y el ambiente (**Bracho, 2009**) que podría estar deteriorando la salud de los trabajadores en las estaciones de servicio.

Es así que con el presente trabajo se proyecta evaluar la calidad de aire en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales para conocer la situación real que viven las poblaciones en sus áreas de influencia respecto al contaminante NO₂ y a partir de los resultados y su interpretación correspondiente poder elaborar una línea base que constituya un precedente para futuras investigaciones y que las instituciones ligadas al subsector energía y minas, transporte, organismos fiscalizadores como el OEFA, DIGESA, gobiernos locales y regionales establezcan políticas de gestión regionales y locales para un mejor control teniendo en cuenta el cumplimiento la normativa nacional vigente y permitiendo el desarrollo económico respetando el equilibrio ambiental y el bienestar de la población.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En Colombia, Londoño et al. (2011) en una investigación denominada “**Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de envigado - Colombia**”, analizaron las estimaciones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles, el objetivo fue mostrar la estimación de las emisiones y la modelación de la dispersión de contaminantes provenientes del tráfico vehicular (CO, NO_x, SO₂, PM10 y COV). Las emisiones fueron estimadas mediante los factores establecidos por el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), es un modelo diseñado para estimar emisiones de vehículos motorizados, este modelo predice la contaminación local del aire, emisiones de gas de efecto. Se utilizó información de vehículos matriculados en el municipio, aforos, distribución y actividad vehiculares. Como resultado, se evidenció que 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 %).

En Arequipa, Calisaya (2012) en su tesis titulada “**Construcción y validación de dispositivos para el monitoreo pasivo de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) en la ciudad de Arequipa – Perú**”, realizó la construcción de un dispositivo que sirvió para monitorear la calidad del aire en distintas zonas de la ciudad, el objetivo principal del trabajo de investigación fue construir dispositivos de difusión pasiva tipo tubo, para el monitoreo de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. Para la construcción del dispositivo para la determinación de dióxido de nitrógeno, se consideró las dimensiones establecidas por el Laboratorio analítico para el medio ambiente (Männedorf SUIZA, cuya empresa representante en el Perú es Klepel Consulting S.A.C.), para el caso de los dispositivos para el monitoreo de dióxido de azufre se utilizó como diseño modelo a los empleados por la empresa Deuman S.A.C. Una vez vistas las dimensiones, se utilizó para la construcción de los nuevos diseños un tubo de tereftalato de polietileno (PET) (el cual es comercializado como vacutainer (polietileno ftalato). Finalmente, un análisis de aproximación de costos demostró que los dispositivos junto con el contenedor construidos son de menor precio frente a los distribuidos comercialmente al Perú.

Toro, Ramírez, Quiceno, & Zuluaga (2006) en un estudio titulado **“Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión CORINAIR”**, tuvieron como objetivo determinar las emisiones en caliente de CO, NO_x, SO₂, TSP, y COV's para el tráfico en la ciudad de Medellín (Colombia), Los datos utilizados para el cálculo fueron: flujo vehicular en varios sitios de Medellín durante el periodo 1997-2000, número y tipo de vehículos en cada hora, longitud del tramo de las vías y los factores de emisión en caliente (se utilizaron los factores de emisión del estudio CORINAIR), como resultado del modelo, fue posible el cálculo hora a hora de los contaminantes analizados en cada una de las celdas. Gráficas de intensidad de emisión mostraron que, en general, el centro de la ciudad de Medellín representa el área más afectada por el tránsito se mostró que el monóxido de carbono fue el contaminante con mayor tasa de emisión (145 T/día), siguiendo en importancia, la región centro occidental.

En Lima Sotomayor & Marín (2010) realizaron un trabajo de investigación titulada. **“Evaluación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana”**, quienes tuvieron como objetivo establecer una línea base de investigación como instrumento de gestión ambiental en la calidad del aire; a partir de la evaluación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana. Se establecieron cinco estaciones de muestreo y se tomaron un total de 200 muestras. Los análisis se realizaron en el laboratorio del Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM. El método empleado para la determinación de dióxido de nitrógeno fue de Griess – Saltzman y para determinar el dióxido de azufre se usó el método modificado de West Gaeke. En los resultados obtenidos se muestra que el promedio de las concentraciones de dióxido de nitrógeno fue de 60,294 µg/m³, el cual se encuentra dentro del límite establecido por la Dirección General de Salud Ambiental (100 µg/m³) y por encima del valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud (40 µg/m³). El promedio de las concentraciones de dióxido de azufre fue de 35,121 µg/m³, el cual está dentro del límite establecido por la Dirección General de Salud Ambiental (80 µg/m³) y por encima del valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud (20 µg/m³).

Cabrera, C. et. Al. (2010) Relaciona la calidad del aire y calidad de vida, y determinó que el parque automotor de Lima es de 720,000 vehículos de pasajeros con 15 años de

antigüedad, con capacidad menor de 15 pasajeros, que circulan por la vía pública, causando la contaminación atmosférica en partículas en suspensión, polvos, dióxido de azufre, plomo. Asimismo, indica que el índice de calidad ambiental y calidad de vida, mediante la evaluación de indicadores y matrices cuadráticas; partículas menores a 10 micras (PM-10), SO₂, plomo en PM 10, sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Cousillas, et. al. (1996), en México realizó un estudio sobre plomo sanguíneo, creatinina y ácido delta aminolevulínico en orina en niños, teniendo residencia a un kilómetro de la fundición en Malvín Norte. El 29% de los niños analizados tenían valores de plomo sanguíneo por encima de 15 µ/dl, el 30% entre 10 y 15 µ/dl; el 41%, menores de 10 µ/dl.

2.2 Bases teóricas

A. El aire:

El aire es una mezcla de elementos constitutivos de nitrógeno, oxígeno, vapor de agua; el 78 % del aire es nitrógeno y 21% oxígeno; el uno por ciento (1%) restante incluye pequeñas cantidades de sustancias, como el dióxido de carbono, metano, hidrógeno, argón, helio, y gases inertes; existen cientos de contaminantes en el aire que se presentan en forma de partículas, gases y vapores; el aire es indispensable para la vida de los seres vivos, el hombre inhala 14.000 litros de aire por día (**Rivera, 2012**).

El aire es un recurso natural renovable que se regeneran continuamente ya sea por la fotosíntesis de las plantas que absorben el dióxido de carbono y eliminan el O₂ y por el ciclo del agua que aporta vapor de agua y lo desprende por efectos de las lluvias (**Rivera, 2012**).

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

Tabla 1. Componentes que conforman a la atmósfera.

COMPONENTE	FORMULA	PRESENCIA EN LA ATMÓSFERA. (% VOL.)
Nitrógeno	N ₂	78.084
Oxígeno	O ₂	20.948
Argón	Ar	0.934
Vapor de agua	H ₂ O	Variable (% ó ppm)
Dióxido de carbono	CO ₂	352 pmm
Neón	Ne	18ppm
Helio	He	3ppm
Kriptón	Kr	1ppm
Xenón	Xe	0,08ppm
Metano	CH ₄	2ppm
Hidrógeno	H ₂	0.5ppm
Óxido nitroso	N ₂ O	0.3ppm
Monóxido de carbono	CO	0.05 – 0.2 ppm
Ozono	O ₃	0.002 – 10ppm
Amoniaco	NH ₃	4ppb
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	1ppb
Dióxido de azufre	SO ₂	1ppb
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	0.05 ppb

Fuente: *Construcción y validación de dispositivos para el monitoreo pasivo de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Dióxido de Azufre (SO₂) en la Ciudad de Arequipa – Perú 2012.*

B. Contaminación del aire:

El ecosistema terrestre tiende a mantener el equilibrio constante gracias a las capacidades de sus componentes, biótico y abiótico, de descomposición, asimilación y transformación. Este equilibrio se ve alterado, en la atmósfera, cuando los contaminantes son inyectados al aire o cuando la proporción de sus componentes no es natural, como sucede al formarse los óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), monóxido de carbono (CO), etc. Es a este nivel que cabe el término de contaminación atmosférica. A partir del rompimiento de este equilibrio, la atmósfera contaminada afecta la salud humana, el clima, el cultivo de alimentos y la existencia misma de varias especies. Por este motivo el interés público de los efectos de la contaminación debe ir en aumento y ser comprendido en su total magnitud (**Sotomayor & Marín, 2010**).

La contaminación atmosférica suele clasificarse en dos tipos genéricos: **la contaminación de tipo reductora**, característica de la combustión incompleta de carbón y otros combustibles fósiles, en la que predominan como agentes contaminantes el dióxido de azufre y la materia particulada (humo); y la

contaminación de tipo oxidante, con predominio de los hidrocarburos volátiles, óxidos de nitrógeno y oxidantes fotoquímicos; como agentes contaminantes (Sotomayor & Marín, 2010).

La contaminación oxidante está causada por las reacciones químicas, en el medio ambiente atmosférico, de compuestos orgánicos volátiles procedentes de instalaciones de almacenamiento y fuentes industriales difusas, y de los gases de escape de los motores de explosión. La contaminación de este tipo se presenta con más frecuencia en zonas con fuerte radiación solar, donde las masas de aire quedan a menudo atrapadas en capas de inversión sometidas a diversas reacciones fotoquímicas.

La contaminación fotoquímica tiene una relevancia indudable en nuestra ciudad por las características climáticas; favorables tanto para la emisión de vapores a la atmósfera (altas temperaturas) como para mantener elevados niveles de reactividad fotoquímica (alta radiación solar) (Figueroa, 2014).

La contaminación atmosférica son materias o formas de energía presentes en el aire que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Caballero, 2011).

Los contaminantes atmosféricos también se clasifican, atendiendo a su origen, como primarios y secundarios. Los contaminantes primarios son los emitidos como tales desde los focos estacionarios o móviles de los que proceden. Son contaminantes primarios, por consiguiente, el dióxido de azufre, la materia particulada, los compuestos orgánicos volátiles (COVs) o los óxidos de nitrógeno. Los contaminantes secundarios son los generados en la propia atmósfera a partir de los contaminantes primarios, por reacciones químicas o, en muchas ocasiones, fotoquímicas. El ozono es, por tanto, uno de los principales contaminantes secundarios.

Las alteraciones de la composición del aire pueden tener un doble origen; ya sea por procesos **naturales o biogénicos** como la erosión del suelo, descomposición de la materia orgánica, radiación natural, sal marina, erupciones volcánicas, incendios forestales, meteoritos, etc. O **artificial o antropogénico**, donde la generación de gases producto de la transformación residuos urbanos e industriales,

residuos del parque automotor, residuos radiactivos, etc.; en esta última podemos mencionar:

- Se trata de una contaminación localizada.
- Las emisiones se producen en puntos geográficos donde la existencia de sumideros es menor. Normalmente, la naturaleza es un sumidero importante. En las áreas urbanas o industriales, que es donde mayormente se producen las emisiones antropogénicas a la atmósfera, la presencia de asfalto, cemento, materiales de construcción diversos, etc., hace que la cantidad de especies vegetales o de suelo que pueden actuar como sumidero sea sensiblemente inferior a la de una zona rural.
- La difusión de los contaminantes depende de la climatología. Los factores meteorológicos no siempre van a ser los mismos y, en determinadas condiciones, podrán producirse episodios de contaminación de mayor gravedad.
- La capacidad de algunos agentes contaminantes de sufrir transformaciones provoca la aparición de compuestos totalmente ausentes en la composición del aire natural.
- Además, considerando la localización del contaminante, podemos clasificar a estos en fuentes móviles, donde se incluyen los diversos tipos de vehículos de motor utilizados en el transporte, y fuentes fijas, las cuales son focos de combustión estacionaria y se dividen en industriales, domésticos y vertederos.

En el cuadro N° 02 se presenta un resumen de los orígenes su clasificación y descripción de los principales contaminantes atmosféricos.

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	DETALLE
Según Origen	Natural	Emitidos en la naturaleza sin intervención humana
	Antropogénico	Emitidos por actividad humana o con intervención de este
Según su efecto	Efecto local	Efecto localizado en una región geográfica particular cercano al punto de emisión.
	Efecto global	Efecto extendido a nivel global, no importando el punto geográfico de emisión
Tipo de contaminante	Contaminante primario	Contaminante emitido directamente de la fuente (CO, CO ₂ , NO, NO ₂ , SO ₂ , partículas, metales, etc.)
	Contaminante secundario	Contaminante formado posterior a la emisión desde la fuente producto de reacciones químicas en el medio ambiente (N ₂ O, HNO ₃ , O ₃ , H ₂ SO ₄ , VOC).
	Contaminante de transferencia	Contaminante de paso de un medio a otro.
Según fuente emisora	Fuente fija	Es toda fuente diseñada para operar en un lugar geográfico fijo.
	Fuente móvil	Es toda fuente que se desplaza a través de distintos lugares geográfico. Se trata principalmente de medios de transporte. Se dividen en fuentes de ruta, relacionada con actividad de transporte terrestre en rutas establecidas, y fuentes fuera de ruta, que corresponde al uso de maquinarias móviles y otros medios de transporte que no sea en ruta terrestre.

Cuadro 2. Clasificación de los contaminantes según criterios.

Fuente: Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana 2011.

C. ESTACIÓN DE SERVICIOS

Establecimiento de Venta al Público de Combustibles Líquidos a través de surtidores y/o dispensadores exclusivamente; y que además ofrecen otros servicios en instalaciones adecuadas, tales como:

- a. Lavado y engrase.
- b. Cambio de Aceite y Filtros.
- c. Venta de llantas, lubricantes, aditivos, baterías, accesorios y demás artículos afines.
- d. Cambio, reparación, alineamiento y balanceo de llantas.
- e. Trabajos de mantenimiento automotor.
- f. Venta de artículos propios de un Minimercado.

- g. Venta de GLP para uso doméstico en cilindros, cumpliendo con los requisitos establecidos en el presente Reglamento y el Reglamento específico; quedando prohibido el llenado de cilindros de GLP para uso doméstico.
- h. Venta de GLP para uso automotor, sujetándose al Reglamento específico.
- i. Venta de kerosene, sujetándose a las disposiciones legales sobre la materia.
- j. Cualquier otra actividad comercial ligada a la prestación de servicios al público en sus instalaciones, sin que interfiera con su normal funcionamiento ni afecte la seguridad del establecimiento **(MINEM, 2002)**.

D. Transporte y dispersión de los contaminantes atmosféricos

La concentración de contaminantes en la atmósfera está influenciado por factores diversos, dentro de los cuales es preciso incidir en dos conceptos importantes: emisión, el cual está definido como la concentración de contaminantes que vierte un foco determinado y se mide a la salida del foco emisor; e inmisión, definido como la concentración de contaminantes presente en el seno de una atmósfera determinada y, por tanto, es a estos valores a los que están expuestos los seres vivos y los materiales cuya actividad se desarrolla en esa atmósfera concreta. Los valores correspondientes a unas y otras concentraciones suelen ser totalmente distintos. Los valores de inmisión son consecuencia no sólo de los valores de emisión, sino también de todos los fenómenos de mezcla, transporte, deposición y transformaciones químicas que experimentan los contaminantes una vez emitidos a la atmósfera. Este hecho manifiesta la importancia que van a tener. Por un lado los fenómenos meteorológicos, pues son ellos los que contribuyen a la mezcla y transporte de los contaminantes, y por otro lado, las posibles transformaciones químicas que pueden sufrir las sustancias una vez emitidas en el seno de la atmósfera **(Sotomayor y Marín, 2010)**.

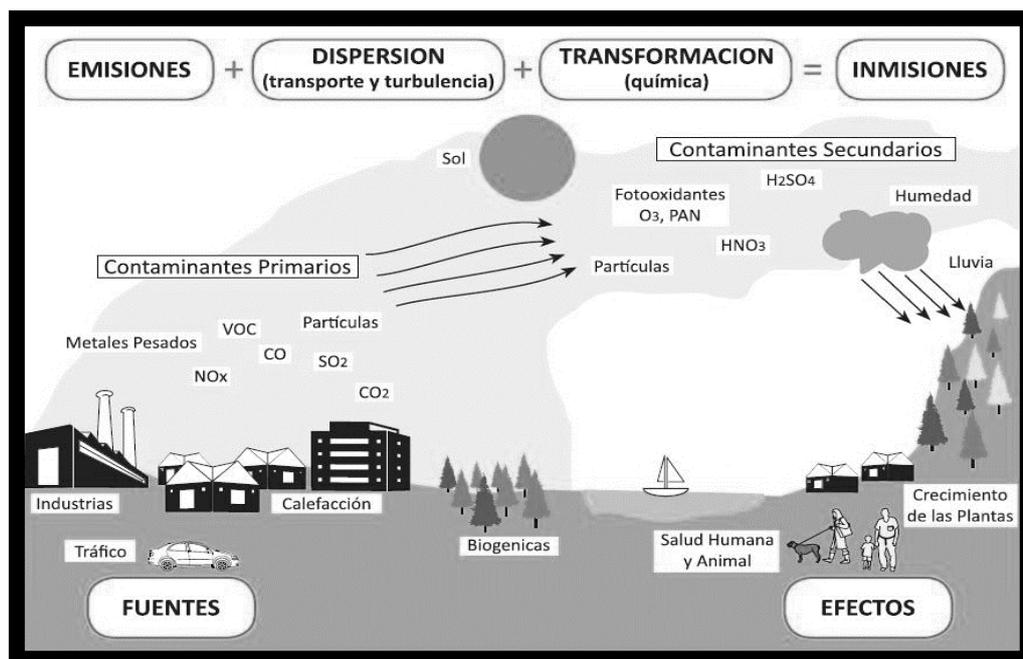


Figura 1. Emisión y evolución de los contaminantes atmosféricos

Fuente: Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional, (SUR) Universidad de los Andes.

El transporte y dispersión de contaminantes del aire ambiental están influenciados por complejos factores: las variaciones globales y locales del clima y las condiciones topográficas locales. En una escala mundial, las variaciones del clima influyen sobre el movimiento de los contaminantes. A nivel local los principales factores de transporte y dispersión son el viento y la estabilidad (**Sotomayor y Marín, 2010**).

Los factores que influyen en el transporte y dispersión de los contaminantes del aire son:

- a. **Turbulencia termal:** La temperatura atmosférica disminuye en 1 °C por cada 100 metros de altura. Este fenómeno favorece la subida del aire caliente superficial y contaminado, y la bajada del aire frío y puro (**García, Ramirez, Ulloa, Arias, y Pérez, 2012**).
- b. **Inversión térmica:** La inversión térmica (IT) es un fenómeno natural que se caracteriza por un cambio en la tendencia normal del aire al enfriarse con la altitud; cuando existe ésta, la temperatura aumenta con la altitud en determinado estrato atmosférico. Este aumento térmico puede producirse desde la superficie o

a partir de una cierta altura. Se pueden presentar cuatro tipos de inversiones térmicas (de tierra, por subsidencia, por turbulencia y frontal), de tal manera que, bajo ciertas condiciones meteorológicas puede predominar alguna de ellas y contribuir a intensificar la acumulación y concentración de contaminantes en el aire.

Desde la perspectiva de la salud, la IT por sí misma no representan riesgo para la salud humana; éstas, se caracterizan por ser más frecuentes e intensas en la temporada invernal, aunque también aparecen en el verano con menor intensidad y frecuencia. En presencia de contaminantes atmosféricos la IT aparece como una «capa de smog» de color ocre debido a la presencia de óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas.

La IT se vuelve peligrosa en una zona urbana debido a que la capa de aire caliente que cubre la región impide el desarrollo de corrientes de aire ascendentes que dispersen los contaminantes. Esta situación se agrava en presencia de masas de aire de alta presión que propician una inversión prolongada durante varios días. Los contaminantes del aire en la superficie llegan a concentrarse hasta llegar a valores nocivos o letales para los seres vivos. Una IT es peligrosa porque acentúa los efectos dañinos de las islas de calor y las cúpulas de polvo que se forman sobre las áreas urbanas (**García et al., 2012**).

E. Efectos de la contaminación del aire:

Existe evidencia real de que la contaminación del aire afecta la salud de las personas y animales, daña la vegetación, ensucia y deteriora los materiales, afecta el clima, reduce la visibilidad y la radiación solar, perjudica los procesos de producción, aumenta los riesgos, en general dificulta el disfrute de la vida y de las cosas (**Romero et al., 2006**).

a. Efectos en el ambiente

Entre los efectos que produce la contaminación del aire podemos encontrar a la formación de smog, smog industrial, smog fotoquímico, destrucción de la capa de ozono, la lluvia ácida, el efecto invernadero, el cambio climático, entre otros (Acevedo, Bocarejo, Velásquez, Peroza, & Galarza, 2013).

- Smog fotoquímico.
- Lluvia ácida.
- Efecto invernadero.
- Cambio climático.

b. Efectos en la salud

Los daños a la salud humana causados por la contaminación del aire son de un tipo muy diferente. En general, no se liberan en concentraciones casi tan altas como las que causan los desastres industriales en los cuales ha ocasionado la muerte de varias centenas de personas. Lo normal es que sus efectos no sean el resultado de una sola exposición, sino de una exposición repetida a bajas concentraciones durante largos periodos (Aguedo, 2008).

A continuación, se listan los contaminantes del aire que se regulan en Estados Unidos porque la exposición a ellos es nociva para la salud humana.

- Óxidos de azufre.
- Materia en partículas finas.
- Monóxido de carbono.
- Ozono.
- Bióxido de nitrógeno.
- Plomo.

El interés actual en la contaminación del aire y la salud está dirigido en su mayor parte a exposiciones a bajas concentraciones y de larga duración (las cuales conducen a efectos crónicos). Las exposiciones a altas concentraciones y de corta duración (las cuales conducen a efectos agudos) sólo ocurren en los accidentes industriales o en los episodios de emergencia de la contaminación del aire; estos últimos ocurrieron en ocasiones en el pasado, pero ahora son muy raros en los países con reglamentaciones modernas de control de la

contaminación. En general cuantificar los efectos sobre la salud de la exposición de corta duración a altas concentraciones de los contaminantes comunes del aire es fácil, pero esas altas concentraciones sólo se tienen en las pruebas de laboratorio. Es mucho más difícil cuantificar los efectos sobre la salud de la situación real que encaramos (**Aguedo, 2008**).

El SO₂ puede afectar al sistema respiratorio y a las funciones pulmonares, además causar irritación ocular. La inflamación del sistema respiratorio provoca tos, secreción mucosa, agravamiento del asma y la bronquitis crónica. Asimismo, la exposición a este contaminante aumenta la propensión de las personas a contraer infecciones del sistema respiratorio. De acuerdo con estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011), los ingresos hospitalarios por cardiopatías y la mortalidad se correlacionan en forma positiva en los niveles de SO₂ más elevados (**Figuroa, 2014**).

El CO a exposiciones muy bajas origina efectos adversos a la salud por el bloqueo permanente de la hemoglobina por el CO, pues ésta no puede liberar el gas mencionado. Si se expone a una persona a una concentración de 100 ppm (= partes por millón) se produce dolor de cabeza, reducción del discernimiento mental y, después de dos horas de exposición, la capacidad de la sangre para acarrear oxígeno disminuye en un 90%. Aún en concentraciones de 15 ppm, comunes en áreas de alto tránsito de vehículos, sus efectos son notorios, especialmente en personas con afecciones nerviosas, cardiovasculares o pulmonares (**Figuroa, 2014**).

F. Emisiones del parque automotor.

Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no quemados (HC) y los compuestos de plomo. No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependerán del tipo de motor que se utilice, el tipo de combustible, el estado y mantenimiento del vehículo, etc. Los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos (**Valdeiglesias, 2007**).

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diésel son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídridos sulfurosos procedente del azufre contenido en el combustible (**Valdeiglesias, 2007**).

a. Dióxido de azufre

El dióxido de azufre (SO_2) es un gas bastante tóxico para los animales y las plantas. Habitualmente es originado por la combustión de cualquier material, la mayoría de los combustibles remotos conocidos, excepto la madera, contienen alguna proporción de azufre en distintos estados, con una mayor proporción en los carbones de tipo bituminoso.

Este contaminante es un gas incoloro, que produce en elevadas proporciones un efecto irritante en la vista. Cuando el dióxido de azufre se combina con el oxígeno y el vapor de agua en el aire, se cambia a ácido sulfúrico. Los ácidos formados en la atmósfera caen a la tierra con la lluvia. Esta combinación se conoce como lluvia ácida. Los óxidos de nitrógeno de los vehículos de motor y de las plantas generadoras forman ácido nítrico en la atmósfera y agravan el problema. Los efectos globales de la lluvia ácida se conocen muy bien. La piedra caliza y el mármol en las estatuas y edificios se disuelven con la lluvia ácida. Las estructuras de metal como los puentes se corroen. La evidencia en los bosques, los ríos, los lagos y las áreas agrícolas, muestra que uno de los efectos a largo plazo de la lluvia ácida es que baja el pH del suelo y el agua. Como resultado, tanto los árboles como los lagos pueden quedarse sin vida. Las plantas son todavía aún más sensibles que el hombre a su acción tóxica quedando amarillas y muriendo finalmente. A partir del dióxido de azufre puede haber formación en el aire por acción fotoquímica, de trióxido de azufre (SO_3). Este es aún más irritante a las vías respiratorias que el primero. A partir de estos óxidos puede haber reacción espontánea de ácido sulfúrico, responsable por la corrosión de los metales o del concreto (**Andrade, 2007**).

El dióxido de azufre es un gas liberado durante la quema de combustibles que contienen azufre, tales como el aceite y el carbón. Este gas

puede causar problemas respiratorios y es un componente principal de la lluvia ácida.

- **Toxicocinética del Dióxido de azufre**

El azufre circula a través de la biosfera de la siguiente manera, por una parte, se comprende el paso desde el suelo o bien desde el agua, si hablamos de un sistema acuático, a las plantas, a los animales y regresa nuevamente al suelo o al agua. Algunos de los compuestos sulfúricos presentes en la tierra son llevados al mar por los ríos. Este azufre es devuelto a la tierra por un mecanismo que consiste en convertirlo en compuestos gaseosos tales como el ácido sulfhídrico (H_2S) y el dióxido de azufre (SO_2). Estos penetran en la atmósfera y vuelven a tierra firme. Generalmente son lavados por las lluvias, aunque parte del dióxido de azufre puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera (**Sotomayor & Marín, 2010**).

Las bacterias desempeñan un papel crucial en el reciclaje del azufre. Cuando están presentes en el aire, la descomposición de los compuestos del azufre produce sulfato (SO_4^-). Bajo condiciones anaeróbicas, el ácido sulfúrico y el sulfuro de dimetilo (CH_3SCH_3) son los productos principales. Cuando estos últimos gases llegan a la atmósfera, son oxidados y se convierten en dióxido de azufre. La oxidación posterior del dióxido de azufre y su disolución en el agua de lluvia produce ácido sulfhídrico y sulfatos, formas principalmente bajo las cuales regresa el azufre a los ecosistemas terrestres. El carbón mineral y el petróleo contienen también azufre y su combustión libera dióxido de azufre a la atmósfera.

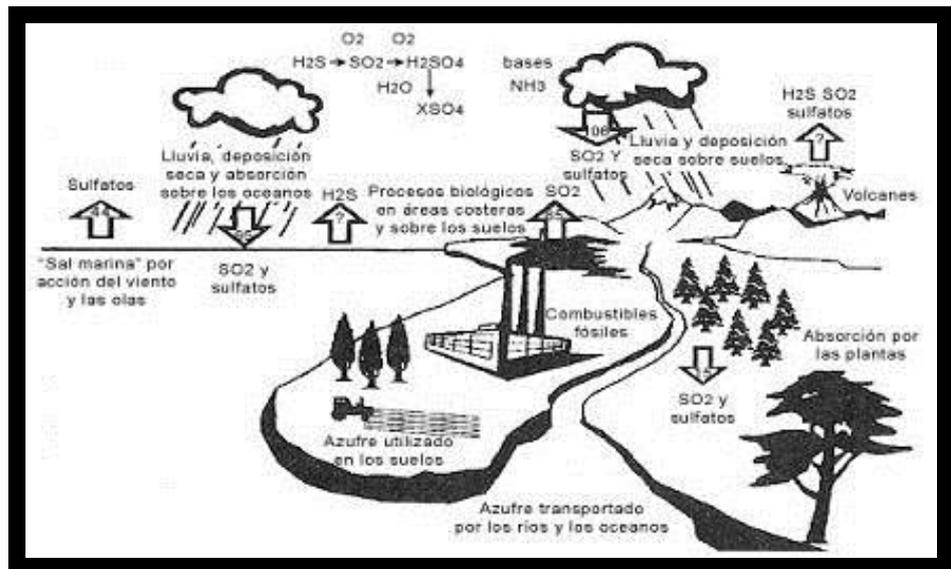


Figura 2. Ciclo del azufre en la Naturaleza.

Fuente: *Revista Ecología*, 2015.

b. Monóxido y dióxido de carbono

El monóxido de carbono es producido principalmente por los procesos de combustión de vehículos automotores. En forma menos frecuente se puede encontrar en emanaciones de minas carboníferas y emanaciones volcánicas, plantas metalúrgicas en ciertos problemas de tratamiento ácido. Es un gas incoloro e inodoro muy tóxico para las personas por sus efectos directos sobre el sistema circulatorio y respiratorio, pues la inhalación y fijación de CO en la sangre reduce su capacidad normal para transportar el O_2 necesario con los trastornos conocidos de pesadez, disminución de los reflejos, dolor de cabeza, sofocación, etc. Hasta el extremo de llevar a la persona afectada hasta la muerte si la fijación de CO continúa (Andrade, 2007).

El dióxido de carbono es producido por la combustión de derivados del petróleo, existiendo en la atmósfera terrestre como constituyente del aire. No es un gas tóxico, no produce efectos acumulativos en el organismo. Puede llegar a ser muy abundante en ciudades de la densidad de población debido a focos puntuales (chimeneas de generadores domésticos) y escapes de vehículos automotores (Andrade, 2007).

▪ **Toxicocinética del monóxido de carbono**

El ciclo del carbono es el sistema de las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. El carbono es un componente esencial para los vegetales y animales. Forma parte de compuestos como: la glucosa, carbohidrato importantes para la realización de procesos como: la respiración; también interviene en la fotosíntesis bajo la forma de CO₂ (dióxido de carbono) tal como se encuentra en la atmósfera (**García, 2010**).

La reserva fundamental de carbono, en moléculas de CO₂ que los seres vivos puedan asimilar, es la atmósfera y la hidrosfera. Este gas está en la atmósfera en una concentración de más del 0,03% y cada año aproximadamente un 5% de estas reservas de CO₂ se consumen en los procesos de fotosíntesis, es decir que todo el anhídrido carbónico se renueva en la atmósfera cada 20 años.

La vuelta de CO₂ a la atmósfera se hace cuando en la respiración, los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO₂. En el conjunto de la biosfera la mayor parte de la respiración la hacen las raíces de las plantas y los organismos del suelo y no, como podría parecer, los animales más visibles.

Los productos finales de la combustión son CO₂ y vapor de agua. El equilibrio en la producción y consumo de cada uno de ellos por medio de la fotosíntesis hace posible la vida (**García, 2010**).

Los vegetales verdes que contienen clorofila toman el CO₂ del aire y durante la fotosíntesis liberan oxígeno, además producen el material nutritivo indispensable para los seres vivos. Como todas las plantas verdes de la tierra ejecutan ese mismo proceso diariamente, no es posible siquiera imaginar la cantidad de CO₂ empleada en la fotosíntesis.

En la medida de que el CO_2 es consumido por las plantas, también es remplazado por medio de la respiración de los seres vivos, por la descomposición de la materia orgánica y como producto final de combustión del petróleo, hulla, gasolina, etc. En el ciclo del carbono participan los seres vivos y muchos fenómenos naturales como los incendios, los seres vivos acuáticos toman el CO_2 del agua. La solubilidad de este gas en el agua es muy superior a la que tiene en el aire (García, 2010).

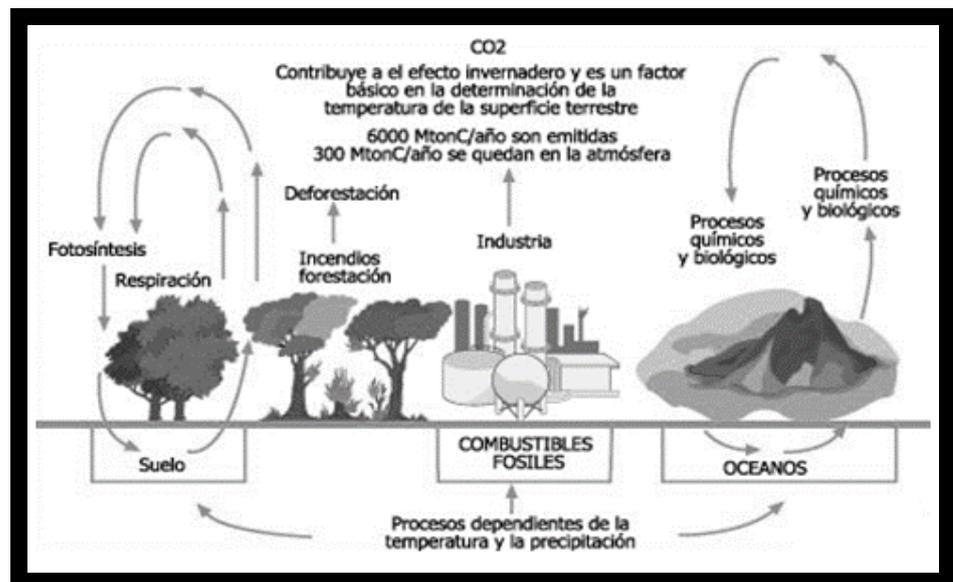


Figura 3. Ciclo del carbono en la Naturaleza.

Fuente: <http://naturalsciencesple.blogspot.pe> El Ciclo del Carbono. NATURAL SCIENCES PLE, 2014.

c. Dióxido de nitrógeno

El NO_2 presente en el aire de las ciudades proviene en su mayor parte de la oxidación del NO , cuya fuente principal son las emisiones provocadas por las unidades de transporte motorizadas. Por otro lado, el NO_2 interviene en diversas reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera, dando lugar tanto a la producción de ozono troposférico como de partículas en suspensión secundarias menores de 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$), las más dañinas para la salud. De modo que a la hora de considerar los efectos del NO_2 sobre la salud se deben tener en cuenta no sólo los efectos directos que provoca, sino también su condición de marcador de la contaminación debida al tráfico y su condición de precursor de otros

contaminantes, además de ciertas variables ambientales como la temperatura, la humedad y otras.

Los óxidos de nitrógeno son en general muy reactivos y al inhalarse afectan al tracto respiratorio. El NO₂ afecta a los tramos más profundos de los pulmones, inhibiendo algunas funciones de los mismos, como la respuesta inmunológica, produciendo una merma de la resistencia a las infecciones. Los niños y asmáticos son los más afectados por exposición a concentraciones agudas de NO₂. Asimismo, la exposición crónica a bajas concentraciones de NO₂ se ha asociado con un incremento en las enfermedades respiratorias crónicas, el envejecimiento prematuro del pulmón y con la disminución de su capacidad funcional.

El Dióxido de nitrógeno (NO₂) es uno de los causantes de la famosa lluvia ácida, ya que al reaccionar con el vapor de agua produciría ácido nítrico. Los efectos sobre la agricultura, la ganadería, los bosques, los suelos y las aguas son devastadores.

G. Estándares de Calidad ambiental (ECAs)

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.⁸

Los estándares primarios de calidad del aire consideran los niveles de concentración máxima de los siguientes contaminantes del aire:

- a) Dióxido de Azufre (SO₂).
- b) Material Particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM-10).
- c) Monóxido de Carbono (CO).
- d) Dióxido de Nitrógeno (NO₂).
- e) Ozono (O₃).
- f) Plomo (Pb).
- g) Sulfuro de Hidrógeno (H₂S).

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. ⁴

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTÁNDAR		MÉTODO DE ANÁLISIS
		VALOR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 3: 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".

H. Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA)

El Índice Nacional 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.

Valores del INCA

El índice Nacional de calidad de aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre 0 a 100, el cual coincide con el cumplimiento de los estándares de calidad 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 de 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
Moderado	51-100	Amarillo
Mala	101 – Valor umbral del contaminante	Anaranjado
Umbral de cuidado	> al valor umbral del contaminante	Rojo

Cuadro 4. Valores correspondientes a la ponderación del Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA)

Fuente: MINAM, 2005.

Cálculo del Índice Nacional 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:

INTERVALO DEL INCA	INTERVALO DE CONCENTRACIÓN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ECUACIÓN SIMPLIFICADA
0-50	0 - 100	$[\text{NO}_2] = \text{C}[\text{NO}_2] * 100/200$
51-100	101 – 200	
101 – 150	201 – 300	
> 150	> 300	

Cuadro 5. Valores correspondientes a la ponderación del Índice de Calidad de Aire (INCA) para Dióxido de Dióxido de Nitrógeno (NO_2).

Fuente: MINAM, 2005.

2.3 Bases Legales

El Perú como miembro de las Naciones Unidas, desarrolla acciones de coordinación con el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, participa en los diversos foros; asimismo en la Comunidad Andina de Naciones, es miembro de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (Rivera, 2012a).

A. Constitución Política del Perú.

Artículo 2° - Inciso 22: Señala que es deber primordial del estado garantizar el derecho a toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; siendo esto un derecho de todos.

B. Ley Orgánica de Municipalidades: Ley N° 27972

Artículo N° 73: Planificar integralmente el desarrollo local y el ordenamiento territorial, en el nivel provincial. Las municipalidades provinciales son responsables de promover e impulsar el proceso de planeamiento para el desarrollo integral correspondiente al ámbito de su provincia, recogiendo las prioridades propuestas en los procesos de planeación de desarrollo local de carácter distrital.

Promover, permanentemente la coordinación estratégica de los planes integrales de desarrollo distrital. Los planes referidos a la organización del espacio físico y uso del suelo que emitan las municipalidades distritales deberán sujetarse a los planes y las normas municipales provinciales generales sobre la materia.

Promover, apoyar y ejecutar proyectos de inversión y servicios públicos municipales que presenten, objetivamente, externalidades o economías de escala de ámbito provincial; para cuyo efecto, suscriben los convenios pertinentes con las respectivas municipalidades distritales.

Emitir las normas técnicas generales, en materia de organización del espacio físico y uso del suelo, así como sobre protección y conservación del ambiente.

Artículo N° 80: Fiscalizar y realizar labores de control respecto de la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.

C. Ley General de Salud: Ley N° 26842

Artículo N° 103: La protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que, para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente.

Artículo N° 104: Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

D. Ley General del Ambiente: Ley N° 28611.

Artículo 1: La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

E. Decreto Legislativo N° 1013, Ley de creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.

F. Decreto Supremo 047-2001-MTC y su Modificatoria D.S. N° 009-2012-MINAM
Establecen Límites Máximos permisibles de Emisiones Contaminantes para vehículos automotores que circulan en la red Vial.

G. Decreto Supremo N° 074-2001- MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

H. Decreto Supremo N° 003 – 2008 MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

I. Resolución Directoral N° 1404-2005-DIGESA/SA: Aprobación de Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos.

- J. Decreto Supremo N° 0129-2009-MINAM**, señala como uno de los lineamientos de política, establecer medidas para prevenir y mitigar los efectos de los contaminantes del aire sobre la salud de las personas.
- K. Resolución Ministerial N° 339-2012-MINAM**, Aprueba las nuevas Zonas de Atención Prioritaria, en el ámbito geográfico de la Cuenca Atmosférica de las 18 provincias.
- L. Resolución Ministerial N° 043-2013-MINAM**, Conforman el Grupo Técnico denominado Grupo de Estudio Técnico Ambiental de la calidad del Aire (GT-GESTA Zonal de Aire) de San Martín.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

- **H0:** La calidad del aire por Dióxido de Nitrógeno estaciones de servicio de unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales presentan concentraciones superiores a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 .
- **H1:** La calidad del aire por Dióxido de Nitrógeno estaciones de servicio de unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales, no presentan concentraciones superiores a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 .

2.4.2 Hipótesis Específicos

- **H02:** El flujo vehicular de las unidades de transporte pesado en las estaciones de servicio presentarán un alto flujo vehicular.
- **H03:** Los factores ambientales como la dirección y velocidad de viento, precipitación fluvial, humedad relativa o temperatura ambiental influyen en la determinación de la calidad de aire en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.
- **H04:** Las alternativas a proponer en caso se determine una calidad de aire no adecuado en las estaciones de servicios a evaluar es la implementación de planes y la ejecución de programas adecuados que permitan controlar y

mitigar los posibles problemas ambientales de contaminación por Dióxido de Nitrógeno NO₂.

2.5 Variables

2.5.1 Variable dependiente (X)

- Calidad de aire.

2.5.2 Variable independiente (Y)

- Concentración de NO₂.
- Unidades de transporte pesado.

2.5.3 Variable Interviniente (Z)

- Temperatura.
- Dirección y velocidad de aire.
- Humedad.
- Flujo y/o unidades vehiculares.
- Estado de funcionamiento de los vehículos.

2.6: Operacionalización de las variables

Tabla 2: Operacionalización de las variables.

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE				
<p>Calidad de aire: La calidad del aire se define como la asignación de una categoría y/ o clase respecto a cuanto el aire esté exento o libre de contaminación atmosférica, y por lo tanto apto para ser respirado sin alterar el equilibrio ambiental y perjudicar la salud de la población.</p>	<p>La calidad de aire se evalúa en cumplimiento de la normativa con la finalidad de informar, controlar o mitigar el posible riesgo que puede aquejar a una población determinada, el medio biótico en general o el medio físico.</p>	<p>Gases generados por procesos de combustión.</p> <p>Material particulado de naturaleza orgánica.</p> <p>Material particulado de naturaleza inorgánica.</p>	<p>Calidad del aire Buena: La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud. Moderada, dañina a la salud para grupos sensibles, podría experimentar algunos problemas Mala. La población sensible podría experimentar problemas de salud. Umbral de cuidado. Toda la población puede verse afectada gravemente en la salud.</p>	<p>Cualitativa: Buena, moderada, mala y umbral de cuidado.</p>
VARIABLES INDEPENDIENTES				
<p>Concentración de NO₂: La concentración de NO₂ se define como la cantidad medida en masa teniendo en cuenta el caudal del flujo del aire de muestreo y el tiempo de exposición que se muestrea según la normativa.</p>	<p>El NO₂ se produce al quemar combustibles en ambientes con baja cantidad de oxígeno. Se genera en los procesos de combustión, en tormentas eléctricas, erupciones volcánicas, procesos de soldadura al arco, galvanoplastia, grabado de metales y la detonación de dinamita.</p>	<p>Quema de productos petrolíferos.</p> <p>Quema de carbón mineral y madera.</p> <p>Erupciones volcánicas.</p>	<p>Concentración de NO₂.</p> <p>Concentración de NO₂.</p> <p>Concentración de NO₂.</p> <p>Concentración de NO₂.</p>	<p>Continua: ug/m³.</p> <p>Continua: ug/m³.</p> <p>Continua: ug/m³.</p> <p>Continua: ug/m³.</p>
<p>Unidades de transporte pesado: Los vehículos de transporte pesado son aquellos que cumplen con las siguientes características: 1. Tipo de cabina metálica sencilla con una sola fila de asientos y con dos puertas laterales y 2. Capacidad a partir de 3502 Kg.</p>	<p>La función principal es facilitar el transporte de alto tonelaje, cumpliendo mantener en algunos casos ciertas condiciones como refrigeración o ventilación dependiendo de la naturaleza de la carga que se transporta.</p>	<p>Procesamiento de minerales.</p> <p>Flujo vehicular.</p>	<p>Número de unidades en un tiempo determinado.</p>	<p>Cuantitativa/Discreta: Unid/h, Unid./día.</p>

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Ámbito de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en (08) ocho posibles puntos críticos (estaciones de servicio de transporte pesado) en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales. Los tres primeros, en el sector La Planicie (último ovalo de Morales), el cuarto y el quinto están cerca al óvalo del Soldado (Sector Santa Lucía – puente Río Cumbaza), el sexto y séptimo punto en la Vía de Evitamiento entre las cuadras 19 y 21, y el último ubicado frente al óvalo del periodista (La Banda de Shilcayo). Los puntos de monitoreo se describen en la siguiente tabla.

Tabla 3. Ubicación de los puntos de monitoreo en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.

N°	SECTOR	COORDENADAS UTM	NOMBRE	DISTRITO
1	La Planicie	X 345184 - Y 9284410	EESS Shilcayo 1-Ovalo Costado del Aqua	Morales
2	La Planicie	X 344971 - Y 9284468	Servicentro La Planicie-Ovalo Norte	Morales
3	La Planicie	X 344845 - Y 9284500	EESS Servicon SAC-Ovalo Norte	Morales
4	Santa Lucía	X 345981 - Y 9284054	EESS Sudamérica SRL-Santa Lucía	Morales
5	Santa Lucía	X 346077 - Y 9283997	EESS Shilcayo 2-Ovalo del Soldado	Morales
6	Aeropuerto	X 348794 - Y 9280534	EESS R y S EIRL-Vía Evitamiento Cdra. 19	Tarapoto
7	Zona Industrial	X 349407 - Y 9280167	EESS Shilcayo 3-Vía Evitamiento Cdra. 21	La Banda de Shilcayo
8	Ovalo Periodista	X 351035 - Y 9280375	Grifo El Ovalo EIRL-Ovalo	La Banda de Shilcayo

Fuente: Elaboración propia, 2016.

La provincia de San Martín es una de las 10 que conforman el departamento de San Martín, dentro de ellas la ciudad más importante es Tarapoto, ubicada a una altitud de 250 msnm a orillas del río Shilcayo, tributario del mayo. Según el censo del 2005 cuenta con una población de 101 000 habitantes y la ciudad forma parte de la Conurbación de las ciudades La Banda de Shilcayo, Morales, Cacatachi, Distrito de Juan Guerra.

El desarrollo de la investigación tiene una gran importancia sobre las personas cercanas a los surtidores, que expenden combustible y vendedores ambulantes, conductores, pasajeros, así como los grupos de riesgos (niños, ancianos, embarazadas e inmunodeficientes), que podrían verse afectadas y tener consecuencias a mediano y largo plazo sobre la salud.

3.2 Tipo de Investigación

Por la clase de medios utilizados para obtener los datos, la investigación se considera **de campo** (Hernández R., Fernández C. y Baptista M., 2014); por el nivel de conocimientos que se adquieren, la investigación es de tipo **descriptiva**; ya que se requiere una evaluación previa para determinar la causa del problema y luego comparar con las bases teóricas que permita comprender e interpretar los efectos producidos.

3.3 Nivel de Investigación

La investigación corresponde a un nivel **exploratorio** (Hernández R., Fernández C. y Baptista M., 2014), ya que permite investigar fenómenos poco estudiados, así mismo también se debe considerar el nivel **correlacional**, teniendo como propósito evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables (en un contexto en particular). Teniendo en cuenta 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 la investigación

El presente proyecto se desarrolló teniendo en cuenta los siguientes procedimientos:

3.4.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

Se evaluaron ocho puntos críticos (estaciones de servicio) en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales. Los tres primeros, se ubicaron en el sector La Planicie (último ovalo de Morales), el cuarto y el quinto están cerca al óvalo del Soldado (Sector Santa Lucía – puente Río Cumbaza), el sexto y séptimo punto en la Vía de Evitamiento entre las cuadras 19 y 21, y el último ubicado frente al óvalo del periodista (La Banda de Shilcayo). Estos puntos fueron

identificados teniendo en cuenta la cantidad de flujo vehicular de transporte pesado. Los puntos de monitoreo se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4. Ubicación de los puntos de monitoreo en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.

N°	SECTOR	COORDENADAS UTM	NOMBRE	UBICACIÓN
1	La Planicie	X 345184 - Y 9284410	EESS Shilcayo 1-Ovalo Costado del Aqua	Morales
2	La Planicie	X 344971 - Y 9284468	Servicentro La Planicie-Ovalo Norte	Morales
3	La Planicie	X 344845 - Y 9284500	EESS Servicon SAC-Ovalo Norte	Morales
4	Santa Lucía	X 345981 - Y 9284054	EESS Sudamérica SRL-Santa Lucía	Morales
5	Santa Lucía	X 346077 - Y 9283997	EESS Shilcayo 2-Ovalo del Soldado	Morales
6	Aeropuerto	X 348794 - Y 9280534	EESS R y S EIRL-Vía Evitamiento Cdra. 19	Tarapoto
7	Zona Industrial	X 349407 - Y 9280167	EESS Shilcayo 3-Vía Evitamiento Cdra. 21	La Banda de Shilcayo
8	Ovalo Periodista	X 351035 - Y 9280375	Grifo El Ovalo EIRL-Ovalo	La Banda de Shilcayo

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los puntos se detallan en la Tabla N° 04 y la ubicación se muestran en el anexo 05, se presume que en los puntos 1, 2, 3 y 7 podría darse un deterioro de la calidad del aire debido al tránsito vehicular pesado intenso que pertenece a camiones de carga pesada, buses de transporte interprovinciales; mientras que en el punto 6 se evidencia un tránsito vehicular liviano correspondiente a autos, motos lineales, tri-móviles y actividades poco reglamentadas.

3.4.2 Técnicas de Monitoreo

Las muestras, se tomaron haciendo uso de un equipo muestreador y analizador de bajo volumen "ONE TO SIX GAS PORTABLE MONITOR" equipado con un dispositivo de muestreo calibrado y un dispositivo analizador independientemente del tipo de gas de interés; en este último, se le incorpora la solución de captación respectiva para cada gas a muestrear (**Ver Anexo 01**).

La toma de muestra se realizó a una altura entre 0.8 – 1.0 metros sobre el desnivel donde se disponen los operarios en las estaciones de servicio.

El monitoreo para la evaluación de la calidad de aire se realizó siguiendo los lineamientos establecidos por el “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire” (D. S. N° 074-2001-PCM y D. S. N° 003-2008-MINAM) y el protocolo de monitoreo de la calidad del aire – DIGESA; el mismo que se describe en tres etapas (dos etapas de gabinete y una etapa de campo), dicha etapas se describen a continuación:

1) Primera etapa de gabinete y laboratorio.

Revisión bibliográfica

- La información bibliográfica se recopiló de manera sistemática a partir de investigaciones similares confiables como revistas, artículos científicos, guías y otras fuentes que permitieron tener una referencia de lo que se pretendió realizar en cada una de las etapas del proyecto.

Sistematización de la información (demanda de combustible/surtidor de servicio)

- Se determinó los establecimientos que tienen una mayor demanda de combustible (**Ver Anexo N° 02**).

Elaboración de formatos de campo

- Se elaboraron los formatos de registro de campo teniendo en cuenta el protocolo de monitoreo para calidad de aire.

Verificación del equipo de muestreo

- Una vez adquirido el equipo de muestreo (EAGLE™ Model), se procedió a determinar que el aire recorra los monitores continuos y cumpla con el flujo de muestra de gas aspirado por el monitor y censado en la cámara de reacción se mantenga constante en el valor de operación fijado.
- Así mismo, se verificó que el flujo de aire aspirado por el monitor (en general entre 0.5 y 1.0 L/min en monitores automáticos de gases) se encuentre en los rangos de operación recomendados por el fabricante.

2) Etapa de campo

Estudio previo en los puntos a monitorear

- Se realizó una primera visita de campo para tener conocimiento de la situación actual y poder determinar los puntos estratégicos donde se llevará a cabo el proceso de evaluación. Además, se realizó el levantamiento de los puntos geográficos haciendo uso de un equipo GPS, datos que se registrarán en un formato de campo (**Ver Anexo 02**).
- La selección del área en los puntos de monitoreo es importante y requirió la ubicación representativa para la evaluación de la calidad del aire en cada establecimiento. Cabe mencionar que la elección de los surtidores se realizó previa una evaluación según el consumo de combustible es de mayor demanda y con el mayor flujo vehicular (**Ver Cuadro 7**); este criterio se describe posteriormente.
- La determinación del flujo vehicular se realizó haciendo un recuento (Se hizo uso de un contador automático) de las unidades vehiculares en un tiempo determinado (01 hora), tiempo de mayor demanda y/o concurrencia en cada estación de servicio. Datos que fueron registrados en el formato de flujo (**Ver Cuadro 7**)

Instalación del equipo (EAGLETM Model)

- El equipo se ubicó en el área contigua a la zona de distribución del establecimiento (zona segura donde solo debe recorrer el personal autorizado) siguiendo las indicaciones detalladas por el fabricante o ubicado a una distancia no menor de 0.5 m de la fuente de emisión (Tubo de escape) teniendo en cuenta la dirección viento que según el protocolo de evaluación se debe instalar en sotavento.

Muestreo y análisis del gas dióxido de nitrógeno (NO₂)

- El muestreo consiste en la absorción del dióxido de nitrógeno contenido en el aire por una solución especial (TCM) para formar un complejo de (TCM1) el cual es estable. El ion que contiene al NO₂ en el TCM1 permite la reacción con un sensor, el mismo que es traducido y enviado a una pantalla digital dando como resultado una lectura en tiempo real de la

concentración del gas en cuestión. Los datos fueron registrados en el formato de registro de campo (**Ver Anexos**)

- Cabe señalar que el muestro se llevó a cabo por un periodo de una hora según el criterio establecido por la normativa nacional vigente (D. S. N° 074-2001-PCM, D.S. N° 003-2008-MINAM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” y Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire – DIGESA – 2005).
- Dicha evaluación fue realizada punto por punto (en cada estación de servicio) durante tres días consecutivos, con la finalidad de dar veracidad a los valores obtenidos por el equipo utilizado.

Registro de parámetros meteorológicos

- La semi estación meteorológica portable se instaló en una zona próxima (zona segura y al aire libre) al punto de evaluación (estación de servicio).
- Los datos fueron registrados en el formato de campo (**Ver Cuadro N° 8 y N° 9**).

3) Segunda etapa de gabinete

Sistematización de los datos y elaboración del informe

- Los datos de cada uno de los formatos de campo fueron transcritos a formatos virtuales para su posterior sistematización y análisis correspondiente.
- Los resultados obtenidos en el análisis se presentaron en tablas, gráficas y cuatros para su interpretación correspondiente según la normativa nacional (ECA e INCA).
- Finalmente se elaboró el informe y se presentó en el tiempo estipulado en el cronograma de actividades en cumplimiento con el protocolo interno de la universidad.

3.5 Diseño de la investigación

La investigación corresponde a un nivel **exploratorio**¹¹, ya que permite investigar fenómenos antrópicos con influencia de variables ambientales, correspondiente a un nivel **correlacional**, ya que tiene como propósito evaluar la relación existente entre dos o más variable (en un contexto en particular). Sabiendo que 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. Donde las correlaciones se expresan en la hipótesis sometida a prueba o a contrastación.

3.6 Población, muestra y muestreo

- **Población**

El gas tipo NO₂ presente en la atmosfera de los puntos a evaluar.

- **Muestra**

El gas NO₂ factible de captado y analizado presente en la atmosfera en los puntos a evaluar (la muestra se tomará según el protocolo descrito en la metodología).

- **Muestreo**

El muestreo que se utilizó para la determinación de la muestra es de tipo **no probabilístico** ya que las muestras fueron tomadas por juicio o criterio del investigador, teniendo en cuenta que las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados y siguiendo los pasos especificados en la metodología-

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Técnicas

- Observación directa en el campo.
- Registro de coordenadas (UTM).
- Análisis de datos.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos

- Fichas de campo.
- Muestreador-analizador de bajo volumen.
- Perfil volumétrico.

3.8 Procedimiento de recolección de datos

Teniendo en cuenta la realidad problemática actual a nivel nacional, sobre todo en las grandes urbes donde muchas entidades públicas y privadas aun incumplen la normativa

nacional vigente, es así, que con el presente estudio se pretende verificar las condiciones actuales de las Estaciones de Servicio en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales. Donde, se realizó una primera visita de campo para la coordinación con las entidades involucradas (estaciones de servicio) y al mismo tiempo realizar el levantamiento (Utilizando un GPS) e identificar los puntos de muestreo teniendo en cuenta las condiciones que faciliten o dificulten el proceso de evaluación. Posteriormente con una previa verificación del funcionamiento del equipo que se utilizará en la evaluación, se inició el proceso punto por punto teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas, el flujo vehicular y las condiciones mismas en que operan dichas entidades; la evaluación se realizó acorde con el protocolo que establecen los organismos competentes (MINAM-OEFA-MEM-SSHC-MT-MT); los datos obtenidos fueron registrados en formatos y fichas de campo, para posteriormente ser transcritos al formato electrónico y su posterior análisis e interpretación teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas según la normativa nacional vigente (ECA e INCA).

3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Con los valores obtenidos en el proceso de evaluación en campo y su posterior transcripción al formato virtual, se realizó cálculos y comparaciones directas; en el caso de la determinación del INCA se siguió la metodología descrita en la R.M. 181-2016-MINAM que determino los valores correspondientes en cada punto (establecimiento) evaluado y para el caso de la determinación de los ECA solo se realizaron comparaciones directas con la normativa nacional vigente según el D.S. 074-2001-PCM. Cabe señalar que los resultados sólo fueron evaluados y analizados de forma directa haciendo uso de la aplicación Excel del paquete del Software Office 2016 como herramienta de tabulación y presentación de gráficas sin hacer uso de métodos estadísticos.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

A continuación se presentan los resultados correspondientes de la evaluación de NO₂ que determine la calidad de aire en cada una de las estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales; así mismo su relación respecto al comportamiento del agente contaminante con los parámetros meteorológicos.

Debe tenerse en cuenta que la evaluación se realizó mediante el método de Quimioluminiscencia (método automático) haciendo uso de un equipo muestreador y analizador (EAGLE™ Model); el periodo de evaluación fue por un periodo de una hora según la normativa nacional vigente (D. S. N° 074-2001-PCM, D.S. N° 003-2008-MINAM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” y Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire – DIGESA – 2005).

PUNTOS	PUNTOS DE MUESTREO - ESTACIONES DE SERVICIO	VALOR SEGÚN EL ANÁLISIS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VALOR DEL INCA	INTERVALO DEL INCA	COLOR SEGÚN EL INCA	CALIDAD DEL AIRE SEGÚN EL INCA
EESS 01	SHILCAYO 1-OVALO COSTADO DEL AQUA-MORALES.	152	76	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 02	SERVICENTRO LA PLANICIE - OVALO NORTE - MORALES.	262	131	101 - 150	Naranja	Mala
EESS 03	SERVICON S.A.C. - OVALO NORTE - MORALES.	195	98	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 04	SUDAMERICA SRL - SANTA LUCIA - MORALES.	180	90	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 05	SHILCAYO 2 - OVALO DEL SOLDADO - MORALES.	60	30	0 - 50	Verde	Buena
EESS 06	R y S EIRL - VÍA DE EVITAMIENTO CUADRA 19 - TARAPOTO.	99	50	0 - 50	Verde	Buena
EESS 07	SHILCAYO 3- VÍA DE EVITAMIENTO CDRA. 21 - LA BANDA DE SHILCAYO.	354	177	> 150	Rojo	Umbral de cuidado
EESS 08	GRIFO EL OVALO EIRL-OVALO DEL PERIODISTA-LA BANDA DE SHILCAYO.	90	45	0 - 50	Verde	Buena

Cuadro 6: Resultados correspondientes a la evaluación de la calidad de aire por NO_2 en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.

FUENTE: *Elaboración propia, 2016.*

INCA: Índice Nacional de Calidad de Aire (R. M. 181-2016-MINAM).

Los valores del análisis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) al aplicar la fórmula $I[\text{NO}_2] = C[\text{NO}_2] * 100/200$ permitirán determinar el valor del inca.

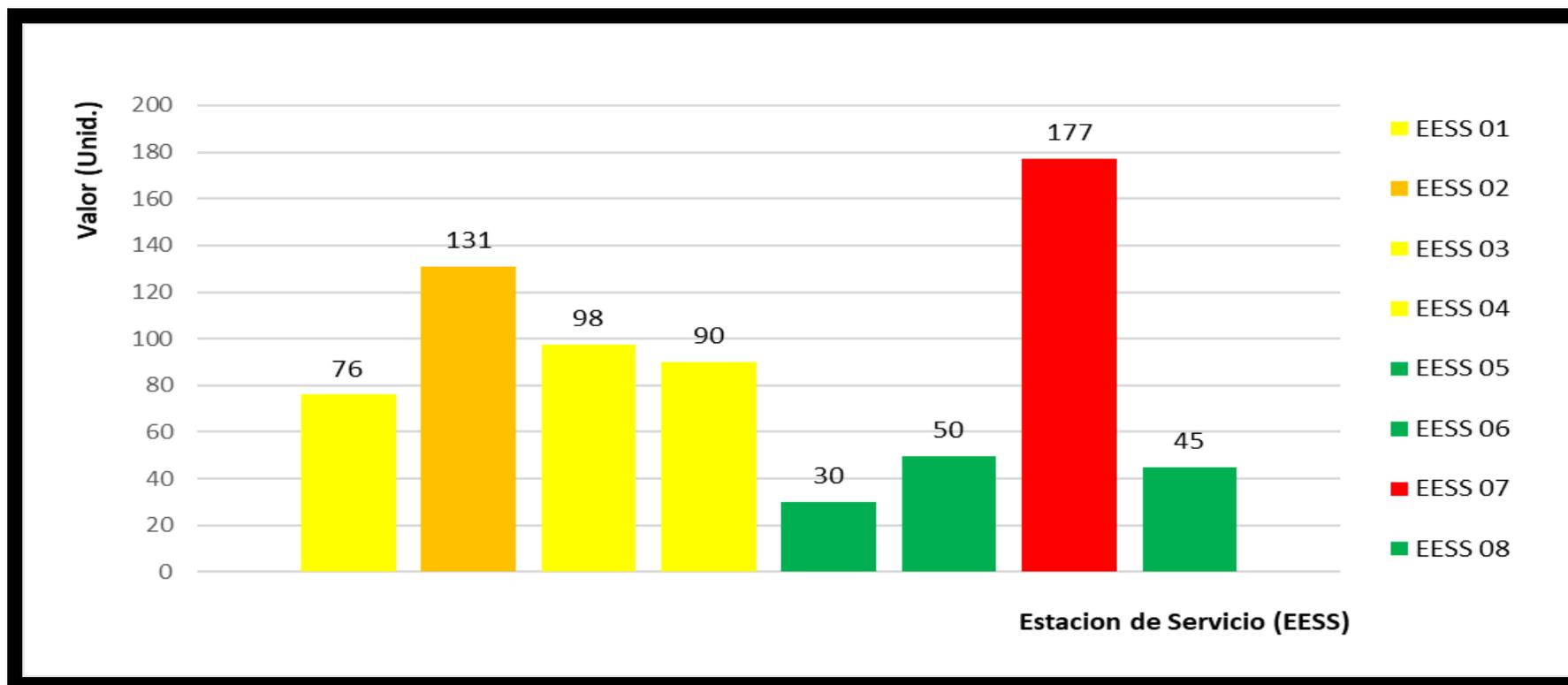


Gráfico 1: Resultados comparativos de la evaluación de la calidad de aire en estaciones de servicios por unidades de tránsito pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.

FUENTE: *Elaboración propia, 2016.*

Nota: Los resultados fueron contrastados con los Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) (R. M. 181-2016-MINAM).

PERIODO DE EVALUACIÓN (Horas)	TIPO DE VEHÍCULO	FLUJO VEHICULAR EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES DE SERVICIOS (Unid./h)							
		EESS Shilcayo 1	Servicentro La Planicie	EESS Servicon	EESS Sudamerica	EESS Shilcayo 2	EESS R y S	EESS Shilcayo 3	Grifo El Ovalo
1 (8:00-9:00 am)	Lineales	18	14	22	14	26	50	32	30
	Trimoviles	24	15	21	15	16	44	28	36
	4 ruedas	11	16	12	8	4	22	30	22
	Más de 4 Ruedas	15	18	2	5	0	0	14	18
<i>Promedio Mañana</i>		<i>17.00</i>	<i>15.75</i>	<i>14.25</i>	<i>10.50</i>	<i>11.50</i>	<i>29.00</i>	<i>26.00</i>	<i>26.50</i>
1 (2:00-3:00 pm)	Lineales	22	33	34	25	21	48	31	33
	Trimoviles	31	24	36	22	19	22	22	26
	4 ruedas	21	20	18	8	4	21	46	18
	Más de 4 Ruedas	31	15	1	4	0	0	12	18
<i>Promedio Tarde</i>		<i>26.25</i>	<i>23.00</i>	<i>22.25</i>	<i>14.75</i>	<i>11.00</i>	<i>22.75</i>	<i>27.75</i>	<i>23.75</i>
Promedio Total		21.63	19.38	18.25	12.63	11.25	25.88	26.88	25.13

Cuadro 7: Flujo vehicular en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.

FUENTE: *Elaboración propia, 2016.*

ESTACIÓN DE SERVICIO	FECHA		HORA		TEMPERATURA			HUMEDAD		
	Inicio	Final	Inicio (am)	Final (am)	T Mi °C	T Mx °C	T Prom (°C)	H Mi %	H Mx %	H Prom (%)
EESS 01	28/09/2016	29/09/2016	08:00	08:00	22.5	31.4	27.0	50	88	69.0
EESS 02										
EESS 03										
EESS 04	29/09/2016	30/09/2016	08:00	08:00	28.9	38.5	33.7	44	78	61.0
EESS 05										
EESS 06	30/09/2016	1/10/2016	08:00	08:00	22.4	31.6	27.0	48	79	63.5
EESS 07										
EESS 08										

Cuadro 8: Valores de temperatura y humedad ambiental correspondiente al monitoreo meteorológico en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales - 2016.

Nota:

EESS 01 EESS 01-SHILCAYO 1-OVALO COSTADO DEL AQUA-MORALES.
EESS 02 EESS 02 - SERVICENTRO LA PLANICIE - OVALO NORTE – MORALES.
EESS 03 EESS 03 - SERVICON S.A.C. - OVALO NORTE – MORALES.
EESS 04 EESS 04 - SUDAMERICA SRL - SANTA LUCIA – MORALES.
EESS 05 EESS 05 - SHILCAYO 2 - OVALO DEL SOLDADO – MORALES.
EESS 06 EESS 06 - R y S EIRL - VÍA DE EVITAMIENTO CUADRA 19 -TARAPOTO.
EESS 07 EESS 07 - SHILCAYO 3- VIA DE EVITAMIENTO CDRA. 21 – LA BANDA DE SHILCAYO.
EESS 08 EESS 08 - GRIFO EL OVALO EIRL-OVALO DEL PERIODISTA-ANDA DE SHILCAYO.

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

ESTACIÓN DE SERVICIO	FECHA		VELOCIDAD DE VIENTO (m/s)			DIRECCIÓN DE VIENTO
	INICIO	FINAL	MÍNIMA	MÁXIMA	PROMEDIO	
EESS 01	28/09/2016	29/09/2016	1.50	1.70	1.60	O
EESS 02						
EESS 03						
EESS 04	29/09/2016	30/09/2016	2.00	2.50	2.25	NO
EESS 05						
EESS 06	30/09/2016	1/10/2016	1.60	1.70	1.65	SO
EESS 07						
EESS 08						

Cuadro 9: Valores de velocidad y dirección de viento correspondiente al monitoreo meteorológico en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales - 2016.

Nota:

EESS 01 EESS 01-SHILCAYO 1-OVALO COSTADO DEL AQUA-MORALES.
EESS 02 EESS 02 - SERVICENTRO LA PLANICIE - OVALO NORTE – MORALES.
EESS 03 EESS 03 - SERVICON S.A.C. - OVALO NORTE – MORALES.
EESS 04 EESS 04 - SUDAMERICA SRL - SANTA LUCIA – MORALES.
EESS 05 EESS 05 - SHILCAYO 2 - OVALO DEL SOLDADO – MORALES.
EESS 06 EESS 06 - R y S EIRL - VÍA DE EVITAMIENTO CUADRA 19 -TARAPOTO.
EESS 07 EESS 07 - SHILCAYO 3- VIA DE EVITAMIENTO CDRA. 21 – LA BANDA DE SHILCAYO.
EESS 08 EESS 08 - GRIFO EL OVALO EIRL-OVALO DEL PERIODISTA-ANDA DE SHILCAYO.

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

4.2 Discusión de resultados

- Según Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM, 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; en el caso del punto de muestre EESS 07 (Shilcayo 3) el valor del INA es de 177, que corresponde a 354 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sobrepasando el umbral de cuidado; esto se debe posiblemente al mayor flujo vehicular comparado a otras estaciones de servicio, tal como se muestra en el cuadro 7.
- Según la normativa nacional Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire y la normativa internacional (EPA y OMS) el NO_2 , en concentraciones de corta duración de 1 hora y superiores a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, es un gas tóxico con efectos importantes en la salud. El NO_2 se ha utilizado en numerosos estudios epidemiológicos como marcador de la mezcla de contaminantes relacionados con la combustión, en particular los que emiten el tráfico por carretera o las fuentes de combustión en espacios cerrados. En este caso la atención y la exposición no es continua es intermitente. En estos estudios, los efectos observados en la salud se pueden estar asociados también con otros productos de la combustión, como las partículas ultrafinas, el óxido nitroso (NO), el material particulado que posiblemente se encuentren en las estaciones de servicio. Aunque en varios estudios, realizados tanto en espacios abiertos como cerrados, se ha tratado de concentrar la atención en los riesgos del NO_2 para la salud, a menudo es difícil descartar la contribución de los efectos de estos otros contaminantes, muy relacionados con él.
- La mayor parte del NO_2 atmosférico se emite en forma de NO, que se oxida rápidamente a NO_2 por acción del ozono. El dióxido de nitrógeno es, en presencia de hidrocarburos y luz ultravioleta, la principal fuente de ozono troposférico y de aerosoles de nitratos, que constituyen una fracción importante de la masa de $\text{MP}_{2,5}$ del aire ambiente; en este caso es por la combustión de hidrocarburos y la presencia del Nitrógeno en el aire y que constituye el mayor porcentaje.
- Según la OMS en contraste con el EPA, señalan que los valores de la evaluación de los contaminantes, deben ser contrastados con los parámetros meteorológicos que

exige la normativa nacional vigente; es así que, los registros del proceso de evaluación pueden influir en el comportamiento cinético de los contaminantes ambientales en el aire (GARCÍA M. 2012), como es el caso en el presente estudio, donde las temperaturas promedio de 27.0 °C la más baja registrada en el proceso de monitoreo corresponden a los puntos denominados EESS 02 y EESS 07 contrastada con el porcentaje de humedad promedio de 69.0 y 63.5 % respectivamente; además de una velocidad de viento con registro de 1.60 y 1.65 m/s podían permitir que el NO₂ se mantenga a niveles próximos a la superficie terrestre y esté disponible para ser captado en el proceso de muestreo, contrastando además con el flujo vehicular registrado (19.38 y 25.88 Unid./hora); caso contrario ocurre en las estaciones de servicio EESS 05, EESS 06 Y EESS 08, en las que se registran valores de temperaturas promedio de 33.7 y 27.0 °C, porcentaje de humedad promedio de 61.0 y 63.5 %; además de 2.25 y 1.65 m/s contrastando con un flujo vehicular de 11.25, 25.88 y 25.13 Unid./hora respectivamente para cada estación de servicio no favorecería que el contaminante se mantenga en estratos de muestreo próximos a la superficie terrestre o su concentración sea inferior al resto de los puntos evaluados, donde posiblemente por la propiedad de los gases tienda a expandirse y alcanzar una altura superior impidiendo de esta manera su muestreo de forma rutinaria que contrasta con la hipótesis específica (H04) como afirma Londoño J., Correa M., y Palacio C. (2011).

- Así mismo, se debe indicarse que la contrastación de los parámetros meteorológicos diferentes a los señalados pueden influir permitiendo que estos asciendan a niveles más alejados de la superficie terrestre impidiendo su muestreo; o en el mejor de los casos la concentración de estos es simplemente mínima debido a que el proceso de combustión no influye en gran medida en la generación del gas en cuestión que al ser analizados se determinó se encuentran a valores ínfimos que al ser procesados y contrastados con el Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) determinándose que la calidad de aire respecto a este parámetro es buena y no presenta un riesgo para la salud; cuya calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire en el que puede realizarse actividades al aire libre permitiendo de esta manera aceptando la hipótesis alternativa (H0).

- La emisión de contaminantes depende también del tipo de combustión y el tipo de combustible que se utiliza, así, por ejemplo, la combustión incompleta está relacionado principalmente al uso de combustibles no refinados o en todo caso por falta de mantenimiento de las unidades vehiculares. (Jacobson I. y Zeal M., 2002) menciona que la presencia de los contaminantes en el ambiente una vez emitidos, la influencia de temperaturas bajas, una alta humedad y la nula o escasa velocidad de viento permite que se mantenga a niveles próximos a la superficie terrestre, además indica que también depende del tipo de contaminante y de su punto de fusión específicamente.

CONCLUSIONES

- En todas las estaciones de servicio evaluadas se determinó que la calidad de aire (R. M. 181-2016-MINAM) para dióxido de nitrógeno (NO₂), que según su contrastación con los criterios técnicos de dicha normativa corresponde a una calificación de Buena en las estaciones denominadas SHILCAYO 2 - ovalo del soldado – Morales (EESS 05), R y S EIRL - vía de evitamiento cuadra 19 - Tarapoto (EESS 06) y GRIFO EL OVALO EIRL- ovalo del periodista - La Banda De Shilcayo (EESS 08), en el que los cuidados a dicha calidad de aire, es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud y sus recomendaciones determinan que la calidad del aire es aceptable y cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA); así mismo, las estaciones denominadas SHILCAYO 1 - ovalo costado del AQUA - Morales (EESS 01), SERVICON S.A.C. - ovalo norte – Morales (EESS 03) y SUDAMERICA SRL - Santa Lucia – Morales (EESS 04) presentan una calificación de Moderada; mientras que las estaciones de servicio denominadas SERVICENTRO LA PLANICIE - Ovalo norte – Morales (EESS 02) y SHILCAYO 3 - Vía de evitamiento cdra. 21 – La Banda De Shilcayo (EESS 07) presentan una calificación de mala y en umbral de cuidado respectivamente.
- El flujo vehicular de transporte pesado en las estaciones de servicio (“Shilcayo 1” - Ovalo costado del AQUA - Morales, “Servicentro La Planicie” - Ovalo norte – Morales, “SERVICON S.A.C.” – Ovalo norte – Morales, “R y S EIRL” – Vía de Evitamiento Cuadra 19 - Tarapoto, “SHILCAYO 3” - Vía de Evitamiento cdra. 21 – La Banda de Shilcayo y Grifo “El Ovalo EIRL” - Ovalo del Periodista – La Banda de Shilcayo) evaluadas fue de 21.63, 19.38, 18.25, 12.63, 11.25, 25.88, 26.88 y 25.13 Unid./h respectivamente.
- La temperatura, la velocidad de viento y el porcentaje de humedad influyen en la concentración de NO₂; así, a mayor temperatura – mayor velocidad de viento – menor porcentaje de humedad los valores de NO₂ son menores, lo permite calificar como buena o moderada la calidad del aire en el punto o estación evaluado (EESS 01, EESS 03, EESS 04, EESS 05, EESS 06 y EESS 08); caso contrario a menor temperatura – menor velocidad de viento y mayor porcentaje de humedad, mayor concentración de NO₂, lo que permite calificar como mala o umbral de cuidado la calidad del aire en el punto o estación evaluado (EESS 02 y EESS 07); por lo tanto las condiciones meteorológicas y la presencia de fuentes contaminantes son factores determinantes en la distribución de la contaminación del aire.

- La aplicación de los planes propuestos en los instrumentos (EIA_d, EIA_{sd} o DIA) de las estaciones de servicio por unidades de transporte pesado acorde con la realidad respecto a la concentración del contaminante NO₂, permitirá controlar (Plan de monitoreo y control) o mitigar (Plan de monitoreo y control, Plan de contingencia, Plan de manejo ambiental, etc.) dicho efecto en la salud de la población involucrada o su efecto en el ambiente.

RECOMENDACIONES

- Se debería realizar el monitoreo con estación meteorológica fija en cada una de las estaciones de servicio por unidades de transporte pesado.
- Las evaluaciones deberían realizarse en una mayor cantidad de horarios que permita conocer la situación más ajustada a la realidad posible de la influencia de las unidades vehiculares y las variables ambientales.
- No se deben realizar mediciones o controles en condiciones meteorológicas adversas que interfieran directamente en la medición.
- Realizar estudios de esta índole en otras estaciones de servicio de atención de vehículos menores para hacer la comparación respectiva.

SUGERENCIAS

- Se deben coordinar las actividades de vigilancia con los principales organismos estatales y entidades privadas en las áreas de influencia que ayuden a fortalecer los programas establecidos como medida de prevención y/o mitigación ambiental.
- Proponer y ejecutar planes con alternativas viables que beneficien a la población que genera la contaminación y opte por otras actividades en las zonas de influencia.
- El resultado de los informes que se exige a las estaciones de servicio debería ser publicadas y estar disponibles para el conocimiento de los trabajadores y la población que lo requiera.
- Se debería promover el convenio entre las instituciones privadas y las universidades que permita a los estudiantes desarrollar investigaciones acordes con la realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo, J., Bocarejo, J., Velásquez, J., Peroza, A., & Galarza, D. (2013). Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia (p. 35). Colombia.
2. Aguedo, A. (2008). Problemática medioambiental de las canteras de materiales de construcción en Lima. Universidad Nacional de Ingeniería.
3. Andrade, W. (2007). Modelos evaluativos de optimización y de simulación de contaminantes del aire. Lima – Perú. 8, 12, 15 pág.
4. AYALA, H.J., 2010, Informe de monitoreo ambiental de calidad de aire de la provincia de Huaura, Lima – Perú, 57 pág.
5. Bracho, L. R. (2009). Los impactos en la salud de las emisiones de carbono negro.
6. Caballero, M. (2011). Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana
7. Cabrera C., Maldonado M., Arévalo W.; Pacheco R (2010), Calidad de gas natural de Lima y Callao.
8. Calisaya, C. M. (2012). “Construcción y validación de dispositivos para el monitoreo pasivo de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) En la ciudad de Arequipa - Perú”. 13-19.
9. Cousillas, A.; Mañay, N.; Pereira, L.; Rampoldi, O.; De León, S.; Soto, N.; Piazza, N.; PIERI, D. (1996) “Determinación del grado de impregnación plúmbica en niños de un barrio de Montevideo (Malvín Norte)”. En Acta Farm. Bonaerense. 15 (4):215-24 Buenos Aires. Argentina.
10. Figueroa, E. (2014). Incidencia de las condiciones meteorológicas en el impacto de las emisiones de Dióxido de Azufre: Aporte a la gestión de la calidad del aire en la comuna de Machalí. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
11. García, M., Ramirez, H., Ulloa, H., Arias, S., & Pérez, A. (2012). Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la zona Metropolitana de Guadalajara (México). Investigaciones Geograficas, (0213-4691), 21.
12. Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). “Metodología de la Investigación”. Sexta Edición. México Edit. McGraw Hill.
13. Jacobson I. y Zeal M. (2002). Atmospheric pollution: history, science, and regulation. New York: Cambridge University Press.

14. Londoño J., Correa M., y Palacio C. (2011). Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de envigado, Colombia. revista escuela de ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia), 16, 149–162.
15. Mavroidis, I. y Iliá M. (2012). "Trends of NO_x, NO₂ and O₃ concentrations at three different types of air quality monitoring stations in Athens, Greece". Atmospheric Environment 63(0): 135-147.
16. MINAM (2016), Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de San Martín. <http://sinia.minam.gob.pe/normas/>
17. Notario, A., I. Bravo, et al. (2013). "Variability of oxidants (OX=O₃+NO₂), and preliminary study on ambient levels of ultrafine particles and VOCs in an important ecological area in Spain". Atmospheric Research 128(0): 35-45.
18. OPS-OMS (2009) Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área metropolitana de Lima y Callao. Portal Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental.
19. Rivera, J. (2012a). Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao.
20. Rivera, J. (2012b). Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos en Lima - Callao. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
21. Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: Su repercusión como problema de salud. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 44(2), 1–14
22. Salcedo, V.E., 2009, Informe de monitoreo ambiental para la municipalidad distrital de Miraflores, Lima – Perú, 87 pág.
23. SENAMHI, 2015, Boletín de vigilancia de la calidad del aire en la zona metropolitana de lima y callo, Lima – Perú, 15 pág. <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-26.pdf>
24. Sotomayor, A., & Marín, G. (2010). Evaluación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
25. Souza J. (2015). Contaminación del aire y salud reproductiva. En XXIV reunión bianual de la asociación latinoamericana de investigación en reproducción humana. 19-21 de noviembre 2015. Lima: 2015.
26. Técnico., E. (2013). Propuesta del plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica., 1–95.

27. Toro, M., Ramírez, J., Quiceno, R., et al (2006). Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión Corinair. Revista Acodal, (191), 42–49.
28. Valdeiglesias., F. de M. (2007). Estudio de factibilidad económica para la conversión de vehículos gasolineros a gas licuado de petróleo, 1–106. Lima – Perú.
29. Venegas, L. E. y Mazzeo, N. A. (2013). La velocidad del viento y la dispersión de contaminantes en la atmósfera. Avellaneda – Argentina.
30. Wark, K., Warner, C.F. (2007). Contaminación del aire. Origen y control. México, D.F.: Limusa Noriega Editores.

LINKOGRAFIA

1. Aire.
Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Aire>
Visitado el 15-03-17
2. Contaminación atmosférica.
Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica
Visitado el 15-03-17
3. DIÓXIDO DE NITRÓGENO.
Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_nitr%C3%B3geno
Visitado el 15-03-17
4. ESTACIÓN DE SERVICIO.
Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_de_servicio
Visitado el 15-03-17.
5. DECRETO SUPREMO N° 032-2002-EM
<http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-032-2002-EM-CONCORDADO.pdf>
Visitado el 30-07-17.
6. LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL PERÚ.
Disponible: <http://www.ulima.edu.pe/departamento/centro-de-estudios-ambientales-cea/noticias/la-contaminacion-del-aire-en-el-peru>
Visitado: 15-03-17
7. LA PRINCIPAL CAUSA DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL PERÚ ES EL PARQUE AUTOMOTOR.
Disponible: <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/index.php?tmpl=articulo&id=2001>
Visitado: 15-03-17
8. EPA – Environmental Protection Agency. Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution.
Disponible: <https://www.epa.gov/no2-pollution>
Visitado: 18-01-17
9. Resolución Ministerial N°181-2016-MINAM. Se establece el Índice de Calidad del Aire – INCA.
Disponible: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>
Visitado: 18-01-17

ANEXOS

Anexo 01: Fotografías correspondiente al proceso de muestreo en campo en estaciones de servicio de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales -2017.



FOTO: Durante el registro de Flujo Vehicular, EESS Servicon SAC-Ovalo Norte, sector La Planicie, Distrito de Morales.

Tomada por: José Antonio Pinedo Flores, 2016.



FOTO: Durante el registro de Flujo Vehicular, EESS Shilcayo 03 Vía Evitamiento Cdra. 21, sector zona industrial, Distrito de La Banda de Shilcayo.

Tomada por: José Antonio Pinedo Flores, 2016.



FOTO: Verificación y calibración de equipo de muestreo portable EAGLE TM Model, en óptimas condiciones y que operó durante el muestreo.

Tomada por: José Antonio Pinedo Flores, 2016.



FOTO: Verificación y calibración de equipo de muestreo portable EAGLE TM Model, en óptimas condiciones y que operó durante el muestreo.

Tomada por: José Antonio Pinedo Flores, 2016.



FOTO: Realizando el muestro respectivo, con uso del equipo portable EAGLE TM Model.
Tomada por: José Antonio Pinedo Flores, 2016.

Anexo 02: Formatos de recojo de información en campo.

FORMATO DE COORDENADAS Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE SERVICIOS EVALUADAS

N°	SECTOR	COORDENADAS UTM	NOMBRE	UBICACIÓN
1	La Planicie	X 345184 - Y 9284410	EESS Shilcayo 1-Ovalo Costado del Aqua	Morales
2	La Planicie	X 344971 - Y 9284468	Servicentro La Planicie-Ovalo Norte	Morales
3	La Planicie	X 344845 - Y 9284500	EESS Servicon SAC-Ovalo Norte	Morales
4	Santa Lucía	X 345981 - Y 9284054	EESS Sudamérica SRL-Santa Lucía	Morales
5	Santa Lucía	X 346077 - Y 9283997	EESS Shilcayo 2-Ovalo del Soldado	Morales
6	Aeropuerto	X 348794 - Y 9280534	EESS R y S EIRL-Vía Evitamiento Cdra. 19	Tarapoto
7	Zona Industrial	X 349407 - Y 9280167	EESS Shilcayo 3-Vía Evitamiento Cdra. 21	La Banda de Shilcayo
8	Ovalo Periodista	X 351035 - Y 9280375	Grifo El Ovalo EIRL-Ovalo	La Banda de Shilcayo

FUENTE: *Elaboración propia, 2016.*

FORMATO DE CAMPO EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NO₂

PUNTOS DE MUESTREO ESTACIONES DE SERVICIO	FECHA	TIPO CARROCERÍA	CATEGORÍA (*)	Nº VEHÍCULO	PPM	MINUTOS LLEGADA VEHÍCULO	INICIO DEL MUESTREO	FIN DEL MUESTREO	OBSERVACIONES
EESS 01-SHILCAYO 1-OVALO	12/09/2016	Micro Bus	M2	01	0.80	39	08:30	09:30	Mayormente Mototaxis
COSTADO DEL AQUA-MORALES	13/09/2016	Station Wagon	M1	01	0.50	34	08:30	09:30	
		Mini Bus	M3	02	1.00	51	08:30	09:30	
	14/09/2016	Station Wagon	M1	01	0.50	15	13:30	14:30	
		Mini Bus	M3	02	0.60	29	13:30	14:30	
		Mini Bus	M3	03	0.50	35	13:30	14:30	
		Chasis motorizado	M2	04	1.90	58	13:30	14:30	
EESS 02 - SERVICENTRO LA PLANICIE	28/09/2016	Station Wagon	M1	01	1.70	8	10:30	11:30	Día soleado y viento regular
OVALO NORTE - MORALES		Chasis motorizado	M3	02	0.71	45	10:30	11:30	
	29/09/2016	Micro Bus	M2	01	1.11	7	12:15	13:15	Día soleado
		Station Wagon	M1	02	0.80	19	12:15	13:15	
		Omnibus Urbano	M3	03	1.80	22	12:15	13:15	
		Mini Bus	M3	04	1.90	44	12:15	13:15	
		Micro Bus	M2	05	1.70	48	12:15	13:15	
	30/09/2016	Chasis motorizado	M3	01	1.90	4	06:15	07:15	Día sombreado y viento regular
Pick Up		N2	02	1.00	11	06:15	07:15		
Micro Bus		M2	03	1.80	33	06:15	07:15		
		Omnibus Urbano	M3	04	1.20	41	06:15	07:15	
		Station Wagon	M1	05	1.70	52	06:15	07:15	

PUNTOS DE MUESTREO ESTACIONES DE SERVICIO	FECHA	TIPO CARROCERÍA	CATEGORÍA (*)	Nº VEHÍCULO	PPM	MINUTOS LLEGADA VEHÍCULO	INICIO DEL MUESTREO	FIN DEL MUESTREO	OBSERVACIONES
EESS 03 - SERVICON S.A.C.	28/09/2016	Pick Up	N2	01	0.60	43	14:30	15:30	Lluvia con viento
OVALO NORTE - MORALES	29/09/2016	Micro Bus	M2	01	0.80	39	05:30	06:30	
		Station Wagon	M1	02	0.70	42	05:30	06:30	
		Omnibus Interurbano	M3	03	2.90	47	05:30	06:30	
		Mini Bus	M3	04	0.89	53	05:30	06:30	
		Chasis cabinado	N2	05	1.80	58	05:30	06:30	
	30/09/2016	Pick Up	N2	01	0.60	4	06:40	07:40	Día sombreado
		Station Wagon	M1	02	0.80	11	06:40	07:40	
		Chasis motorizado	M3	03	1.50	33	06:40	07:40	
		Station Wagon	M1	04	0.87	41	06:40	07:40	
		Furgon	O2	05	1.70	52	06:40	07:40	
EESS 04 - SUDAMERICA SRL	28/09/2016	Micro Bus	M2	01	0.68	6	17:30	18:30	Día soleado
SANTA LUCIA - MORALES		Micro Bus	M2	02	0.84	10	17:30	18:30	
		Station Wagon	M1	03	0.60	18	17:30	18:30	
		Micro Bus	M2	04	1.30	25	17:30	18:30	
		Chasis Cabinado	N3	05	3.90	34	17:30	18:30	
		Station Wagon	M1	06	0.70	51	17:30	18:30	
		Micro Bus	M2	07	0.70	54	17:30	18:30	
	29/09/2016	Pick Up	N2	01	0.50	29	06:45	07:45	
		Mini Bus	M3	02	0.70	48	06:45	07:45	
		Omnibus Urbano	M3	03	1.90	57	06:45	07:45	

PUNTOS DE MUESTREO ESTACIONES DE SERVICIO	FECHA	TIPO CARROCERÍA	CATEGORÍA (*)	N° VEHÍCULO	PPM	MINUTOS LLEGADA VEHÍCULO	INICIO DEL MUESTREO	FIN DEL MUESTREO	OBSERVACIONES
	30/09/2016	Station Wagon	M1	01	0.80	3	19:45	20:45	Mayormente Mototaxis
		Pick Up	N2	02	0.49	18	19:45	20:45	
		Pick Up	N2	03	0.50	39	19:45	20:45	
EESS 05 - SHILCAYO 2	28/09/2016	Pick Up	N2	01	0.37	22	15:50	16:50	Mayormente Mototaxis
OVALO DEL SOLDADO - MORALES	29/09/2016	Ninguno	-	0	0.01	0	13:45	14:45	Mayormente Mototaxis
	30/09/2016	Mini Bus	M3	01	0.58	23	08:40	09:40	Mayormente Mototaxis
EESS 06 - R y S EIRL	28/09/2016	Station Wagon	M1	01	0.53	29	05:00	06:00	
VIA DE EVITAMIENTO CUADRA 19	29/09/2016	Pick Up	N2	01	0.60	39	15:15	16:15	
TARAPOTO	30/09/2016	Mini Bus	M3	01	0.49	28	10:30	11:30	Día sombreado
		Chasis motorizado	M3	02	0.42	49	10:30	11:30	
EESS 07 - SHILCAYO 3	28/09/2016	Pick Up	N2	01	0.40	3	12:00	13:00	
VIA DE EVITAMIENTO CDRA. 21		Station Wagon	M1	02	0.60	15	12:00	13:00	
LA BANDA DE SHILCAYO		Mini Bus	M3	03	0.80	36	12:00	13:00	
		Chasis motorizado	M2	04	1.40	47	12:00	13:00	
	29/09/2016	Volquete	O4	01	7.10	9	18:00	19:00	
		Chasis motorizado	M3	02	4.20	21	18:00	19:00	
		Mini Bus	M3	03	1.30	27	18:00	19:00	
		Chasis motorizado	M2	04	2.00	33	18:00	19:00	
		Chasis motorizado	M3	05	1.60	39	18:00	19:00	
		Remolcador	N3	06	8.30	46	18:00	19:00	

PUNTOS DE MUESTREO ESTACIONES DE SERVICIO	FECHA	TIPO CARROCERÍA	CATEGORÍA (*)	Nº VEHÍCULO	PPM	MINUTOS LLEGADA VEHÍCULO	INICIO DEL MUESTREO	FIN DEL MUESTREO	OBSERVACIONES
		Pick Up	N2	07	1.10	54	18:00	19:00	
	30/09/2016	Pick Up	N2	01	0.10	12	05:00	06:00	Día sombreado
		Chasis motorizado	M3	02	0.80	28	05:00	06:00	
		Chasis motorizado	M2	03	1.80	34	05:00	06:00	
		Pick Up	N2	04	1.30	47	05:00	06:00	
		Chasis motorizado	M3	05	2.00	53	05:00	06:00	
EES 08-GRIFO EL OVALO EIRL-	28/09/2016	Micro Bus	M2	01	0.40	6	06:30	07:30	Día soleado
OVALO DEL PERIODISTA		Micro Bus	M2	02	0.52	10	06:30	07:30	
LA BANDA DE SHILCAYO		Station Wagon	M1	03	0.31	18	06:30	07:30	
	29/09/2016	Pick Up	N2	01	0.44	11	09:45	10:45	
		Station Wagon	M1	02	0.51	53	09:45	10:45	
	30/09/2016	Pick Up	N2	01	0.50	12	12:00	13:00	Mayormente Mototaxis
		Pick Up	N2	02	0.50	35	12:00	13:00	
		Mini Bus	M3	03	0.68	56	12:00	13:00	

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

Anexo 03: Cálculo del Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA)

- A partir de los datos obtenidos que se muestran en el Anexo 04 se determinará el INCA según la fórmula que se muestra a continuación:

$$[\text{NO}_2] = C[\text{NO}_2] * 100/200$$

- A continuación, se determinará el valor correspondiente al INCA en cada uno de los puntos establecidos.

1. EESS 01-SHILCAYO 1-OVALO COSTADO DEL AQUA-MORALES:

$$[\text{NO}_2] = C[152] * 100/200$$

$$[\text{NO}_2] = 76$$

2. EESS 02 - SERVICENTRO LA PLANICIE - OVALO NORTE – MORALES.

$$[\text{NO}_2] = C[262] * 100/200$$

$$[\text{NO}_2] = 131$$

3. EESS 03 - SERVICON S.A.C. - OVALO NORTE – MORALES.

$$[\text{NO}_2] = C[195] * 100/200$$

$$[\text{NO}_2] = 98$$

4. EESS 04 - SUDAMERICA SRL - SANTA LUCIA – MORALES.

$$[\text{NO}_2] = C[180] * 100/200$$

$$[\text{NO}_2] = 90$$

5. EESS 05 - SHILCAYO 2 - OVALO DEL SOLDADO – MORALES.

$$[\text{NO}_2] = C[60] * 100/200$$

$$[\text{NO}_2] = 30$$

6. EESS 06 - R y S EIRL - VÍA DE EVITAMIENTO CUADRA 19 -TARAPOTO.

$$[\text{NO}_2] = C[99] * 100/200$$

$$[\text{NO}_2] = 50$$

7. EESS 07 - SHILCAYO 3- VIA DE EVITAMIENTO CDRA. 21 - LA BANDA DE SHILCAYO.

$$[\text{NO}_2] = C[354] * 100/200$$

$$[\text{NO}_2] = 177$$

8. EESS 08 - GRIFO EL OVALO EIRL-OVALO DEL PERIODISTA-ANDA DE SHILCAYO.

$$[\text{NO}_2] = C[90] * 100/200$$

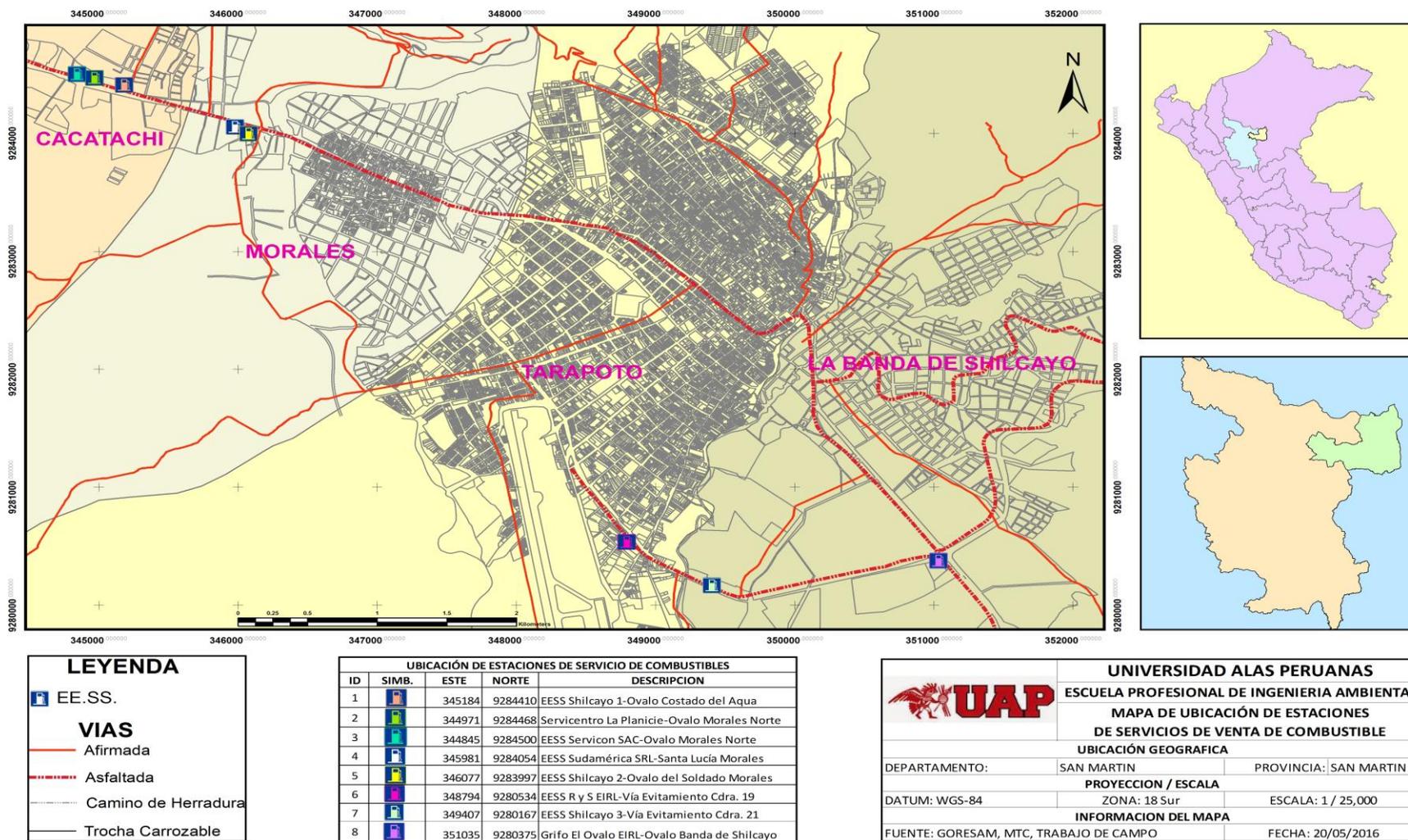
$$[\text{NO}_2] = 45$$

Anexo 04: Resultados correspondientes al muestro respectivo en las EESS o puntos de muestreo, realizado durante el mes de Setiembre de 2016.

PUNTOS DE MUESTREO - ESTACIONES DE SERVICIO	PROMEDIO GENERAL (ppm)	VALOR SEGÚN EL ANÁLISIS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VALOR DEL INCA	INTERVALO DEL INCA	COLOR SEGÚN EL INCA	CALIDAD DEL AIRE SEGÚN EL INCA
EESS 01-SHILCAYO 1-OVALO COSTADO DEL AQUA-MORALES.	0.081	152	76	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 02 - SERVICENTRO LA PLANICIE - OVALO NORTE – MORALES.	0.140	262	131	101 - 150	Naranja	Mala
EESS 03 - SERVICON S.A.C. - OVALO NORTE – MORALES.	0.104	195	98	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 04 - SUDAMERICA SRL - SANTA LUCIA – MORALES.	0.096	180	90	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 05 - SHILCAYO 2 - OVALO DEL SOLDADO – MORALES.	0.032	60	30	0 - 50	Verde	Buena
EESS 06 - R y S EIRL - VÍA DE EVITAMIENTO CUADRA 19 -TARAPOTO.	0.053	99	50	0 - 50	Verde	Buena
EESS 07 - SHILCAYO 3- VIA DE EVITAMIENTO CDRA. 21 – LA BANDA DE SHILCAYO.	0.189	354	177	> 150	Rojo	Umbral de cuidado
EESS 08 - GRIFO EL OVALO EIRL-OVALO DEL PERIODISTA-ANDA DE SHILCAYO.	0.048	90	45	0 - 50	Verde	Buena

FUENTE: Elaboracion propia, 2016.

Anexo 05: Ubicación de los puntos de monitoreo en las ciudades de La Banda De Shilcayo, Tarapoto y Morales.



Anexo 06. Artículo Científico

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE POR NO₂ EN ESTACIONES DE SERVICIO POR UNIDADES DE TRANSPORTE PESADO EN LAS CIUDADES DE LA BANDA DE SHILCAYO, TARAPOTO Y MORALES”

Bach. en Ingeniería Ambiental JOSÉ ANTONIO PINEDO FLORES¹

josean.pf@gmail.com

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

RESUMEN

La presente investigación se centra en la evaluación de la calidad de aire por dióxido de nitrógeno (NO₂) en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales, a fin de determinar las condiciones en las que laboran el personal del área de atención al cliente; muestreándose por un lapso de una hora a una distancia no menor de 0.5 m de la fuente o directamente en el área en el que se desempeña el trabajador; los resultados se analizaron y se evaluó la calidad de aire según la R. M. 181-2016-MINAM para la calificación respectiva.

Las estaciones de servicio “SHILCAYO 2” – Morales, “R y S EIRL” - Tarapoto y “GRIFO EL OVALO EIRL” - La Banda De Shilcayo presentan una calificación de buena, las estaciones “SHILCAYO 1” - Morales, “SERVICON S.A.C.” – Morales y “SUDAMERICA SRL” – Morales determinada como moderada y finalmente las estaciones “SERVICENTRO LA PLANICIE” – Morales y “SHILCAYO 3” - La Banda De Shilcayo presentan una calificación de mala y en umbral de cuidado respectivamente; en las que el flujo vehicular, la temperatura ambiental, la velocidad del viento y porcentaje de humedad influyen en la concentración del NO₂.

Palabras clave: Dióxido de nitrógeno, estaciones de servicios, calidad de aire, contaminante.

ABSTRACT

This research focuses on the evaluation of the quality of air by nitrogen dioxide (NO₂) in service stations by units of heavy transport in the cities of La Banda de Shilcayo, Tarapoto and Morales, in order to determine the conditions under which they work the staff of customer service; sampling is for a period of one hour at one distance of not less than 0.5 m from the source or directly in the area that serves the worker; the results were analyzed and evaluated air quality according to the R. M. 181-2016-MINAM to the respective qualification.

The stations of service " SHILCAYO 2" - Morales, "R and S EIRL" - Tarapoto and "GRIFO EL OVALO EIRL" - La Banda De Shilcayo presented a rating of good, the stations "SHILCAYO 1" - Morales, "SERVICON S.A.C." - Morales and "SUDAMERICA SRL" - Morales determined as moderate and finally stations "SERVICENTRO LA PLANICIE" - Morales and "SHILCAYO 3" - La Banda De Shilcayo presented a rating of bad and care threshold respectively; in which the vehicular flow, the ambient temperature, the speed of the wind and humidity influence the concentration of NO₂.

Key words: nitrogen dioxide, station of services, air quality, pollutant.

INTRODUCCIÓN

El aire es un componente natural esencial para el desarrollo de la vida en la tierra, sin él, en nuestro planeta no existirían las plantas, los animales ni los seres humanos mismos; la contaminación del aire nos afecta todos los días, causando daños irreversibles en el ambiente.

La contaminación del aire puede tener efectos tanto a corto como a largo plazo sobre la salud humana y que las emisiones de gases han contribuido al llamado efecto invernadero que atrapan el calor radiante en la superficie de la tierra, haciendo que la temperatura aumente. Esto hace que el cambio climático represente uno de los mayores efectos negativos de la contaminación atmosférica sobre el ambiente agravando los problemas de salud, como la irritación de los tejidos y membranas del sistema respiratorio, y que a largo puede reducir la capacidad de funcionamiento de los pulmones.

El NO₂ presente en el aire de las ciudades proviene en su mayor parte de la oxidación del NO, cuya fuente principal son las emisiones provocadas por las unidades de transporte motorizado. En la que, estas emisiones de combustibles fósiles pueden causar graves problemas de salud humana; de modo que a la hora de considerar los efectos del NO₂ sobre la salud se deben tener en cuenta no sólo los efectos directos que provoca, sino también su condición de marcador de la contaminación debida al tráfico y su condición de precursor de otros contaminantes.

En la presente investigación se evaluó el flujo vehicular en estaciones de servicio en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales a fin de determinar las estaciones con mayor flujo vehicular de transporte pesado; en las que se llegó a considerar las de mayor flujo significativo las estaciones de servicio denominadas "Shilcayo 1" - Morales, "Servicentro La Planicie" - Morales, "SERVICON S.A.C." - Morales, "R y S EIRL" - Tarapoto, "SHILCAYO 3" - La Banda de Shilcayo y Grifo "El Ovalo EIRL" - La Banda de Shilcayo con 21.63, 19.38, 18.25, 12.63, 11.25, 25.88, 26.88 y 25.13 Unid./h respectivamente.

Paralelo a la evaluación de la concentración del contaminante NO₂, se evaluaron parámetros meteorológicos, donde la temperatura promedio de 27.0 °C fue la más baja registrada en el proceso de monitoreo corresponden a los puntos denominados "Shilcayo 1" - Morales, "Servicentro La Planicie" - Morales, "SERVICON S.A.C." - Morales, "R y S EIRL" - Tarapoto, "SHILCAYO 3" - La Banda de Shilcayo y "El Ovalo EIRL" - La Banda de Shilcayo contrastada con el porcentaje de humedad promedio de 69.0 y 63.5 % y una velocidad de viento con registro mínimo de 0.26 y 0.20 m/s los mismos que podían haber permitir la disponibilidad del NO₂ a niveles próximos a la superficie terrestre; caso contrario ocurre a valores de temperaturas promedio de 33.7 °C, un porcentaje de humedad promedio de 71 % y valores de 0.8 m/s en los que la contrastación de estas variable no favorecería que el contaminante se mantenga en estratos de muestreo próximos a la superficie terrestre o su concentración sea inferior al resto de los puntos evaluados, donde posiblemente por la misma propiedad de los gases tienda a expandirse y alcanzar una altura superior impidiendo de esta manera su muestreo de forma rutinaria que contrasta con la hipótesis específica.

En las estaciones de servicio evaluadas se determinó que la calidad de aire para dióxido de nitrógeno (NO₂) según el Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) es la siguiente; en las estaciones de servicio "Shilcayo 2" - Morales, "R y S EIRL" - Tarapoto y "El Ovalo EIRL" - La Banda de Shilcayo es Buena, la calidad del aire en estos puntos es aceptable y cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA). En la "Shilcayo 1" - Morales, "SERVICON S.A.C." - Morales y "Sudamérica SRL" - Morales presenta una calidad de aire Moderada, asimismo la estación de servicio "Servicentro La Planicie" - Morales tiene como calidad Mala, mientras que EESS 07 "SHILCAYO 3" - La Banda de Shilcayo se determinó que se encuentra en el Umbral de Cuidado con respecto al contaminante y según la normativa vigente y el Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA), por lo que habría que sugerir monitoreos y controles permanentes que

ayude a la conservación del equilibrio ambiental respecto a la calidad de aire para el parámetro dióxido de nitrógeno (NO₂) en las estaciones de servicios estudiadas.

Asimismo, se podría decir que la temperatura ambiental registrada superior a 27 °C, una humedad superior al 61% como valor promedio y en un solo caso alcanzando el 88% además de una velocidad de viento superior a los 20 m/s podrían influir en la determinación de la concentración del dióxido de nitrógeno (NO₂) y la calidad de aire respecto a este contaminante ya que según la bibliografía consultada determina que el contaminante en todos los casos tiende a expandirse y por consiguiente difícil de muestrear y/o analizar a ras del suelo.

MATERIAL Y MÉTODO

MATERIAL

Equipos

- Brújula TENMARS.
- Anemómetro TENMARS.

Instrumentos

Muestrador y Analizador (ONE TO SIX GAS PORTABLE MONITOR).

- Pluviómetro TENMARS.
- GPS Garmin Map 62s.
- Termómetro Ambiental.

Otros

- Calculadora Científica Cassio FX-4500PA.
- Cronómetro

MÉTODO

1. Primera etapa de gabinete y laboratorio

Revisión bibliográfica

- La información bibliográfica se recopiló de manera sistemática a partir de investigaciones similares confiables como revistas, artículos científicos, guías y otras fuentes que permita tener una referencia de lo que se pretende realizar en cada una de las etapas del proyecto.

Verificación del equipo de muestreo

- Se determinó que el aire ha recorrido los monitores continuos y cumplió con el flujo de muestra de gas aspirado por el monitor y censado en la cámara de

reacción se mantenga constante en el valor de operación fijado.

- Así mismo, se verificó el flujo de aire aspirado por el monitor (en general entre 0.5 y 1.0 L/min en monitores automáticos de gases) se encuentre en los rangos de operación recomendados por el fabricante.

2. Etapa de campo

Estudio previo en los puntos a monitorear

- La selección del área en los puntos de monitoreo fue importante y requiere la ubicación más representativa para la determinación de la calidad del aire. Las zonas críticas identificadas en cada punto en las diferentes estaciones de servicio de transporte pesado de las ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo se relacionan con el sistema de transporte, donde el consumo de combustible tiene mayor demanda; también cabe señalar que el monitoreo será contrastado con la determinación del flujo vehicular que se describirá posteriormente.
- La selección de los puntos de monitoreo se realizó de acuerdo a la siguiente secuencia: flujo vehicular, seguridad del sitio de instalación, inventario de los distribuidores, consideraciones atmosféricas (temperatura y humedad, monitoreo de la calidad del aire y topografía).

Instalación del equipo muestrador y analizador (ONE TO SIX GAS PORTABLE MONITOR)

- El equipo se ubicó según las indicaciones mencionadas anteriormente por un lapso de 1 hora; teniendo como referencia al D. S. N° 074-2001-PCM, D.S. N° 003-2008-MINAM "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire" y Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire – DIGESA – 2005.

Muestreo del gas Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

- El método de muestreo consistió en la absorción del Dióxido de Nitrógeno

contenido en el aire en una solución especial (TCM) para formar un complejo de (TCM1) el cual es estable. El ion que contiene al NO₂ en el TCM1 permite la reacción con un sensor, el mismo que es traducido y enviado a una pantalla digital dando como resultado una lectura en valores numéricos y en tiempo real de la concentración del gas en cuestión.

- El muestreo y monitoreo se tomaron en el mismo punto de monitoreo durante tres días consecutivos, con la finalidad de dar veracidad a los valores obtenidos por el equipo utilizado.

3. Segunda etapa de gabinete Estructuración de los resultados, presentación e interpretación de los mismos

- Las lecturas que nos brindó el equipo en el tiempo de monitoreo fueron registradas en un checklist, para su posterior análisis e interpretación, se contrastó con la normativa y se presentaron en tablas, cuadros o figuras.
- Se elabora el informe y se presenta el informe.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados correspondientes a evaluación de NO₂ para la determinación de la calidad de aire en cada una de las estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales; así mismo su relación respecto al comportamiento del agente contaminante con los parámetros meteorológicos.

Debe tenerse en cuenta que la evaluación se realizó mediante el método de Quimioluminiscencia (método automático) haciendo uso de un equipo muestreador y analizador (EAGLE™ Model); el periodo de evaluación fue por un periodo de una hora según la normativa nacional vigente (D. S. N° 074-2001-PCM, D.S. N° 003-2008-MINAM "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire" y Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire – DIGESA – 2005).

Así mismo, los resultados fueron interpretados teniendo en cuenta el comportamiento de los parámetros meteorológicos que se evaluaron en cumplimiento al protocolo de evaluación del sector (Energía y minas) en el que se inscriben las estaciones de servicio.

PUNTOS	PUNTOS DE MUESTREO - ESTACIONES DE SERVICIO	VALOR SEGÚN EL ANÁLISIS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VALOR DEL INCA	INTERVALO DEL INCA	COLOR SEGÚN EL INCA	CALIDAD DEL AIRE SEGÚN EL INCA
EESS 01	SHILCAYO 1-OVALO COSTADO DEL AQUA-MORALES.	152	76	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 02	SERVICENTRO LA PLANICIE - OVALO NORTE - MORALES.	262	131	101 - 150	Naranja	Mala
EESS 03	SERVICON S.A.C. - OVALO NORTE - MORALES.	195	98	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 04	SUDAMERICA SRL - SANTA LUCIA - MORALES.	180	90	51 - 100	Amarillo	Moderada
EESS 05	SHILCAYO 2 - OVALO DEL SOLDADO - MORALES.	60	30	0 - 50	Verde	Buena
EESS 06	R y S EIRL - VÍA DE EVITAMIENTO CUADRA 19 - TARAPOTO.	99	50	0 - 50	Verde	Buena
EESS 07	SHILCAYO 3- VÍA DE EVITAMIENTO CDRA. 21 - LA BANDA DE SHILCAYO.	354	177	> 150	Rojo	Umbral de cuidado
EESS 08	GRIFO EL OVALO EIRL-OVALO DEL PERIODISTA-LA BANDA DE SHILCAYO.	90	45	0 - 50	Verde	Buena

Cuadro 6: Resultados correspondientes a la evaluación de la calidad de aire en estaciones de servicios por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales - 2016.

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

ECA: Estandares de Calidad Ambiental (D.S. N° 015-2015-MINAM).

INCA: Índice Nacional de Calidad de Aire (R. M. 181-2016-MINAM).

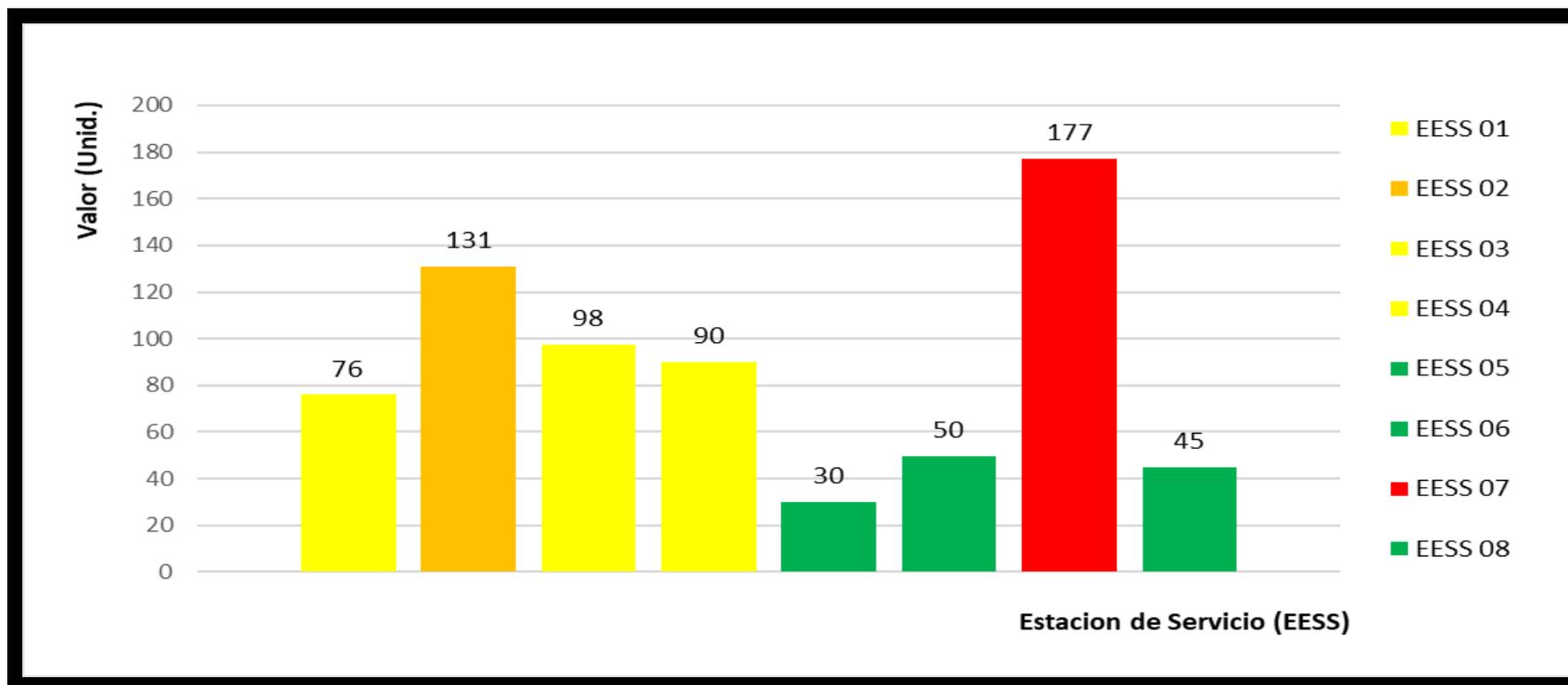


Gráfico 1: Resultados comparativos de la evaluación de la calidad de aire en estaciones de servicios por unidades de tránsito pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales.

FUENTE: *Elaboración propia, 2016.*

Nota: Los resultados fueron contrastados con los Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) (R. M. 181-2016-MINAM).

PERIODO DE EVALUACIÓN (Horas)	TIPO DE VEHÍCULO	FLUJO VEHICULAR EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES DE SERVICIOS (Unid./h)							
		EESS Shilcayo 1	Servicentro La Planicie	EESS Servicon	EESS Sudamerica	EESS Shilcayo 2	EESS R y S	EESS Shilcayo 3	Grifo El Ovalo
1 (8:00-9:00 am)	Lineales	18	14	22	14	26	50	32	30
	Trimoviles	24	15	21	15	16	44	28	36
	4 ruedas	11	16	12	8	4	22	30	22
	Más de 4 Ruedas	15	18	2	5	0	0	14	18
<i>Promedio Mañana</i>		<i>17.00</i>	<i>15.75</i>	<i>14.25</i>	<i>10.50</i>	<i>11.50</i>	<i>29.00</i>	<i>26.00</i>	<i>26.50</i>
1 (2:00-3:00 pm)	Lineales	22	33	34	25	21	48	31	33
	Trimoviles	31	24	36	22	19	22	22	26
	4 ruedas	21	20	18	8	4	21	46	18
	Más de 4 Ruedas	31	15	1	4	0	0	12	18
<i>Promedio Tarde</i>		<i>26.25</i>	<i>23.00</i>	<i>22.25</i>	<i>14.75</i>	<i>11.00</i>	<i>22.75</i>	<i>27.75</i>	<i>23.75</i>
Promedio Total		21.63	19.38	18.25	12.63	11.25	25.88	26.88	25.13

Cuadro 7: Flujo vehicular en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales - 2016.

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

ESTACIÓN DE SERVICIO	FECHA		HORA		TEMPERATURA			HUMEDAD		
	Inicio	Final	Inicio (am)	Final (am)	T Mi °C	T Mx °C	T Prom (°C)	H Mi %	H Mx %	H Prom (%)
EESS 01	28/09/2016	29/09/2016	08:00	08:00	22.5	31.4	27.0	50	88	69.0
EESS 02										
EESS 03										
EESS 04	29/09/2016	30/09/2016	08:00	08:00	28.9	38.5	33.7	44	78	61.0
EESS 05										
EESS 06	30/09/2016	1/10/2016	08:00	08:00	22.4	31.6	27.0	48	79	63.5
EESS 07										
EESS 08										

Cuadro 8: Valores de temperatura y humedad ambiental correspondiente al monitoreo meteorológico en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales - 2016.

Nota:

EESS 01 EESS 01-SHILCAYO 1-OVALO COSTADO DEL AQUA-MORALES.
EESS 02 EESS 02 - SERVICENTRO LA PLANICIE - OVALO NORTE – MORALES.
EESS 03 EESS 03 - SERVICON S.A.C. - OVALO NORTE – MORALES.
EESS 04 EESS 04 - SUDAMERICA SRL - SANTA LUCIA – MORALES.
EESS 05 EESS 05 - SHILCAYO 2 - OVALO DEL SOLDADO – MORALES.
EESS 06 EESS 06 - R y S EIRL - VÍA DE EVITAMIENTO CUADRA 19 -TARAPOTO.
EESS 07 EESS 07 - SHILCAYO 3- VIA DE EVITAMIENTO CDRA. 21 – LA BANDA DE SHILCAYO.
EESS 08 EESS 08 - GRIFO EL OVALO EIRL-OVALO DEL PERIODISTA-ANDA DE SHILCAYO.

FUENTE: Elaboracion propia, 2016.

ESTACIÓN DE SERVICIO	FECHA		VELOCIDAD DE VIENTO (m/s)			DIRECCIÓN DE VIENTO
	INICIO	FINAL	MÍNIMA	MÁXIMA	PROMEDIO	
EESS 01	28/09/2016	29/09/2016	1.50	1.70	1.60	O
EESS 02						
EESS 03						
EESS 04	29/09/2016	30/09/2016	2.00	2.50	2.25	NO
EESS 05						
EESS 06	30/09/2016	1/10/2016	1.60	1.70	1.65	SO
EESS 07						
EESS 08						

Cuadro 9: Valores de velocidad del viento y dirección del viento correspondiente al monitoreo meteorológico en estaciones de servicio por unidades de transporte pesado en las ciudades de La Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales - 2016.

Nota:

EESS 01 EESS 01-SHILCAYO 1-OVALO COSTADO DEL AQUA-MORALES.
EESS 02 EESS 02 - SERVICENTRO LA PLANICIE - OVALO NORTE – MORALES.
EESS 03 EESS 03 - SERVICON S.A.C. - OVALO NORTE – MORALES.
EESS 04 EESS 04 - SUDAMERICA SRL - SANTA LUCIA – MORALES.
EESS 05 EESS 05 - SHILCAYO 2 - OVALO DEL SOLDADO – MORALES.
EESS 06 EESS 06 - R y S EIRL - VÍA DE EVITAMIENTO CUADRA 19 -TARAPOTO.
EESS 07 EESS 07 - SHILCAYO 3- VIA DE EVITAMIENTO CDRA. 21 - LA BANDA DE SHILCAYO.
EESS 08 EESS 08 - GRIFO EL OVALO EIRL-OVALO DEL PERIODISTA-ANDA DE SHILCAYO.

FUENTE: Elaboracion propia, 2016.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Según Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM, 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; en el caso del punto de muestreo EESS 07 (Shilcayo 3) el valor del INA es de 177, que corresponde a $354 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sobrepasando el umbral de cuidado; esto se debe posiblemente al mayor flujo vehicular comparado a otras estaciones de servicio, tal como se muestra en el cuadro 7.
- Según la normativa nacional Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire y la normativa internacional (EPA y OMS) el NO_2 , en concentraciones de corta duración de 1 hora y superiores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es un gas tóxico con efectos importantes en la salud. El NO_2 se ha utilizado en numerosos estudios epidemiológicos como marcador de la mezcla de contaminantes relacionados con la combustión, en particular los que emiten el tráfico por carretera o las fuentes de combustión en espacios cerrados. En este caso la atención y la exposición no es continua es intermitente. En estos estudios, los efectos observados en la salud se pueden estar asociados también con otros productos de la combustión, como las partículas ultrafinas, el óxido nitroso (NO), el material particulado que posiblemente se encuentren en las estaciones de servicio. Aunque en varios estudios, realizados tanto en espacios abiertos como cerrados, se ha tratado de concentrar la atención en los riesgos del NO_2 para la salud, a menudo es difícil descartar la contribución de los efectos de estos otros contaminantes, muy relacionados con él.
- La mayor parte del NO_2 atmosférico se emite en forma de NO, que se oxida rápidamente a NO_2 por acción del ozono. El dióxido de nitrógeno es, en presencia de hidrocarburos y luz ultravioleta, la principal fuente de ozono troposférico y de aerosoles de nitratos, que constituyen una fracción importante de la masa de $\text{MP}_{2,5}$ del aire ambiente; en este caso es por la combustión de hidrocarburos y la presencia del Nitrógeno en el aire y que constituye el mayor porcentaje.
- Según la OMS en contraste con el EPA, señalan que los valores de la evaluación de los contaminantes, deben ser contrastados con los parámetros meteorológicos que exige la normativa nacional vigente; es así que, los registros del proceso de evaluación pueden influir en el comportamiento cinético de los contaminantes ambientales en el aire (GARCÍA M. 2012), como es el caso en el presente estudio, donde las temperaturas promedio de 27.0°C la más baja registrada en el proceso de monitoreo corresponden a los puntos denominados EESS 02 y EESS 07 contrastada con el porcentaje de humedad promedio de 69.0 y 63.5 % respectivamente; además de una velocidad de viento con registro de 1.60 y 1.65 m/s podían permitir que el NO_2 se mantenga a niveles próximos a la superficie terrestre y esté disponible para ser captado en el proceso de muestreo, contrastando además con el flujo vehicular registrado (19.38 y 25.88 Unid./hora); caso contrario ocurre en las estaciones de servicio EESS 05, EESS 06 Y EESS 08, en las que se registran valores de temperaturas promedio de 33.7°C y 27.0°C , porcentaje de humedad promedio de 61.0 y 63.5

%; además de 2.25 y 1.65 m/s contrastando con un flujo vehicular de 11.25, 25.88 y 25.13 Unid./hora respectivamente para cada estación de servicio no favorecería que el contaminante se mantenga en estratos de muestreo próximos a la superficie terrestre o su concentración sea inferior al resto de los puntos evaluados, donde posiblemente por la propiedad de los gases tienda a expandirse y alcanzar una altura superior impidiendo de esta manera su muestreo de forma rutinaria que contrasta con la hipótesis específica (H04) como afirma Londoño J., Correa M., y Palacio C. (2011).

- Así mismo, se debe indicarse que la contrastación de los parámetros meteorológicos diferentes a los señalados pueden influir permitiendo que estos asciendan a niveles más alejados de la superficie terrestre impidiendo su muestreo; o en el mejor de los casos la concentración de estos es simplemente mínima debido a que el proceso de combustión no influye en gran medida en la generación del gas en cuestión que al ser analizados se determinó se encuentran a valores ínfimos que al ser procesados y contrastados con el Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) determinándose que la calidad de aire respecto a este parámetro es buena y no presenta un riesgo para la salud; cuya calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire en el que puede realizarse actividades al aire libre permitiendo de esta manera aceptando la hipótesis alternativa (H0).
- La emisión de contaminantes depende también del tipo de combustión y el tipo de combustible que se utiliza, así, por ejemplo, la combustión incompleta está relacionado principalmente al uso de combustibles no refinados o en todo caso por falta de mantenimiento de las

unidades vehiculares. (Jacobson I. y Zeal M., 2002) menciona que la presencia de los contaminantes en el ambiente una vez emitidos, la influencia de temperaturas bajas, una alta humedad y la nula o escasa velocidad de viento permite que se mantenga a niveles próximos a la superficie terrestre, además indica que también depende del tipo de contaminante y de su punto de fusión específicamente.

CONCLUSIONES

- En todas las estaciones de servicio evaluadas se determinó que la calidad de aire (R. M. 181-2016-MINAM) para dióxido de nitrógeno (NO₂), que según su contrastación con los criterios técnicos de dicha normativa corresponde a una calificación de Buena en las estaciones denominadas SHILCAYO 2 - ovalo del soldado – Morales (EESS 05), R y S EIRL - vía de evitamiento cuadra 19 - Tarapoto (EESS 06) y GRIFO EL OVALO EIRL-ovalo del periodista - La Banda De Shilcayo (EESS 08), en el que los cuidados a dicha calidad de aire, es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud y sus recomendaciones determinan que la calidad del aire es aceptable y cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA); así mismo, las estaciones denominadas SHILCAYO 1 - ovalo costado del AQUA - Morales (EESS 01), SERVICON S.A.C. - ovalo norte – Morales (EESS 03) y SUDAMERICA SRL - Santa Lucía – Morales (EESS 04) presentan una calificación de Moderada; mientras que las estaciones de servicio denominadas SERVICENTRO LA PLANICIE - Ovalo norte – Morales (EESS 02) y SHILCAYO 3 - Vía de evitamiento cdra. 21 – La Banda De Shilcayo (EESS 07) presentan una calificación de mala y en umbral de cuidado respectivamente.

- El flujo vehicular de transporte pesado en las estaciones de servicio (“Shilcayo 1” - Ovalo costado del AQUA - Morales, “Servicentro La Planicie” - Ovalo norte – Morales, “SERVICON S.A.C.” – Ovalo norte – Morales, “R y S EIRL” – Vía de Evitamiento Cuadra 19 - Tarapoto, “SHILCAYO 3” - Vía de Evitamiento cdra. 21 – La Banda de Shilcayo y Grifo “El Ovalo EIRL” - Ovalo del Periodista – La Banda de Shilcayo) evaluadas fue de 21.63, 19.38, 18.25, 12.63, 11.25, 25.88, 26.88 y 25.13 Unid./h respectivamente.
 - La temperatura, la velocidad de viento y el porcentaje de humedad influyen en la concentración de NO₂; así, a mayor temperatura – mayor velocidad de viento – menor porcentaje de humedad los valores de NO₂ son menores, lo permite calificar como buena o moderada la calidad del aire en el punto o estación evaluado (EESS 01, EESS 03, EESS 04, EESS 05, EESS 06 y EESS 08); caso contrario a menor temperatura – menor velocidad de viento y mayor porcentaje de humedad, mayor concentración de NO₂, lo que permite calificar como mala o umbral de cuidado la calidad del aire en el punto o estación evaluado (EESS 02 y EESS 07); por lo tanto las condiciones meteorológicas y la presencia de fuentes contaminantes son factores determinantes en la distribución de la contaminación del aire.
 - La aplicación de los planes propuestos en los instrumentos (EIA, EIAS o DIA) de las estaciones de servicio por unidades de transporte pesado acorde con la realidad respecto a la concentración del contaminante NO₂, permitirá controlar (Plan de monitoreo y control) o mitigar (Plan de monitoreo y control, Plan de contingencia, Plan de manejo ambiental, etc.) dicho efecto en la salud de la población involucrada o su efecto en el ambiente.
- Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia (p. 35). Colombia.
2. Aguedo, A. (2008). Problemática medioambiental de las canteras de materiales de construcción en Lima. Universidad Nacional de Ingeniería.
 3. Andrade, W. (2007). Modelos evaluativos de optimización y de simulación de contaminantes del aire.
 4. AYALA, H.J., 2010, Informe de monitoreo ambiental de calidad de aire de la provincia de Huaura, Lima – Perú, 57 pág.
 5. Bracho, L. R. (2009). Los impactos en la salud de las emisiones de carbono negro.
 6. Caballero, M. (2011). Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana
 7. Cabrera C., Maldonado M., Arévalo W.; Pacheco R (2010), Calidad de Gas natural de Lima y Callao
 8. Calisaya, C. M. (2012). “Construcción Y Validación De Dispositivos Para El Monitoreo Pasivo De Dióxido De Nitrógeno (No2) Y Dióxido De Azufre (So2)En La Ciudad De Arequipa - Perú”. 13-19.
 9. Cousillas, A.; Mañay, N.; Pereira, L.; Rampoldi, O.; De León, S.; Soto, N.; Piazza, N.; PIERI, D. (1996) “Determinación del grado de impregnación plúmbica en niños de un barrio de Montevideo (Malvín Norte)”. En Acta Farm. Bonaerense. 15 (4):215-24 Buenos Aires. Argentina.
 10. Figueroa, E. (2014). Incidencia de las condiciones meteorológicas en el impacto de las emisiones de Dióxido de Azufre: Aporte a la gestión de la calidad del aire en la comuna de Machalí. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
 11. Garcia, F. (2011). Ciclos Biogeoquímicos. http://www.florgarcia.com/wp-content/uploads/2011/11/CICLOS_BIOGEOQUIMICOS.pdf
 12. García, M., Ramirez, H., Ulloa, H., Arias, S., & Pérez, A. (2012). Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la zona Metropolitana de Guadalajara (México). Investigaciones Geograficas, (0213-4691), 21.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo, J., Bocarejo, J., Velásquez, J., Peroza, A., & Galarza, D. (2013).

13. Jacobson, Mark Z. (2002). Atmospheric pollution: history, science, and regulation. New York: Cambridge University Press.
14. Londoño, J., Correa, M., & Palacio, C. (2011). Estimación De Las Emisiones De Contaminantes Atmosféricos Provenientes De Fuentes Móviles En El Área Urbana De Envigado, COLOMBIA. Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia), 16, 149–162
15. Mavroidis, I. and M. Iliá (2012). "Trends of NOx, NO2 and O3 concentrations at three different types of air quality monitoring stations in Athens, Greece". Atmospheric Environment 63(0): 135-147. Athenas – Grecia.
16. MINAM (2016), Plan de Acción para la Mejora de la Calidad del Aire en la Zona de Atención Prioritaria de la Cuenca Atmosférica de San Martín.
17. Notario, A., I. Bravo, et al. (2013). "Variability of oxidants (OX=O3+NO2), and preliminary study on ambient levels of ultrafine particles and VOCs in an important ecological area in Spain". Atmospheric Research 128(0): 35-45. Cabañeros, España.
18. OPS-OMS (2009) Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área metropolitana de Lima y Callao. Portal Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental.
19. Rivera, J. (2012a). Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao.
20. Rivera, J. (2012b). Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos en Lima - Callao. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
21. Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: Su repercusión como problema de salud. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 44(2), 1–14
22. Salcedo, V.E., 2009, Informe de monitoreo ambiental para la municipalidad distrital de Miraflores, Lima – Perú, 87 pág.
23. SENAMHI, 2015, Boletín de vigilancia de la calidad del aire en la zona metropolitana de lima y callo, Lima – Perú, 15 pág.
24. Sotomayor, A., & Marín, G. (2010). Evaluación e interpretación de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno y Dióxido de Azufre en el aire de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
25. Souza J. P. (2015). Contaminación del aire y salud reproductiva. En XXIV Reunión Bianual de la Asociación Latinoamericana de Investigación en Reproducción Humana. 19-21 de noviembre 2015. Lima: 2015.
26. Técnico., E. (2013). PROPUESTA DEL PLAN DE ACCIÓN PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA DE ATENCIÓN PRIORITARIA DE LA CUENCA ATMOSFÉRICA., 1–95.
27. Toro, M., Ramírez, J., Quiceno, R., & Zuluaga, C. (2006). Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión Corinair. Revista Acodal, (191), 42–49
28. Valdeiglesias., F. de M. (2007). Estudio de Factibilidad Económica para la Conversión de Vehículos Gasolineros a Gas Licuado de Pertóleo., 1–106. Lima – Perú.
29. Venegas, L. E. y Mazzeo, N. A. (2013). La velocidad del viento y la dispersión de contaminantes en la atmósfera. Avellaneda – Argentina.
30. Wark, K., Warner, C.F. (2007). Contaminación del aire. Origen y control. México, D.F.: Limusa Noriega Editores.