

---

Número Publicado el 15 de enero de 2019

<http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2019.5.1.enero.363-384>  
[URL:http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index](http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index)

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

***Red de monitoreo de aire en la Refinería del Pacífico en el sitio El Aromo del cantón Manta***

***Air monitoring network at the Pacific Refinery at the El Aromo site in the Manta canton***

***Red monitoreo de aire en la Refinería del Pacífico en el sitio El Aromo do cantão Manta***

Alex G. Junqui-Cedeño  
[alexjunqui@gmail.com](mailto:alexjunqui@gmail.com)

**Recibido:** 29 de octubre de 2018 \***Corregido:** 09 de noviembre de 2018 \* **Aceptado:** 13 de diciembre de 2018

- <sup>1</sup> Magíster en Gestión Ambiental, Ingeniero Civil, Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

---

## Resumen

Dentro de la etapa del Movimiento de Tierras de la Refinería del Pacífico Eloy Alfaro CEM, se realizaron actividades constructivas que generaron gran cantidad de Material Particulado Sedimentable, con base a ello el propósito de este artículo fue diseñar una red de monitoreo de la calidad del aire ambiental generando información confiable, comparable y representativa para su aplicación en las estrategias de la Refinería del Pacífico para el control ambiental de sus áreas de influencia. Metodológicamente se trató de un estudio de tipo descriptiva, exploratoria y de campo con un diseño no experimental y de corte transversal. La información de los datos se obtuvo dentro de la etapa del Movimiento de Tierras de la Refinería del Pacífico Eloy Alfaro CEM en la que se consideró el monitoreo de las variables meteorológicas, precipitación, humedad, temperatura, radiación solar, dirección y velocidad del viento, dando como resultados que los puntos de muestreo de mayor concentración de polvo sedimentable se localizan en las proximidades de la escuela Abraham Lincoln, Colegio María Auxiliadora y Escuela La Pradera, incrementos que no tienen relación con las actividades de RDP y de los resultados obtenidos para este período de muestreo se concluye que las actividades de movimiento de tierras en la RDP, no han incidido en la Calidad de Aire de la Ciudad de Manta.

**Palabras clave:** Red de monitoreo; calidad del aire; refinería y material particulado sedimentable

## Abstract

Within the stage of the Land Movement of the Pacific Refinery Eloy Alfaro CEM were carried out constructive activities that generated a large amount of Sedimentable Particulate Material, based on this the purpose of this article was to design a network for monitoring the ambient air quality generating reliable, comparable and representative information for its application in the strategies of the Pacific Refinery for the environmental control of its areas of influence. Methodologically, it was a descriptive, exploratory and field study with a non-experimental and cross-sectional design. Data were collected during the Eloy Alfaro CEM Pacific Refinery Land Movement stage, which included the monitoring of meteorological variables, precipitation, humidity, temperature, solar radiation, direction and wind speed, giving results that the sampling points with the highest concentration of

---

sedimentable dust are located in the vicinity of the Abraham Lincoln School, María Auxiliadora School and La Pradera School, increases that are not related to RDP activities and the results obtained for this sampling period, it is concluded that the activities of earthmoving in the RDP, have not affected the Air Quality of the City of Manta.

**Key words:** Monitoring network; air quality; refinery and sedimentable particulate matter

## Resumo

Dentro do estágio do Movimento de Tierras da Refinaria do Pacífico Eloy Alfaro CEM se realizaron as actividades construtivas que o granre cantarás de Material Particulado Sedimentable, com base um elo de que a casa é um fue diseñar um vermelho de monitoreo da qualidade do ar ambiental Gerando informações confiáveis, comparáveis e representativas para sua aplicação nas estratégias da Refinaria do Pacífico para o controle ambiental de suas áreas de influência. Metodológicamente se tratou de um estudo de tipo descritivo, exploratório e de campo com um propósito não experimental de corte transversal. A informação dos datos se tornou dentro de um estágio do Movimento de Tierras da Refinaria do Pacífico Eloy Alfaro CEM no que se considerou o monitoreo das variáveis meteorológicas, precipitación, humedad, temperatura, radiación solar, dirección y velocidad do viento, dando como resultados os pontos de vista de mayor concentrando de polvo sedimentável se localizam nas proximidades da escola Abraham Lincoln, Colégio Maria Auxiliadora e Escuela La Pradera, incrementos que não têm relação com as actividades de PDR e dos resultados obtidos para este periodo de muestreo se concluye que as actividades de movimiento de tierras na RDP, no incidido na Calidad de Aire de la Ciudad de Manta.

**Palavras-chave:** Red de monitoreo; calidad del aire; refinería y material particulado sedimentável

## Introducción

Actualmente la contaminación del aire es uno de los principales problemas ambientales de las zonas urbanas en el mundo, tanto en los países desarrollados y en vías de desarrollo; en los primeros, su alto volumen y diversificación de producción industrial y el alto flujo vehicular, mientras que en los segundos a causa del desarrollo no planificado de las escasas industrias, el uso de tecnologías obsoletas

---

en la producción, los servicios y el transporte, la mala calidad del saneamiento básico y el crecimiento urbanístico no planificado.

En Ecuador, la contaminación del aire es ocasionado por las deficiencias de algunos aspectos relacionados con la planificación territorial de los asentamientos humanos, las industrias, la utilización de tecnologías obsoletas en las actividades productivas y de transporte, mala calidad de los combustibles, explotaciones mineras a cielo abierto, entre otras. La situación de la gestión ambiental de la calidad del aire en el país presenta profundas falencias, según estudios oficiales publicados por la SENPLADES en el año 2007, la gestión ambiental presenta problemas tales como: la falta de seguimiento de convenios suscritos, dispersión legislativa, dispersión de jurisdicción y competencias, debilidad institucional y presupuestaria del Ministerio de Ambiente de Ecuador (MAE, 2013).

Adicionalmente, los diferentes entes involucrados en la gestión ambiental del aire mantienen información dispersa, escasa y poco confiable, siendo Quito a través de la CORPAIRE la única ciudad del país que mantiene sistematizada, verificada y controlada la información sobre emisión vehicular y la calidad del aire. El problema se acrecienta considerando que Quito, Guayaquil y Cuenca han involucrado en sus planes de desarrollo ambiental municipal al componente aire y que el Ecuador cuenta con 16 centros poblados con más de 100.000 habitantes. (Paéz, C., 2008)

La red de monitoreo de calidad del aire en el País se define como un sistema o encadenamiento de monitoreo ambiental continuo, en el cual se transmiten sus datos verificados por vía celular o fija. El objetivo principal se enfoca en la obtener, procesar y divulgar la información de la calidad del aire que se transporta en los sitios que más adelante se mencionará. En atención a lo expuesto, se evalúa en este artículo si las actividades de la preparación del sitio (Movimiento de Tierra), en la RDP ubicada en El Aromo del cantón Manta, afectan a la calidad del aire de la Ciudad de Manta.

## **Desarrollo**

La calidad de aire está íntimamente relacionada con la calidad de vida. Se estima que una persona adulta respira – en promedio y en reposo- 16 veces por minuto y absorbe en cada respiración 0.5 litros de aire; lo que significa que al cabo de un día habrá absorbido 11,520 litros; es importante destacar

que estos datos estadísticos nacen del estudio de impacto ambiental (ACOTECNIC, 1994). De allí que, el monitoreo atmosférico constituye un conjunto de metodologías que permiten tomar muestras de aire, analizarlas y procesarlas de forma permanente, con el fin de conseguir la información necesaria sobre las concentraciones de los contaminantes. Es de vital importancia medir, conocer la calidad de aire que respiramos, identificar cuáles son los principales elementos contaminantes y tomar acciones que favorezcan aire de calidad para las personas; con esta finalidad se pretende diseñar una red de monitoreo de aire en el área de influencia directa e indirecta de RDP, la misma que analizará entre uno de sus parámetros el Material Particulado sedimentable (PMS).

### La atmósfera

La atmósfera está constituida por un gran número de gases que envuelven al planeta Tierra; la misma cuenta con un espesor aproximado de 2,000 Km, donde se encuentran las reservas de oxígeno y sustancias necesarias para la vida terrestre (Rodríguez, 2002). A diario en la atmósfera se arrojan grandes cantidades de contaminantes atmosféricos producto de la actividad humana. La atmósfera posee características tales como la temperatura del aire, esta varía con respecto a la altura; y su característica se utiliza para dividir a la atmósfera en zonas o capas, según Velázquez (2008), son la troposfera, la estratosfera, la mesosfera y la termosfera.

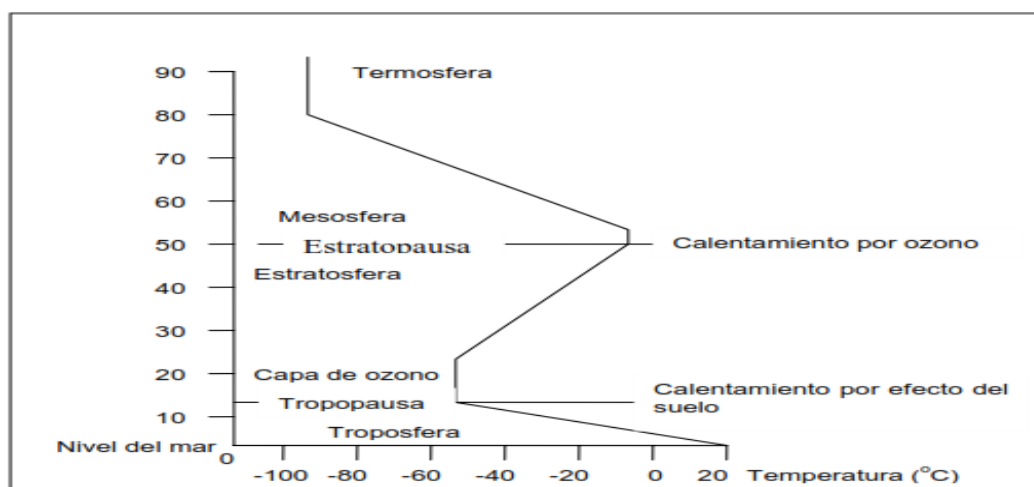


Figura 1. Capas atmosféricas Fuente: Velázquez, G (2008).

## Composición del aire

Es conocido que el aire es una mezcla de gases en proporciones que varían muy poco cerca de la superficie terrestre. Los principales gases en la atmósfera son el nitrógeno, el oxígeno y el argón; sin embargo existen otros gases en menor proporción (Ver Tabla 1).

Tabla 1.  
*Composición química del aire atmosférico seco*

Sustancia	Volumen (por ciento)	Concentración (ppm)
Nitrógeno	78.084 ± 0.004	780.900
Oxígeno	20.946 ± 0.002	209.400
Argón	0.934 ± 0.001	9.300
Dióxido de carbono	0.033 ± 0.001	315
Neón		18
Helio		5.2
Metano		1.2
Criptón		0.5
Hidrógeno		0.5
Xenón		0.08
Dióxido de nitrógeno		0.02
Ozono		0.01 -0.04

Fuente: Velázquez, G (2008).

---

En su estado natural el aire atmosférico, contiene de 1 a 3 por ciento en volumen de vapor de agua, trazas de dióxido de azufre, formaldehído, yodo, cloruro de sodio, amoníaco, monóxido de carbono, metano y un poco de polvo y polen.

### **La contaminación atmosférica**

Son muchas las definiciones de la contaminación del aire o contaminación atmosférica. Una de ellas se la tipifica como la presencia en la atmósfera exterior de uno o más contaminantes o sus combinaciones, en cantidades tales y con tal duración que sean o puedan afectar la vida humana, de animales, de plantas, o de la propiedad, que interfiera con el goce de la vida, la propiedad o el ejercicio de las actividades (Wark y Warner, 2002).

La contaminación del aire no es un tema nuevo, a pesar de la gran variedad de métodos para eliminar la basura, tratamiento de aguas negras, calefacción y cocción domésticas, todo esto durante el siglo XIX, se disminuyó las formas tradicionales de contaminación del aire -humo y olores- y fueron reemplazadas por un grupo nuevo de contaminantes, los cuales son producto de la cambiante sociedad urbana industrial.

Las emisiones antropogénicas de  $SO_2$  son resultado de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía cuya composición contienen azufre en diferentes porcentajes. (Velázquez, G., 2008, pp. 6-7)

### **Niveles normados de contaminación atmosférica**

Todas las normativas y estándares de calidad del aire se generan por medio de un tipo de criterio, esto permite dar respuesta a una concentración de un contaminante en un tiempo determinado.

Sin embargo, si se expone a la presencia de dos o más contaminantes al mismo tiempo, sus reacciones podrían ser superiores o inferiores a la suma de los efectos de cada contaminante considerados de manera aislada. La finalidad de las normas es proteger la salud de la población, especialmente los grupos más susceptibles como son los niños, los ancianos y las personas con enfermedades respiratorias crónicas. (Velázquez, G., 2008, p. 10)

---

## Calidad del aire

Universalmente se desea la calidad de los recursos naturales, concretamente del recurso aire, la misma se puede lograr por medio de acciones de prevención y control de la contaminación de origen natural y antropogénico.

Según la Ley de Gestión Ambiental los recursos naturales tienen un “valor ecológico”, al cual el Estado le asigna el valor económico, y en consecuencia se lo considera capital natural de materia prima y sustento para el desarrollo de las actividades de prevención y control de las emisiones contaminantes de sectores.

Es evidente las epidemiológicas de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud, la presencia de material particulado de diferente tamaño y gases, los estudios realizados en los diferentes países de Latinoamérica han determinado altos índices de pobreza, desnutrición y falta de medicina preventiva; es decir las son concluyentes los riesgos para la salud y prueba de ello es el incremento de tasas de morbilidad y mortalidad por infecciones respiratorias en los niños, además enfermedades cardiovasculares, cáncer del pulmón, trastornos respiratorios crónicos en adultos, asma, entre otras afectaciones y lesiones físicas y neurológicas entre las principales.

Por lo tanto, su objetivo fundamental es prevenir los potenciales y existentes riesgos y afectaciones de la salud y el bienestar de la población ecuatoriana, ocasionado por la contaminación del aire, y de esta manera precautelar posibles impactos negativos sobre el ambiente y los recursos naturales.

No ha sido homologado el concepto sobre la “calidad del aire”; sin embargo la legislación ambiental aprobada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, la “contaminación del aire” se define, como: “La presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente”; además la Ley de Gestión Ambiental la “contaminación es considerada como la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellas, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente”, se asume como un



---

estándar universal que es una mezcla gaseosa conocida en la composición del aire, y en su conjunto con características físicas y químicas definidas.

## **Materiales y métodos**

El presente trabajo, según Hernández y col (2014), fue de tipo de tipo descriptiva, exploratoria y de campo con un diseño no experimental y de corte transversal. La información de los datos se obtuvo dentro de la etapa del Movimiento de Tierras de la Refinería del Pacífico Eloy Alfaro CEM en la que se consideró el monitoreo de las variables meteorológicas, precipitación, humedad, temperatura, radiación solar, dirección y velocidad del viento. Las técnicas y herramientas metodológicas para el desarrollo de la investigación que ayudó en la demostración y consecución del objetivo planteado fueron de tipo indirectas y de aplicación del Método Deductivo.

Se hizo uso de la metodología del monitoreo para el análisis pasivo (PMS) a través del Método gravimétrico, mediante captación de partículas en envases abiertos y se clasificaron en solubles e insolubles. Las partículas insolubles se determinaron mediante diferencia de peso ganado por un filtro de 47 mm, y que retenga aquellas partículas contenidas en el líquido de lavado del contenido del envase. En cambio, las partículas solubles se determinaron mediante la diferencia de peso ganado por un crisol, en el cual se evaporó el líquido de lavado del envase.

La concentración total de partículas sedimentables fue la suma de partículas solubles e insolubles, normalizadas con respecto al área total de captación del envase. Se utilizaron como equipos en el laboratorio, la fibra de vidrio, el evaporador, el horno secador y la balanza analítica, para la localización de las estaciones de muestreo de calidad del aire se cumplió con los requerimientos de la Norma Internacional ASTM 1357, mientras que el muestreo pasivo de los contaminantes criterio cumplió los requisitos técnicos.

En la localización de los puntos de muestreo, se consideraron los requerimientos de las Normas ASTM 1357 y ASTM 1739, y que adicionalmente sean representativos de la población más sensible (niños, adultos mayores o centros de salud). Para el efecto se prefirió instalar cerca de centros educativos, evitando las interferencias analíticas ocasionadas por la proximidad de las vías públicas, emisiones de fábricas o industrias.

---

La fase de industrialización y movimientos de tierras se propiciaron en los sitios elegidos para ubicar los puntos de muestreos corresponden a los sugeridos en el PMA de RDP y están en coordenadas WGS84.

Se trabajó en el software ArcGis con las ortofotos del sector y en lo referente a el Marco Geodésico de Referencia Horizontal que se utilizó para este proyecto fue el materializado por la Red Nacional GPS del Ecuador (RENAGE) y la Red GNSS de Monitoreo continuo del Ecuador (REGME), determinadas en el Datum SIRGAS95 (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas 1995), densificación del ITRF en el continente Americano.

En términos prácticos se consideró iguales los sistemas SIRGAS95 y WGS84; así como sus elipsoides de referencia GRS80 y WGS84, respectivamente.

Durante la recolección de la información el monitoreo de PMS tuvo por objeto medir la cantidad de material particulado sedimentable, tanto soluble como insoluble, acumulado en un rango de tiempo determinado (30 días idealmente). La comparación de dicho PMS mensual a lo largo de seis meses puede indicar tendencias de cambio, las que pueden ser atribuidas a variabilidad natural del material disponible, o efectos de actividades antrópicas en el área, o a cambios en las condiciones meteorológicas, entre otros factores. La toma de muestras se rige por la metodología establecida en la norma 1739-98 (2004) de la American Society of Testing Materials (ASTM) pero en nuestro caso vamos a trabajar con la Metodología de Ambigest, que tiene su propio procedimiento adaptado bajo esa norma.

Para el diseño de una red de monitoreo de aire no es simplemente obtener datos sino proporcionar la información necesaria con el objetivo de implementar medidas de gestión ambiental y de minimización de impactos.

Cuando se diseña una red de monitoreo de aire se debe tener en cuenta el tipo de información que está disponible. Al disponer de información confiable se puede realizar el diseño de la red con mayor precisión ya que se cuenta con información certificada procesada por Laboratorios acreditados nacional e internacionalmente.

---

Para el diseño de una red, el primer paso es definir qué tipo de monitoreo se va a realizar, en este caso sería el monitoreo pasivo por evaluarse el parámetro Material Particulado Sedimentable

Como segundo paso se requiere la información meteorológica con el propósito de medir la dirección y velocidad de los vientos dominantes, así como pluviosidad, radiación, temperatura y presión atmosférica ya que está científicamente comprobado de que los factores meteorológicos tienen efectos sobre la dispersión de los contaminantes.

La velocidad del viento afecta el tiempo de viaje desde la fuente contaminante al sitio donde se ubica el receptor, de igual manera la dilución de la contaminación del aire se produce en la dirección del viento dominante. Según los modelos de dispersión, las concentraciones de los contaminantes del aire en el sitio del receptor son inversamente proporcionales a la velocidad del viento.

Así mismo, la dirección del viento influye en los movimientos generales de contaminantes en la atmósfera. Una forma útil de visualizar los datos de viento es una rosa de los vientos

Con la pluma de dispersión determinada por la Rosa de los vientos (Ilustración 1) se procede a revisar si la ubicación de los 11 puntos de monitoreo propuestos en el PMA de la RDP están dentro de nuestra pluma y si en el caso de que no se encuentre se procede a reubicarlos en lugares estratégicos cumpliendo con los requerimientos establecidos en el Volumen II, art 7.22 de la Quality Assurance Handbook of Air Pollution Measurements Systems, es decir respetar las distancias de separación con vías transitadas, aprovechar la topografía del sitio para escoger puntos altos en colinas, evitar interferencias por construcciones civiles y barreras naturales al libre flujo del viento.

Y finalmente se verifica que los valores de las muestras cumplan con lo indicado en el AM 050 sobre niveles de Inmisión que para nuestro caso sería de  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el caso de que no se cumpla verificar el motivo de incumplimiento y notificar a las autoridades de control ambiental MAE y realizar los correctivos del caso.

---

## Resultados

### a. Informe de estudios de los antecedentes

- En el Ecuador no se cuenta con información precisa sobre el estado de la calidad de aire, esto se debe a que la gestión en ese sector es de origen reciente. Quito es la ciudad que tiene información diaria y confiable sobre las emisiones de los contaminantes (monóxido de carbono, dióxido de azufre, material particulado, ácidos de nitrógeno, ozono e hidrocarburos no consumidos); esto debido a que posee una red de monitoreo de aire. En la ciudad de Manta toma importancia a raíz del proyecto más grande del país, la creación de la Refinería del Pacífico Eloy Alfaro (2014).
- Los contaminantes atmosféricos, incluso en concentraciones relativamente bajas, relacionan una serie de efectos adversos para la salud. La Organización latinoamericana de energía (OLADE) dispone datos sobre los contaminantes actualizadas hasta el 2005. La concentración de contaminantes se ha incrementado los últimos 32 años; así, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y óxido de azufre (SO<sub>x</sub>) se quintuplicaron, las emisiones de CO<sub>2</sub> se triplicaron y las emisiones de CO se incrementaron 57 veces.
- El sector vehicular es uno de los que contribuyentes de dióxido de carbono, segundo los sectores industrial y residencial; y finalmente, los sectores de generación eléctrica y de producción y consumo propio de energía. Se estima que las emisiones totales per cápita de CO<sub>2</sub> en el año 2005 fueron de 2,28 toneladas por cada 1000 habitantes.
- La ciudad de Quito posee una red automatizada de monitoreo atmosférico, tiene 9 estaciones remotas de monitoreo que miden la concentración de contaminantes comunes del aire, 6 estaciones meteorológicas, un centro de control y archivo para el procesamiento de la información y equipos de laboratorio para análisis. Esta red de monitoreo de aire ha permitido conocer mediciones precisas de los contaminantes atmosféricos principales, los resultados de mediciones constantes se encuentra disponible en su página web y permite emitir un informe semanal con los promedios diarios de concentración de contaminantes, lo que ha permitido emitir informes con respecto al principal contaminante del aire que es la emisión de material particulado fino (PM 2,5) partículas sedimentables.

- En la ciudad de Guayaquil, en su último estudio oficial realizado mediante equipos portátiles se monitorearon 51 puntos, de los cuales se logró determinar que los mayores contaminantes del aire son el SO<sub>2</sub> y el ruido, finalizando que la calidad del aire es aceptable.
  - En la ciudad de Esmeraldas se realizó un estudio similar a la metodología utilizada en la ciudad de Guayaquil y se determinó que el aire era aceptable de acuerdo a la escala establecida por el índice ORAQUI (OAK RIDGE AIR QUALITY INDEX), el mismo que es un indicador que mide la calidad de aire y se fundamenta en las Normas de Calidad promulgadas por la EPA (Environmental Protection Agency). Durante los últimos 5 años se han realizado importantes estudios de calidad de aire en Cuenca que han determinado que los principales contaminantes son COV, NO, CO<sub>2</sub>.
- b. Informe acerca del monitoreo de la calidad del aire ambiente en el área de influencia de la rdp, fase de movimiento de tierras.**

El monitoreo se realizó durante 6 meses consecutivos y se basó en el monitoreo de material particulado suspendido mediante métodos pasivos de forma mensual, estos últimos instalados en 12 sitios de muestreo ubicados en el área de influencia de la Refinería del Pacífico. La distribución de los lugares de muestreo corresponde a los puntos aprobados por el MAE en el Plan de Manejo Ambiental de la RDP. Adicionalmente, estaban instaladas 3 estaciones meteorológicas para realizar monitoreos continuos, que permitieron correlacionar las mediciones de los denominados “contaminantes criterio”, con las variables meteorológicas e investigar si la calidad del aire depende de las condiciones meteorológicas, del entorno o de las operaciones de construcción de la Refinería.

Para la realización del mismo, se mencionan los instrumentos de lectura directa utilizados por Ambigest. (Ver tabla2).

Tabla 2.

*Detalle de los instrumentos de lectura directa utilizados por Ambigest*

*Fuente: Refinería del Pacífico Eloy Alfaro (2014).*

También, dada la naturaleza del monitoreo pasivo, para la realización de la captura de los

CONTAMINANTE CRITERIO	MARCA DEL INSTRUMENTO DE MEDICION	MODELO	NUMERO DE SERIE	NUMERO DE DESIGNACION METODO	LIMITE DE CUANTIFICACIÓN.	PRINCIPIO DE DETERMINACIÓN
PM <sub>2.5</sub>	THERMO SCIENTIFIC	1405D	1405A219251204	EQPM 0609 182	1.179 µg/m <sup>3</sup>	Microbalanza
PM <sub>2.5</sub>	THERMO SCIENTIFIC	1405D	1405A219441205	EQPM 0609 182	1.186 µg/m <sup>3</sup>	Microbalanza
PM <sub>10</sub>	THERMO SCIENTIFIC	1405D	1405A219441205	EQPM 1090 079	1.156 µg/m <sup>3</sup>	Microbalanza

contaminantes atmosféricos se requirió de dispositivos especiales que cumplen los requerimientos de la Norma EN 13528 1/2/3, se utilizaron los objetos mostrados en la tabla 2, para el muestreo pasivo del PMS (Material particulado sedimentable)

Tabla 3.  
*Dispositivos utilizados para el muestreo pasivo.*

Contaminante Criterio	Dispositivos utilizados en el muestreo pasivo
PM sedimentable	Captador pasivo con deflector de viento “wind shield”
Meteorología	Estación Meteorológica

*Fuente: Refinería del Pacífico Eloy Alfaro (2014)*

Las muestras de Material Particulado Sedimentable se procesaron en el laboratorio Ambigest de acuerdo con lo establecido por la Norma ASTM 1739. Por otro lado, se hizo uso de los equipos de instrumentos para el análisis de muestras de Material Particulado Sedimentable (soluble e insoluble) se procesaron en el laboratorio Ambigest de acuerdo con lo establecido por la Norma ASTM 1739. Los instrumentos y equipos de laboratorio se presentan en la tabla 4.

Tabla 4.

*Equipos e instrumentos utilizados para la determinación del Material Particulado Sedimentable en el laboratorio Ambigest.*

Equipos, Materiales e Instrumentos	Marca
Filtro de Fibra de Vidrio	Wathman 394 AH
Evaporador de multiplacas	OVAN MH90E
Horno secador	MEMMERT SM-100
Desecador	Pyrex
Balanza Analítica	METTLER TOLEDO AB 204S

*Fuente: Refinería del Pacífico Eloy Alfaro (2014).*

Los filtros pasivos (Ogawa Pads) fueron analizados por cromatografía iónica, la cual es una variante de la Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC). Se trata de un método eficaz para la disgregación y determinación de iones, basado en el uso de resinas de intercambio iónico. Cuando una muestra iónica atraviesa estas columnas, los iones presentes sufren una separación debido a las diferentes retenciones que soportan al interactuar con la fase fija de las columnas analíticas. Una vez separada, la muestra pasa a través de un detector de ultravioleta donde se registra la señal obtenida respecto al tiempo de retención.

Para el estudio y monitoreo meteorológico, se utilizan tres estaciones marca DAVIS Vantage Pro 2 plus: una estación ubicada en El Aromo – Oficinas del MAE; una estación en Manta, Av. Circunvalación - Conjunto terrazas del Conde y una estación en la ciudad de Portoviejo. Las estaciones meteorológicas son capaces de medir en forma continua los siguientes parámetros: Temperatura del aire, humedad relativa, presión barométrica, precipitación, dirección y velocidad del viento, radiación Solar e Índice Ultravioleta.

Para el proceso de control de calidad se llevarán a cabo actividades de control de calidad en las diferentes etapas del estudio. Unas en la fase de muestreo y otras en la fase de análisis.

En la fase de muestreo se utilizaron los denominados blancos, con frecuencia mensual y las réplicas o puntos de control de calidad cuando existan resultados que se desvían de la conducta normal esperada.

En la fase de análisis de Material Particulado Sedimentable, se llevaron a cabo actividades de verificación para lo cual se utilizaron pesas patrón, las mismas que sirven para comprobar la trazabilidad del pesaje antes y después del Ensayo y los resultados se utilizan como criterio de aceptación y rechazo.

Y en la fase de análisis de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  por métodos activos se hizo una verificación interna de masa, usando patrones de masa certificados y una balanza calibrada por un laboratorio 17025. Adicionalmente se realiza una verificación interna de flujo, usando un patrón de flujo acreditado 17025.

Las muestras pasivas se recolectaron conjuntamente con un documento de custodia en el cual se registraron las fechas, horas, personal técnico involucrado, testigos, si fuere el caso y novedades respecto a la calidad de la muestra.

Las hojas de custodia retroalimentan al sistema de calidad del laboratorio respecto a cualquier deficiencia, anomalía o situación especial que podría afectar a la integridad de las muestras.

El envío de muestras pasivas hacia el laboratorio ALS Environmental se lo hizo acompañado de la hoja de custodia propia de Ambigest. Una vez llegada las muestras a Estados Unidos, allí se genera otra Hoja de Custodia, en la cual se le asigna un número de código propio del laboratorio, se registran las personas responsables y también quedan sentadas novedades que podrían incidir en la calidad de los análisis y finalmente en los resultados.

### **c. Informe del monitoreo de la calidad del aire en la RDP**

La línea base de calidad del aire, para el parámetro PM sedimentable (medidos mediante método pasivo continuo) obtenidos entre el 15 de Octubre de 2013 y el 15 de Marzo de 2014, en varios sitios que cubren las ciudades de Manta, Portoviejo, Montecristi, y lugares como El



---

Aromo, Pacoche, San Juan de Manta, Los Bajos y la RDP, evidencio que:

- El muestreo del aire se ejecutó cumpliendo los requerimientos de las Normas ASTM 1357 (localización de sitios de monitoreo de calidad del aire), la ASTM 1739 (muestreo y análisis de material particulado sedimentable). Los instrumentos, métodos de ensayo, localización de sitios de muestreo, así como la frecuencias y periodicidad de muestreo que se utilizaron en el presente trabajo cumplen a cabalidad los requerimientos técnicos que establece el Acuerdo Ministerial (AM) 050, publicado en el Registro Oficial 464 el 7 de Junio de 2011, el cual es la reforma al Anexo 4 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Los instrumentos que se utilizan en el monitoreo de PMS constan en la Lista de Métodos de Referencia y Designados de la EPA y publicados en la última revisión del 27 de junio de 2013.
- d. Informe de los resultados de muestreo pasivo PM sedimentable obtenidos durante 6 meses.**

Los resultados del estudio del 15 de octubre de 2013 al 15 de marzo de 2014 demuestran que los puntos de muestreo de mayor concentración de polvo sedimentable se localizan en las proximidades de la escuela Abraham Lincoln, Colegio María Auxiliadora y Escuela La Pradera, incrementos que no tienen relación con las actividades de RDP.

En el punto Oficinas del MAE, la concentración del Material Particulado Suspendido se presenta como la más baja y se debe en parte a presencia de una alta humedad atmosférica y ausencia de focos de contaminación.

**e. Informe de la calidad del aire y parámetros meteorológicos**

La Temperatura y Humedad Ambiental, para el caso de El Aromo-Oficinas del MAE, típicamente la humedad se halló cerca de la saturación y por encima de 80% durante todo el periodo de muestreo (15 de Octubre de 2013 – 15 de Marzo de 2014). La alta concentración de humedad y rocío generaron la presencia de neblina la cual condensó y precipitó en forma de llovizna. Esta particularidad fomentó el lavado atmosférico y virtual ausencia de polvo suspendido. La temperatura alcanzó valores máximos al medio día entre 25 y 30°C y mínimos

entre 17 y 22°C. Las temperaturas más bajas del día se presentaron entre las 18:00 y 7:00 de la mañana,

En Portoviejo para el periodo muestreado las humedades fueron menores al 60% a medio día, mientras que se evidencia un aumento de humedad a partir de las 19:00 hasta las 07:00. La temperatura alcanzó valores máximos al medio día de hasta 33 y 35°C. Las temperaturas más bajas del día se registraron entre las 19:00 y 7:00 de la mañana, pudiendo presentarse lecturas mínimas de 20°C.

En Manta para el periodo muestreado se encontraron humedades que superaron el 80% a partir de las 19:00. La temperatura alcanzó valores máximos al medio día de entre 29 y 33°C. Las temperaturas más bajas del día se presentaron típicamente entre las 19:00 y 7:00 de la mañana, pudiendo presentarse lecturas mínimas de 20°C.

Rosas de los Vientos: En El Aromo durante el periodo de muestreo (15 de Octubre de 2013 – 15 de Marzo de 2014) el viento sopló principalmente desde el Suroeste, Sur Suroeste y Sur. Por lo tanto, típicamente cualquier material transportado por el efecto del viento con origen en el frente de obra de la refinería, se dirigirá hacia el Noreste.

En Portoviejo durante el periodo de estudio (15 de Octubre de 2013 – 15 de Marzo de 2014), los vientos típicamente soplaron desde el Suroeste y Oeste. Mientras que, durante el período 15 de enero 2014 a 15 de marzo 2014, los vientos soplaron desde el Este con mayor intensidad. A partir del período 15 de octubre 2013 a 15 de diciembre 2013, el viento provino del Oeste. Se debe indicar que los vientos y lluvias fueron más bien tipo brisa.

En Manta, para el periodo de estudio se registraron vientos cuyo origen fue en el Sur Suroeste y Sur principalmente.

Velocidades de los Vientos: Se observó que para este periodo de estudio en El Aromo se registraron vientos de hasta 9 metros por segundo y que los periodos de calma se presentaron generalmente entre las 18:00 y 08:00

En Portoviejo se observó que en este periodo de estudio los vientos alcanzaron como máximo

hasta 5.8 m/s y que los períodos de calma se presentaron durante casi todo el día. Los vientos en esta ciudad son del tipo brisa suave y por lo tanto el material particulado que existe en la zona es de origen local y no viene arrastrado por los vientos.

En Manta, para este periodo de monitoreo se registraron vientos que alcanzaron hasta los 8.5 m/s durante casi todo el día, especialmente entre las 13:00 y 15:00. Los períodos de calma se presentaron entre las 01:00 y 07:00.

La Radiación Solar global para el periodo muestreado, en El Aromo, alcanzó valores de hasta 1400 W/m<sup>2</sup> específicamente durante el periodo 15 de febrero 2014 a 15 de marzo 2014.

En Portoviejo se observó que la radiación solar global para el periodo muestreado alcanzó hasta los 1490 W/m<sup>2</sup> y que en la noche la radiación solar es nula. Evidentemente, existen variaciones que dependerán de la nubosidad en el cielo; es decir, a mayor nubosidad, menos radiación solar. En Manta se observa que la radiación solar global para el periodo de monitoreo alcanzó hasta los 1400 W/m<sup>2</sup>.

La precipitación durante este período de estudio, en El Aromo, debido a la altitud sobre el nivel del mar y la influencia de los vientos oceánicos casi permanentemente se produjeron nieblas, mientras que se registraron lluvias durante el periodo del mes de marzo 2014.

**f. Informe de los resultados del material particulado sedimentable.**

Los resultados del análisis del Material Particulado Sedimentable para cada punto de muestreo durante 6 meses, en los puntos de control San Pedro y La Revancha, presento el siguiente comportamiento entre el 15 de Octubre de 2013 al 15 Marzo de 2014.

El PM Sedimentable está fuera de los límites según la norma en el mes de enero debido a que se encontraron piedras dentro de la muestra y se evidenció golpes en el captador pasivo lo que evidencia que la muestra fue alterada.

- Para la Escuela Abraham Lincoln, el PM Sedimentable está fuera de los límites según la norma menos en el mes de Febrero debido a que este punto se encuentra a 40 m de la

---

Avenida La Cultura y a pocos metros de unas quebradas, ocasionando que los vientos trasladen mayor cantidad de material volátil a nuestro punto de control

Para Aromo - Poblado, el PM Sedimentable está fuera de los límites según la norma en el mes de enero debido a que se encontraron piedras dentro de la muestra y se evidenció golpes en el captador pasivo lo que evidencia que la muestra fue alterada.

Para Esc. Abraham Lincoln, el PM Sedimentable está fuera de los límites según la norma menos en el mes de febrero debido a que este punto se encuentra a 40 m de la Avenida La Cultura y a pocos metros de unas quebradas, ocasionando que los vientos trasladen mayor cantidad de material volátil a nuestro punto de control

Para la Escuela La Pradera, el PM Sedimentable está fuera de los límites según la norma menos en el mes de febrero debido a que este punto se encuentra en un sector no consolidado de la ciudad donde todas las vías de acceso son de doble riego y existen muchos terrenos baldíos.

Para los Bajos, el PM Sedimentable está fuera de los límites según la norma en el mes de noviembre debido a que en este mes en el Sitio Los Bajos se realizaron trabajos de mejoramientos de las vías de segundo orden por parte de RDP.

#### **g. Comportamiento de los contaminantes criterios**

En la concentración vs. Tiempo, la distribución del polvo sedimentable total se concentra en el sector de la Escuela La Pradera, Colegio María Auxiliadora y Escuela Abraham Lincoln, y, específicamente expresado como Sólidos Sedimentables Insolubles

## **Conclusiones**

De los resultados obtenidos y presentados anteriormente, para este periodo de muestreo, se concluye:

- Las actividades de movimiento de tierras en la RDP, no tienen influencia directa sobre la concentración de Material Particulado Sedimentable en la ciudad de Manta.

- La mejor calidad del aire se registra en el punto de muestreo Aromo – Oficinas del MAE, mientras que los puntos de muestreo Esc. La Pradera y Escuela Abraham Lincoln, superaron el Límite Máximo Permitido durante más de la mitad del período muestreado.
- En Portoviejo, a pesar de tratarse de una ciudad densamente poblada, se esperaría una alta presencia de polvo atmosférico, sin embargo la poca presencia de vientos, reduce el transporte aerodinámico del polvo y no se superó el valor Límite, en ninguno de los meses de estudio.
- Los estudios realizados sirven como referencia al estado de la calidad del aire, a pesar de eso, presentan ciertas limitaciones metodológicas ya que el monitoreo fue realizado por periodos cortos de tiempo, dificulta la generación de datos constantes en el tiempo.
- En el movimiento de tierras y preparación del terreno se incluyen actividades de relleno, nivelación y compactación del suelo, las que generan múltiples impactos ambientales asociados principalmente con la manipulación de materiales.
- El uso de maquinaria pesada genera ruido y emisiones de gases de combustión; a su vez el movimiento de los materiales será capaz de generar emisiones de polvo hacia el aire ambiente.
- Se explicaron los pasos a seguir en el diseño de una Red de monitoreo de calidad de aire en la Refinería del Pacífico, en función de los vientos predominantes del sector.
- Se analizaron los resultados del monitoreo meteorológico desde 3 sitios representativos y se pudo determinar de que el PMS en la Escuela La Pradera presenta valores fuera de normativa, excediéndose en un 75% para sólidos sedimentables totales y un 38% para los sólidos sedimentables insolubles. Esta situación, se deben a la pluma de dispersión desde las fuentes fijas de polvo, mas no de las operaciones de Refinería.
- En ninguno de los días del periodo muestreado se detectaron picos de concentración de PM suspendido que sobrepasen los LMP diarios del AM50. Se observa una ligera correlación inversa entre la presencia de lluvia y la concentración de polvo suspendido.

## Referencias Bibliográficas.

- ACOTECNIC (1994). Asociación de Consultores Técnicos. Recuperado en: <https://www.google.com/search?q=acotecnic+quito&oq=ACOTECNIC&aqs=chrome.2.69i57j0l5.3969j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.
- Ministerio del Ambiente República del Ecuador. (2010). Plan Nacional de la Calidad del aire. Quito.

---

Paéz, C. (2008). Diagnóstico de la Calidad de Aire en el Ecuador para la definición de políticas y estrategias. Ministerio del Ambiente. Quito.

Refinería del Pacífico Eloy Alfaro. (2014). Recuperado en: <http://www.rdp.ec>.

Rodríguez, M., et al. . (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Washington, D.C.

Velázquez, G. (2008). Recuperado en: <http://es.scribd.com/doc/233739185/2008-Pmpca-d-Velazquezangulo-080814>