

Evaluación e interpretación de la calidad del aire por gases de combustión (SO₂ y CO) en el sector Cercado y Los Jardines, Tarapoto – San Martín 2015

Huamán Gonzales, Luz Elena¹; Pérez Carpio, Jackson Edgardo²

Recibido 1 de june de 2016, Aceptado 4 de july de 2016

Received: June 1, 2016

Accepted: July 4, 2016

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la calidad de aire en el sector Cercado y Los Jardines de la ciudad de Tarapoto según la evaluación de los gases de combustión como SO₂ y CO según los Índices de Calidad del Aire (ICA). Se consideró el alto flujo vehicular en horarios de 7:00 a 8:00 am, 12:30 a 1:30 pm y de 5:00 a 6:00 pm en las intersecciones del Jr. Gregorio Delgado/ Jr. Martínez de Compagñón y Vía de Evitamiento/ Jr. Alfonso Ugarte estableciéndose dos estaciones de muestreo, tomándose un total de 12 muestras. Los resultados, teniendo en cuenta humedad, dirección y velocidad de viento, se interpretaron según los valores del ICA, determinándose que la temperatura promedio de 32.9 °C registrada en el punto denominado Jr. Gregorio Delgado/ Jr. Martínez de Compagñón contrastada con el porcentaje de humedad promedio de 68% y una velocidad de viento con registro mínimo de 0.13 m/s permiten al CO se mantenga a niveles próximos de la superficie terrestre y esté disponible para ser captado en el proceso de muestreo. Los valores de dióxido de azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO) se encuentran por debajo de los ICA interpretándose como una calidad aceptable; y, según los ICA corresponde a una calidad de aire que no representa un riesgo para la salud.

Palabras clave: Monóxido de carbono, Dióxido de azufre, calidad de aire, flujo vehicular.

¹ Ingeniera Ambiental. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Peruana Unión. E-mail: luzelenahuaman@gmail.com

² Ingeniero Químico. Docente Asociado. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Peruana Unión.

ABSTRACT

This research aims to determine the air quality in the sector of Cercado and Los Jardines of the city of Tarapoto as evaluated by the combustion gases as SO_2 and CO according to the Air Quality Index (ICA by its acronyms in Spanish). It was considered the high traffic flow from 7:00 to 8:00 am, 12:30 to 1:30 pm and from 5:00 to 6:00 pm in the intersections of Gregorio Delgado / Martínez de Compagnón and Via Evitamiento / Alfonso Ugarte where it was established two sampling sites, taking a total of 12 samples. The results, taking into account humidity, direction and speed of wind, were interpreted according to the values of the ICA, determining that the average temperature of 32.9 °C registered at the point called Gregorio Delgado / Martínez de Compagnón contrasted with the percentage of average humidity of 68% and a minimum wind speed record of 0.13 m/s allows the CO to be maintained at levels near of the earth's surface and it is available to be caught in the sampling process. The values for sulfur dioxide (SO_2) and carbon monoxide (CO) are below the ICA, interpreting itself as an acceptable quality. Also, according to the ICA it corresponds to a quality of air that does not pose a health risk.

Keywords: Carbon monoxide, sulfur dioxide, air quality, vehicular flow

INTRODUCCIÓN

Según el Instituto de Estadística e Informática del 2007, Tarapoto cuenta con una población de 68,295 habitantes, con una tasa de crecimiento intercensal de 1.62%, Morales cuenta con 23,561 habitantes y La Banda de Shilcayo con 29,111 habitantes que hacen un total 120,967 habitantes; estimándose un crecimiento total poblacional para el año 2025 del 1.2%. (Tarapoto, 2007) Cabe destacar que el crecimiento poblacional y el proceso de urbanización experimentado en los últimos años se ha traducido en la ocupación desordenada del suelo urbano e incluso a ocupar parte de áreas intangibles; conllevando así, a una necesidad latente de requerir la ampliación y mejora de los servicios, donde el transporte es uno de los principales problemas por requerir un incremento que satisfagan las necesidades de la población en cuestión.

En los últimos años, el transporte se ha incrementado de manera desmesurada, debido principalmente a la demanda que genera el crecimiento poblacional; caso que agrava la situación del alto número de unidades, resulta que un porcentaje alto de estas unidades no cuentan con cronogramas de mantenimiento y control; generando problemas de contaminación y empeorando las condiciones de vida de la población que conlleva a elevar el índice de enfermedades relacionadas por la generación de contaminantes tales como enfermedades por gases de combustión (Rivera, 2012). El Perú aqueja problemas serios en los controles de las unidades vehiculares de transporte, en Tarapoto por su parte las autoridades no son ajenas a esta realidad ya que muy poco énfasis ponen al atender la problemática de la contaminación, prueba evidente es por el caso de las inspecciones vehiculares que no se cumplen con los cronogramas establecidos.

Tellez, Rodriguez, & Fajardo, (2006) describen que el monóxido de carbono (CO) es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre. Sus principales fuentes productoras responsables de aproximadamente 80% de las emisiones, son los vehículos motorizados que utilizan combustibles como gasolina o diésel, los mismos que emiten gran cantidad de, dióxido de azufre (SO₂) entre otros contaminantes como material particulado (Londoño, Correa, & Palacio, 2011).

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 figura 1), 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).

Debe tenerse en cuenta que, como toda ciudad, la ciudad de Tarapoto cuenta con vías principales, en las que destacan avenidas e intersecciones, las mismas que en horarios donde la población concurre de sus viviendas a sus centros laborales o centros de estudio, originan confluencia en ciertos puntos al que se le denominará como posibles puntos de alto flujo vehicular. Por otro lado cabe resaltar que teniendo en cuenta las masas poblacionales que se movilizan, también se incrementa la demanda de locales donde se ofrecen alimentos y otros productos; es entonces que en los lugares de alto flujo vehicular y sus áreas de influencia (áreas aledañas) se hayan instalados establecimientos, como: pollerías, parrilleras y otros que también son una fuente importante que genera gases de combustión como el CO y SO₂.

CLASE	MODELO	REFERENCIA	CANTIDAD
Categoría L			23000
Motocarro	Pasajeros/Carga		1100
Moto lineal	Varios		12000
Categorías MN			4000
Auto	Varios		12000
Station wagon	Varios		1100
Camionetas	Pick UP		510
	Rural/Combi		460
Microbús	2E		150
Camión	2E, 3E		460
Semi Trailer	2S1/2S2		120

Figura 1. Vehículos de transporte en la ciudad de Tarapoto en el año 2012.

Fuente: Propuesta del plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de San Martín-2013-MINAM.

En el año 2006, Tellez et al, describen los problemas de salud por la presencia de estos contaminantes en el ambiente, en los que se encuentran las alteraciones cardiovasculares; entre ellas tenemos la hipertensión arterial, aparición de arritmias y signos electrocardiográficos de isquemia, déficit en memoria, atención, concentración y alteraciones con movimientos tipo parkinsonianos; son los cambios neuropsicológicos con mayor frecuencia asociados a exposición crónica a bajos niveles de monóxido de carbono y carboxihemoglobina.

La contaminación del aire afecta la salud de la población, específicamente en las personas más vulnerables como niños, ancianos y personas que aquejan alguna enfermedad preexistente. Son la población más vulnerable, las mismas que se intensifican por las condiciones de pobreza y pobreza extrema. (Romero, Diego, & Álvarez, 2006).

También se debe tener en cuenta la existencia de factores topográficos y meteorológicos que influyen en la contaminación atmosférica maximizándola o minimizándola como la topografía del terreno, edificaciones existentes, dirección y velocidad del viento, temperatura, precipitación fluvial y la presión barométrica entre otras de menor importancia ya que de ellos depende el comportamiento de los contaminantes en el medio (aire) y su proceso fisiológico hasta quedar expuestos a los seres vivos en cada uno de los medios (aire, agua o suelo). (Romero, Diego, & Álvarez, 2006).

En la ciudad de 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). 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.

Es por ello, que en el presente estudio se planteó como objetivo determinar la calidad del aire en el sector Cercado y Los Jardines de la ciudad de Tarapoto según la evaluación de los gases de combustión como SO₂ y CO según los Índices de Calidad del Aire (ICA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipos y materiales

El desarrollo del presente trabajo se realizó con los equipos y materiales del laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión. Las muestras obtenidas de los gases se enviaron a la ciudad de Lima para ser analizados en un laboratorio acreditado correspondiente “Servicios Analíticos Generales SAG”.

Tabla 1
Equipos e instrumentos empleados en la investigación

Item	Actividad y objeto del gasto	Unidad medida	Cantidad
A.	Equipos e instrumentos		
	Tren de muestreo Sin marca	Unidad	1
	Brújula (TENMARS)	Unidad	1
	Anemómetro (TENMARS)	Unidad	1
	Calculadora Científica (Cassio FX-4500PA)	Unidad	1
	GPS (Garmin Map 62s)	Unidad	1
	Cámara fotográfica (SONY Cybershot) 16Mp	Unidad	1
	Termómetro Ambiental (TENMARS)	Unidad	1
	Cronómetro (TENMARS)	Unidad	1
B.	Materiales		
	Impymer (PYREX)	Unidad	2
	Soluciones captadoras (HANNA)	Unidad	6
	Fichas de campo	Unidad	2
	Extensión	Metros	20
	Cooler para transporte de muestras (REY)	Unidad	1
	Bolsas de cierre hermético (ziploc)	Ciento	1
	Laptop (Toshiba Satellite)	Unidad	1
	Impresora multifuncional (HP Photosmarth C4480)	Unidad	1
	Gel de refrigeración (Electrolux)	Unidad	6
	Bitácora (Loro)	Unidad	1
	Marcador indeleble (Faber Castell Multimark Jumbo 23 permanent)	Unidad	3
	Papel bond A4 (KERO COPY)	Millar	1
C.	Accesorios		
	Cerco perimétrico (Cinta de seguridad)	Unidad	1
	Cascos color blanco (NORTON)	Unidad	2
	Zapatos de seguridad (BATA)	Par /Pares	2
	Chalecos reflectantes de seguridad – lona	Unidad	2
	Guantes de seguridad (3M)	Par /Pares	2
	Capotas de lluvia de lona fina color azul (REY)	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia

Ubicación de los puntos de monitoreo

Se realizaron monitoreo en dos puntos críticos de la ciudad de Tarapoto. El primero, se ubicó en el sector Cercado y el segundo en el sector Los Jardines, estos puntos fueron identificados teniendo en cuenta la cantidad de flujo vehicular además de las actividades industriales que se desarrollan en sus alrededores. Los puntos de monitoreo se describen en la siguiente tabla.

Tabla 2
Ubicación de los puntos de monitoreo en la ciudad de Tarapoto.

N°	SECTOR	COORDENADAS UTM	INTERSECCIÓN
1	Cercado	X 349481	Jr. Gregorio Delgado con Jr. Martínez de Compagnón
		Y 9282604	
2	Los Jardines	X 347995	Av. Vía de Evitamiento con Jr. Alfonso Ugarte
		Y 9282024	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Cabe señalar que en los puntos que se detallan en la tabla 2, se presume que en el primer punto podría darse un deterioro de la calidad del aire debido al tránsito vehicular liviano intenso; mientras que en el segundo se evidencia un tránsito pesado correspondiente generalmente a camiones de carga y actividades poco reglamentadas.

Técnicas de Monitoreo

Las muestras, para ambos contaminantes, se tomaron haciendo uso del tren de muestreo equipado con un medidor de caudal de aire, un manómetro debidamente calibrado y tubos borboteadores; en este último, se le incorporó las soluciones de captación respectiva para cada gas a muestrear.

También es vital indicar que la presión para la absorción del aire fue de 300 mm Hg, con el cual, se obtuvo una adecuada área de contacto entre las burbujas formadas y la solución de captación correspondiente.

Así mismo, también se debe tener en cuenta que la toma de muestra, se realizó a la altura de un metro (01 m) desde la superficie del suelo al equipo.

El monitoreo para la determinación de la calidad del 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:

Verificación del equipo de muestreo

- Se determinó que el aire medido en los monitores continuos 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.

Etapas de campo

Estudio previo en la zona a monitorear

Instalación del equipo de monitoreo (Tren de muestreo) y toma de muestra

- El tren de muestreo se instaló y se dejó en funcionamiento por un periodo de 24 horas para el muestreo del Dióxido de Azufre y 8 horas para el muestreo de monóxido de carbono; 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 de gases de Dióxido de Azufre (SO₂)

- El muestreo se fundamenta en el método de la pararrosanilina (40 CFR), que consiste en absorber el dióxido de azufre contenido en el aire en una solución de tetracloromercurato de potasio (TCM) para formar un complejo de dicloro-sulfitomercurato el cual es estable y no volátil. Este ion sulfito reacciona con formaldehído y pararrosanilina en disolución ácida para dar el ácido pararrosanilina metrisulfónico que tiene color púrpura. El equipo utilizado es un tren de muestreo, que consiste en un absorbedor sencillo, una bomba de succión de aire y un medidor de flujo.
- Las muestras se tomaron en el mismo punto de monitoreo durante tres días consecutivos.

Muestreo de gases de monóxido de carbono (CO)

- El muestreo se fundamenta en la utilización del tren de muestreo (método dinámico) que permite capturar el gas en una solución captadora. Donde el flujo de muestreo es de 1,5 litros por minuto durante ocho horas por tres días consecutivos.
- Transcurrido los tiempos adecuados en cada caso, se procedió apagar el equipo, se desmontó y se protegió las soluciones según las indicaciones del laboratorio, para ser remitidas posteriormente para su análisis respectivo.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Resultados

Tabla 3

Resultados de monóxido de Carbono (CO) y dióxido de Azufre (SO₂) y su comparación con el Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA)

PUNTO DE MUESTREO	Jr. Gregorio Delgado - Jr. Martínez de Compagnón	Vía de Evitamiento - Jr. Alfonso Ugarte
ICA	0 - 50	0 - 50
COLOR	Verde	Verde
CLASIFIC.	Buena	Buena
CO 8h µg/m ³	1233.333	< 625.000
CO µg/m ³ (INCA)	0 - 5000	0 - 5000
SO ₂ 24h µg/m ³	< 13.021	< 13.021
SO ₂ µg/m ³ (INCA)	0 - 20	0 - 20

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

Tabla 4

Resultados del monitoreo meteorológico (temperatura (°C) y humedad (%)) en el punto denominado Jr. Gregorio Delgado/Jr. Martínez de Compagnón en la Ciudad de Tarapoto.

DÍA	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD (%)		
	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
1	28.2*	37.5*	32.9*	49*	86*	68*
2	29.1	32.3	30.7	56	85	71
3	22.5	37.5	30.0	25	80	53

* Precipitación fluvial

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

Tabla 5

Resultados del monitoreo meteorológico (temperatura (°C) y humedad (%)) en el punto denominado Vía de Evitamiento/Jr. Alfonso Ugarte en la Ciudad de Tarapoto.

DÍA	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD (%)		
	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.
1	25.6	39.8	33	47	67	57
2	22.2	39.8	31	47	77	62
3	21.9	39.8	31	47	79	63

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

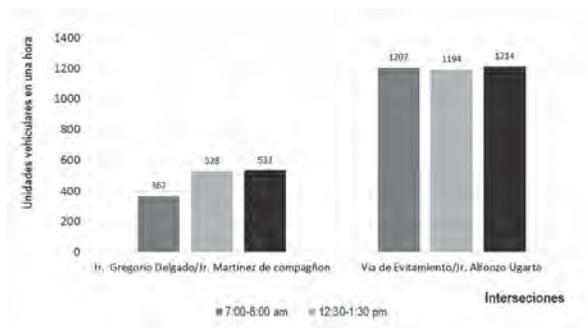


Figura 2. Resultados del monitoreo para la determinación del flujo vehicular en el casco urbano de la Ciudad de Tarapoto.

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

Discusión

Los parámetros meteorológicos pueden influir en el comportamiento cinético de los contaminantes ambientales en el aire (MARIO GARCÍA G.), como es el caso en el presente estudio, donde a una temperatura promedio de 32.9 °C la más alta registrada en el punto denominado Jr. Gregorio Delgado - Jr. Martínez de Compagñón en el sector Cercado de la ciudad de Tarapoto contrastada con el porcentaje de humedad promedio de 68 % y una velocidad de viento con registro mínimo de 0.13 m/s permiten que el CO se mantenga a niveles próximos a la superficie terrestre y esté disponible para ser captado en el proceso de muestreo, caso contrario ocurre para los registros del mismo contaminantes a valores de temperaturas promedio inferiores (30.7 y 30.0 °C), porcentajes de humedad promedio máximo (71 %) y mínimo (53 %) y valores superiores de a los 0.13 m/s en los que la contrastación de estas variable no favorecen el mantenimiento del contaminante en estratos de muestreo próximos a la superficie terrestre, 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.

Por otro lado, debe indicarse que la contrastación de los parámetros meteorológicos diferentes a los señalados anteriormente en cualquiera de los parámetros a muestrear y monitorear (CO o SO₂) 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 de los gases en cuestión que al ser analizados se determinó se encuentran en valores por debajo del límite de detección del equipo 625 µg/m³ para CO y 13.021 µg/m³ para SO₂, lo que permitirá interpretar que los valores son inferiores a 5001 y 21 ug/m³ en 8 y 24 horas de muestreo respectivamente en los sectores Cercado y Los Jardines de Tarapoto.

Las concentraciones de SO_2 , en ambos puntos monitoreados (Jr. Gregorio Delgado - Jr. Martínez de Compagnón y Vía de Evitamiento - Jr. Alfonso Ugarte en el sector los Jardines de la ciudad de Tarapoto) se encuentran por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire (ECA) interpretándose como una calidad del aire aceptable, en el que puede realizarse actividades al aire libre; contrastado con los valores del Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) permiten determinar que la calidad de aire respecto a este parámetro es satisfactoria y no presenta un riesgo para la salud.

Por otro lado, el flujo vehicular (recuento de unidades vehiculares en una unidad de tiempo determinada (1 h)) determinado previo, en y post a la evaluación fue mayor a otros puntos donde se realizó la determinación del tráfico vehicular.

CONCLUSIONES

La calidad de según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire (ECA) interpretándose como una calidad del aire aceptable, en el que puede realizarse actividades al aire libre; mientras que según los valores del Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) podría interpretarse que para los gases en estudio es satisfactoria y no presenta un riesgo para la salud.

La temperatura alta (promedio 32.9 °C) y la humedad alta (promedio 68%), además de un registro de precipitación fluvial y una velocidad de viento menor o igual a 0.13 m/s son posibles factores influyentes en la determinación de los gases de combustión como el monóxido de carbono en el proceso de evaluación de la calidad de aire.

El flujo vehicular en los puntos de monitoreo correspondientes al horario vespertino de 7:00 a 8:00 am en el punto denominado Jr. Gregorio Delgado/Jr. Martínez de Compagnón en el sector cercado de la ciudad de Tarapoto es de 367 Unid./h correspondiente al 23 % de la población vehicular del total contrastado con el punto denominado Vía de Evitamiento/Jr. Alfonso Ugarte que contó con 1207 Unid./h correspondiente al 77% de la población de ambos puntos críticos. En el horario tarde de 12:30 a 1:30 pm en el punto denominado Jr. Gregorio Delgado/Jr. Martínez de Compagnón es de 582 Unid./h correspondiente al 30 % de la población vehicular del total contrastado con el punto denominado Vía de Evitamiento/Jr. Alfonso Ugarte en el sector los Jardines de la ciudad de Tarapoto que contó con 1194 Unid./h correspondiente al 70% de la población de ambos puntos críticos. Asimismo en el horario de tarde de 5:00 a 6:00 pm en el punto denominado Jr. Gregorio Delgado/Jr. Martínez de Compagnón es de 533 Unid./h correspondiente al 30 % de la población vehicular del total contrastado con el punto denominado Vía de Evitamiento/Jr. Alfonso Ugarte que contó con 1214 Unid./h correspondiente al 70% de la población de ambos puntos críticos.

Debido a que la calidad de aire según los ECA o el INCA corresponde a un nivel aceptable y no presenta riesgo para la salud; solo en el que se estima como alternativa para el control una propuesta de un plan de monitoreo y control que permita de

alguna manera conservar el medio ambiente sin que este aire resulte ser un peligro para el equilibrio ambiental y la población en el área de influencia.

RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta los factores ambientales en los procesos de monitoreo, ya que pueden influir en los procesos de muestreo que conlleva a la obtención de resultados erróneos.
- El sector transporte e industrial debe sustituir el uso del combustible tradicional en su totalidad por otros que generen menor carga de contaminantes como el gas natural u otros.
- Implementar revisiones técnicas vehiculares periódicas, para un mejor control de las emisiones atmosféricas especialmente en unidades móviles con una antigüedad considerable.
- Controlar la quema de residuos sólidos en la vía pública, locales comerciales, techos de viviendas, así como en parques y jardines.
- Desarrollar Políticas Públicas que permitan el control del ambiente a través de los monitoreos de gases de combustión principalmente en zonas de alto riesgo.
- Promover los convenios entre las universidades y entidades ediles y gobiernos regionales incentivando la realización de proyectos de importancia académica y social.

Referencias

- Acevedo, J., Bocarejo, J., Velásquez, J., Peroza, A., & Galarza, D. (2013). *Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia* (p. 35). Colombia.
- Aguedo, A. (2008). *Problemática medioambiental de las canteras de materiales de construcción en Lima*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Andrade, W. (2007). Modelos evaluativos de optimización y de simulación de contaminantes del aire.
- Bracho, L. R. (2009). Los impactos en la salud de las emisiones de carbono negro.
- Caballero, M. (2011). Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana.
- Calisaya, C. (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, 1–242.
- 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.
- García, M., Ramírez, H., Ulloa, H., Arias, S., & Pérez, A. (2012). Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la zona Metropolitana de Guadalajara (México). *Investigaciones Geográficas*, (0213-4691), 21.
- 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.
- Rivera, J. (2012a). Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao.
- Rivera, J. (2012b). *Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos en Lima - Callao*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Riveros, H. G. (2009). Emisiones Vehiculares.
- 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.
- 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.
- Tarapoto, M. de. (2007). PLAN DE DESARROLLO URBANO, 65–76.
- 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.
- Tellez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, A. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Salud Publica (Bogota)*, 8(1), 108–17.

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.

Valdeiglesias., F. de M. (2007). Estudio de Factibilidad Económica para la Conversión de Vehículos Gasolineros a Gas Licuado de Petróleo., 1–106.

Martínez A y Romieu I. (1997). Introducción al monitoreo atmosférico, Centro Panamericano de Ecología y Ambiente, OPS, OMS, México.