

Monitoreo de partículas totales suspendidas en el aire en el Puerto de La Guaira, estado Vargas, Venezuela*

Monitoring of Total Suspended Particles in the Air in the Port of La Guaira, Vargas, Venezuela

Recibido: 1 de diciembre de 2015 - Aceptado: 14 de abril de 2016

Para citar este artículo: D. Rodríguez, N. Aranda, L. Loaiza, J. Alvarado «Monitoreo de partículas totales suspendidas en el aire en el Puerto de La Guaira, Vargas, Venezuela», *Ingenium*, vol. 17, n. °34, pp. 90-112, mayo de 2016.



Davna Rodríguez Antón **
Nazareth Aranda Meneses ***
Lila Loaiza Raidan ****
José Alvarado Acuña *****

Resumen

El objetivo consiste en determinar la concentración de partículas totales suspendidas (PTS) en el aire, provenientes de las actividades que se realizan en el Puerto de La Guaira. La metodología para la determinación de las PTS se realizó a través del método de muestreo de gran volumen, y el método analítico de gravimetría, en un periodo de medición de 24 horas continuas. El muestreo se realizó en tres (3) puntos con una duración de siete (7) días en cada uno para obtener 21 muestras, tal como lo establece el Decreto n.º 638

* Proyecto de investigación: Monitoreo de partículas totales suspendidas en el aire en el Puerto de La Guaira, Vargas, Venezuela. Grupo de investigación de Contaminación Atmosférica USB-UMC. Universidad patrocinadora (Universidad Simón Bolívar y Universidad Marítima del Caribe). Venezuela.

** Ph. D. (c) en Desarrollo Sostenible, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. M. Sc. en Desarrollo Ambiental. Profesora adscrita al Departamento de Tecnología Industrial USB-SL, Universidad Simón Bolívar - Sede Litoral (USB-SL). Camuri Grande-Vargas- Venezuela. Profesora adscrita a Cátedra de Ciencias Ambientales UMC-Vargas. Universidad Marítima del Caribe (UMC). Venezuela. Catia La Mar - Edo. Vargas. E-mail: davnarodriguez@usb.ve, drodriiguez@umc.edu.ve

*** Ing. Ambiental (UMC). Profesora Universidad Marítima del Caribe (UMC). Venezuela. E-mail: nazaretharanda@gmail.com

**** Esp. en Ingeniería Ambiental, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela (LUZ). Profesora Universidad Marítima del Caribe (UMC). E-mail: lloaiza@umc.edu.ve

***** Lic. Químico, Universidad de Oriente, Sucre, Venezuela (UDO). Profesor Universidad Marítima del Caribe (UMC). Venezuela. E-mail: jalvarado@umc.edu.ve

«Normas sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica» perteneciente a la legislación venezolana vigente. Los resultados obtenidos de las mediciones de PTS realizadas desde el 20/02 hasta el 13/03 del 2015 indican una concentración promedio en toda la zona, igual a $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual se encuentra dentro del rango de concentración de $75\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ clasificando al Puerto de La Guaira con un aire moderadamente contaminado por PTS según lo establecido en el art. 5 del Decreto n.º 638.

Palabras clave

Contaminación atmosférica, partículas totales suspendidas (PTS), puerto de La Guaira.

Abstract

The objective is determining the concentration of total suspended particles (TSP) in the air, from the activities that take place in the port of La Guaira. The methodology for determining the PTS was performed using the method of high-volume sampling, and analytical gravimetric method, in a measurement period of 24 continuous hours. Sampling was conducted in three (3) points for a period of seven (7) days each for 21 samples, as established by Decree n.º 638 "Rules on air quality and air pollution control" belonging Venezuelan law. The results of measurements carried PTS from 20/02 to 13/03 2015 indicate an average concentration throughout the area equal to $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which is within the concentration range of $75\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ classifying the port of La Guaira with air moderately contaminated by PTS as set out in Art. 5 of Decree n.º 638.

Keywords

Air pollution, total suspended particles (TSP), the port of La Guaira.

I. Introducción

Los puertos marítimos son lugares que permiten el intercambio internacional de bienes, constituyendo uno de los activos logísticos estratégicos más relevantes de un país. De acuerdo con estadísticas de la Organización Mundial de Comercio (OMC, 2012) más del 80 % de las mercancías que se comercializan en el mundo se mueven por vía marítima.

Los puertos son infraestructuras que tienen una fuerte interrelación con el ambiente y sus actividades pueden generar impactos ambientales de diferente naturaleza en los componentes agua, aire y suelo. Algunas de las actividades portuarias relevantes de producir impactos son el manejo de carga peligrosa, la carga y descarga de mercancías y su almacenamiento, incluida la carga refrigerada, el manejo de granos y el transporte de mercancías.

El presente trabajo está enfocado en el componente aire, específicamente en las partículas totales suspendidas en el mismo, lo que hace pertinente mencionar que la contaminación del aire puede definirse, como «cualquier condición atmosférica en la que

ciertas sustancias alcanzan concentraciones lo suficientemente elevadas sobre su nivel ambiental normal como para producir un efecto medible en el hombre, los animales, la vegetación o los materiales» (Seinfeld 1978 citado por Figuera y Gonsalves, 2008).

Existen evidencias de que este tipo de contaminación afecta la salud de las personas y los animales, daña la vegetación, ensucia y deteriora los materiales, entre otros. Se podría decir que el más polémico e importante es el efecto sobre la salud humana, ya que los contaminantes penetran a través del sistema respiratorio y se acumulan en el organismo.

Uno de los contaminantes que más se manifiesta en la zona portuaria es el material particulado (MP), debido a alta utilización de vehículos pesados de diésel, la carga y descarga de granos y el arribo de buques. Este material está conformado por diminutas partículas contaminantes en el aire que varían en tamaño y composición, y tienen la capacidad de penetrar y depositarse en los pulmones.

El presente estudio tiene el propósito de determinar la concentración de partículas totales suspendidas en la atmósfera del Puerto de La Guaira, con el fin de comparar las concentraciones obtenidas con los límites establecidos en la normativa ambiental venezolana aplicable a la materia y proponer, cuando dichos límites se sobrepasan, las medidas correctivas pertinentes.

II. Metodología

La determinación de partículas totales suspendidas se realizó de acuerdo a las especificaciones contenidas en el artículo 6 de las Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica (Decreto n.º 638, 1995) y en la Norma Covenin 2060:1996 Determinación de la concentración de partículas totales suspendidas en la atmósfera, a través del método de muestreo de gran volumen (High Vol.), y el método analítico de gravimetría.

1	Calibrar el High Vol. (al comienzo de cada punto de toma de muestras)
2	Registrar el flujo y la hora inicial
3	Colocar el papel de filtro en el muestreador
4	Encender el muestreador (conexión a 110 volt.)
24 horas después	
5	Registrar el flujo y la hora inicial
6	Apagar y retirar el filtro
7	Guardar y almacenar
8	Acondicionar y pesar
9	Anotar todos los datos en los formatos de Excel para realizar los cálculos y obtener los resultados

Cuadro 1. Pasos para la toma de muestras, método de gran volumen

Fuente: Elaboración propia, con base en la norma Covenin 2060:1996 Determinación de la concentración de partículas totales suspendidas en la atmósfera, 2015.

El monitoreo comprendió toda la superficie terrestre del Puerto de La Guaira que se encontraba operativa al momento de realizar la presente pasantía profesional, la cual abarca 508.569,62 m² y una dársena artificial de 4339 m. El puerto se encuentra ubicado en el sector La Guaira, estado. Vargas.

La ubicación física seleccionada para los puntos de muestreo fue: punto 1) Zona Alfa 2-7, coordenadas 10°35'54.26" N y 66°56'19.78" O; punto 2) Zona de Refrigerados, coordenadas 10°36'19.72" N y 66°56'45.02" O; y punto 3) Zona Charlie 1, coordenadas 10°35'55.18" N y 66°57'26.21" O.

El área de aplicación del puerto no se incluyó dentro del alcance físico, pues esta no había iniciado operaciones durante el período de muestreo.

El muestreo se llevó a cabo del 20 de febrero al 13 de marzo de 2015. El período de medición fue de 21 días en total, en cada punto se midió siete (7) días continuos, durante los cuales el equipo de muestreo funcionó 24 horas continuas por día.

Punto	Muestra	Fecha
Zona Alfa 2-7	Muestra 1	20-02-2015
	Muestra 2	21-02-2015
	Muestra 3	22-02-2015
	Muestra 4	23-02-2015
	Muestra 5	24-02-2015
	Muestra 6	25-02-2015
	Muestra 7	26-02-2015
Refrigerados	Muestra 8	27-02-2015
	Muestra 9	28-02-2015
	Muestra 10	01-03-2015
	Muestra 11	02-03-2015
	Muestra 12	03-03-2015
	Muestra 13	04-03-2015
	Muestra 14	05-03-2015
Zona Charlie 1	Muestra 15	06-03-2015
	Muestra 16	07-03-2015
	Muestra 17	08-03-2015
	Muestra 18	09-03-2015
	Muestra 19	10-03-2015
	Muestra 20	11-03-2015
	Muestra 21	12-03-2015
	Se retira muestra 21	13-03-2015

Cuadro 2. Cronograma de muestreo de partículas totales suspendidas en la atmósfera del Puerto de La Guaira

Fuente: Elaboración propia, 2015.

A continuación se presenta un histórico de las precipitaciones en el Puerto de La Guaira entre los años 2010 a 2015, dado que se solicitó al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), a 10 años, y suministraron solo data para 5 años, a fin de respaldar el periodo de evaluación anteriormente presentado.

Año/mes	Lluvia (mmH2O)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero		50	0	0	6	0
Febrero	0	0	0	40	0	12
Marzo	0	0	0	40	0	12
Abril	50	50	0	5	0	2
Mayo	50	0	0	12	7	3
Junio	50	0	0	45	41	11
Julio	150	0	0	0	13	12
Agosto	100	0	0	43	56	17
Septiembre	50	0	0	7	12	34
Octubre	0	0	0	36	34	33
Noviembre	50	0	17	32	31	
Diciembre	0	0	0	31	6	

Cuadro 3. Histórico (2010-2015) de las precipitaciones en el Puerto de La Guaira

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos suministrados por INAMEH, marzo de 2016.

El histórico presentado refleja pocas precipitaciones en los meses de febrero y marzo con un promedio de 20 y 9 mmH₂O, respectivamente, respaldando las mediciones realizadas en estos meses, lo que implica que los datos obtenidos puedan representar un periodo de sequía con partículas totales suspendidas con baja influencia por la deposición húmeda.



PUNTO 2. ZONA DE REFRIGERADOS



S. SILOS DEL PUERTO DE LA GUAIRA



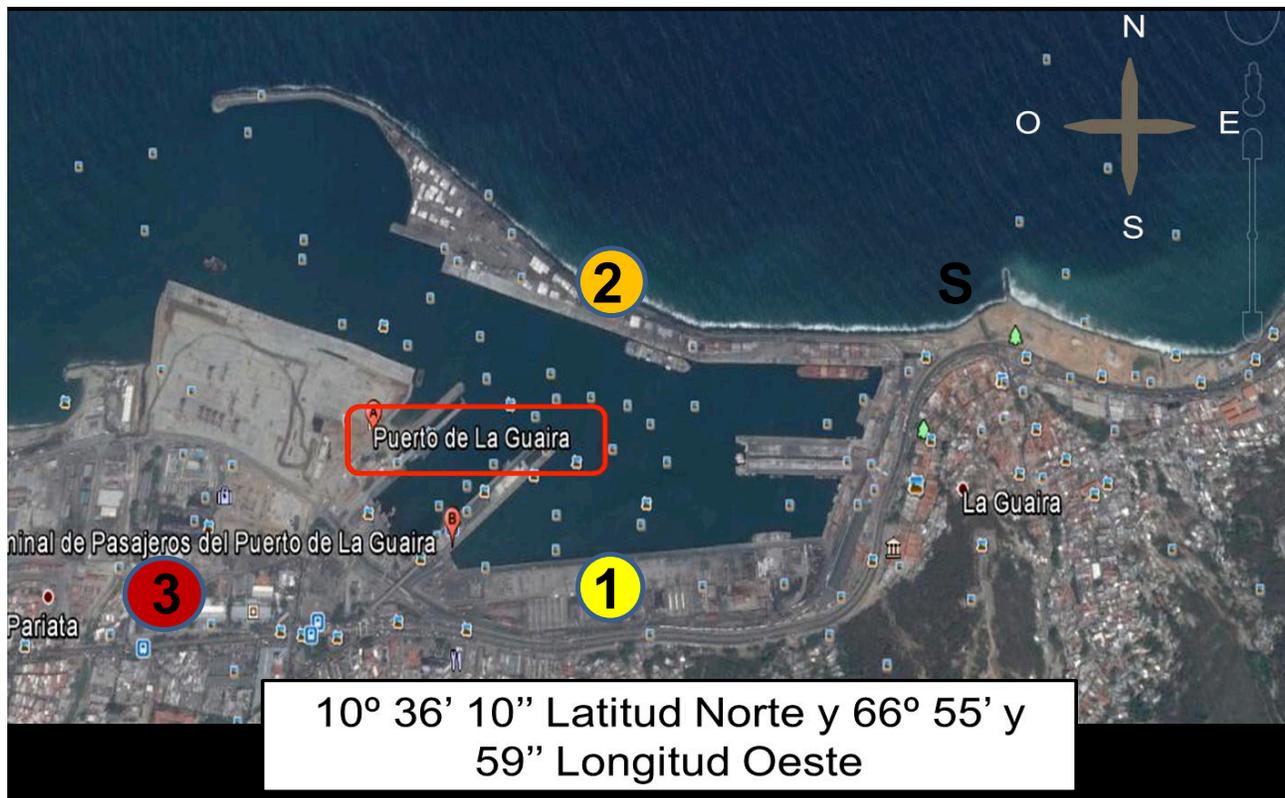
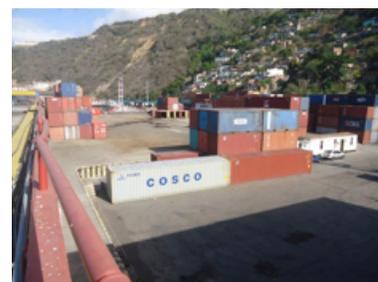


Imagen 1. Ubicación del área evaluada (Puerto de La Guaira, estado Vargas)
Fuente: Google Earth, www.googleearth.com, fotos tomadas por autor 2015.



PUNTO 3. CHARLIE 1

PUNTO 1. ALFA 2-7

III. Análisis y discusión de los resultados

3.1 Identificación de las fuentes internas y externas de partículas totales suspendidas en la atmósfera en el Puerto de La Guaira

Durante los recorridos por las instalaciones portuarias, mediante la técnica de observación de actividades y condiciones físicas, se lograron identificar las fuentes de emisión de partículas totales suspendidas en la atmósfera. Las mismas fueron clasificadas y tabuladas de acuerdo a la definición establecida por las Normas sobre Calidad del Aire

y Control de la Contaminación Atmosférica (Decreto n.º 638, 1995) en fuentes fijas y fuentes móviles.

Según las mencionadas Normas se entiende por fuente fija de contaminación atmosférica la edificación o instalación existente en un sitio dado, temporal o permanentemente, donde se realizan operaciones que dan origen a la emisión de contaminantes del aire; y por fuente móvil, el vehículo de transporte en el cual se generan contaminantes del aire, como consecuencia de los procesos u operaciones que se realizarán para producir el desplazamiento de un sitio a otro.

En la siguiente tabla n.º 1 se muestra el inventario de las fuentes identificadas

Identificación de las fuentes de emisión de partículas totales suspendidas (PTS) en el puerto de La Guaira		
Tipo de fuente	Descripción	Causa de la emisión
Fuente fija	Silos de almacenamiento de granos	Manejo de material
	Descarga buque - camión	
	Descarga silos - camión	
	Descarga buque – correa transportadora	
	Power pack, Plantas generadoras de electricidad para el funcionamiento de los contenedores refrigerados	Quema de combustibles fósiles
	Lugares con el pavimento deteriorado	Suspensión de partículas del suelo por la acción del viento
Fuentes móviles	Tráfico vehicular en el interior del puerto	Quema de combustibles fósiles
	Grúas, montacargas, Reach Staker Vehículos automotores	
	Vehículos automotores que circulan por las vías adyacentes	
	Tráfico marítimo	

Tabla n.º 1. Identificación general de fuentes internas y externas de partículas totales suspendidas en la atmósfera del Puerto de La Guaira.

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Los resultados obtenidos que se muestran en la tabla anterior indican que en el Puerto de La Guaira existen emisiones tanto de fuentes fijas como móviles, dichos resultados llevaron a considerar pertinente ahondar un poco sobre las fuentes más importantes de emisión por lo que se realizó el inventario de maquinarias y equipos existentes en el Puerto de La Guaira, inventario de buques que entran a la dársena, el registro de operaciones en los silos y la ubicación de los lugares con el pavimento deteriorado; a continuación se presentan los resultados obtenidos:

- Inventario de maquinaria y equipos.

Tomando en consideración que la circulación y funcionamiento de vehículos pesados y maquinarias portuarias son una de las fuentes más importantes de PTS, se realizó una entrevista no estructurada al ingeniero de la Gerencia de Maquinaria y Equipos, quien facilitó

información para actualizar el inventario de las maquinarias y equipos existentes en el Puerto de La Guaira, mostrado en la tabla n.º 2. Cabe señalar que ya existía un inventario levantado en el año 2012 por el Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas.

Inventario de maquinarias y equipos del puerto de La Guaira					
Cantidad	Descripción	Operativo	Inoperativo	Tipo de Combustible	Observaciones
27	Reachstaker para Contenedores Full	16	11	Diésel	
6	Reachstaker para Contenedores Vacíos	2	4	Diésel	
61	Terminal Tractor	53	8	Diésel	29 Pertenecen al Terminal Convencional
18	Power Pack	9	9	Diésel	
48	Montacargas	41	7	Diésel/Gas	19 Son de Gas
6	Ship to Shore (STS)	6	0	Eléctrico	Nueva Terminal
15	Rubber Tyred Gantry Crane	15	0	Diésel	Nueva Terminal
2	Reachstaker para Contenedores Full	2	0	Diésel	Nueva Terminal
6	Cargadores Frontales de Vacío	6	0	Diésel	Nueva Terminal

Tabla n.º 2. Inventario de maquinarias y equipos del Puerto de La Guaira

Fuente: Elaboración propia con base en entrevista no estructurada al ingeniero de la Gerencia de Maquinaria y Equipos del Puerto de La Guaira, 2015.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la mayoría de las maquinarias y equipos portuarios operativos utilizan diésel como combustible representando el 83 % del total.

- Inventario de buques que entran en el Puerto de La Guaira

Mes	Entrada de buques año 2010	Entrada de buques año 2014	Entrada de buques año 2015
Febrero	57	63	45
Marzo	74	67	45
Total	131	130	90

Tabla n.º 3. Inventario de entrada de buques en tres diferentes años

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por el INEA, 2015.

Considerando que los buques son una fuente importante de emisión de partículas totales suspendidas porque los mismos queman combustible crudo, y que además la movilización y funcionamiento de las operaciones portuarias depende del número de buques que arriben, se consideró necesario solicitar la cantidad de buques que entraron en los meses en que se realizó el muestreo, lo cual se muestra en la tabla anterior.

Además, como se puede apreciar en dicha tabla si se comparan las cantidades con respecto a años anteriores, se observa que para el momento en que se efectuó el muestreo de PTS, la operación de BOLIPUERTOS / LA GUAIRA presentaba una baja en el número de buques que entraron en dicho Puerto.

- Registro de operaciones en los silos

Por ser el ensilado y despacho de trigo una de las fuentes relevantes de emisiones de PTS mientras se realizó la determinación de las mismas, conjuntamente se llevó un registro de los días que se realizó ensilado y los que no, con el fin de lograr un mejor análisis de los resultados obtenidos. Dicho registro se puede observar en la Tabla n.º 4.

Día	Descarga directa buque-gándola	Descarga a correa transportadora	Puesto de atraque	Buque	Descarga directa buque-gándola	No hubo
20-feb					X	
21-feb						X
22-feb						X
23-feb	x		2	Capitán Nelson		
24-feb						X
26-feb						X
27-feb					X	
28-feb					X	
01-mar						X
02-mar						X
03-mar					X	
04-mar					X	
05-mar						X
06-mar						X
07-mar						X
08-mar						X
09-mar						X
10-mar						X
11-mar						X
12-mar						X

Tabla n.º 4. Registro de operaciones en los silos de trigo del Puerto de La Guaira

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Como se puede apreciar en la tabla anterior el ensilado de trigo mientras se realizó el muestreo ocurrió solo un día, el 23 de febrero, cuando se estaba muestreando exactamente en el Punto 1, de resto hubo dos (2) despachos de trigo en ese mismo punto. Para el caso del punto de muestreo 2 se registraron 3 despachos de trigo y para el punto 3 no hubo actividad.

Cabe destacar que aunque el proceso de ensilado o despacho de trigo no se encontraba en el radio de 200 metros de los puntos de muestreo, esta actividad fue tomada en cuenta ya que es una fuente fija de emisión de partículas.

Otra razón por la cual se tomó en cuenta esta actividad es que se pudo observar que los camiones que transportan el trigo van dispersando por toda la vía del puerto estos granos, debido a fugas presentes en las válvulas de las tolvas de los camiones, posiblemente

por falta de mantenimiento de las mismas o mala manipulación de los operadores que no cierran de manera adecuada dicha válvula.

3.2 Determinación de la concentración de las partículas totales suspendidas en el Puerto de La Guaira

La selección de los tres (3) puntos de muestreo se efectuó con base en el artículo 6 de las Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica (Decreto n.º 638 de 1995), de acuerdo al tipo, ubicación y características de las fuentes de emisión más importantes del Puerto de La Guaira, descritas en el ítem 1. Identificación de las fuentes internas y externas de partículas totales suspendidas en la atmósfera en el Puerto de La Guaira. Los puntos seleccionados fueron: Punto 1 Zona Alfa 2-7, Punto 2 Zona de Refrigerados y Punto 3 Zona Charley. Cabe destacar que dichos puntos forman una triangulación de la zona.

En la tabla n.º 5 se muestra la determinación de PTS en el Puerto de La Guaira y en la tabla n.º 6 un resumen de los resultados obtenidos de PTS, en donde se indica la concentración en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por punto de muestreo y se incluye el promedio de estos, con el fin de analizar y entender de manera más clara los resultados obtenidos.

Nº	Fecha inicial	Fecha final	Hora inicial	Hora final	Tiempo (horas)	Tiempo ($\pm 1\text{min}$)	Masa inicial ($\pm 0,01\text{g}$)	Masa final ($\pm 0,01\text{g}$)	Masa Total ($\pm 0,01\text{g}$)	Flujo inicial ($\pm 1\text{CFM}$)	Flujo final ($\pm 1\text{CFM}$)	Flujo prom. ($\pm 1\text{CFM}$)	Flujo prom. ($\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{min}$)	Vol (m^3)	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Error V
1	20-feb	21-feb	11:20	10:03	22,83	1370	2,71	2,82	0,11	50	47	49	1,36	1860	59	38
2	21-feb	22-feb	10:07	10:00	23,93	1476	2,73	2,82	0,09	56	50	53	1,48	2131	42	40
3	22-feb	23-feb	10:03	10:05	24,02	1441	2,71	2,82	0,11	50	42	46	1,28	1846	60	40
4	23-feb	24-feb	10:10	9:50	23,80	1428	2,70	2,86	0,16	42	40	41	1,15	1639	98	40
5	24-feb	25-feb	9:55	10:23	24,28	1457	2,72	2,90	0,18	40	35	38	1,05	1530	118	41
6	25-feb	26-feb	10:22	10:27	24,05	1421	2,73	2,90	0,17	35	30	33	0,91	1313	129	40
7	26-feb	27-feb	10:31	10:00	23,09	1366	2,73	2,87	0,14	38	35	37	1,02	1453	96	40
8	27-feb	28-feb	11:12	9:48	22,76	1449	2,71	2,89	0,18	50	45	48	1,33	1816	99	38
9	28-feb	01-ma	9:45	10:00	24,15	1451	2,71	2,87	0,16	50	45	40	1,33	1927	83	41
10	01-ma	02-ma	10:05	10:23	24,18	1436	2,70	2,88	0,18	45	35	51	1,33	1625	111	41
11	02-ma	03-ma	10:27	10:20	23,93	1402	2,71	2,85	0,14	58	45	52	1,12	2060	68	40
12	03-ma	04-ma	10:25	11:02	24,37	1449	2,71	2,86	0,15	55	48	40	1,44	2108	71	41
13	04-ma	05-ma	11:04	11:19	24,15	1302	2,74	2,99	0,25	45	35	35	1,44	1623	154	41
14	05-ma	06-ma	11:00	9:30	22,70	1458	2,73	2,95	0,22	35	55	46	1,12	1335	165	38
15	06-ma	07-ma	10:05	10:35	24,30	1866	2,71	3,03	0,32	50	43	38	0,98	1888	169	41
16	07-ma	08-ma	10:40	3:30	31,10	1063	2,71	2,91	0,20	43	33	36	1,30	1959	102	52
17	08-ma	09-ma	3:35	10:03	17,72	1440	2,72	2,91	0,12	38	35	33	1,05	1079	111	30
18	09-ma	10-ma	10:08	10:08	24,00	1439	2,71	2,84	0,22	35	30	33	1,02	1310	168	40
19	10-ma	11-ma	10:10	10:09	23,99	1436	2,70	2,93	0,22	40	30	35	0,98	1411	156	40
20	11-ma	12-ma	10:12	10:02	23,90	1441	2,71	2,88	0,17	33	33	33	0,91	1305	130	40
21	12-ma	13-ma	10:06	10:08	24,02	1440	2,70	2,98	0,28	55	45	50	1,40	2018	139	40

Tabla n.º 5. Concentración de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el Puerto de La Guaira

Fuente: Elaboración propia, 2015.

CONCENTRACIÓN DE PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) EN EL PUERTO DE LA GUAIRA- ESTADO VARGAS-VENEZUELA			
MUESTRA n.º	PUNTO 1 ALFA 2-7	PUNTO 2 REFRIGERADOS	PUNTO 3 CHARLIE 1
1	59	99	169
2	42	83	102
3	60	111	111
4	98	68	168
5	118	71	156
6	129	154	130
7	96	165	139
Promedio	86	107	139
Promedio Total	111		

Tabla n.º 6. Concentración de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el Puerto de La Guaira

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Como actividad asociada a la determinación se realizó la siguiente actividad:

- Descripción del área de muestreo.

A continuación se realiza la descripción de los puntos de toma de muestras en un radio de 200 m alrededor de cada uno de los sitios donde se colocó el equipo de toma de muestras de alto volumen (high vol), para la determinación de las PTS.

- Punto 1. Zona Alfa 2-7

Identificación de fuentes de emisiones de PTS por punto de toma de muestra en un radio de 200 m (punto 1- GSLA)									Concentración de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Punto	Fuentes	Nombre del buque	Puestos de atraque	Arribo		Horas de Trabajo	Zarpe		Observaciones	
				Fecha	Hora		Fecha	Hora		
1	Tráfico Marítimo	Independencia	15						Ganadero, en reparación	86
		Cristina Express	16	15/02/15	16:00	118	20/02/15	18:00	Insumos a los Roques	
		Manuel Gual	18	15/02/15	18:00	448	26/02/15	07:00	Bobinero	
	Maquinarias y equipos	Nombre		Cantidad		Observaciones				
		Reach Stacker		2		Manipula contenedores en el patio Alfa 7				
	Tráfico Vehicular	Vía interna: camión, autobuses y vehículos livianos		Tránsito constante		Góndolas de acarreo por día Vehículos particulares por día				
	Otros	Pacios		2		Pacios con el pavimento deteriorado, uno al este y otro al oeste				
		Avenida Soubllette		1		Tráfico vehicular constante				

Tabla n.º 7. Inventario de fuentes en un radio de 200 m del punto 1.

Fuente: Elaboración propia, 2015.

El punto 1 corresponde a un área de almacenes, patios y oficinas, así como de estacionamiento para el personal que labora en la zona, como se puede observar en la tabla

n.º 7 en un radio de 200 metros se ubican dos vías principales, una interna del puerto por donde circula maquinaria pesada como Reach Stacker, camiones de diferentes ejes, autobuses y vehículos livianos, y la vía externa que corresponde a la avenida Soubllette, donde existe tráfico vehicular constantemente.

Este punto es un área abierta, se ve notablemente afectado por la constante suspensión de partículas de tierra que se producen en los 2 patios ubicados uno al este y otro al oeste del punto de muestreo, ya que son patios con el pavimento deteriorado, lo que ocasiona que el paso de cualquier vehículo suspenda las partículas del suelo e incluso el mismo viento lo provoque al incidir sobre la superficie. Cabe destacar que en dichos patios se observó el movimiento de contenedores por equipos Reach Stacker, generalmente se encontraban trabajando 2 equipos.

Además es una zona influenciada con el tráfico marítimo o el atraque de buques de diferente índole, los muelles cercanos a este punto de muestreo son los números 15, 16, 17 y 18, los busques atracados mientras se realizó el muestreo en este punto fueron el Independencia, Cristina Express y Manuel Gual (ver tabla n.º 7).

La concentración promedio de partículas totales suspendidas, obtenida en la zona antes descrita con sus respectivas fuentes de emisión fue de $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Punto 2. Zona de refrigerados

IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISIONES DE PTS POR PUNTO DE TOMA DE MUESTRA EN UN RADIO DE 200 m (PUNTO 2 - REFRIGERADOS)										Concentración de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Punto	Fuentes	Nombre del buque	Puestos de atraque	Arribo		Horas de Trabajo	Zarpe		Observaciones	107	
				Fecha	Hora		Fecha	Hora			
2	Tráfico Marítimo	Melbourne Strait	3*4	26/02/15	10:00	48	28/02/15	06:00	Buque de carga		
		Erato	5	24/02/15	11:00	60	27/02/15	12:00	Buque de carga		
		Iridium	5	01/03/15	18:00	50	03/03/15	2300	Buque de carga		
		Cristina Express	1	03/03/15	05:00	4	03/03/15	09:00	Insumos para los Roques		
		Manuel Gual	6*7	04/03/15	06:00	24	05/03/15	12:00	Buque de carga		
	Maquinarias y equipos	Nombre		Cantidad	Observaciones						
		Reach Stacker		3	Por buque						
		Grúas		2	Por buque						
		Reach Stacker (vacío)		3	Por buque						
	Tráfico Vehicular	Power packs		4	Diarios						
Vehículos livianos		10	Por día								
Camiones de acarreo		12	Por día								
Otros	Aerosol marino										

Tabla n.º 8 Inventario de fuentes en un radio de 200 m del punto 2

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Este punto es un área abierta, ubicado en el muelle norte, específicamente en la zona donde se sitúan los contenedores refrigerados, se ve notablemente afectada por los equipos Power Pack, estos son dispositivos que suministran energía eléctrica a los contenedores refrigerados, contienen un motor de combustión interna que utiliza diésel como combustible.

Además, por ser una zona de muelle en donde se localizan los puestos de atraque número 1 al número 8, se ve afectada por el tráfico marítimo, en la tabla n.º 8 se observa que en los 7 días de muestreo estuvieron 5 buques atracados en esta zona. Cabe destacar que aunque no todos los puestos de atraque se encuentran dentro del radio de 200 metros, se tomaron en cuenta todos los que pertenecen al muelle norte, ya que se podía observar cómo el viento dispersaba las plumas de gases y partículas emitidas por las chimeneas de los buques hacia esa zona.

En este punto se realiza la descarga de contenedores desde el buque a tierra y viceversa, acarreo de contenedores, reconocimientos, despachos, lo que implica movimientos de maquinarias como Reach Stacker para contenedores llenos y vacíos, grúas, camiones de acarreo y vehículos que transportan al personal. Las cantidades de cada una de estas maquinarias o vehículos registrados se pueden observar en la tabla 8.

La concentración promedio de partículas totales suspendidas obtenida en la zona antes descrita con sus respectivas fuentes de emisión fue de 107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Punto 3. Zona de Charley 1.

IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISIONES DE PTS POR PUNTO DE TOMA DE MUESTRA EN UN RADIO DE 200 m (PUNTO 3 – CHARLIE 1)									Concentración de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Punto	Fuentes	Nombre del buque	Puestos de atraque	Arribo		Horas De Trabajo	Zarpe		Observaciones		
				Fecha	Hora		Fecha	Hora			
3	Tráfico Marítimo	No Aplica								139	
	Maquinarias y equipos	Nombre		Cantidad		Observaciones					
		Reach Stacker		2		Despacho y movilización					
		Montacargas		2		Movilización de carga					
	Tráfico Vehicular	Reach Stacker (vacío)		1		Movilización de contenedores					
		Camionetas		3		Por día					
		Góndolas		5		Por día					
	Otros	Vía principal de entrada al puerto de La Guaira					Tráfico vehicular constante				
		Vía principal de salida al puerto de La Guaira					Tráfico vehicular constante				
		Avenida Soublatte					Tráfico vehicular constante				

Tabla n.º 9. Inventario de fuentes en un radio de 200 m del punto 3

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Este punto es un área de almacén de contenedores a cielo abierto, en donde se realizan también reconocimiento y despacho de contenedores. Las vías principales de entrada y salida del puerto se localiza en el radio de 200 metros de este punto de muestreo al igual que la avenida Soublette, lo que conlleva a que esta área se encuentre notablemente afectada por el tránsito continuo de vehículos de carga de diferentes ejes que ingresan y salen del puerto, Reach Stacker de contenedores llenos y vacíos, grúas, y vehículos livianos, la cantidad registrada de los mismos se aprecia en la tabla n.º 9.

La concentración promedio de partículas totales suspendidas obtenida en la zona antes descrita con sus respectivas fuentes de emisión fue de $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Fue de suma relevancia realizar la descripción de las zonas en donde se encontraba el equipo muestreo, ya que de acuerdo a las concentraciones obtenidas se puede notar cómo a medida que existe un mayor número de fuentes, la concentración de partículas totales suspendida aumenta. En caso del punto 1 existe poca maquinaria en actividad respecto al punto 2 y 3, el tránsito de vehículos es muy similar en el punto 1 y punto 2, pero en cuanto al atraque de buques, el punto 2 es mayor que el 1, además el punto 2 está influenciado por otras fuentes como el aerosol marino y el ensilado, esta última también ocurre en el punto 1 pero con menor influencia.

Por su parte, el punto 3 aunque solo está influenciado por el tránsito vehicular y de maquinarias portuarias (menos tipos de fuentes), este es constante y en mayor cantidad ya que es la entrada y salida del Puerto, y todos los camiones que realicen bien sea carga o descarga de mercancía deben pasar por esta zona, mientras que no todos los camiones suben al muelle norte y pasan por Alfa 2-7.

- Mantenimiento de maquinarias y equipos

En cuanto a la solicitud de información del registro de mantenimiento de las maquinarias y equipos pertenecientes al Puerto que utilizan diésel como combustible, no se obtuvo dicha información porque la empresa no lleva un registro, mas sin embargo, se adquirieron los planes de mantenimiento, pero si dicho mantenimiento se realiza tal cual como lo dice el plan, no se tiene conocimiento porque no se registra.

- Parámetros meteorológicos

Los parámetros meteorológicos por día durante la realización del muestreo, fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

La temperatura media oscila entre $25,9$ y $28,4^\circ\text{C}$. Estas altas temperaturas se deben a que Venezuela está ubicada en la zona intertropical, en donde la mayor incidencia de los rayos solares ocurre de manera perpendicular. En el ecuador se presentan las mayores temperaturas y estas van descendiendo progresivamente hacia los polos, a mayor latitud, más frío y a las latitudes medias y bajas más calor.

La humedad relativa oscila entre 67 y 82% , característica de las zonas costeras venezolanas, debido a la alta evaporación que se produce en estos lugares. La humedad relativa se expresa como la máxima cantidad de agua que admite el aire por unidad de volumen. Una humedad relativa cercana al 100% indica que el ambiente se encuentra saturado por vapor de agua.

En relación a la presión atmosférica expresada en (hPa) esta oscila entre 1007.0 y 1015.1 hPa, debido a que nos encontramos al nivel del mar, a una (1) atmósfera de presión. La presión atmosférica es la fuerza que ejerce el aire atmosférico sobre la superficie terrestre cuanto mayor sea la altura de la superficie terrestre respecto al nivel del mar, menor es la presión del aire.

Es importante señalar que los parámetros meteorológicos como precipitación, dirección y velocidad del viento serán discutidos y analizados por punto de muestreo ya que estos influyen directamente en la concentración de partículas totales suspendidas en la atmósfera.

Se presentaron a lo largo del muestro pocas precipitaciones, exactamente dos (2): una en el punto n.º 1 y la otra en el punto n.º 2 con valores de 8,9 mm y 6 mm respectivamente. Lo que concuerda con dos períodos bien diferenciados que existen en Venezuela, el periodo seco va desde noviembre hasta abril y el lluvioso de mayo hasta octubre.

Para visualizar mejor la dirección predominante del viento, se realizaron tres rosas de los vientos, una para cada punto de muestreo con datos de dirección y velocidad del viento, suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015, las cuales se muestran a continuación:

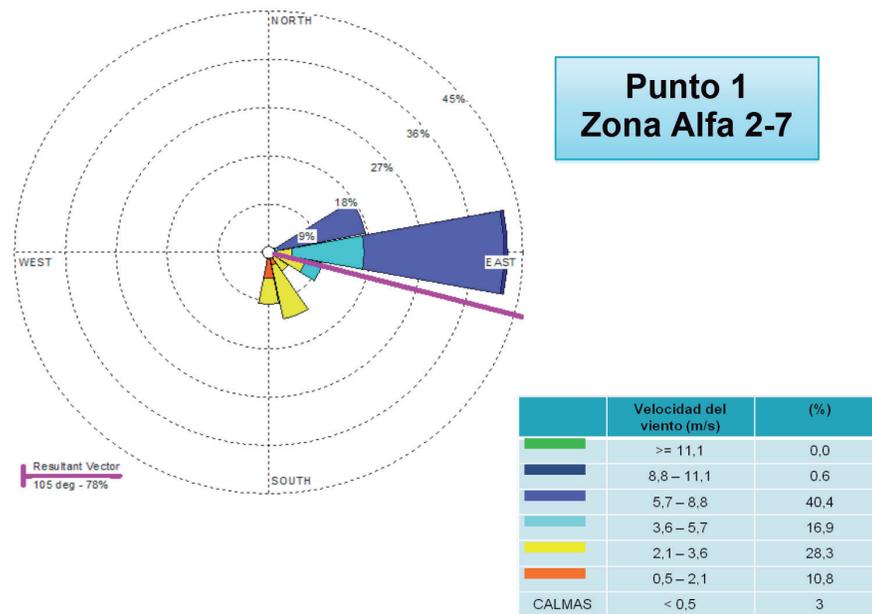


Imagen n.º 2 Rosa de los vientos punto 1.

Fuente: Elaboración propia con base en el Software Lakes Environmental, 2015.

Los resultados obtenidos muestran en la Imagen n.º 2 que el punto 1 estuvo influenciado por vientos del NE, E y SE, predominando los vientos del E, promediando las direcciones registradas se obtiene que presentan una pequeña tendencia hacia el sur de 105 ° representada por el 78 %, además se muestra que la velocidad predominante oscila entre 5, 7 y 8,8 m/s con un 40,4 %.

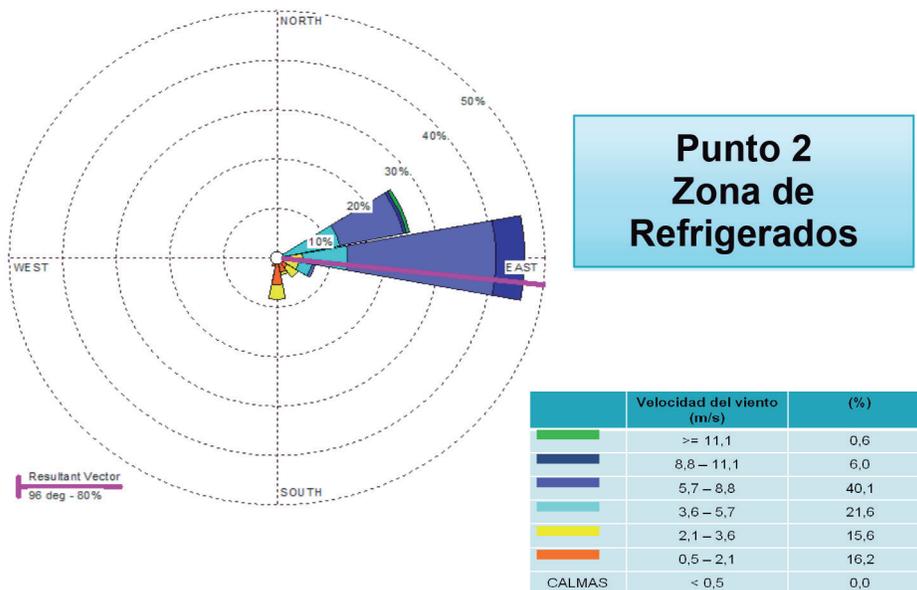


Imagen n.º 3. Rosa de los vientos punto 2.

Fuente: Elaboración propia con base en el Software Lakes Environmental, 2015.

Los resultados obtenidos muestran en la Imagen n.º 3 que el punto 2 estuvo influenciado por vientos del NE, E y SE, predominando los vientos del E, promediando las direcciones registradas se obtiene que presentan una mínima tendencia hacia el Sur de 96º representada por el 80 %, además se muestra que la velocidad predominante oscila entre 5,7 y 8,8 m/s con un 40,1 %.

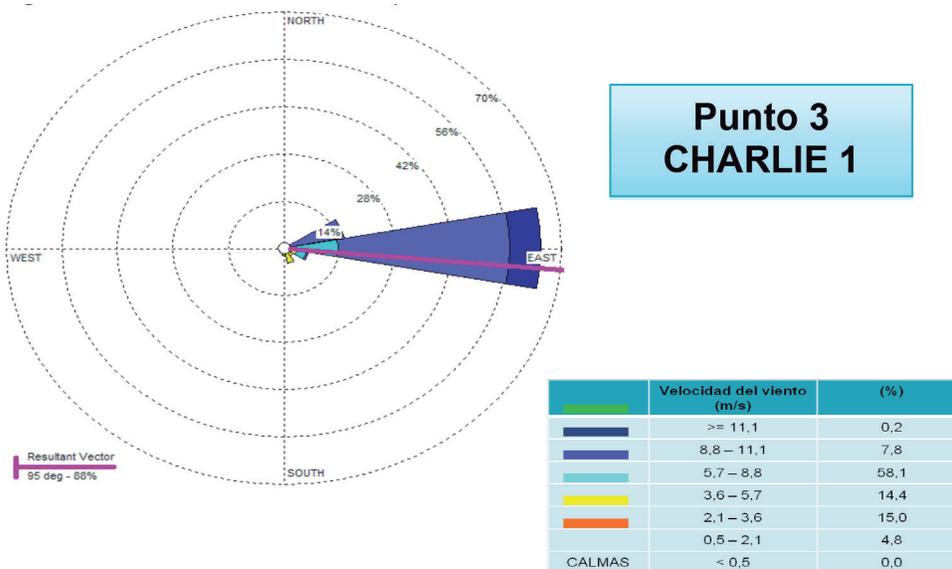


Imagen n.º 4. Rosa de los vientos punto 3.

Fuente: Elaboración propia con base en el software Lakes Environmental, 2015.

Los resultados obtenidos muestran en la Imagen n.º 4 que el punto 3 estuvo influenciado por vientos del NE, E y muy pocos del SE, predominando los vientos del E, promediando las direcciones registradas se obtiene que presentan una mínima tendencia hacia el Sur de 96° representada por el 88 %, además se muestra que la velocidad predominante oscila entre 5,7 y 8,8 m/s con un 58,1 %.

De acuerdo a la dirección predominante del viento, y sabiendo que estudios anteriores han demostrado que las partículas totales suspendidas pueden viajar grandes distancias, se cree que posiblemente la comunidad de la Urbanización Barrio Vargas esté siendo afectada con las concentraciones de partículas totales suspendidas emitidas por el Puerto de La Guaira.

3.3 La comparación de las concentraciones de partículas totales suspendidas medidas en el Puerto de La Guaira con los límites de las Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica (Decreto n.º. 638, Gaceta Oficial n.º. 4899 Extraordinario del 19-05-95).

- De acuerdo al artículo 3 del Decreto 638

Los resultados obtenidos expuestos en la tabla n.º 5 muestran que de acuerdo al Decreto 638 en su art. 3 y el número de muestras captadas por punto de muestreo, no más de 4 muestras, lo que corresponde al 50 % del total, pueden exceder una concentración de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que el punto 1 se encuentra en el tope de dicho límite establecido y con un incremento mínimo en las operaciones o condiciones climatológicas desfavorables, dicho punto dejaría de cumplir con la ley al obtener un total de 4 muestras, específicamente las números 4, 5, 6 y 7 que exceden dicho límite en un porcentaje de 30,13 %, 56,90, 72,62 y 28,50 % respectivamente.

Para el caso de los siguientes límites fijados de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para un porcentaje de excedencia de 5 %, 2 % y 0.5 respectivamente, ninguna de las muestras excede por lo que este punto sí cumple con la ley.

Es importante recordar que este punto estuvo influenciado por vientos del NE, E y SE, predominando vientos del E con leve inclinación al SE, lo que nos lleva a inferir que las concentraciones de PTS registradas en esta zona provienen principalmente de los patios Alfa 2-7 y 2-8 en donde se realizan movimientos de contenedores por maquinarias Reach Stacker, y además el último es un lugar con el pavimento deteriorado en donde el viento levanta numerosas estelas de polvo, también se encuentra muy influenciado por la vía interna del Puerto en donde circulan terminal tractor, Reach Stacker, grúas, y la avenida Soubllette.

En este punto se registró que el cuarto día de muestreo hubo descarga directa de granos desde el buque Cap. Nelson hacia los camiones que transportan este material, lo que incrementa la circulación de vehículos pesados y en consecuencia se observa un incremento en la concentración de las PTS con respecto a los primeros tres días de muestreo. El día con la concentración más baja obtenida fue el segundo, esto debido a que en la noche ocurrió una precipitación de 8,9 mm lo que originó que la atmosfera se limpiara y las PTS descendieran.

Cabe destacar que el primer y último día de muestreo hubo despacho de trigo, desde los silos hacia los camiones transportadores, esta es una actividad que incrementa las PTS pero en menor concentración que la descarga del buque al camión, ya que la diferencias en las horas de trabajo es notable, una descarga de silos a camión puede durar 4 horas, depende de la cantidad que se descargue pero una descarga de buque a camiones, generalmente genera mucho más tiempo de trabajo, desde un día a varios días.

Número de muestras	PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$ P3	Número de muestras captadas Punto 1	Total de muestras que exceden el límite	Número de muestras que no deben exceder el límite	Art. 3 Límite PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Decreto n.º 638 Porcentaje de excedencia (Muestras que no deben exceder el límite)
			P1			
1	59	7	4	4	75	50 %
2	42					
3	60		0	0	150	5 %
4	98					
5	118					
6	129					
7	96					
			0	0	260	0,5 %

Tabla n.º 10. Comparación entre las concentraciones de PTS del punto 1 y los límites establecidos

Fuente: Elaboración propia, 2015.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el punto 2 y comparados con la ley en la siguiente tabla n.º 11:

Número de muestras	PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$ P3	Número de muestras captadas punto 2	Total de muestras que exceden el límite	Número de muestras que no deben exceder el límite	Art. 3 límite PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Decreto n.º 638 Porcentaje de excedencia (Muestras que no deben exceder el límite)
			P2			
1	99	7	5	4	75	50 %
2	83					
3	111		2	0	150	5 %
4	68					
5	71					
6	154					
7	165					
			0	0	260	0,5 %

Tabla n.º 11. Comparación entre las concentraciones de PTS del punto 2 y los límites establecidos

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Los resultados expuestos en la tabla n.º 11 muestran que el punto 2, no cumple con la legislación venezolana vigente en la materia, en el primer límite de concentración establecido para un 50 % del total de las muestras, ya que cinco (5) de estas exceden la

concentración de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, específicamente las primeras tres (3) muestras con porcentajes de excedencia de 32.14 %, 10,70 % y 47, 70 % respectivamente y las dos (2) últimas presentando excedencias superiores de 105.40 % y 119.76 %.

Para el caso del siguiente límite fijado de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ podemos observar que el 5 % de las muestras equivalente a que ninguna o cero muestras puede exceder dicha concentración, dos (2) muestras arrojaron valores que sobrepasan este segundo límite establecido, dichas muestras son la número 6 excediendo el valor límite en un 2,70 % y la número 7 en un 9,88 %; por lo que este punto tampoco cumple con la ley.

Es importante mencionar que en este punto de muestreo se observaron y registraron más fuentes emisoras de PTS respecto al punto 1, aunque ambas son zonas despejadas, el punto 2 estuvo influenciado todos los días por el atraque de Buques en dirección a los vientos predominantes del SE, lo que conlleva influir que el equipo que captó las PTS provenientes de las chimeneas de los buques, además la llegada de dichos buques de carga genera el acarreo de contenedores por parte de los camiones terminal Tfactor, movimientos de grúas y camiones. Esta zona es donde se encuentran localizados los equipos Power Packs, o grupos electrógenos diésel estacionarios, son elementos clave para incrementar la capacidad eléctrica proporcionando enchufes para el conexionado de contenedores refrigerados en el puerto.

Otra fuente emisora de PTS que influyó en este punto fueron los silos con tres despachos de trigo, específicamente en el primer, cuarto y quinto día de muestreo.

Por último pero no menos importante, este punto se encontró influenciado por el aerosol marino que era transportado por la acción del viento y fue captado por el equipo de toma de muestras de alto volumen.

Siguiendo con la comparación e interpretación de los resultados, pasamos al punto 3, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Número de muestras	PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$ P3	Número de muestras captadas punto 3	Total de muestras que exceden el límite	Número de muestras que no deben exceder el límite	Art. 3 Límite PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Decreto n.º 638 Porcentaje de excedencia (Muestras que no deben exceder el límite)
			P3			
1	169	7	7	4	75	50 %
2	102					
3	111		3	0	150	5 %
4	168					
5	156		0	0	200	2 %
6	130					
7	139		0	0	260	0,5 %

Tabla n.º 12. Comparación entre las concentraciones de PTS del punto 3 y los límites establecidos

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Para el caso del punto 3 se puede apreciar en la tabla n.º 12 que todas las muestras exceden el límite de concentración de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un porcentaje de excedencia del 50 %, dichas muestras exceden en porcentajes altos desde 36,10 % hasta 125,98 %. Por otra parte tres muestras exceden el siguiente límite de concentración de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un porcentaje de 5 % de excedencia, con porcentajes que superan el límite desde 4 % a 12,99 % por lo que este punto no cumple con el Decreto n.º 638, en su art. 3.

Las principales fuentes emisoras de PTS para este punto de muestreo corresponde a todos los camiones de carga de contenedores que entran y salen del Puerto, la vía de entrada se encuentra en la dirección predominante del viento, que al igual que en los puntos anteriores es predominantemente del E con una leve inclinación al SE. También en dirección SE, se encuentra la avenida Soubllette que afecta este punto.

Otras fuentes importantes emisoras de PTS son todos los sectores Charley que se encuentran con el pavimento deteriorado en donde el viento levanta numerosas estelas de polvo, estos se encuentran al Este del punto de muestreo por lo que el medidor de alto volumen debió captar dichas partículas.

Durante los días de muestreo de este punto, no se registraron precipitaciones, ni actividad en los silos, y el transporte marítimo queda muy distante de este punto al igual que el aerosol marino, por lo que se afirma que la mayor causa de emisión en este punto es la quema de combustible fósil.

Evaluando ahora la zona de muestreo, con un total de 21 muestras, podemos observar en la tabla n.º 13 que 11 muestras no deben exceder el primer límite de concentración de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y más del 50 %, específicamente 16 sobrepasan dicho límite. Para el caso del segundo límite de concentración correspondiente a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cinco (5) muestras sobrepasan dicha concentración para un porcentaje de excedencia del 5 % que corresponde a una muestra.

Número de muestras captadas	Número de muestras que exceden El límite			Total de muestras que exceden El límite P1+P2+P3	Número de muestras que no deben Exceder el límite	Art. 3 Límite PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Decreto n.º 638 Porcentaje de excedencia (Muestras que no deben exceder el límite)
	P1	P2	P3				
21	4	5	7	16	11	75	50 %
	0	2	3	5	1	150	5 %
	0	0	0	0	0	200	2 %
	0	0	0	0	0	260	0,5 %

Tabla n.º 13. Número de muestras que exceden los límites de calidad del aire

Fuente: Elaboración propia, 2015.

A continuación se presenta el gráfico 1 en el que se pueden visualizar los diferentes resultados de PTS obtenidos con respecto a los porcentajes de excedencia que se estipulan en el Decreto n.º 638. Caracterización de emisiones atmosféricas y monitoreo de calidad

del aire en su art. 3. Porcentajes de excedencia, tal como se indican en la tabla 12. En este gráfico se observa que ninguno de los tres puntos de toma de muestras excedió los límites de concentración de 200 y 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

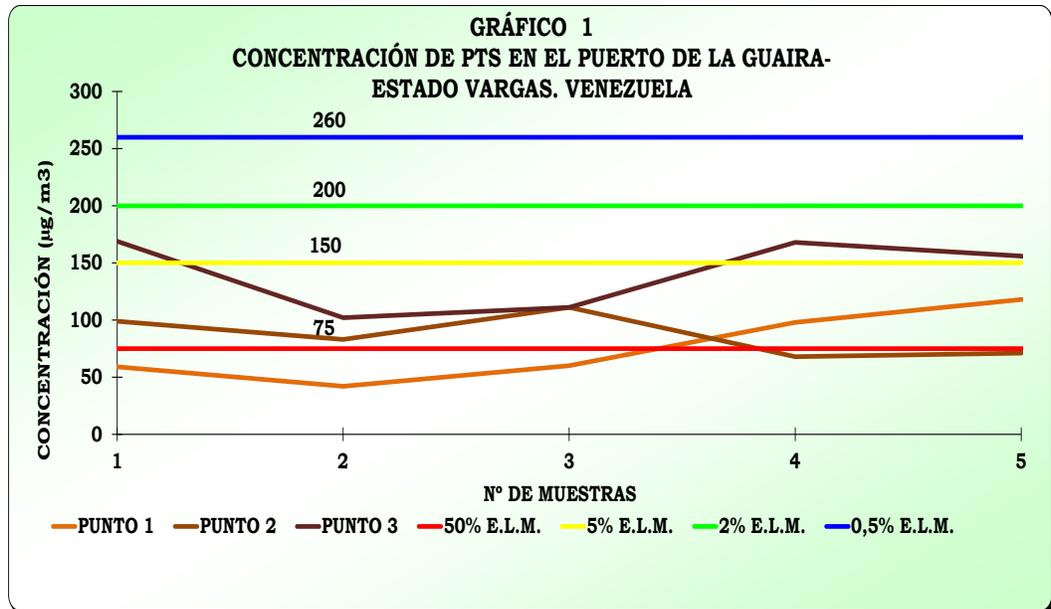


Gráfico n.º 1. Concentración de PTS en el Puerto de La Guaira, Vargas, Venezuela

Fuente: Elaboración propia, 2015.

- De acuerdo al artículo 5 del Decreto 638.

Por último se realizó una zonificación del área de estudio, de acuerdo al artículo 5 del antes mencionado decreto (ver tabla n.º 14).

Punto	Promedio PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Art. 5 Límite PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Decreto n.º 638 Zonificación
1	86	< 75	Aire limpio
2	107	75-200	Aire moderadamente contaminado
3	140	201-300	Aire altamente contaminado
Total	111	> 300	Aire muy contaminado
			Aire moderadamente contaminado

Tabla n.º 14. Clasificación del aire del Puerto de La Guaira

Fuente: Elaboración propia, con base en el Decreto 638, 2015.

Se tiene, entonces, que la zona del puerto al poseer una concentración promedio de PTS de 111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver en tabla 14) se clasifica como una zona con un aire moderadamente contaminando.

IV. Conclusiones

- La principal causa de emisión de partículas totales suspendidas en el Puerto de La Guaira para el caso de fuentes fijas es el manejo de material llevado a cabo en la descarga directa de granos y operaciones en los silos.
- La principal causa de emisión de partículas totales suspendidas en el Puerto de La Guaira para el caso de fuentes móviles es la quema de diésel, utilizado como combustible en vehículos pesados, maquinarias y equipos portuarios.
- EL 81 % de las maquinarias y equipos pertenecientes al Puerto de La Guaira utiliza combustible diésel y solo el 19 % funciona con gas como combustible.
- De los resultados obtenidos se puede concluir que a medida que aumenta la cantidad de fuentes, mayor será la concentración de partículas totales suspendidas. El punto 1 presentó menor concentración ya que el tráfico vehicular interno, y el tránsito de maquinarias portuarias no es tan persistente como en la zona Charlie 1 donde se encontraba ubicado el punto 3, en el cual se localiza la única entrada y salida de vehículos al Puerto.
- Por su parte, el punto 2 obtuvo una mayor concentración de PTS que el punto 1 pero menor que el punto 3, esto debido a que el tráfico vehicular es menor con respecto al punto 3 pero posee un incremento en el número de fuentes respecto al punto 1, las cuales son: el aerosol marino, mayor tráfico de buques, equipos power pack, descarga directa de granos y operaciones en los silos.
- Las emisiones de material particulado generadas por los vehículos de carga y transporte público que circulan en la avenida Soubllette sí incidieron en las partículas captadas por el equipo High Vol en los tres (3) puntos de muestreo, por lo que contribuyen en las concentraciones obtenidas, aunque en un grado bajo.
- El Puerto de La Guaira se clasifica como una zona con un aire moderadamente contaminado.
- La disminución del número de buques que entraron al puerto con respecto a otros años en los mismos meses en que se realizó el muestreo, lleva a concluir que en condiciones normales de operación las concentraciones de partículas totales suspendidas en la zona aumenten, ya que no solo influirán las PTS emitidas por el buque en sí, sino que todas las actividades que en el puerto se realizan como acarreo, reconocimiento, almacenaje, modulación de contenedores, despacho cuando llega un buque.
- De acuerdo a la dirección predominante del viento, la comunidad que se encuentra adyacente al Puerto de La Guaira la cual puede verse afectada por las concentraciones de partículas totales suspendidas en la atmosfera es, la Urbanización Vargas, llamada hasta hace poco «Barrio Vargas», la cual está compuesta por varias veredas de viviendas, una escuela llamada «Miguel Zuniaga», una notaría pública, ente otros.

V. Referencias

- Decreto 638 Normas sobre la calidad de aire y control de la contaminación atmosférica. *Gaceta Oficial* de la República Bolivariana de Venezuela, 4899 (Extraordinario), mayo 19, 1995.
- OMC (2012). *Puertos marítimos*. Monterrey. Disponible en:
www.ciltec.com.mx/es/infraestructura-logistica/puertos-maritimos (consulta: 2015, mayo 10).
- OMS (2015). *Calidad del aire (exterior) y salud*. Nota descriptiva n.º 313. Disponible en: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/ (consulta: 2015, mayo 10).
- Figuera, A. y Gonsalves, Z. (2008). *Partículas totales suspendidas en el aire en las zonas de alto flujo vehicular de la USB*. Caracas. Disponible en: www.siamb.did.usb.ve/pdf/ESA%20AIR%202-4117693440/ESA%20AIR%202.pdf (consulta: 2015, mayo 10).
- Norma Venezolana Covenin 2060: 1996. *Determinación de la concentración de partículas totales suspendidas en la atmosfera (PTS)*.
- Inameh (2016). *Servicio de consultas de la red de estaciones del Inameh*. Disponible en: http://estaciones.inameh.gob.ve/estaciones_home.php (consulta: 2016, marzo 31).
- Inameh (2015). *Servicio de consultas de la red de estaciones del Inameh*. Disponible en: http://estaciones.inameh.gob.ve/estaciones_home.php (consulta: 2015, marzo 13).
- Cimab (2010). *Diagnóstico ambiental en el Puerto de La Guaira* (consulta: 2015, febrero 03).