

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**SECCION DE FÍSICA**



**TEMA DE INVESTIGACIÓN:**

COMPARACIÓN DE LOS VALORES DEL MATERIAL PARTICULADO PM2.5 Y PM10 MEDIDOS EN FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL Y LOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA SALVADOREÑA NSO 13.11.01:01 EN EL PERÍODO COMPRENDIDO DE MARZO A SEPTIEMBRE DE 2019

**PRESENTADO POR:**

FRANCISCO ALEXANDER AGUILERA GONZALEZ

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

LICENCIADO EN FÍSICA

**DOCENTE ASESOR:**

LICDA. BLANCA MIRIAN RAMOS DE ROSALES

**CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, OCTUBRE 2020**

**SAN MIGUEL**

**EL SALVADOR**

**SAN MIGUEL**

**Universidad de El Salvador**

**Autoridades**

Maestro Roger Armando Arias Alvarado

**Rector**

Dr. Raúl Ernesto Azcúnaga López

**Vicerrector Académico**

Ing. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

**Vicerrector Administrativo**

Ing. Francisco Alarcón

**Secretario General**

Lic. Rafael Humberto Peña Marín

**Fiscal General**

**Facultad Multidisciplinaria Oriental**

**Autoridades**

Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez

**Decano**

Lic. Oscar Villalobos

**Vicedecano**

Lic. Israel López Miranda

**Secretario Interino**

Mtra. Karla María Mejía Ortíz

**Jefa de Departamento de Ciencias Naturales y Matemática**

Licda. Blanca Mirian Ramos de Rosales

**Coordinador de la carrera y docente asesor**

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por estar desde principio junto a mí, llenándome de fortaleza, perseverancia y paciencia para salir adelante con todas las dificultades que me ha tocado enfrentar durante mi formación como estudiante en todos los niveles hasta llegar a la culminación de mi carrera profesional.

Infinitas gracias a mi papá Israel Francisco Aguilera y a mi mamá Rosa Haydeé González quienes han sido pilares fundamentales en mi formación tanto personal como profesional. Tengo mucho que agradecerles, ya que fueron ellos los que me colocaron en el camino correcto, el camino del estudio. Gracias a ellos ahora tengo conocimientos que no se adquieren en la Universidad, y gracias a ellos ahora tengo el carácter y los valores de los que ahora gozo. Ellos fueron, y siguen siendo la razón por la cual me he esforzado y me sigo esforzando día a día por ser un buen hijo, y un buen ser humano.

Dejando de lado lo monetario, sin ellos no hubiese sido posible culminar mis estudios universitarios ya que recuerdo siempre haber tenido su apoyo para todo, incluso para pequeños detalles. Recuerdo que, para segundo y tercer año había días sin descanso, y recuerdo a mi mamá madrugar para ofrecerme una taza de café, y recuerdo a mi papá siempre madrugar para despertarme cuando me quedaba dormido al no sentir las alarmas del celular. Agradezco mucho sus consejos en momentos de frustración a lo largo de la carrera, y valoro cada sacrificio que ellos han hecho por verme titulado. Es mucha la gratitud que siento hacia ellos que no puede ser plasmada con palabras.

Agradezco a mi novia Elsy García, quien ha estado en mis mejores y peores momentos de mi vida. E incluso ella se sumó a que yo lograra esta nueva meta, ayudándome con palabras de aliento cuando así lo necesitaba, incluso recuerdo que me ayudaba a resolver problemas de diseño con algunas tareas que me asignaban.

Y cómo olvidar a mis hermanas Erika Aguilera y Krissia Aguilera. Ambas nunca dudaron de mi capacidad de poder lograr este nuevo triunfo. Ambas me ayudaron mucho con palabras de aliento, e incluso a poder resolver tareas que tenía asignadas desde que era un niño. Con ellas estaré siempre infinitamente agradecido.

Agradezco también a mis abuelos, Carlos Delgado, Ester Aguilera (QEPD), Agripino González (QEPD) y Elena Sánchez por todos sus consejos llenos de sabiduría y porque nunca dudaron de mi capacidad para lograr este título universitario. Lastimosamente no tengo a 2 de ellos que vean este nuevo logro, sin embargo, me reconforta que sé que les hubiese encantado verme titulado.

Agradezco a los buenos docentes que Dios puso en mi camino. Uno de ellos fue el Profesor Marlon Berríos, docente de Ciencias Naturales de Bachillerato ya que fue él quien sembró en mí el interés hacia la Física con su particular forma de impartir clases. Gracias también a los docentes del departamento de Física y del departamento de Matemática por haberme formado como profesional haciendo una mención especial al Lic. Rafael Cartagena, Licda. Olga Quintanilla, Licda. Blanca Mirian Ramos, Lic. Raúl Alfaro, Licda. Telma Jiménez. Muchas gracias a todos ustedes por ser los mejores docentes que pude tener en mi formación Universitaria.

Francisco Alexander Aguilera González

## Índice General

Resumen .....	XV
Introducción .....	1
Capítulo 1 : Planteamiento del Problema .....	3
1.1 Situación Problemática .....	3
1.2 Antecedentes de la Investigación .....	7
1.3 Enunciado del problema .....	12
1.4 Justificación.....	13
1.5 Objetivos de la investigación .....	14
1.5.1 Objetivo general.....	14
1.5.2 Objetivos específicos.....	14
1.6 Limitaciones .....	15
1.7 Delimitaciones.....	15
1.7.1 Delimitación espacial: .....	15
1.7.2 Delimitación Temporal:.....	15
1.7.3 Delimitación de contenido .....	15
Capítulo 2 : Marco Teórico .....	16
2.2 Estructura de la atmósfera.....	16
2.1 Descripción de la atmósfera terrestre .....	18
2.3 Contaminación atmosférica.....	19
2.4 Clasificación de contaminantes atmosféricos .....	20
2.5 Clasificación de la contaminación atmosférica según su origen.....	22
2.6 Clasificación de la contaminación atmosférica según su tipo.....	23
2.7 Fuentes de contaminación del aire .....	24
2.8 Impactos medioambientales de los proyectos de construcción.....	26

2.10 Material Particulado.....	32
2.11 Normativas de calidad del aire vigentes en El Salvador.....	35
2.11.1 Norma salvadoreña obligatoria calidad del aire ambiental inmisiones atmosféricas.....	35
2.14 Monitoreo de la calidad del aire en El Salvador .....	37
2.11.2 Índice centroamericano de calidad del aire .....	40
2.12 Los tipos de efectos generados a la salud por PTS.....	41
2.15 Vientos locales .....	45
Capítulo 3 : Sistema De Hipótesis .....	49
3.1 Hi .....	49
3.2 Ho .....	49
3.3 Ha.....	49
Capítulo 4 : Diseño Metodológico .....	50
4.1 Ubicación geográfica .....	50
4.2 Tipo de investigación.....	51
4.3 Diseño de investigación .....	52
4.5 Técnicas de recolección de datos .....	55
4.6 Instrumentos de recolección de datos .....	56
4.7 Procedimiento experimental.....	59
4.8 Consideraciones éticas .....	63
4.9 Riesgos y beneficios de la investigación .....	63
4.9.1 Riesgos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.9.2 Beneficios .....	63
4.10 Recursos utilizados .....	64
4.11 Cronograma.....	65
4.12 Presupuesto .....	66
Capítulo 5 : Presentación Y Análisis De Los Resultados .....	67

5.1 Análisis de resultados obtenido en la semana 1 (29/04/2019 – 05/05/2019).....	67
5.1.1 El lunes 29/04/2019.....	67
5.1.2 El miércoles 01/05/2019.....	69
5.1.3 El viernes 03/05/2019.....	71
5.1.4 El domingo 05/05/2019.....	72
5.2 Análisis de los resultados obtenidos en la semana 2 (20/05/2019 – 26/05/2019).....	76
5.2.1 El lunes 20/05/2019.....	76
5.2.2 El miércoles 22/05/2019.....	77
5.2.3 El viernes 24/05/2019.....	78
5.2.4 El domingo 26/05/2019.....	80
5.3 Análisis de los resultados obtenidos en la semana 3.....	82
5.3.1 El lunes 10/06/2019.....	82
5.3.2 El miércoles 12/06/2019.....	83
5.3.3 El viernes 14/06/2019.....	84
5.3.4 El domingo 26/05/2019.....	85
5.4 Prueba de hipótesis.....	91
Capítulo 6 : Conclusiones Y Recomendaciones.....	96
6.1 Conclusiones.....	96
6.2 Recomendaciones.....	97
Bibliografía.....	98
ANEXOS.....	104
Anexo 1: Tablas de recolección de datos Semana 1.....	104
Anexo 2: Tablas de recolección de datos Semana 2.....	108
Anexo 3: Tablas de recolección de datos Semana 3.....	112
Anexo 4: Gráfico de Velocidad del viento vs t, Semana 1 de medición:.....	116
Anexo 5: Gráfico de Velocidad del viento vs t, Semana 2 de medición.....	116
Anexo 6: Gráfico de Velocidad del viento vs t, Semana 3 de medición.....	117
Anexo 7: Entrada en vigencia de la norma NSO: 13.11.03: 01. (MINEC, 2003).....	117

Anexo 8: Lista de construcciones calendarizadas para las 3 sedes de la UES (Con flecha roja las que son destinadas a la FMO).....	118
Anexo 9: Solicitud de permiso de permanencia.....	119

## Índice de Figuras

Figura 1.1: Cercanía Que Existe Entre El Ingenio Azucarero Y La Fmo .....	4
Figura 1.2: Flujo Vehicular Frente A La Fmo .....	5
Figura 1.3: Construcción De Edificio Para Aulas De La Fmo .....	6
Figura 1.4: Maquinaria Pesada, Utilizada En La Construcción Del Edificio De Aulas .....	7
Figura 1.5: Concentración Promedio De Partículas Contaminantes En Época De Zafra Y No Zafra (Microgramos/Metro Cúbico) (Castillo Y Vides, 2001).....	8
Figura 1.6: Concentración Promedio De Gases Contaminantes En Época De Zafra Y No Zafra (Microgramos/Metro Cúbico) (Castillo Y Vides, 2001). .....	9
Figura 1.7: Delimitación Espacial Del Estudio .....	15
Figura 2.1: Capas De La Atmósfera (Real, 2017) .....	16
Figura 2.2: Fuentes Emisoras De Contaminantes Atmosféricos (Padilla, 2016) .....	23
Figura 2.3: Clasificación Del Material Particulado En La Atmósfera (Jiménez Y Linares, 2008) .....	34
Figura 2.4: Mapa De Las Ubicaciones De Las Estaciones Automáticas Con Las Que El Marn (Marn, 2014) .....	39
Figura 2.5: Estación Cgob Y Udb Instaladas En El Departamento De San Salvador (Ministerio De Salud, 2015).....	39
Figura 4.1: Ubicación Geográfica De La Investigación (Google Maps Y Mapa De El Salvador, 2020).....	50
Figura 4.2: Zona De Medición, Costado Sur De La Biblioteca De La Fmo (Oriente).....	51
Figura 4.3: Dispositivo Elitech Temtop M2000 (Elitech Technology Inc, 2020).....	56
Figura 4.4: Especificaciones Generales Y Técnicas Del Dispositivo Elitech Temtop M2000 (Elitech Technology Inc, 2018).....	57
Figura 4.5: Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker (Vista Frontal) (Nielsen-Kellerman, S.F.) .....	57
Figura 4.6: Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker (Vista Posterior) (Nielsen-Kellerman, S.F.).....	58
Figura 4.7 Pegado En Los Extremos De La Pajilla De La Punta Y Cola De La Veleta.....	60
Figura 4.8 Agujero Hecho En La Base De La Veleta.....	61
Figura 4.9 Construcción De La Veleta.....	61

Figura 4.10 Montaje Experimental .....	62
Figura 5.1: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Lunes 29/04/2019 .....	67
Figura 5.2: Gráfico De Concentración De Pm10 El Lunes 29/04/2019 .....	68
Figura 5.3: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Miércoles 01/05/2019 .....	69
Figura 5.4: Gráfico De Concentración De Pm10 El Miércoles 01/05/2019 .....	70
Figura 5.5: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Viernes 03/05/2019 .....	71
Figura 5.6: Gráfico De Concentración De Pm10 El Viernes 03/05/2019 .....	71
Figura 5.7: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Domingo 05/05/2019 .....	72
Figura 5.8: Gráfico De Concentración De Pm10 El Domingo 05/05/2019 .....	73
Figura 5.9: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Lunes 20/05/2019 .....	76
Figura 5.10: Gráfico De Concentración De Pm10 El Lunes 20/05/2019 .....	77
Figura 5.11: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Miércoles 22/05/2019 .....	77
Figura 5.12: Gráfico De Concentración De Pm10 El Miércoles 22/05/2019 .....	78
Figura 5.13: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Viernes 24/05/2019 .....	78
Figura 5.14: Gráfico De Concentración De Pm10 El Viernes 24/05/2019 .....	79
Figura 5.15: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Domingo 26/05/2019 .....	80
Figura 5.16: Gráfico De Concentración De Pm10 El Domingo 26/05/2019 .....	80
Figura 5.17: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Lunes 10/06/2019 .....	82
Figura 5.18: Gráfico De Concentración De Pm10 El Lunes 10/06/2019 .....	82
Figura 5.19: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Miércoles 12/06/2019 .....	83
Figura 5.20: Gráfico De Concentración De Pm10 El Miércoles 12/06/2019 .....	84
Figura 5.21: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Viernes 14/06/2019 .....	84
Figura 5.22: Gráfico De Concentración De Pm10 El Viernes 14/06/2019 .....	85
Figura 5.23: Gráfico De Concentración De Pm2.5 El Domingo 16/06/2019 .....	85
Figura 5.24: Gráfico De Concentración De Pm10 El Domingo 16/06/2019 .....	86
Figura 5.25: Gráfica De Distribución Normal De La Prueba De Hipótesis Pm2.5 .....	92
Figura 5.26: Gráfica De Distribución Normal De La Prueba De Hipótesis Pm10 .....	94

## INDICE DE TABLA

Tabla 2.1: Límites De Inmisiones De Los Principales Contaminantes Del Aire (Conacyt, 2016). .....	36
Tabla 2.2: Valores Para El Índice De Calidad Del Aire (Marn, 2014).....	41
Tabla 2.3: Enfermedades Pulmonares Y Cardiovasculares Por La Exposición A Material Particulado (Marn, 2014) .....	42
Tabla 2.4: Escala De Intensidad Del Viento De Beaufort (Casals, 2017) .....	47
Tabla 4.1: Operacionalización De Variables.....	53
Tabla 4.2: Especificaciones Del Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker .....	58
Tabla 4.3: Cronograma De Actividades 2019 .....	65
Tabla 4.4 : Presupuesto De La Investigación .....	66
Tabla 5.1: Pluviosidad Registrada En La Semana 1 De Medición.....	74
Tabla 5.2: Pluviosidad Registrada En La Semana 2 De Medición.....	81
Tabla 5.3: Pluviosidad Registrada En La Semana 3 De Medición.....	87
Tabla 5.4: Valores De Pm2.5 Y Pm10 Semana 1.....	87
Tabla 5.5: Valores De Pm2.5 Y Pm10 Semana 2.....	89
Tabla 5.6: Valores De Pm2.5 Y Pm10 Semana 3.....	90
Tabla 5.7: Prueba T Para Dos Muestras Suponiendo Varianzas Desiguales. Pm2.5 .....	92
Tabla 5.8: Prueba T Para Dos Muestras Suponiendo Varianzas Desiguales. Pm10 .....	93

## Índice de Abreviaturas

AMSS: Área Metropolitana de San Salvador.

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental).

FMO: Facultad Multidisciplinaria Oriental.

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

ISS: International Space Station (Estación Internacional Espacial).

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

NASA: National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio).

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica).

NSO: Norma Salvadora Obligatoria.

OMM: Organización Meteorológica Mundial.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

P<sub>H</sub>: Potencial de Hidrogeno.

PM: Material particulado.

PTS: Partículas Totales Suspendidas.

RAYOS UV: Rayos Ultravioleta.

REDCA: Red de Monitoreo de calidad del Aire.

UES: Universidad de El Salvador.

## Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar si existe diferencia entre el nivel de concentración en el aire de material particulado (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>) medido en la Facultad Multidisciplinaria Oriental (FMO) y el establecido por normativas de calidad del aire en la norma NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019 y se desarrolló al costado sur de la biblioteca de la FMO de la Universidad de El Salvador (UES). Las mediciones se realizaron en 3 semanas. La semana 1 del 29/04/19 al 05/05/2019, semana 2 del 20/05/2019 al 26/05/19 y la semana 3 del 10/06/2019 al 16/06/2019; los días de lunes, miércoles, viernes, y domingos durante 24h en intervalos de 0.5h cada medición. Las concentraciones de PM se midieron con un detector de calidad del aire portátil Elitech Temtop M2000 ubicado a una altura de  $(1.5000 \pm 0.0001)$  m, la velocidad del viento se midió con la estación meteorológica portátil Nielsen-Kellerman Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker y la dirección del viento con una veleta. Los valores de PM medidos son menores a los establecidos por la norma NSO. Se realizó una prueba de hipótesis t de student para determinar el nivel de significancia de los datos, obteniéndose así, que los valores medidos si son significativamente diferentes a los de la norma antes dicha. Rechazando la hipótesis nula, comprobando que sí existe diferencia entre los valores de la norma y los medidos en la FMO y concluyendo que dichos valores medidos son significativamente menores a los de la norma. Se determinó que la calidad del aire en la UES-FMO es buena según el índice centroamericano de calidad del aire (ICCA).

**Palabras clave:** Material particulado, Concentración, viento, calidad del aire

**Abstract:**

The objective of the study was to determine if there is a difference between the level of concentration in the air of particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>) measured in Facultad Multidisciplinaria Oriental (FMO) and that established by air quality regulations in the NSO 13.11.01: 01 in the period from March to September 2019 and was developed on the south side of the FMO library of the Universidad de El Salvador (UES). Measurements were made in 3 weeks. Week 1 from 04/29/19 to 05/05/2019, week 2 from 05/20/2019 to 05/26/19 and week 3 from 06/10/2019 to 06/16/2019; Mondays, Wednesdays, Fridays, and Sundays for 24 hours at 0.5-hour intervals each measurement. PM concentrations were measured with an Elitech Temtop M2000 portable air quality detector located at a height of  $(1.5000 \pm 0.0001)$  2 m, wind speed was measured with the Nielsen-Kellerman Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker portable weather station and the wind direction with a weather vane. The measured PM values are lower than those established by the NSO standard. A student's t hypothesis test was carried out to determine the level of significance of the data, thus obtaining that the measured values are significantly different from those of the afore mentioned norm rejecting the null hypothesis, checking that there is a difference between the values of the norm and those measured in the FMO and concluding that said measured values are significantly lower than those of the norm. The air quality in the UES-FMO was determined to be good according to the Central American Air Quality Index (ICCA).

**Keywords:** Particulate matter, Concentration, wind, air quality

## Introducción

La finalidad de la presente investigación fue determinar si existe diferencia entre la concentración de material particulado PM2.5 y PM10 medido en la FMO y el valor de la norma NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019. Esta investigación es de tipo descriptiva, exploratoria, experimental, según su ubicación en el tiempo se clasificó como transversal, según su enfoque se clasificó como cuantitativa, y según el lugar la investigación se clasificó como de campo.

La estructura de la presente investigación es la siguiente:

El capítulo 1, el planteamiento del problema, comprende: situación problemática, antecedente del problema, enunciado del problema, pregunta específica, justificación del tema, objetivo general y específicos, delimitaciones. En el capítulo 2, marco teórico, se aborda la teoría necesaria para fundamentar la investigación. En el capítulo 3, sistema de hipótesis, se plantean las hipótesis de la investigación. En el capítulo 4, diseño metodológico, se muestra la ubicación geográfica, se describe el tipo y diseño de la investigación, las técnicas de recolección de datos, el procedimiento experimental, el análisis de los datos obtenidos, los resultados esperados, las consideraciones éticas necesarias para la realización de la investigación, sus riesgos y beneficios, los recursos financieros, el cronograma de actividades y el presupuesto destinado para el desarrollo de la investigación. En el capítulo 5, presentación y análisis de los resultados, se presentan los resultados de la investigación, la información se muestra en gráficos, y las pruebas de hipótesis mediante el uso de la prueba t de Student. En el capítulo 6 conclusiones y

recomendaciones, se muestran las conclusiones del trabajo de investigación y recomendaciones para futuras investigaciones en el área de contaminación del aire. En la bibliografía se presentan las fuentes de todo el fundamento teórico del estudio, y en los anexos se muestran las tablas de recolección de datos, gráficos de velocidad del viento, y acuerdos relacionados al estudio.

# Capítulo 1 : Planteamiento del Problema

## 1.1 Situación Problemática

Las partículas totales suspendidas (PTS) son el contaminante más crítico en función de la salud humana y constituye la mayor amenaza. Estas son partículas que se encuentran dispersas en la atmósfera que provienen de sustancias orgánicas e inorgánicas de diferente tamaño y composición, las cuales pueden ser sólidas o líquidas (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

La OMS determinó la carga de morbilidad atribuible a los riesgos ambientales más importantes a nivel mundial y regional, y se estimó el número de fallecidos y enfermos por causa de factores como el uso de agua insalubre y un saneamiento deficiente, o la contaminación del aire en locales cerrados y del aire exterior (Salud, 2006). En El Salvador, la calidad del aire ha venido deteriorándose con altos niveles de polución, dado a diversos factores como el crecimiento poblacional, aumento de flota vehicular, hábitos de quema agrícola, quema de desechos sólidos entre otros. (Alvarado, 2017).

Según las estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica provoca en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo 3.7 millones de defunciones prematuras cada año; esta mortalidad se debe a la exposición a pequeñas partículas de 10 micrones de diámetro (PM10) o menos, que pueden causar cardiopatías, neuropatías, y cáncer. El MARN ejecuta un monitoreo del aire urbano en el área metropolitana de San Salvador (AMSS) a través de la red de monitoreo de Calidad del Aire (REDCA) (MARN, 2018).

Las industrias azucareras son fuentes fijas de contaminación atmosférica, ya que son responsables de emitir al aire circundante ciertos contaminantes críticos a la salud, tales

como: PM, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, cenizas, humos, entre muchos otros, como resultado del procesamiento de la caña de azúcar, los cuales son capaces de afectar ocasionar de las perjuicios y deterioro a los ecosistemas. (Alvarado, 2017)

En el año 2000, más de dos mil estudiantes se tomaron la Ruta Militar, a la altura de la compañía azucarera más cercana, en protesta ante la contaminación que sufren en la sede de la Universidad Nacional. Los manifestantes afirmaron que dicha compañía es el causante de los problemas respiratorios de los alumnos, los ruidos y la contaminación que afectan las instalaciones de la universidad, ubicada sobre el kilómetro 144. (Zelaya, 2000). La medida pretendía presionar a las autoridades del ingenio para que se revisaran los filtros de las chimeneas de manera que se minimizara la contaminación. La protesta finalizó con desordenes entre los estudiantes y empleados del ingenio. Pese a los conatos de violencia, se logró la creación de una comisión de alto nivel universitario y del ingenio, que desarrollaron una serie de reuniones e inspecciones.



Figura 1.1: Cercanía que existe entre el Ingenio Azucarero y la FMO

Hubo el compromiso de colocar (en un período de un mes) silenciadores para disminuir el ruido (Gómez, 2002). En la figura I.1 se observa la cercanía que tiene la compañía azucarera con la FMO.

Esta ruta sirve de salida e ingreso de vehículos de todo tipo a la ciudad de San Miguel, el tráfico vehicular en esta zona se muestra en la figura 1.2

Durante su circulación todos los automotores debido a su combustión interna emiten material particulado (INECC, 2016) al aire circundante, por tanto, todos los vehículos que ingresan o salen de la universidad contaminan la FMO especialmente las zonas más cercanas a la calle principal, en la cual toda la comunidad universitaria (personal docente, administrativos y estudiantes) está expuesta.



Figura 1.2: Flujo vehicular frente a la FMO

Se estaba realizando la construcción de un edificio de dos plantas para aulas que se está realizando sobre la zona oeste de la FMO UES. Se trata de un edificio de aulas "Este edificio esta denominado para aulas en general con capacidad para unos 550 estudiantes cómodamente sentados, ya que consideramos que es urgente resolver el problema de aulas

que tiene esta facultad para poder brindar mejores condiciones académico-formativas para los estudiantes y mejores condiciones de enseñanza para la docencia" Explicó el Decano del FMOUES. (Reyes, 2012). Esto se puede observar en la figura 1.3 (FMO UES San Miguel, 2018) .



Figura 1.3: Construcción de edificio para aulas de la FMO

Esta fuente de contaminación del aire a pesar de no ser permanente, dado su localización al interior de la FMO afecto en menor medida la salud de la comunidad universitaria, principalmente a los docentes y estudiantes que permanecen cerca o utilizan los laboratorios I y II de la Sección de Física, el departamento de Ingeniería y Arquitectura, el laboratorio de suelos de Ingeniería y en el edificio de Medicina I; la presencia de árboles alrededor de estos lugares pudieron atenuar el impacto de los contaminantes PM como se muestra en la figura I.4.

Durante el proceso de cualquier obra construcción el viento actúa sobre el suelo y los materiales de construcción tales como el cemento en polvo, bloques de cemento, madera, entre otros; provocando en ellos erosión y emitiendo partículas diminutas al aire,

esto convierte el desarrollo de una obra de construcción en un potencial emisor de partículas inhalables de todo tipo incluyendo  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  (Wallky8520, 2014)

Toda la maquinaria pesada ahí utilizada levanta grandes cantidades de material particulado a la atmósfera depositándose así sobre los laboratorios de la Sección de Física, los salones de clase del Departamento de Medicina y Departamento de Ingeniería y Arquitectura, y en general, sobre la zona suroeste de la universidad, como se puede ver en la figura I.5.

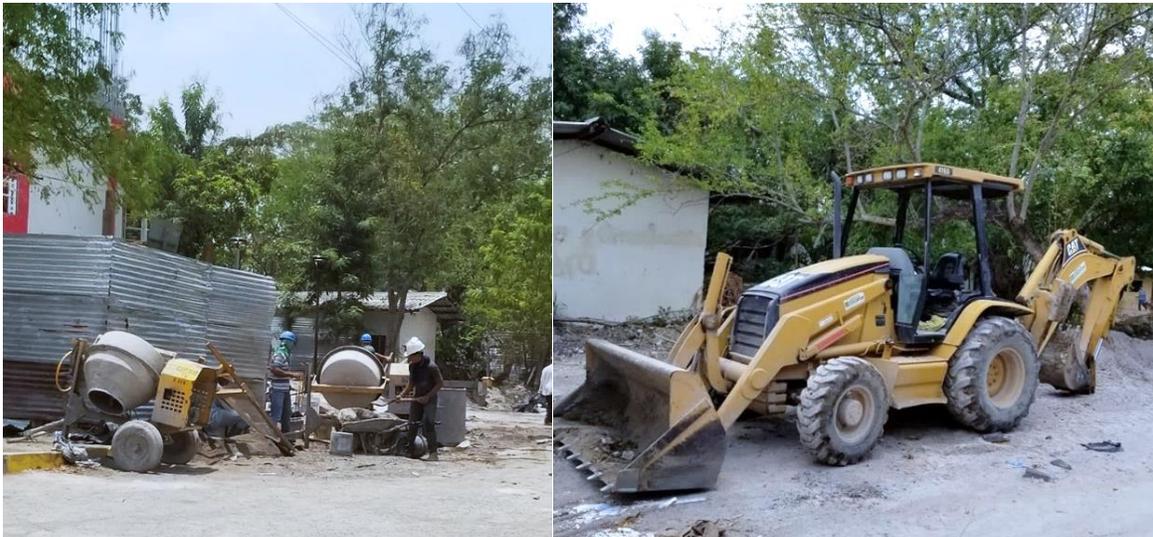


Figura 1.4: Maquinaria pesada, utilizada en la construcción del edificio de aulas

## 1.2 Antecedentes de la Investigación

María del Carmen Castillo e Irma Lucia Vides realizaron la investigación: “Estudio de calidad del aire y síntomas de enfermedades respiratorias en la Facultad Multidisciplinaria Oriental” con el objetivo de estudiar la calidad del aire y síntomas de enfermedades respiratorias en esta facultad, midieron las concentraciones de partículas contaminantes del aire: PTS (partículas totales suspendidas)  $PM_{10}$  y algunos gases

contaminantes:(dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y ozono) en época de zafra, no zafra y las compararon con las normas de calidad del aire (Castillo y Vides, 2001).

Se determinaron valores de material particulado en la FMO; obteniendo resultados verídicos sobre la calidad del aire en época de zafra y no zafra. Se determinó que, en período de zafra, la calidad del aire disminuye a comparación de la época de no zafra como se muestra en la figura 1.6 (Castillo y Vides, 2001)

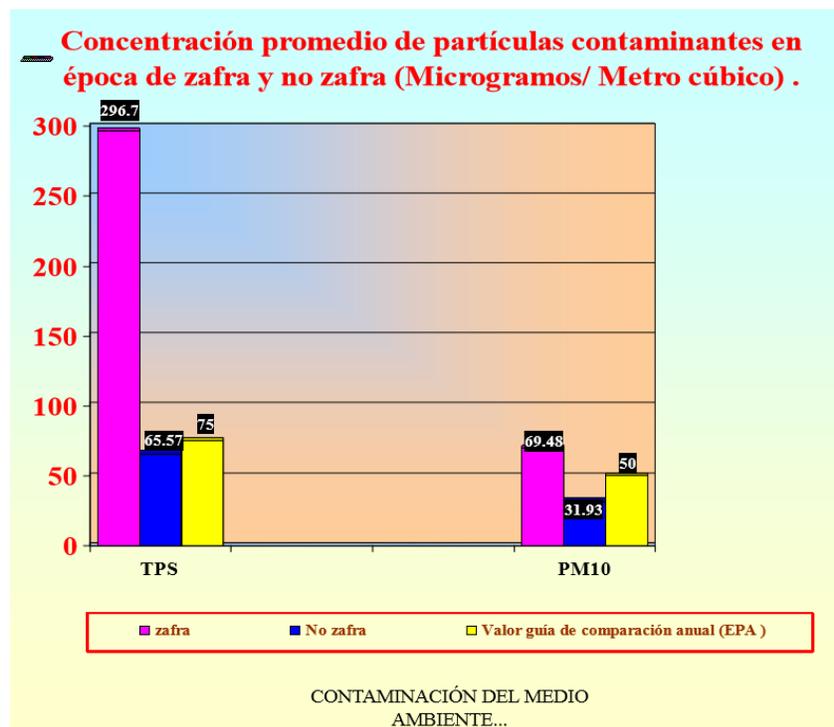


Figura 1.5: Concentración promedio de partículas contaminantes en época de zafra y no zafra (microgramos/metro cúbico) (Castillo y Vides, 2001)

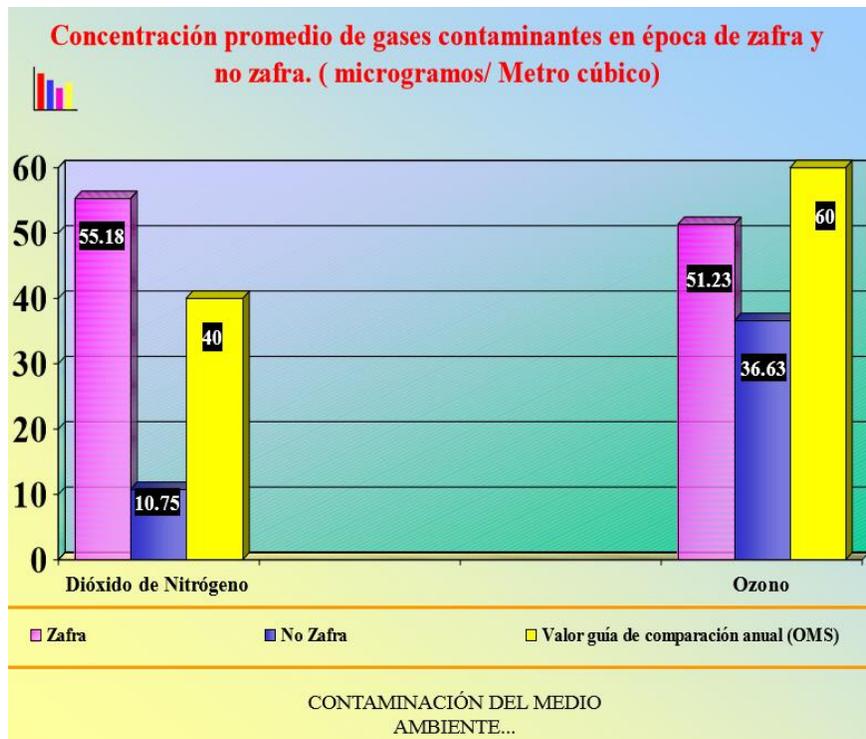


Figura 1.6: Concentración promedio de gases contaminantes en época de zafra y no zafra (microgramos/metro cúbico) (Castillo y Vides, 2001).

En período de zafra se encontraron concentraciones altas de TPS y PM10 que superan los valores permisibles de la calidad de aire establecidas por la Agencia de Protección ambiental, o con sus siglas en ingles EPA (Environmental Protection Agency). La concentración de dióxido de nitrógeno en período de zafra fue mayor que el valor guía de comparación establecido por el CONACYT, estos permitieron indicar que existe un deterioro a la calidad del aire en la FMO. La población estudiada manifestó en época de zafra un mayor número de días con síntomas de enfermedades respiratorias tales como: tos, nariz tapada, ardor de garganta, cansancio al respirar, pecho socado y otros síntomas como ardor de ojos (Castillo y Vides, 2001).

En junio de 2012 Cesar Augusto Arciniegas realizó la investigación “Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10” con el objetivo de presentar una revisión bibliográfica de los impactos asociados con partículas presentes en la atmósfera, los equipos para su monitoreo, aplicaciones tecnológicas complementarias y tecnologías de control.

Se concluyó que las consecuencias relacionadas con la presencia de altos niveles de material particulado en la atmósfera, están altamente relacionadas con enfermedades cardiorrespiratorias en el hombre, deterioro de materiales y otros efectos. (Suárez, 2012).

En 2006 Luisa María Gómez Yanes, Marvin Geovany Zelaya Manzano, José Alexander Zuniga Gutiérrez en su trabajo de graduación de la Universidad de El Salvador, realizaron una investigación que tenía como objetivo determinar las consecuencias legales y económicas del funcionamiento del Ingenio Chaparrastique bajo los presupuestos del desarrollo sostenible. Así como identificar las causas que generan limitantes de naturaleza jurídica en la aplicación de la legislación administrativa, relacionada con la tutela del Medio Ambiente, en el caso del Ingenio Chaparrastique. (Gómez et al., 2006)

Obtuvieron que El Funcionamiento de los diferentes Ingenios Azucareros no se encuentran regulado por ninguna Ley Especial, si no que para ello se aplican otras normas del derecho administrativo como: el Código de Salud, Ley del Medio Ambiente y diversos decretos, las cuales no poseen regulaciones específicas sobre la problemática estudiada, únicamente presentan generalidades sobre el discurso ambiental; por lo cual deja al arbitrio de las personas que están tras el manejo de esta institución la forma en que se realizará su funcionamiento, situación que produce maltrato o deterioro en las condiciones ambientales mínimas para gozar de una calidad de vida óptima sin probables estragos en la salud e

integridad física, no solo en la población actual sino también en las generaciones futuras, imposibilitando el desarrollo sostenible en relación con el funcionamiento óptimo del Ingenio Chaparrastique.

No existe Conciencia Social en las personas encargadas del funcionamiento de los Ingenios, puesto que constantemente violentan el primordial Derecho del Medio Ambiente que los y las migueleñas ostentan, ya que el objeto prioritario del funcionamiento es buscar el equilibrio necesario entre el Medio Ambiente y el avance de la agroindustria azucarera, bajo lineamientos de Desarrollo Sostenible, ello porque no obtienen la maquinaria necesaria a través de la cual puedan minimizarse el impacto ambiental ocasionado con la producción azucarera, provocado con el obsoleto equipo que en la actualidad poseen, sin prestar atención a las quejas de la población que reside en los alrededores de dicho Ingenio, incumpliendo constantemente de las normas ambientales mínimas que se encuentran señaladas en las Leyes, entre ellas una de las más importantes es la ubicación geográfica de este lugar.

La sociedad migueleña se encuentra disgregada al momento de buscar soluciones concretas al problema ambiental originado por el funcionamiento del Ingenio Chaparrastique, en vista que hasta éste momento no se han utilizado los mecanismos idóneos que pueden surgir de la participación ciudadana que se brinda en determinadas instancias, para buscar la erradicación de dicho problema, pues es necesario un esfuerzo conjunto de toda la población afectada, que con el apoyo de instituciones gubernamentales o no gubernamentales podrían lograr cambios trascendentales en la agudísima problemática estudiada, porque a través de acciones concretas se puede conseguir mayor atención por parte de las dependencias estatales que según los mandatos legales deben

actuar en pro del beneficio colectivo y no del interés de los grupos minoritarios que se encuentran instalados en los círculos de poder.

El Ingenio Chaparrastique genera ingresos factibles para la economía nacional, asimismo constituye el medio de subsistencia de varios salvadoreños y salvadoreñas, por ello se dificulta el cese de su funcionamiento de manera total, ya que deben tomarse las medidas normativas orientadas a una producción bajo parámetros de sustentabilidad ambiental, debiendo prestarse atención a los problemas de impacto ambiental que se generan; en ese sentido debe equilibrarse ambos extremos; para ello se debe acudir al apoyo financiero y tomar ejemplos comparativos con otros países, donde sí se establecen patrones ambientales que ayudan a minimizar las quejas de la ciudadanía en cuanto al Medio Ambiente, sin dejar por fuera el aspecto económico, e inclusive dichos aportes ayudan a reforzar otros sectores de la sociedad ya que sin estas políticas de acción reacción no es posible conseguir un desarrollo económicamente sostenible.

### **1.3 Enunciado del problema**

¿Existe diferencia entre los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental y los establecidos en la norma salvadoreña NSO

13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019?

Preguntas Específicas:

¿Los valores medidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán iguales a los establecidos en la norma salvadoreña NSO

13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019?

¿Los valores medidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán mayores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019?

¿Los valores medidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán menores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019?

#### **1.4 Justificación**

Esta investigación científica es un aporte para la zona oriental del país, ya que se carece de este tipo de estudios, documentos regionales o investigaciones anteriores en los que se registre la concentración de material particulado suspendido en el aire, debido a lo dañino que puede ser para la salud la constante exposición a este tipo de contaminante, y considerando también lo cerca que se encuentra la FMO de una fuente fija de material particulado como lo es la compañía azucarera.

Realizar esta investigación tiene gran importancia para la comunidad universitaria debido a que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) expresa que la inhalación de los contaminantes PM2.5 Y PM10 constituye un gran riesgo a la salud del ser humano, sobre todo para los grupos más susceptibles como los niños, los ancianos y las familias de pocos ingresos y con un acceso limitado a la asistencia médica. Esto puede potenciarse en menor o mayor medida debido al tiempo de exposición y frecuencia diaria de inhalación (OMS, 2018c).

Otro motivo para realizar la investigación fue que en ese momento en las instalaciones de la FMO se estaba dando un proceso constructivo de un edificio de dos

plantas para aulas, el cual se estaba dando en la zona oeste de la Universidad. Dicha construcción afectaba de manera directa a toda la población estudiantil y personal docente, ya que toda construcción genera material particulado. Todas las personas se veían obligadas a caminar sobre la calle principal de la UES expuestos a material particulado, etc. Al ser material selecto seco, el viento se encargaba de esparcir residuos del material que extraen o ingresan al terreno de la construcción por la calle principal de entrada a la FMO, por lo cual, cada vehículo que ingresa o sale de la UES, tiene contacto con esos residuos y prolongará su tiempo suspendido en el aire.

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### ***1.5.1 Objetivo General***

Comparar si existe diferencia al entre los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental con los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019.

### ***1.5.2 Objetivos Específicos***

Evaluar si los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental son iguales a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019.

Determinar si los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental son mayores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019.

Estimar si los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental son menores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019.

## 1.6 Limitaciones

El instrumento de medición adquirido no permite exportar los datos al ordenador, ni tampoco almacenarlos en él. Por lo cual se debieron tomar mediciones presenciales durante 24h.

## 1.7 Delimitaciones

1.7.1 *Delimitación Espacial*: Se realizó en el costado sur de la biblioteca de la UES FMO.



Figura 1.7: Delimitación espacial del estudio

1.7.2 *Delimitación Temporal*: se realizó en el período comprendido de marzo de 2019 a septiembre de 2019.

1.7.3 *Delimitación De Contenido*: concentración de PM2.5 y PM10 suspendido en el aire, clasificación de material particulado, norma NSO 13:11:01.01.

## Capítulo 2 : Marco Teórico

### 2.2 Estructura de la atmósfera

La atmósfera de la Tierra tiene una estructura en capas. Enumerando desde la superficie terrestre hacia el espacio exterior, las capas de la atmósfera son: la tropósfera, estratósfera, mesósfera, termosfera y exósfera. Otra capa, llamada ionósfera, se extiende desde la mesósfera a la exósfera. Más allá de la exósfera está el espacio exterior, como se ilustra en la figura 2.2. (capasdelatierra.org, s.f.).

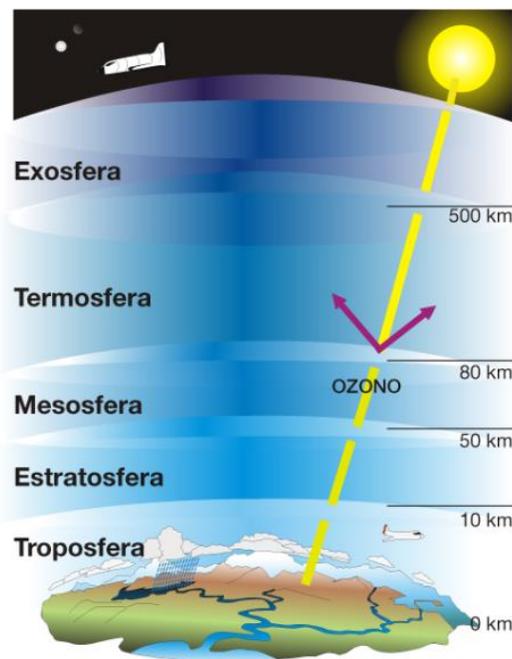


Figura 2.1: Capas de la atmósfera (Real, 2017)

#### Tropósfera

La tropósfera es la capa atmosférica más baja. Su espesor es aproximadamente 10 km de altura. Casi todo el clima se desarrolla en esta capa, debido a que contiene el mayor volumen de vapor de agua de la atmósfera.

## **Estratósfera**

La estratósfera se extiende desde la tropopausa, Su espesor es aproximadamente 40 km sobre la superficie de la tierra. Esta capa es crucial para la vida en la Tierra porque contiene pequeñas cantidades de ozono, cuya función es impedir que los rayos dañinos UV lleguen a la tierra; la región dentro de la estratósfera donde se encuentra esta delgada capa se llama capa de ozono.

## **Mesósfera**

Esta capa se extiende desde la estratopausa (el límite superior de la estratósfera) a unos 85 kilómetros sobre la superficie de la Tierra. La mayoría de las estrellas fugaces se queman antes de entrar en la estratósfera o la tropósfera. En esta capa se pueden ver estrellas fugaces, meteoros ardientes, polvo y rocas del espacio exterior.

(capasdelatierra.org, s.f.)

## **Ionósfera**

La ionósfera se extiende desde la mitad superior de la mesósfera hasta la exósfera. Esta capa atmosférica conduce la electricidad, absorbe las ondas de radio de alta frecuencia y refleja las partículas del viento solar. En esta capa se crean las auroras, llamadas también luces del Norte y del Sur.

## **Termósfera**

La termósfera es la capa más gruesa de la atmósfera. Contiene los gases más ligeros, principalmente oxígeno, helio e hidrógeno. En esta capa es donde orbita el Telescopio Espacial Hubble y la Estación Espacial Internacional (ISS).

## **Exósfera**

En el límite superior de la exósfera, la ionósfera se fusiona con el espacio interplanetario o espacio entre los planetas. Muchos satélites meteorológicos orbitan la tierra en la exósfera. (capasdelatierra.org, s.f.)

### **2.1 Descripción de la atmósfera terrestre**

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea a la Tierra. Esta capa sella y protege al planeta del vacío del espacio, especialmente de la radiación electromagnética emitida por el Sol y de pequeños objetos que vuelan a través del espacio, como los meteoritos. (capasdelatierra.org, s.f.).

La temperatura varía considerablemente a diferentes alturas. Las temperaturas más frías se encuentran cerca de la mesopausa, a aproximadamente 80 km sobre la superficie, alcanzando valores tan bajos como  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Algunas de las temperaturas más cálidas se pueden encontrar en la termósfera, que recibe una fuerte radiación ionizante al nivel de los cinturones de radiación de Van Allen. Las temperaturas en la termósfera superior pueden oscilar entre  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $2.000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La temperatura promedio global del planeta oscila alrededor de  $15^{\circ}\text{C}$ . (capasdelatierra.org, s.f.)

La atmósfera de la Tierra tiene alrededor de 480 km de espesor, la mayor parte de su masa se encuentra en las primeras 16 km desde la superficie. La atmósfera actúa como un filtro gigantesco que repele a la mayoría de las radiaciones ultravioletas y absorbe parcialmente los rayos cálidos del sol. La radiación ultravioleta es dañina para los seres vivos, de hecho, es la causante de las quemaduras solares.

El calor solar que atraviesa la atmósfera es necesario para toda la vida en la Tierra. Los límites entre las capas atmosféricas no están claramente definidos, y cambian según la latitud y la estación. (capasdelatierra.org, s.f.)

Esta capa terrestre está tan dispersa que apenas la notamos, pero su peso es igual al de una capa de agua de más de 10 m de profundidad que cubre todo el planeta. Los últimos 30 km de la atmósfera contienen aproximadamente el 98% de su masa. La atmósfera es mucho más delgada a gran altura.

No existe un límite claro entre la atmósfera y el espacio, sin embargo, los científicos concuerdan en que la atmósfera y el espacio exterior se encuentran en una línea imaginaria, llamada línea Karman, que se ubica a unos 100 km de la superficie.

### **2.3 Contaminación atmosférica**

La contaminación es considerada como “la presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general, conforme lo establece la ley”. (Ley de Medio Ambiente, 1998).

En la Ley de Medio Ambiente de El Salvador (1998), se le llama contaminante a toda materia, elemento, compuesto, sustancias, derivados químicos o biológicos, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos en cualquiera de sus estados físicos que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del ambiente, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad, poniendo en riesgo la salud de las personas y la preservación o conservación del ambiente (Asamblea Legislativa, 1998).

El tema de la contaminación ambiental en los últimos años ha tenido mayor atención por parte de todos los sectores (social, gubernamental, industrial, etc.). Todas las actividades del hombre, el metabolismo de la materia viva y los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la tierra van acompañados de emisiones de gases, de vapores, de polvos o aerosoles que quedan en suspensión en la atmósfera (Castillo y Rivera, 2004).

Los principales contaminantes de la atmósfera producidos por el hombre son los productos de la combustión, liberados en cantidades cada vez mayores por causa de combustibles para la calefacción doméstica e industrial, el transporte y otras aplicaciones (Castillo y Rivera, 2004).

## **2.4 Clasificación de contaminantes atmosféricos**

Entre los contaminantes atmosféricos se encuentran:

- a) **Partículas en suspensión:** son sustancias sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en el aire formadas por polvo, polen, humo y hollín. Aunque la mayoría proceden principalmente del tráfico vehicular, generadas por la combustión de motores. Se suelen distinguir por su tamaño, a las partículas más grandes se les llama PM10 y a las partículas más pequeñas PM 2,5. (Consejería de medio ambiente, 2008).
- b) **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>):** es un gas incoloro no inflamable formado por partículas de azufre y de oxígeno. Se producen principalmente por la combustión de procesos industriales, tráfico de vehículos y calderas de calefacción. Si se combina con el

agua presente en la atmósfera hace que se genere la llamada lluvia ácida, causante de daños en infraestructuras y construcciones.

- c) Compuestos orgánicos Volátiles (COV's): son compuestos formados por una molécula de carbono y uno de las siguientes moléculas: hidrógeno, halógenos, oxígeno, azufre, fósforo, silicio o nitrógeno. Son producidos de forma natural y también mediante actividades como el transporte. Estos compuestos contribuyen a la formación de ozono y smog fotoquímico.
- d) Óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ): son compuestos formados por nitrógeno y oxígeno. Aunque existe una gran variedad de este tipo de compuestos, los dos que son estudiados en la calidad del aire son el monóxido de nitrógeno (NO) importante gas de efecto invernadero y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) principal causante de la lluvia ácida.
- e) Monóxido de Carbono (CO): es el contaminante que se encuentra en mayor concentración en la atmósfera. Es un gas inflamable, insípido e incoloro. Se produce principalmente por la combustión de motores (tráfico) aunque la mayor parte de este gas se encuentra de forma natural en la atmósfera (Consejería de medio ambiente, 2008).
- f) Ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ): Es un constituyente natural del aire. Es un gas azulado, de olor agradable, compuesto por tres átomos de oxígeno. Se forma de una manera natural en la estratósfera. Tiene efectos positivos porque protege de las radiaciones de alta intensidad emitidas por el sol. El  $\text{O}_3$  cuando se sitúa en la tropósfera, y es tóxico a concentraciones elevadas. El  $\text{O}_3$  se forma por la presencia de luz solar, óxidos de nitrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles, emitidos de forma natural en los volcanes, los incendios, o las tormentas, pero también derivados del

tráfico o los procesos industriales. Como efectos sobre el ser humano, el aparato respiratorio es el principal perjudicado

- g) Metales pesados: son considerados en este grupo el arsénico, el cadmio, el cromo, el cobre el mercurio, el níquel, plomo, selenio, vanadio y zinc. La mayor parte de ellos están formados por partículas finas, procedentes de la combustión del carbón y en menor medida de otros combustibles. El metal pesado más importante en la contaminación atmosférica es el plomo (Pb), el cual tiene la capacidad de formar compuestos orgánicos. Como característica principal resalta que puede permanecer durante un largo período en los ecosistemas sin degradarse (Consejería de medio ambiente, 2008).

## **2.5 Clasificación de la contaminación atmosférica según su origen**

Los distintos contaminantes atmosféricos se clasifican en contaminantes primarios, y secundarios (Envira, 2019).

- a) Contaminantes primarios: Son aquellos que se originan en un punto de emisión, que revisten gran importancia por causar efectos notables sobre la salud o ser indicadores de contaminación, ellos son: humo y materia en suspensión  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , CVO, monóxido de carbono CO, PTS etc. Dentro de esta clasificación se encuentran los emitidos por los ingenios azucareros, ya que por la naturaleza de sus actividades estos generan: cenizas, humos, óxidos de azufre, dióxido de carbono.
- b) Contaminantes secundarios: Son los contaminantes primarios que al tener contacto con la atmósfera tienen reacciones químicas uniéndose a otros componentes, como: ácido sulfúrico y sulfatos, ozono y otros contaminantes fotoquímicos. Una de las transformaciones más importantes que ocurre es la solución y oxidación del  $\text{SO}_2$

que produce ácido sulfúrico y sulfatos. La solución puede producirse en superficies libres de agua o terrenos húmedos y otras superficies sólidas, en la vegetación, y en las gotas de agua que compone la niebla, la lluvia y las nubes (Castillo y Rivera, 2004).

## 2.6 Clasificación de la contaminación atmosférica según su tipo.

Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes las naturales y las antropogénico o artificiales.

- a) Las fuentes naturales: son factores que contaminan independientemente de las actividades humanas, como los vientos que producen polvaredas, las erupciones volcánicas, la erosión del suelo, los incendios forestales.
- b) Las fuentes artificiales o antropogénicas: son las que contaminan a causa de actividades humanas y esta última clasificación comprende las fuentes fijas y móviles (Inche, 2009).

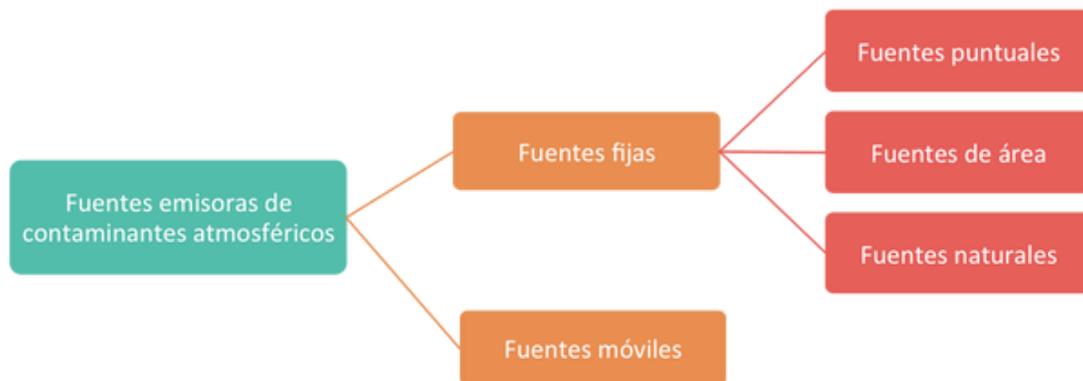


Figura 2.2: Fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos (Padilla, 2016)

## 2.7 Fuentes de contaminación del aire

a) Fuentes fijas: Las fuentes fijas o estacionarias son las establecidas en un solo lugar y que tiene como propósito desarrollar procesos industriales, comerciales, de servicio o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera (Inche, 2009).

- Fuentes puntuales: Derivadas de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales como son: la química, textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras. Las emisiones derivadas de la combustión utilizada para la generación de energía o vapor, dependen de la calidad de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento del equipo y de la presencia de equipo de control al final del proceso (filtros, precipitadores y lavadores, entre otros). Los principales contaminantes asociados a la combustión son partículas ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  e hidrocarburos).
- Fuentes de área: Incluyen la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos, tales como el consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, distribución y almacenamiento de gas licuado del petróleo (gas LP), principalmente. Esta fuente también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros. En este tipo de emisión se encuentra un gran número de contaminantes, de muy variado nivel de impacto en la salud.

- Fuentes naturales: Se refiere a la generación de emisiones producidas por volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales. En particular a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que se les denomina emisiones biogénicas, cuyo papel es importante en la química de la tropósfera al participar directamente en la formación de ozono. Las emisiones biogénicas incluyen óxido de nitrógeno, hidrocarburos no metano génicos, metano, dióxido y monóxido de carbono y compuestos nitrogenados y azufrados (INECC, 2007).

#### b) Fuentes Móviles

Ejemplos de fuentes móviles son los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tracto camiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, que por su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. La fuente móvil incluye a todos los vehículos automotores, la NSO para fuentes fijas se refiere básicamente a las emisiones de automóviles y camiones. Los motores de los vehículos son los responsables de las emisiones de CO, de compuestos orgánicos volátiles, material particulado, SO<sub>2</sub>, y NO<sub>x</sub>, producidos durante la combustión. (INECC, 2007).

En los países en vías de desarrollo, el crecimiento de la población, el dinamismo de la economía y el aumento del parque vehicular son factores que inciden sobre el aumento en los niveles de contaminación atmosférica, superando en la mayoría de los casos los estándares establecidos por la OMS. (Ferrer y Escalante, 2009).

## **2.8 Impactos medioambientales de los proyectos de construcción**

Cualquier proyecto de desarrollo para mejorar la calidad de vida conlleva impactos positivos y negativos. Los proyectos de desarrollo deberían planificarse de manera que produzcan la mayor cantidad de impactos positivos y un mínimo de impactos negativos sobre el medioambiente. La predicción de los impactos medioambientales causados por la construcción en las primeras etapas del proyecto puede conducir al mejoramiento del comportamiento medioambiental de los proyectos y obras de construcción. Se espera que la construcción produzca daños en el frágil medioambiente debido a los impactos adversos de la construcción, entre los que se encuentran el agotamiento de los recursos, pérdida de la diversidad biológica debido a la extracción de materias primas, vertido de residuos, menor productividad laboral, efectos adversos para la salud humana debido a la mala calidad del aire interior, calentamiento global, lluvia ácida y esmog causado por las emisiones generadas por la fabricación de productos para la construcción y el transporte que consume energía. Los impactos medioambientales están clasificados en tres categorías: impactos sobre los ecosistemas, sobre los recursos naturales y sobre la comunidad.

- Impactos sobre los ecosistemas:

El polvo proveniente de una construcción es el impacto más importante que afecta al medioambiente y a las personas.

Existen tres tipos de polvo:

- a) Polvo producido por los vehículos: la entrada y salida de vehículos de la obra es una tarea muy importante, que genera una gran cantidad de contaminantes. El transporte de los materiales al lugar de la obra provoca mucho polvo o material particulado. Las ruedas de los vehículos contienen gran cantidad de material

particulado suspendido, tales como polvo, arena, arcilla y cemento. Estas materias quedan suspendidas en el aire, suelo y agua. Además, los vehículos transportan este material particulado fuera de la obra, lo que implica que no sólo se pueden enfermar los trabajadores sino también la comunidad. (Enshassi, Kochendoerfer y Rizq, 2014)

- b) Polvo provocado por las actividades de la construcción: La mayoría de las actividades de la construcción como excavaciones, rellenos, movimientos de tierra, blanqueo, pintura, azulejado, mezcla de hormigón y trabajos de acabado provocan un efecto adverso sobre el entorno, pues generan una gran cantidad de material particulado.
- c) Polvo provocado por los materiales de la construcción: Estos materiales son cemento, áridos, arena, arcilla, cal, madera y carbonato de calcio. Los trabajadores que laboran en la obra y emplean esos materiales tienen una alta exposición al polvo emitido por ellos. Diariamente, existe una gran cantidad de personas, que están expuestas y deben respirar ese polvo: trabajadores, vecinos y quienes usan las rutas próximas a las obras en construcción. El riesgo de exposición al polvo provocado por los vehículos, actividades de la construcción, fabricación o entrega de los materiales de construcción se debe a que producen problemas de salud, especialmente para quienes sufren problemas respiratorios, provoca la degradación del entorno, contaminación del aire, suelo y agua, nubla la visión, daña o ensucia las propiedades y pertenencias, y crea condiciones inseguras de trabajo

Los procesos constructivos que más impacto tienen para la generación de PM son la extracción residuos o ripio, la utilización de vehículos y maquinaria pesada, la preparación de cemento. la entrada y salida de vehículos de la obra es una tarea muy importante, que genera una gran cantidad de contaminantes. El transporte de los materiales al lugar de la obra provoca mucho polvo o material particulado. Las ruedas de los vehículos contienen gran cantidad de material particulado suspendido, tales como polvo, arena, arcilla y cemento. Estas materias quedan suspendidas en el aire, suelo y agua. Además, los vehículos transportan este material particulado fuera de la obra, lo que implica que no sólo se pueden enfermar los trabajadores sino también la comunidad (Enshassi, Kochendoerfer y Rizq, 2014).

La mayoría de las actividades de la construcción como excavaciones, rellenos, movimientos de tierra, blanqueo, pintura, azulejado, mezcla de hormigón y trabajos de acabado provocan un efecto adverso sobre el entorno, pues generan una gran cantidad de material particulado.

Estos materiales son cemento, áridos, arena, arcilla, cal, madera y carbonato de calcio. La fabricación de estos materiales provoca una exposición cautiva a esas emisiones. Esto significa que los trabajadores, administradores de fábricas y vecinos de esas industrias son los más perjudicados. Además, los trabajadores que laboran en la obra y emplean esos materiales tienen una alta exposición al polvo emitido por ellos. (Kumar, 2008) demuestra que el polvo de cemento contiene metales pesados como: níquel, cobalto, plomo y cromo, contaminantes peligrosos para el ambiente biótico, con impacto adverso para la vegetación, para la salud humana y animal y para los ecosistemas. Diversos estudios han demostrado que existe una relación entre la exposición al polvo de cemento, el deterioro crónico de la

función de los pulmones y los síntomas respiratorios en la población humana. El polvo de cemento irrita la piel, la mucosa de ojos y el sistema respiratorio. Su deposición en el tracto respiratorio provoca una reacción básica que aumenta los valores del pH que irrita las mucosas expuestas. La exposición al polvo de cemento ha sido asociada al incremento del riesgo de sufrir anormalidades del hígado, desórdenes pulmonares y carcinogénesis. (Enshassi, Kochendoerfer y Rizq, 2014).

- Efectos en los recursos materiales:

Eso significa que el consumo de materia prima es uno de los impactos más importantes que afecta al medioambiente. Estos hallazgos pueden ser interpretados como que el proceso de construcción necesita de mucha materia prima como arena, grava, arcilla, carbonato de calcio, agua, áridos, madera, hierro, asfalto, aluminio y combustibles para los vehículos. Dada la expansión de la construcción en el mundo, estas materias primas están agotando los recursos, lo que significa que el uso de materia prima debe ser controlado.

- Efectos sobre la comunidad

Este resultado puede ser interpretado como que las obras de construcción cierran calles y perturban los intereses de las personas. El transporte en la construcción provoca interrupción del tráfico debido al cierre de calles o caminos. Además, los encuestados estimaron que el ruido y la vibración producidos por las actividades de la construcción y el movimiento vehicular podían provocar trastornos sociales en los hogares, en el lugar de trabajo y a la hora de dormir. (Enshassi, Kochendoerfer y Rizq, 2014)

## **2.9 Partículas totales suspendidas (PTS)**

El material particulado (PM) son partículas inhalables que constituye los contaminantes atmosféricos más complejos, ya que engloban un amplio espectro de

sustancias, tanto sólidas como líquidas, procedentes de diversas fuentes, entre las que destacan las siguientes: polvo (producido por desintegración mecánica), humos (procedentes de combustiones), brumas (por condensación de vapor) y aerosoles (mezcla de partículas sólidas y/o líquidas suspendidas en un gas), los elementos que integran el material particulado varían según las fuentes locales (DKV, 2010).

Una partícula cualquier sustancia, excepto agua pura que, bajo condiciones normales. Pueden estar presentes en estado sólido o líquido en la atmósfera y tienen tamaño microscópico o submicroscópico mayor que las dimensiones típicas moleculares. Entre los constituyentes de la atmósfera, este contaminante es único en complejidad dado que es el resultado no solamente de la emisión directa de partículas sino también de ciertos gases que se condensan en forma de partículas directamente o sufren transformación química. Una descripción completa de las partículas atmosféricas requiere la especificación no solamente de su concentración sino también de su tamaño, composición química, fase y morfología

1. El análisis de partículas se basa en el diámetro de las mismas; las partículas se clasifican en: Partículas suspendidas totales (PST) diámetro hasta 100 micras
2. Inhalables o respirables (PM10), cuyo diámetro es menor a 10 micras
3. Finas con diámetro menor a 2.5 micras (PM2,5).
4. Ultra finas cuyo diámetro es menor a 1 micra (PM1).

Las fuentes de partículas suspendidas son diversas y abarcan desde las naturales, como polvo volcánico y tolvánicas, hasta las de origen antropogénico, que incluyen fábricas de acero, plantas de generación de energía, cementeras, fundidoras, obras de construcción y demolición, hornos y chimeneas que utilizan madera como combustible, áreas sujetas a erosión y motores diésel.

Las partículas pueden ser directamente emitidas de la fuente, las llamadas partículas primarias, o bien formarse en la atmósfera cuando en ésta reaccionan algunas sustancias (óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, amoníaco, compuestos orgánicos, etc.), siendo consideradas partículas secundarias. El estudio y la regulación ambiental de las partículas empezó centrándose en las PST, las cuales son menores de 100  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico (Perez Vidal, Lunagómez Rocha y Acosta Perez, 2010)

El término materia particulada se emplea con el propósito de definir la contaminación sólida y líquida que se encuentra dispersa en el aire. Esta contaminación consiste en partículas que poseen un diámetro más grande que el de una molécula. Este término engloba una mezcla compleja de partículas de aerosol, sólidas o líquidas y microscópicas, que se encuentran en suspensión en el aire y presentan diversas características físicas, diferentes composiciones químicas y muy variadas fuentes de emisión. El tamaño de éstas partículas existentes en la atmósfera es un factor importante en la determinación tanto de los efectos que producen como de las áreas afectadas, ya que establece su tiempo de permanencia en la atmósfera y la manera en que puede afectar a los seres vivos.

La composición química del material particulado varía mucho de unas partículas a otras, dependiendo fundamentalmente de su origen. Así las partículas de polvo procedentes del suelo contienen, principalmente compuestos de calcio, aluminio y silicio. El humo procedente de los procesos de combustión de materiales orgánicos y combustibles fósiles petróleo, madera y residuos domésticos contiene diferentes compuestos orgánicos, al igual que los humos procedentes de industria química o alimentaria (Rojas, 2004).

En los motores a diésel, las partículas son formadas debido a la formación de zonas de baja temperatura o de baja disponibilidad de oxígeno en el frente de llama durante la combustión. La calidad de la combustión depende, principalmente, de las características de la inyección del combustible, de las características de mezclado entre el combustible y el aire, y de la presencia de combustible y aceite lubricante en las paredes de la cámara de combustión y en los asientos de las válvulas de aire. En estas zonas, reacciones de pirolisis forman hidrocarburos policíclicos aromáticos, los cuales promueven la formación de estructuras de fulerenos que, al aglomerarse, forman partículas esféricas de entre 10 y 70 nm de diámetro. (Rojas, 2004).

## **2.10 Material Particulado**

Partículas (PM).

Las PM son un indicador representativo común de la contaminación del aire. Afectan a más personas que cualquier otro contaminante. Los principales componentes de las PM son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro de sodio, el hollín, los polvos minerales y el agua. Consisten en una compleja mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Las partículas con un diámetro de 10 micrones o menos ( $\leq$  PM10) pueden penetrar y alojarse profundamente dentro de los pulmones, existen otras partículas aún más dañinas para la salud, que son aquellas con un diámetro de 2,5 micrones o menos ( $\leq$  PM2.5). Las PM2.5 pueden atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo La exposición crónica a partículas contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer de pulmón (OMS, 2018a).

Las mediciones de la calidad del aire se notifican como concentraciones medias diarias o anuales de partículas PM<sub>10</sub> por m<sup>3</sup> de aire. Las mediciones sistemáticas de la calidad del aire describen esas concentraciones de PM expresadas en µg/m<sup>3</sup>. Cuando se dispone de instrumentos de medición suficientemente sensibles, se notifican también las concentraciones de partículas finas (PM<sub>2,5</sub> o más pequeñas) (OMS, 2018a).

El material particulado respirable presente en la atmósfera de las ciudades en forma sólida o líquida (polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras) se puede dividir, según su tamaño, en dos grupos principales. A las de diámetro aerodinámico igual o inferior a los 10 µm se las denomina PM<sub>10</sub> y a la fracción respirable más pequeña, PM<sub>2,5</sub>. Estas últimas están constituidas por aquellas partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2.5 µm, es decir, son 100 veces más delgadas que un cabello humano ( como se ilustra en la figura 2.4 (Jiménez y Linares, 2008).

Las PM<sub>10</sub> poseen un diámetro aerodinámico igual o inferior a los 10 micrómetros (µm), mientras que las PM<sub>2,5</sub> poseen un diámetro igual a o inferior a los 2.5 µm, en muchas ocasiones también es frecuente encontrar una tercera clasificación de tamaño menos mencionada y es el PM<sub>0,1</sub> porque está contenida de manera implícita dentro del PM<sub>2,5</sub>.

El PM<sub>0,1</sub> posee un diámetro igual o inferior a los 0.1 µm (Jiménez y Linares, 2008) en la figura 2.4 se ilustra el tamaño de los distintos tipos de PM.

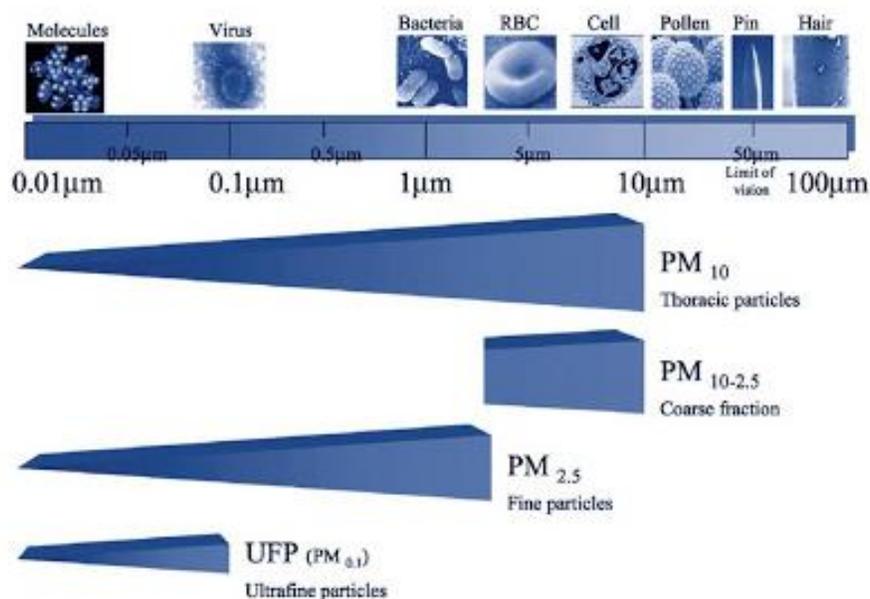


Figura 2.3: Clasificación del material particulado en la atmósfera (*Jiménez y Linares, 2008*)

El tamaño no es la única diferencia. Cada tipo de partículas está compuesto de diferente material y puede provenir de diferentes fuentes.

En el caso de las PM<sub>2,5</sub>, su origen está principalmente en fuentes de carácter antropogénico como las emisiones de los vehículos diésel, mientras que las partículas de mayor tamaño pueden tener en su composición un importante componente de tipo natural, como partículas de polvo procedente de las intrusiones de viento del norte de África (polvo sahariano), frecuente en nuestras latitudes (*Jiménez y Linares, 2008*)

El PM<sub>10</sub> suele tener un importante componente de tipo natural, siendo contaminantes básicamente primarios que se generan por procesos mecánicos o de evaporación, siendo algunos ejemplos: minerales locales o transportados, aerosol marino, partículas biológicas (restos vegetales) y partículas primarias derivadas de procesos industriales o del tráfico (asfalto erosionado y restos de neumáticos y frenos generados por abrasión); de entre los pocos contaminantes secundarios que entran a formar parte de su

estructura destacan los nitratos. La composición de las  $PM_{2.5}$  es más tóxica, ya que su principal origen es antropogénico, especialmente las emisiones de los vehículos diésel, estando fundamentalmente formadas por partículas secundarias tales como: nitratos y sulfatos (originados por oxidación de  $NO_x$  y  $SO_x$ ), aerosoles orgánicos secundarios, como el peroxiacetil nitrato (PAN) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) los cuales son contaminantes atmosféricos más complejos ya que engloban un amplio espectro de sustancias, tanto sólidas como líquidas, procedentes de diversas fuentes, entre las que destacan las siguientes: polvo (producido por desintegración mecánica), humos (procedentes de combustiones), brumas (por condensación de vapor) y aerosoles (mezcla de partículas sólidas y/o líquidas suspendidas en un gas) (DKV, 2010).

## **2.11 Normativas de calidad del aire vigentes en El Salvador**

Hasta la fecha de publicación de esta investigación El Salvador mantiene vigente dos normativas para indicar los límites de inmisión de contaminantes presentes en el aire y para ello utiliza las siguientes normas:

### ***2.11.1 Norma Salvadoreña Obligatoria Calidad Del Aire Ambiental Inmisiones***

#### ***Atmosféricas***

En el decreto N° 40 de la Republica de El Salvador, capítulo III calidad del aire, sección I, Emisiones por Fuentes Fijas o Estacionarias, Art. 9 Parámetros Mínimos, se incluye la Norma Salvadoreña Obligatoria Calidad del Aire Ambiental Inmisiones Atmosféricas (NSO 13.11.01:01), la cual se muestra en la tabla 2.1 (Asamblea Legislativa, 2000).

Esta norma fue elaborada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de El Salvador con el objetivo de establecer los límites de inmisiones de los principales contaminantes del aire, que garantizan una calidad del aire ambiental aceptable para la salud y la vida humana en particular y para la vida silvestre en general, cuya aplicabilidad es en todo el territorio nacional para la calidad del aire ambiental, la calidad de aire interior será motivo de otra norma (CONACYT, 2016).

Además de los valores, las directrices sobre la Calidad del Aire establecen metas intermedias para concentraciones de PM10 y PM2,5 destinadas a promover una reducción gradual, de concentraciones altas a otras más bajas.

**Tabla 2.1:**

*Límites de inmisiones de los principales contaminantes del aire (CONACYT, 2016).*

Contaminante	Símbolo	Unidad	Límite de Inmisión	Período de medición
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	μg/m <sup>3</sup>	80	Anual
		μg/m <sup>3</sup>	365	24 horas
Monóxido de carbono	CO	μg/m <sup>3</sup>	10000	8 horas
		μg/m <sup>3</sup>	40000	1 hora
Óxidos de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	μg/m <sup>3</sup>	100	Anual
		μg/m <sup>3</sup>	150	24 horas
Ozono	O <sub>3</sub>	μg/m <sup>3</sup>	235	1 hora
		μg/m <sup>3</sup>	120	8 horas
		μg/m <sup>3</sup>	60	Anual
Partículas inhalables	PM10	μg/m <sup>3</sup>	50	Anual
		μg/m <sup>3</sup>	150	24 horas
	PM2.5	μg/m <sup>3</sup>	15	Anual
		μg/m <sup>3</sup>	65	24 horas
Partículas Totales Suspendidas	PTS	μg/m <sup>3</sup>	75	Anual
		μg/m <sup>3</sup>	260	24 horas
Plomo	PB	μg/m <sup>3</sup>	0,5	Anual
		μg/m <sup>3</sup>	1,5	Trimestral

Si se alcanzaran esas metas intermedias se podrían esperar reducciones importantes de los riesgos de enfermedades agudas y crónicas derivadas de la contaminación del aire. No obstante, los valores establecidos en las directrices deberían ser el objetivo final.

En las directrices del CONACYT sobre la Calidad del Aire se estima que una reducción media anual de las concentraciones de partículas (PM10) de 35 microgramos/m<sup>3</sup>, común en muchas ciudades en desarrollo, a 10 µg/m<sup>3</sup>, permitiría reducir el número de defunciones relacionadas con la contaminación en aproximadamente un 15%.

Las partículas en suspensión de menos de 2,5 micras (PM2,5) parecen ser un mejor indicador de la contaminación urbana que las que se venían utilizando hasta ahora, las PM10. Esto es debido a que, por un lado, su origen es antropogénico en una alta proporción, puesto que las PM2,5 en buena medida provienen de las emisiones de los vehículos diésel en la ciudad. Por otro lado, los efectos que tienen sobre nuestra salud son muy graves, por su gran capacidad de penetración en las vías respiratorias (Jiménez y Linares, 2008).

La OMS ha establecido recientemente en sus nuevos valores guía la recomendación de utilizar como indicador de la concentración de partículas materiales en el aire los valores de las partículas de diámetro inferior a 2,5 micras, PM2,5, frente a los valores utilizados hasta ahora de las partículas de diámetro inferior a 10 micras, PM10 (Jiménez y Linares, 2008).

## **2.14 Monitoreo de la calidad del aire en El Salvador**

Desde el año 2008 el MARN inicio la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (REDCA) en el Área Metropolitana del departamento de San Salvador (AMSS), la cual

consta de tres estaciones automáticas ubicadas en el Este de San Salvador en la Universidad Don Bosco (UDB), la segunda en el Centro de San Salvador instalada en el Centro de Gobierno (CGOB) y la tercera al Este de San Salvador instalada en el Comando de Doctrina y Educación Militar (CODEM). Las tres estaciones están equipadas para monitorear CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y PM de diferentes diámetros PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> (Rojas, 2004).

La REDCA está conformada por estaciones automáticas que vía internet envían los datos de mediciones de concentración de PM, los cuales de manera automática son transformados al ICCA obteniéndose así, un número adimensional con un color específico que permite identificar de manera más sencilla el grado de afectación a la salud que puede causar. En la figura 2.5 se pueden identificar las ubicaciones de las estaciones automáticas con las que el MARN hasta la fecha de publicación de este trabajo (MARN, 2014b). El MARN en el año 2012 proporcionó conexión a internet a su estación CGOB y UDB las cuales se muestran en la figura 2.10, al mismo tiempo que colocaron un monitor en el Centro de Monitoreo de Amenazas del MARN el cual brinda el promedio diario de mediciones realizadas de PM<sub>2.5</sub>, el proceso de monitoreo de la calidad del aire se muestra en la figura 2.11 (MARN, 2014).



Figura 2.4: Mapa de las ubicaciones de las estaciones automáticas con las que el MARN (MARN, 2014)



Figura 2.5: Estación CGOB y UDB instaladas en el departamento de San Salvador (Ministerio de Salud, 2015)

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura. En el primer caso, cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión. Los meteorólogos dirían que se ha

producido un gradiente o diferencia de presión entre ambos extremos (Jiménez, Capa y Portela, 2004)

Para poder disponer de medidas directas de velocidad y dirección del viento, los meteorólogos utilizan distintos instrumentos de medida:

- Medida de la velocidad horizontal del viento: el instrumento más utilizado es el anemómetro de cazoletas, en el que el giro de las mismas es proporcional a la velocidad del viento. La unidad de medida es el km/h o el m/s.
- Medida de la dirección: para ello se utilizan las veletas, que indican la procedencia geográfica del viento: norte, noreste, suroeste, etc. en función de dónde provenga éste. (Jiménez, Capa y Portela, 2004).

### ***2.11.2 Índice Centroamericano De Calidad Del Aire***

Para interpretar la información de la contaminación del aire, los resultados se presentan utilizando el Índice de Calidad del Aire para material particulado, para períodos de exposición a corto plazo, para obtener información adicional referida al riesgo de afectación a la salud por la contaminación atmosférica. Se coloca un color de referencia asociado a cada nivel para poder interpretar mejor los resultados diarios o instantáneos de concentración de PM (MARN, 2014a).

Los valores son adoptados de la Propuesta de Índice Centroamericano de Calidad del Aire (ICCA) de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo en la Guía para Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas como se ilustra en la tabla 2.2.

El ICCA se divide en 6 categorías de interpretación de la calidad del aire (buena, moderada, dañina a la salud de los grupos sensibles, dañina a la salud, muy dañina a la salud y peligroso), estableciendo para cada categoría, un rango de concentración de

contaminantes para cada parámetro y las indicaciones a la salud, asociada a las acciones de prevención para limitar la exposición al contaminante (MARN, 2014a)

**Tabla 2.2:**

*Valores para el Índice de Calidad del Aire (MARN, 2014)*

ICCA	Calidad del aire Material particulado (PM)	Contaminante ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Indicaciones para su salud
		PM2.5	PM10	
0 - 50	Buena	0- 15.3	0- 54	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
51 - 100	Moderada	15.5-40.2	56-154	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
101 - 150	Dañina a la Salud de los Grupos Sensibles	40.5-65.4	155-254	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre.
151 - 200	Dañina a la Salud	66-159	255-354	La gente con la enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar el esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
201 - 300	Muy dañina a la Salud	160-250	355-424	La gente con enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar todo el esfuerzo al aire libre; especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
301 - 500	Peligroso	251-500	424-604	Todos deben evitar el esfuerzo al aire libre; gente con la enfermedad respiratoria tal como asma, debe permanecer dentro

En algunos casos, se puede tener el caso de registrar una categoría, por ejemplo, moderada, para un parámetro, pero registrar para otro parámetro, diferente categoría, por ejemplo, buena, en ese caso, para evitar confusión, se debe notificar a la población la categoría más desfavorable. El ICCA se calcula con base en los datos de las concentraciones de contaminantes y los respectivos umbrales (MARN, 2014b).

## 2.12 Los tipos de efectos generados a la salud por PTS

El PM10 puede permanecer en el aire durante minutos u horas, mientras que el material partículas más fino es decir el PM<sub>2.5</sub>, debido a su menor tamaño y masa, si las condiciones meteorológicas son propicias, consiguen mantenerse suspendidas en el aire durante días o incluso semanas (DKV, 2010).

Los tipos de efectos generados a la salud humana por inhalación de material particulado son clasificados como: efectos en los pulmones y efectos en el corazón.

Algunas enfermedades pulmonares y cardiovasculares debido a una exposición aguda y/o crónica, son ilustradas en la tabla 2.1 (MARN, 2014).

**Tabla 2.3:**

*Enfermedades pulmonares y cardiovasculares por la exposición a material particulado (MARN, 2014)*

Efectos sobre los pulmones	Efectos sobre el corazón
Efectos de la exposición a corto plazo (aguda)	
Tos	Arritmias
Dificultad para respirar	Infartos menores
Presión en el pecho	
Irritación de ojos	
Efectos de la exposición a largo plazo (crónica)	
Pérdida de capacidad pulmonar (EPOC)	Agravamientos de las enfermedades cardíacas existentes
Desarrollo de enfermedades respiratorias en infantes	Muerte precoz de las personas que padecen enfermedades cardíacas.
Agravamiento de las enfermedades respiratorias existentes	
Muerte precoz de las personas que padecen de enfermedades pulmonares	

Los grupos sensibles a la a sufrir daños a la salud por la contaminación atmosférica de PM son:

- Niños: debido a que sus pulmones aún se están desarrollando. Además, dedican más tiempo a actividades vigorosas.
- Personas que se dedican a muchas actividades físicas, respiran más rápida y profundamente, de tal manera que inhalan más PM. Además, algunas enfermedades

como el asma y las enfermedades respiratorias agudas se pueden agravar cuando el nivel de contaminación por material particulado aumenta; los niños son los más perjudicados ya que ellos son los que poseen mayor probabilidad de padecer este tipo de enfermedades.

- Adultos mayores: pueden padecer de enfermedades cardíacas o pulmonares no diagnosticadas.
- Estudios han determinado que, al incrementarse los niveles de contaminación en el aire de PM, se incrementa el índice de hospitalización de los adultos mayores, en donde algunos pueden fallecer al agravarse su estado de salud si éstos padecen de una enfermedad cardíaca o pulmonar.
- Personas con enfermedades cardíacas o pulmonares existentes: estas enfermedades se agravan debido a la contaminación atmosférica. Ejemplos de estas enfermedades son: enfermedad coronaria arterial, insuficiencia cardíaca congestiva, asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- Personas que ejercitan o trabajan al aire libre: respiran más rápida y profundamente en comparación a los adultos sedentarios, inhalando así más partículas (Huff, 2009)

Los efectos que las partículas causan en la salud de las personas han estado históricamente asociados a la exacerbación de enfermedades de tipo respiratorio, tales como la bronquitis, y más recientemente también se han analizado y demostrado sus efectos sobre dolencias de tipo cardiovascular (Jiménez y Linares, 2008)

Abordar todos los factores de riesgo de las enfermedades no transmisibles incluida la contaminación del aire es fundamental para proteger la salud pública. La mayoría de las fuentes de contaminación del aire exterior están más allá del control de las personas, y requieren medidas por parte de las ciudades, así como de las instancias normativas nacionales e internacionales en sectores tales como transporte, gestión de residuos energéticos, construcción y agricultura. Existen numerosos ejemplos de políticas fructíferas relativas a los sectores de transporte, planificación urbana, generación de electricidad e industria, que permiten reducir la contaminación del aire:

- Industria: utilización de tecnologías limpias que reduzcan las emisiones de chimeneas industriales; gestión mejorada de desechos urbanos y agrícolas, incluida la recuperación del gas metano de los vertederos como una alternativa a la incineración (para utilizarlo como biogás).
- Transporte: adopción de métodos limpios de generación de electricidad; priorización del transporte urbano rápido y el transporte interurbano de cargas y pasajeros por ferrocarril; utilización de vehículos pesados de motor diésel más limpios y vehículos y combustibles de bajas emisiones, especialmente combustibles con bajo contenido de azufre.
- Generación de electricidad: aumento del uso de combustibles de bajas emisiones y fuentes de energía renovable sin combustión (solar, eólica o hidroeléctrica); generación conjunta de calor y electricidad; y generación distribuida de energía (por ejemplo, generación de electricidad mediante redes pequeñas y paneles solares).

- Gestión de desechos municipales y agrícolas: estrategias de reducción, separación, reciclado y reutilización o reelaboración de desechos, así como métodos mejorados de gestión biológica de desechos tales como la digestión anaeróbica para producir biogás, mediante métodos viables y alternativas económicas en sustitución de la incineración de desechos sólidos. En casos en que la incineración sea inevitable, será crucial la utilización de tecnologías de combustión con rigurosos controles de emisión (OMS, 2018a).

## **2.15 Vientos locales**

Se denominan vientos locales a los vientos que se producen sólo en determinadas zonas, a menudo consecuencia de las características geográficas y orográficas del lugar. El viento es generado por la diferencia de presión atmosférica que a su vez se origina por las diferencias de temperatura y humedad del aire y está organizada en centros de alta y baja presión. En un centro de alta presión atmosférica el centro tiene mayor presión que la periferia, el aire seco y frío desciende de niveles superiores hacia los niveles inferiores por el centro del sistema. En un centro de baja presión atmosférica el comportamiento es inverso, la presión es menor en el centro que en la periferia, el aire húmedo y caliente asciende de niveles inferiores hacia los superiores por el centro del sistema.

Los vientos se mueven hacia donde la presión es menor y por efecto de la rotación de la tierra hacia la derecha en el Hemisferio Norte. Por esta razón la circulación resultante es anticiclónica (a favor de las manecillas de un reloj), cuando son alrededor de los centros de alta presión atmosférica; y ciclónica (contra las manecillas de un reloj), en el caso de los centros de baja presión atmosférica.

En primavera (de abril a junio) y verano (de julio a septiembre) del hemisferio norte, centros de baja presión se localizan en el Océano Pacífico Oriental Tropical al Oeste de El Salvador, por lo que vientos del Sur soplan sobre nuestro país transportando aire húmedo y caliente. En el otoño (de octubre a diciembre) e invierno (de enero a marzo) del Hemisferio Norte, centros de alta presión atmosférica se localizan sobre América del Norte al Oeste de El Salvador, por lo que vientos del Norte soplan sobre nuestro país transportando aire seco y frío.

La velocidad de los vientos es mayor cuanto mayor es la diferencia de presión atmosférica. Las tormentas asociadas a los centros de alta y baja presión atmosférica generan oleaje cuando los vientos asociados a estos sistemas atmosféricos soplan en una cierta distancia por un período dado. La distancia se conoce como fetch y es la longitud característica del sistema donde el viento sopla sin obstáculos. El período se conoce como duración y es el tiempo durante el cual el viento sopla sin una disminución significativa. (MARN, 2018)

La escala Beaufort se muestra en la tabla 2.4, también llamada, escala de Beaufort de la fuerza de los vientos, es una escala empírica para medir la intensidad de la velocidad del viento en un determinado lugar. Está relacionada con el estado del mar, respecto a la altura de sus olas y a la fuerza del viento.

A continuación, el orden de menor a mayor grado, hasta el número 12, pues a partir de allí empezamos a hablar de huracanes. La velocidad del viento está representada en km/h, y los nudos náuticos en millas náuticas /h (Casals, 2017).

**Tabla 2.4:***Escala de intensidad del viento de Beaufort (Casals, 2017)*

<b>Escala</b>	<b>Fuerza</b>	<b>Velocidad del viento</b>	<b>Nudos</b>	<b>Aspecto del mar</b>	<b>Efectos en la Tierra</b>
<b>0</b>	Calma	0 a 1	menos de 1	Calmado	Total calma, no se mueven hojas de árboles, el humo asciende de forma vertical
<b>1</b>	Aire ligero (ventolina)	2 a 5	1 a 3	Olas pequeñas, no se genera espuma	ligero movimiento de hojas, el humo indica la dirección que lleva el viento
<b>2</b>	Brisa Ligera (flojito)	6 a 11	4 a 6	crestas de las olas un poco más altas, pero sin llegar a romper	hojas de los árboles pueden caerse, los molinos de los campos empiezan a moverse
<b>3</b>	Brisa suave (flojo)	12 a 19	7 a 10	Olas pequeñas y crestas que ya se rompen	Hojas agitándose, las banderas ondulan
<b>4</b>	Brisa moderada (bonancible)	12 a 19	11 a 16	olas más largas con crestas, numerosos borreguillos	banderas totalmente extendidas. Suave movimiento de las ramas de los árboles y agitación de sus copas
<b>5</b>	Brisa moderada (fresquito)	29 a 38	17 a 21	Olas medianas y alargadas moderadas. Borreguillos muy abundantes	La superficie de los lagos se ondula, pequeños movimientos de los árboles. Banderas extendidas y con sacudidas
<b>6</b>	Brisa fuerte (fresco)	39 a 49	22 a 27	Se empiezan a formar olas grandes, con crestas rompientes y espuma	movimientos más bruscos de las ramas de los árboles. Podemos encontrar dificultad en mantener abierto el paraguas
<b>7</b>	Viento fuerte (frescachón)	50 a 61	28 a 33	Mar gruesa, picada, con espuma arrastrada en dirección del viento	Los árboles grandes se mueven y ladean, dificultad para caminar contra el viento
<b>8</b>	Viento duro (temporal)	62 a 74	34 a 40	Grandes olas rompientes, espuma sobre la superficie	Ramas y copas de los árboles se rompen, se dificulta mucho caminar, los vehículos menos pesados pueden moverse por sí mismos

<b>9</b>	Viento muy duro (temporal fuerte)	75 a 88	41 a 47	Olas muy grandes y rompientes, visualización dificultosa	Las ramas de los árboles se desprenden de ellos, tejados de construcciones débiles pueden ser desprendidos. Vehículos pueden ser arrastrados y es imposible caminar con normalidad
<b>10</b>	Temporal duro (temporal)	89 a 102	48 a 55	La superficie del mar ya es blanca. El oleaje es muy grueso.	Árboles arrancados de raíz, daños en estructuras de edificios, y grandes daños en cosas que están en la intemperie.
<b>11</b>	Temporal muy duro (Borrasca)	103 a 117	56 a 63	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanco, visibilidad casi nula	Daños por todas partes, lluvias muy intensas, grandes inundaciones. Pueden salir arrastradas por el viento las personas y muchos otros objetos volando.
<b>12</b>	Temporal huracanado (Huracán)	+118	+64	Olas excepcionalmente gigantescas, visibilidad completamente nula.	Personas pueden salir volado, vehículos, árboles, casas más débiles, techos.

## **Capítulo 3 : Sistema De Hipótesis**

### **3.1 Hi**

Sí existe diferencia entre los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental con los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019

### **3.2 Ho**

No existe diferencia entre los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental con los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019

### **3.3 Ha**

Ha1: Los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán mayores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019.

Ha2: Los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán menores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019

## Capítulo 4 : Diseño Metodológico

### 4.1 Ubicación geográfica

El estudio se realizó en la FMO de la UES la cual está ubicada en el km. 144, carretera al Cuco cantón el Jute, San Miguel, El Salvador, Centro América lo cual se indica en color rojo en la figura 4.1:



Figura 4.1: Ubicación geográfica de la investigación (*Google Maps y Mapa de El Salvador, 2020*)

En la figura 4.2 se muestra la delimitación de las áreas de investigación y el área de construcción mencionada en el planteamiento del problema:

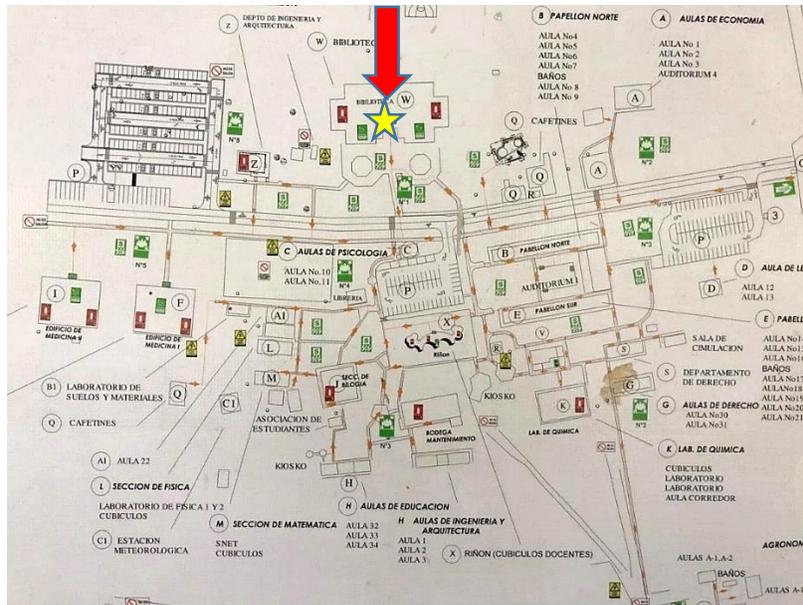


Figura 4.2: Zona de medición, costado sur de la biblioteca de la FMO (*Oriente*).

## 4.2 Tipo de investigación

- Según su alcance se clasificó como descriptiva, exploratoria y no experimental. Es descriptiva ya que buscó establecer una explicación lo más completa posible de la contaminación del aire por material particulado PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> sin indagar las causas individuales de los mismos; es exploratoria porque es un tema poco estudiado, es decir, se tiene pocos antecedentes en el departamento de San Miguel y no experimental debido a que no se manipula ningún tipo de variable, únicamente se mide el valor de una de ellas (el material particulado).
- Según su ubicación en el tiempo se clasificó como transversal ya que se delimitó temporalmente la investigación desde marzo a noviembre de 2019.
- Según su enfoque se clasificó como cuantitativa porque se midió el valor de la concentración en el aire de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> y se comparó con el valor de la norma NSO 13.11.01:01 en la FMO.

- Según el lugar la investigación se clasificó como de campo ya que se investigó donde el fenómeno o problema surge, es decir, el entorno natural.

### **4.3 Diseño de investigación**

Unidad de análisis

La concentración de PM10, y PM2.5 en la FMO de la UES.

Variable independiente

El tiempo de medición (horas).

Variable dependiente

La concentración en el aire de material particulado PM10, y PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) presente en el área de investigación de la FMO.

Variables Intervinientes

- Velocidad y dirección del viento
- Pluviosidad

Definición de variables

El tiempo: constituyo los días en horas en que se realizaron las mediciones en el área de investigación.

La concentración en el aire de material particulado PM10 y PM2.5: fue el valor del contaminante suspendido en el aire en unidades de medida en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabla 4.1:***Operacionalización de variables*

Tema: COMPARACIÓN DE LOS VALORES DEL MATERIAL PARTICULADO PM2.5 Y PM10 MEDIDOS EN FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL Y LOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA SALVADOREÑA NSO 13.11.01:01 EN EL PERÍODO COMPRENDIDO DE MARZO A SEPTIEMBRE DE 2019							
Enunciado del problema: ¿Existe diferencia entre los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental y los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019?							
Objetivo general: Determinar si existe diferencia al comparar los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental con los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019.							
Hipótesis de investigación Sí existe diferencia al comparar los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental con los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019							
Preguntas específicas: ¿Los valores medidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán iguales a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019? ¿Los valores medidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán mayores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019?, ¿Los valores obtenidos al comparar los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán menores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019?							
Objetivo específico	Hipótesis alternativa	Unidad de análisis	Variables	Definición conceptual	Operacionalización de variables	Técnicas utilizadas	Instrumentos utilizados
- Evaluar si los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en facultad multidisciplinaria oriental son iguales a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019.	Ha1: Los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán iguales a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019	La concentración de PM10, y PM2.5 en la FMO de la UES costado sur de la biblioteca	El tiempo de medición (horas).	Constituyó los días y horas en que se realizó cada medición en el área de investigación seleccionada.	El tiempo de medición inicio con su primera semana el 29/04/19 y finalizó el 05/05/19. La segunda semana se realizó la medición desde el lunes 20/05/19 y finalizó el día 26/05/19. La tercera semana de medición dio inicio el día lunes 10/06/19 y finalizó el 16/06/19 se realizaron mediciones los lunes, miércoles, viernes y domingo de cada semana en intervalos de 30 minutos desde las 8:00 horas hasta las 8:00 horas del día siguiente  Es el valor de la concentración en el aire de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> medido en unidades de µg/m <sup>3</sup> fueron medidos a una altura de (1.3000 ± 0.0001)m sobre el nivel de superficie del suelo	Observación  Experimentación  Medida directa	Medidor de material particulado  Estación meteorológica  Cronómetro  Veleta  Brújula  Cámara fotográfica

<p>- Determinar si los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en facultad multidisciplinaria oriental son mayores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019.</p> <p>- Señalar si los valores del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en facultad multidisciplinaria oriental son menores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019</p>	<p>Ha2: Los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán mayores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019</p> <p>Ha3: Los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán menores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019</p>		<p>La concentración en el aire de material particulado PM10, y PM2.5 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) presente en el área de investigación de la FMO.</p>	<p>La concentración en el aire de material particulado PM10 y PM2.5 fue el valor del contaminante medido en las 3 semanas de recolección de datos con unidades de medida en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>.</p>	<p>durante los días y horas de medición en el área de investigación de la FMO que fue seleccionada.</p>		<p>Computadora</p>
---	---	--	--	--	---	--	--------------------

## 4.5 Técnicas de recolección de datos

En la presente investigación trata con detalle los pasos que se debe seguir en el proceso de recolección de datos, con las técnicas siguientes:

### Observación

Para poder ver y analizar posibles causas que generasen altos valores de concentración de PM2.5 y PM10. Se observaron las condiciones climáticas para poder hacer conclusiones en base a los resultados obtenidos

### Experimentación

La técnica de experimentación consistió en todo el desarrollo de la investigación lo cual permitió cuantificar la concentración en el aire de PM10, PM2.5 en el área de investigación seleccionada.

### Medición directa

Se utilizó un detector de la calidad del aire portátil marca Elitech y modelo Temtop M2000 para medir el valor de la concentración material particulado PM10 y PM2.5 en unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; se utilizó una estación meteorológica portátil marca Nielsen-Kellerman y modelo Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker con la cual se midió la magnitud de la velocidad del viento, mientras que se utilizó su brújula interna para determinar la dirección de los puntos cardinales y así medir la dirección del viento con una veleta. Se midió el tiempo empleando el reloj digital del teléfono Samsung modelo SM-N960U.

## Valoración de los resultados

Se utilizó la tabla de valores del ICCA con la finalidad de establecer una valoración de los resultados obtenidos y determinar qué valor de índice ICCA corresponde a los resultados obtenidos de concentración en el aire de PM medido en la FMO y a partir de ello establecer si estos resultados están dentro o fuera del rango permisible de inhalación humana de PM.

## 4.6 Instrumentos de recolección de datos

Los dos instrumentos principales de medición directa fueron: Elitech Temtop M2000 y Nielsen-Kellerman Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker. El Elitech Temtop M2000 es un detector de calidad del aire portátil que se utiliza para realizar mediciones directas de la concentración en el aire de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub> y HCHO; permite realizar mediciones de temperatura y humedad relativa porcentual; este dispositivo es mostrado en la figura 4.5 y sus especificaciones generales y técnicas en la figura 4.6.



Figura 4.3: Dispositivo Elitech Temtop M2000 (*Elitech Technology Inc, 2020*)

**Especificaciones generales:**

Nombre: Detector de calidad de aire portátil  
 Modelo: M2000  
 Pantalla: Pantalla LCD en color TFT  
 Voltaje de la batería: 3.7VDC  
 Dimensión total: (7.34 x 13.89 x 3.73) cm  
 Adaptador de corriente:  
 Voltaje de salida: 5VDC  
 Corriente de salida: 1A  
 Entorno operativo:  
 Rango de temperatura: 0 ~ 50 °C  
 Rango de humedad: 0 ~ 90% HR  
 Presión atmosférica: 1atm

**Especificaciones técnicas****Especificación técnica de medición de PM<sub>2.5</sub>**

Rango de medición: 0 ~ 999ug / m<sup>3</sup>

Resolución: 0.1ug / m<sup>3</sup>

**Especificación técnica de medición de PM<sub>10</sub>**

Rango de medición: 0 ~ 999ug / m<sup>3</sup>

Resolución: 0.1ug / m<sup>3</sup>

**Especificación técnica de medición de CO<sub>2</sub>**

Rango de medición: 0 ~ 5000PPM

Resolución: 1PPM

**Especificación técnica de medición de formaldehído (HCHO)**

Rango de medición: 0 ~ 5mg / m<sup>3</sup>

Resolución: 0.001mg / m<sup>3</sup>

Figura 4.4: Especificaciones generales y técnicas del dispositivo Elitech Temtop M2000 (Elitech Technology Inc, 2018).

El Nielsen-Kellerman modelo Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker se muestra en la figura 4.7 y 4.8, este dispositivo de medición es una estación meteorológica portátil de bolsillo de alta tecnología y precisión que permite realizar mediciones de manera directa de las siguientes variables climáticas: altitud, presión barométrica, densidad por altitud, punto de rocío, índice de calor, velocidad del viento, humedad relativa, presión local, temperatura ambiental, temperatura de bulbo húmedo, sensación térmica

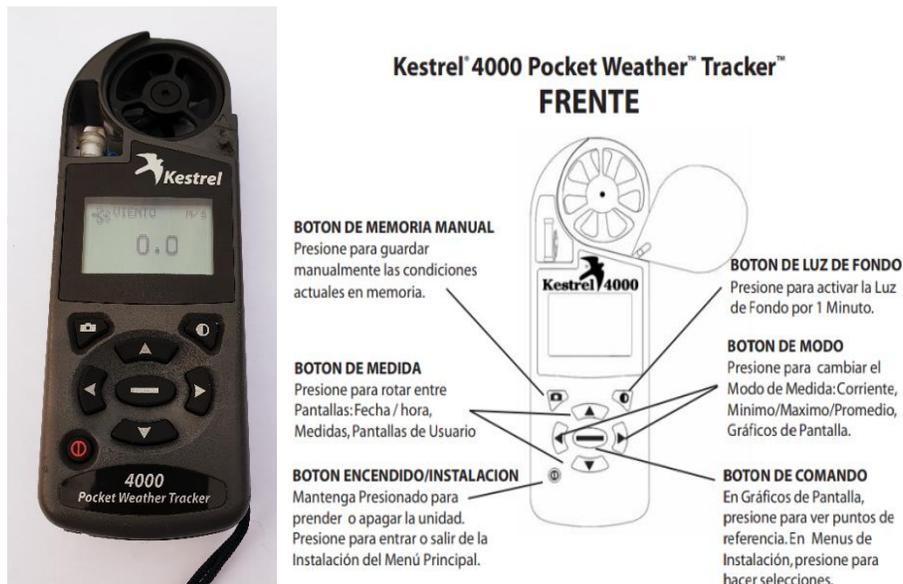


Figura 4.5: Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker (Vista frontal) (Nielsen-Kellerman, s.f.)

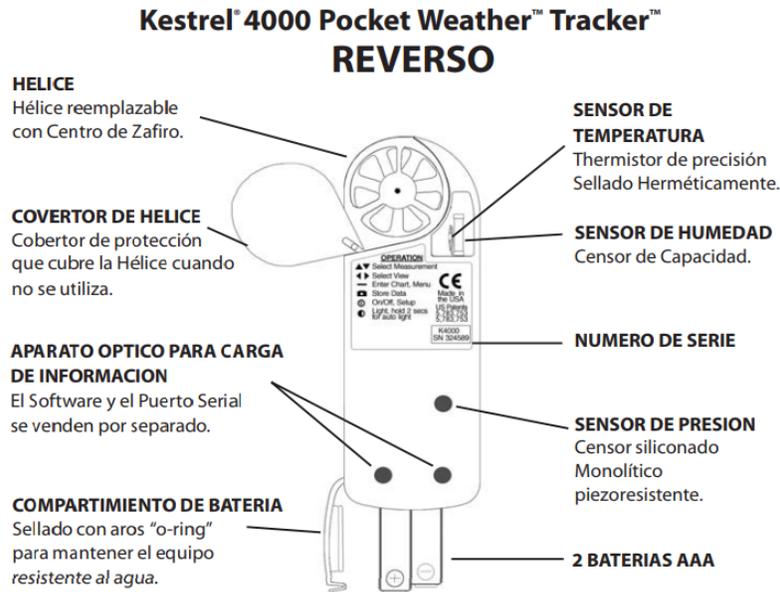


Figura 4.6: Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker (Vista posterior) (Nielsen-Kellerman, s.f.)

Las especificaciones del equipo Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker se muestran en la tabla 4.2.

**Tabla 4.2:**

*Especificaciones del Kestrel 4000 Pocket Weather Tracker*

ERRO DE LECTURA (RANGO OPERACIONAL)	
Velocidad del viento	±3% de la lectura
Temperatura	±1°C
Sensación term.	±2°C
Temp .de bulbo húm.	±2°C
Punto de rocío	±3°C (por encima 20% RH)
Índice de calor	±3°C
Humedad Relativa	±3%
Presión	±3hPa
Altitud	±30m (a condiciones atmosféricas estándar)
Altitud Resolución	1m
Densidad por altitud	±75m

UNITS AND OPERATIONAL RANGE		
Unidad	Límite inferior	Límite superior
Nudos	0.6	78
Metros por segundo	0.3	40
Kilómetros por hora	1.0	144
Millas por hora	0.7	89
Pies por minuto	590	7877
Beaufort Force	1	16
Celsius	-29	70
Fahrenheit	-20	158
Porcentaje de humedad	5	95
Metros	-500	9000
Pies	-1500	30000
Hectopascales (o mbar)	870.0	1080.0
Pulgada de mercurio	25.70	31.90

TIEMPO DE RESPUESTA	
Velocidad del viento	1 segundo
Temperatura, humedad relativa, sensación térmica, índice de calor, punto de rocío	<1 Minuto

DISPLAY	
Actualización	1 segundo
Rango de temperatura	funcionamiento normal desde -20°C a 60°C [-4°F a 140° F.] por debajo -20°C [-4°F], lecturas precisas deben ser tomadas manteniendo la unidad a una temperatura mayor a -20°C (-4°F) y exponiéndolo por el tiempo mínimo necesario para realizar la lectura (menos de 1 minuto)
Almacenamiento de temperatura	-30°C a 60°C [-22°F a 140°F].

FISICO	
Baterías	Dos baterías AAA alcalinas (incluidas).
Turbina	25 mm. [1in.] diámetro, montura de zafiro liviano. Turbina recambiable.
Sensor de temperatura	herméticamente sellado.
Sensor de humedad	capacidad para sensor
Sensor de presión	Monolithic Silicon Piezoresistive sensor.
Dimensiones	12.7 x 4.5 x 2.8 cm. [5 x 1.8 x 1.1 in.]
Peso	102 g. [3.6 oz.]

Otros instrumentos utilizados en la investigación son:

- Veleta
- Brújula
- Alarma
- Reloj

#### Medios materiales

- Cámara fotográfica
- Memoria USB
- Memoria micro SD
- Hojas de papel bond
- Computadora.

### **4.7 Procedimiento experimental**

#### **4.7.1. Construcción de una veleta**

- 1- Se utilizó un lápiz y se dibujó con él sobre una porción de un pliego de cartulina dos cuadrados de lados iguales a  $(0.0500\text{m}\pm 0.001\text{m})$  y dos triángulos equiláteros iguales, cuyos lados medían  $(0.0400\text{m}\pm 0.001\text{m})$ ; los cuales sirvieron como cola y punta de la veleta respectivamente, se utilizó una tijera y se recortó las piezas dibujadas.
- 2- Se localizó el centro de masa de una pajilla de plástico de  $(0.200\text{m}\pm 0.001\text{m})$  de longitud, para perforarse con una aguja fina, que sirviera como pivote.

- 3- Se utilizó silicón líquido para pegar un triángulo recortado en el paso 1 en un extremo de la pajilla utilizada en el paso 2, inmediatamente se pegó sobre está, el triángulo el de forma simétrica y de manera tal que la pajilla quedó fijada en medio de ellos.
- 4- Se repitió este procedimiento en el otro extremo de la pajilla colocando los recortes de los cuadrados del paso 1 como se muestra en la figura 4.10

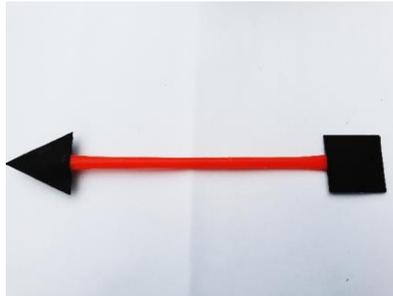


Figura 4.7 Pegado en los extremos de la pajilla de la punta y cola de la veleta

- 5- Se imprimió en una hoja de papel bond la rosa de los vientos que es un símbolo en forma de círculo que tiene marcado alrededor los rumbos en que se divide la circunferencia del horizonte, y que serían norte, sur, este, y oeste. Se pegó ésta a un trozo de cartón rígido y posteriormente se recortó dicha rosa.
- 6- Se utilizó un recipiente cilíndrico de plástico rígido y con tapadera cuya altura era la mitad de la altura de un lápiz nuevo y se le realizó un orificio de diámetro igual al del lápiz desde la tapadera hacia la base del recipiente.



Figura 4.8 Agujero hecho en la base de la veleta

- 7- Se hizo un agujero en el centro de la rosa de los vientos, que coincidiera con el agujero de la base del recipiente plástico rígido.
- 8- Con el sistema armado, se incrustó en el borrador del lápiz, la aguja fina del paso 2, junto con la pajilla, la punta y cola de la veleta ya armados.



Figura 4.9 Construcción de la veleta.

#### 4.7.2 Medición de concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, velocidad y dirección del viento

1. Se utilizó una mesa metálica de altura igual a  $(1.5000 \pm 0.0001)$  m,  $(0.5000 \pm 0.0001)$  m de largo y  $(0.8000 \pm 0.0001)$  m de ancho.
2. Se colocó la mesa en plaza que se encuentra en la zona sur de la biblioteca de la FMO.



Figura 4.10 Montaje experimental

3. Se utilizó la brújula para orientar los puntos cardinales de la rosa de los vientos de la veleta
4. Se colocaron los instrumentos de medición Temtop M2000 y Kestrel 4000 y la veleta sobre la mesa.
5. Se seleccionó en el dispositivo Temtop M2000 la opción “PM<sub>2.5</sub>” y en el dispositivo Kestrel 4000 la opción de medición de velocidad de viento.
6. Se realizaron las mediciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> con el dispositivo Elitech Temtop M2000, con el dispositivo Kestrel 4000 se midió la velocidad del viento y con la

veleta se midió la dirección del viento, esto se realizó en intervalos de media hora en el período comprendido de las 8 horas del día de medición hasta las 8:00 horas del día siguiente.

7. Las mediciones se realizaron en 3 jornadas de 1 semana cada una, utilizando una toma de datos no consecutiva, haciendo mediciones 4 días por cada semana. Las mediciones se hicieron en las siguientes jornadas.
  - Semana 1. Del lunes 29/04/19 al domingo 05/05/19.
  - Semana 2. Del lunes 20/05/19 al domingo 26/05/19.
  - Semana 3. Del lunes 10/06/19 al domingo 16/06/19.

#### **4.8 Consideraciones éticas**

En esta investigación no se buscaron las fuentes emisoras de material particulado, por ende, no se le atribuye, ni se le responsabiliza a nadie ser el emisor del contaminante.

### **4.9 Riesgos y beneficios de la investigación**

#### **4.9.1 Riesgos**

Existen algunos riesgos que se deben de considerar en todas las investigaciones donde se trabajará en la intemperie y alrededor de personas.

Se pudo experimentar un asalto o robo de pertenencias al estar situado en la zona sur de la biblioteca durante horas nocturnas.

La presencia de lluvia en los días de medición, pudo haber dañado el equipo.

#### **4.9.2 Beneficios**

Esta investigación al ser del tipo exploratoria servirá como un antecedente para futuros investigadores que deseen realizar una investigación relacionada al estudio de elementos contaminantes presentes en el aire como lo son el PM2.5 y PM10.

Se tiene información sobre la calidad del aire en la FMO de la UES en los meses de marzo a septiembre de 2019.

#### **4.10 Recursos utilizados**

Los recursos de investigación constituyen un sistema complejo que debe conocerse, asimilarse, entenderse y aprovecharse, libre y eficiente por parte del investigador o del equipo de investigadores.

- a) Recursos humanos: El investigador Francisco Alexander Aguilera González
- b) Documentos: Ley de medio ambiente, normas NSO del CONACYT, tesis de pregrado, tesis de post grado, documentos de sitios web, consulta en libros y en sitios de internet.
- c) Técnicas de investigación: observación, experimentación, mediciones directas.
- d) Recursos financieros: El investigador encargado asumió todos los costos que presente la investigación. Se requirió dinero para adquirir materiales para construcción de la veleta, gastos de alimentación, transporte, papelería, inesperados y pago de otros servicios.



## 4.12 Presupuesto

Tabla 4.4 : Presupuesto de la investigación

Materiales	Descripción	Precio
Repelente	Compra de repelente de mosquitos	\$5.00
Veleta	Materiales para construcción de veleta casera y para repuestos o reparaciones	\$15.00
Transporte	Pasaje de bus	\$120.00
Alimentación	Almuerzos, refrigerios y agua	\$100.00
Papelería	Lapiceros, lápices, borradores, papel bond, anillados, folders, fotocopias e impresiones	\$90.00
Gastos Inesperados	Redes de datos móviles	\$50.00
Impresiones	Impresión de documento, copias, etc	\$100.00
Presupuesto para realizar el proyecto de investigación		\$480

## Capítulo 5 : Presentación Y Análisis De Los Resultados

Los resultados obtenidos a partir de la investigación realizada fueron tabulados en las tablas de recolección de datos y son presentados de forma separada para cada día en la sección de anexos. Para el valor de la dirección promedio del viento se consideró el dato predominante de cada serie de datos como el valor promedio del viento.

A partir de los datos obtenidos de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en cada una de las semanas de investigación se construyeron los gráficos mostrados a continuación en los cuales se incluye el valor de la norma NSO 13.11.01:01 establecida en El Salvador en la cual se expresa  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el caso del  $PM_{2.5}$  y  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el  $PM_{10}$ .

Se midieron datos de velocidad y dirección del viento durante las 3 semanas en intervalos de 0.5h cada medición. Los datos y gráficos obtenidos se presentan en la sección de anexos.

### 5.1 Análisis de resultados obtenido en la semana 1 (29/04/2019 – 05/05/2019)

#### 5.1.1 El Lunes 29/04/2019

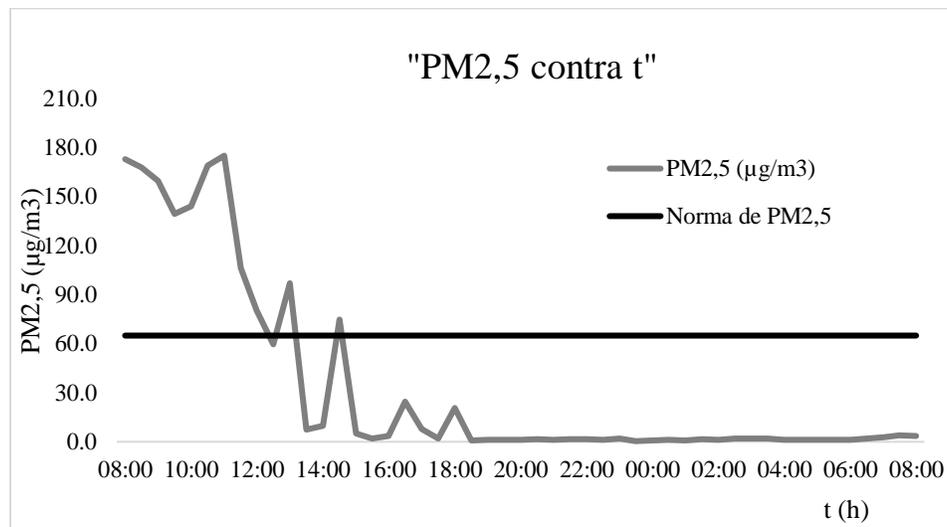


Figura 5.1: Gráfico de concentración de  $PM_{2.5}$  el lunes 29/04/2019

Análisis: Los valores medidos de material particulado PM2.5 de las 8 a las 12 sobrepasan la norma NSO 13:11:01.01, sin embargo, de 12 del mediodía a las 8 de la mañana del día siguiente el valor disminuye. Este día se presenta el dato mayor de toda la semana de medición alcanzando el valor de hasta 175.1 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 11:00 horas de ese día. El dato promedio de PM2.5 obtenido fue de  $34.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por lo cual, no sobrepasa el valor de la norma. Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento  $0.7 \text{ m/s}$ , siendo el viento predominante en la dirección noroeste (NO).

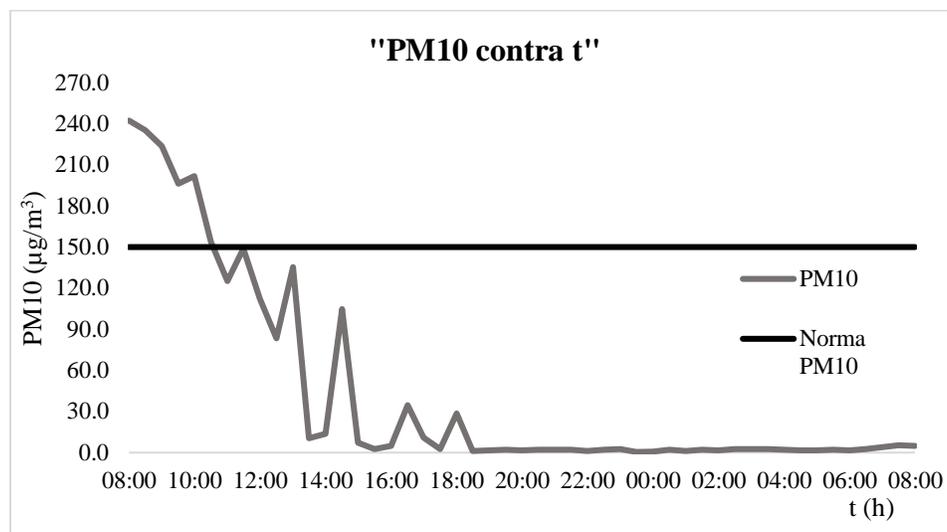


Figura 5.2: Gráfico de concentración de PM10 el lunes 29/04/2019

Análisis: se observa que este día se alcanzó un valor de material particulado PM10 de hasta  $242.3 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$  a las 8:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido fue de  $43.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 5.1.2 El Miércoles 01/05/2019

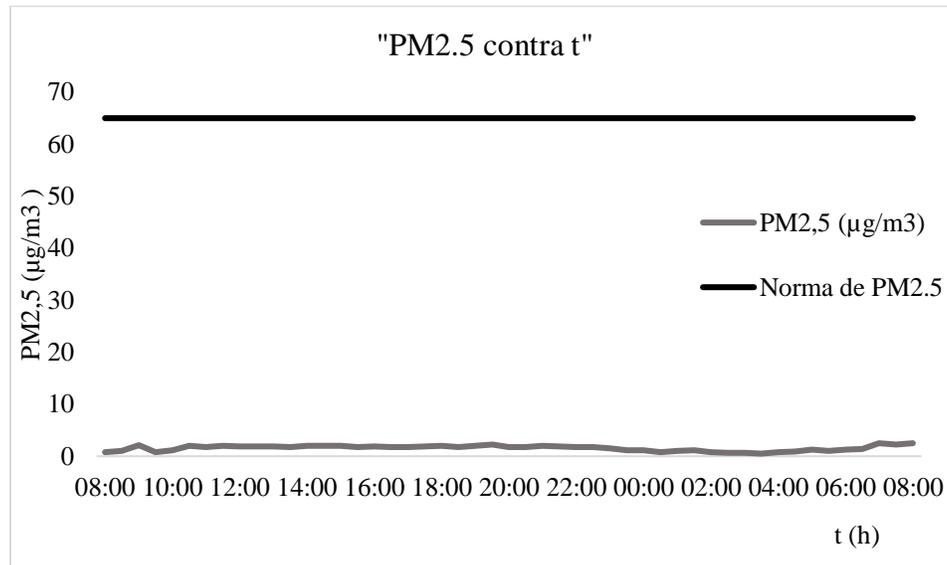


Figura 5.3: Gráfico de concentración de PM2.5 el miércoles 01/05/2019

Conclusión: Se observa que este día se alcanza el valor de material particulado PM2.5 hasta  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 7:00 horas del día siguiente. El dato promedio obtenido fue de  $1.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento  $1.25 \text{ m/s}$ , siendo el viento predominante en la dirección noroeste (SE).

Este día se da un comportamiento completamente diferente de los gráficos del día anterior. Y es que, ambos gráficos, tanto el de PM2.5 como PM10 muestran una disminución considerable al lunes 29 de abril (Primer día de medición). Esto es atribuible a que el miércoles 1 de mayo es un día feriado. Es el día del trabajo. Por lo cual, no se presentaron estudiantes, ni personal administrativo a la FMO

Al no haber vehículos en movimiento generando material particulado, ni gran cantidad de personas caminando generando pequeñas cantidades de PM, ni la construcción del edificio de aulas en proceso, es razonable analizar que los valores se encontrarán muy por debajo de la norma salvadoreña establecida por el CONACYT.

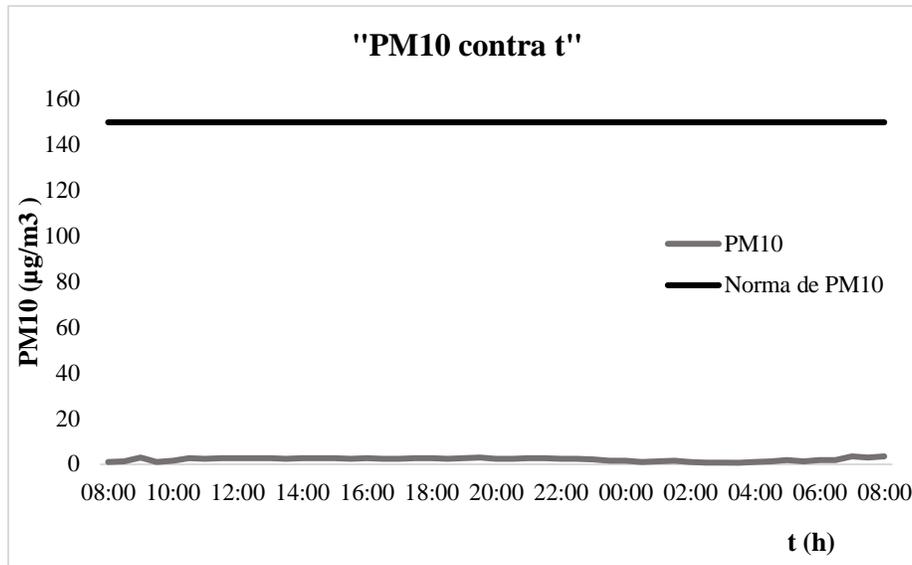


Figura 5.4: Gráfico de concentración de PM10 el miércoles 01/05/2019

Conclusión: se observa este día se alcanzó un valor de material particulado PM10 hasta  $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 7:00 horas del día siguiente. El dato promedio obtenido ese día fue de  $2.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Agregándosele a esto, que según la tabla 8, el día previo al segundo día de medición, se presentó una lluvia de 11.4mm. Por ende, al estar el piso húmedo no se generaría material particulado.

### 5.1.3 El viernes 03/05/2019

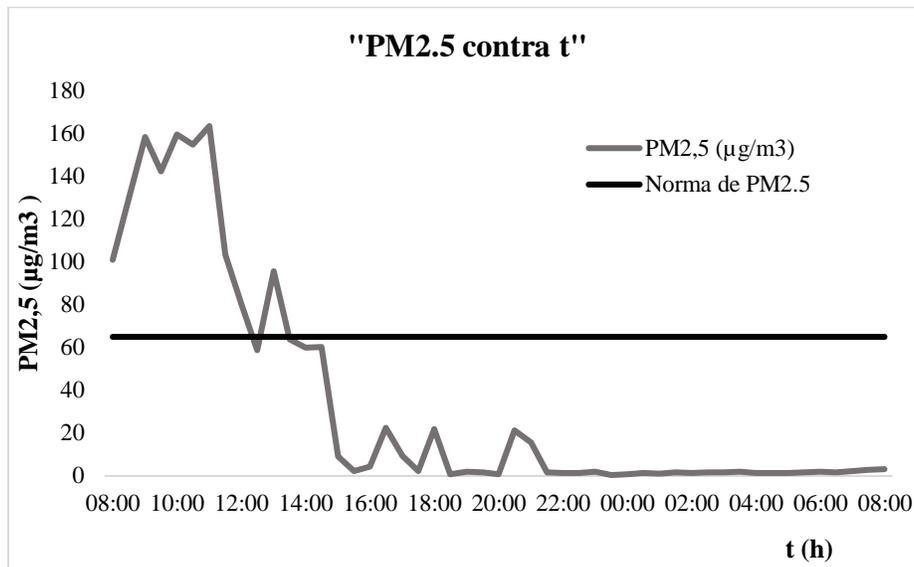


Figura 5.5: Gráfico de concentración de PM2.5 el viernes 03/05/2019

Conclusión: se observa que este día de medición se alcanza un valor de material particulado PM2.5 de hasta 163.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 11:00 horas de ese mismo día. El dato promedio obtenido fue de 34.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento 1.2 m/s, siendo el viento predominante en la dirección noroeste (SE).

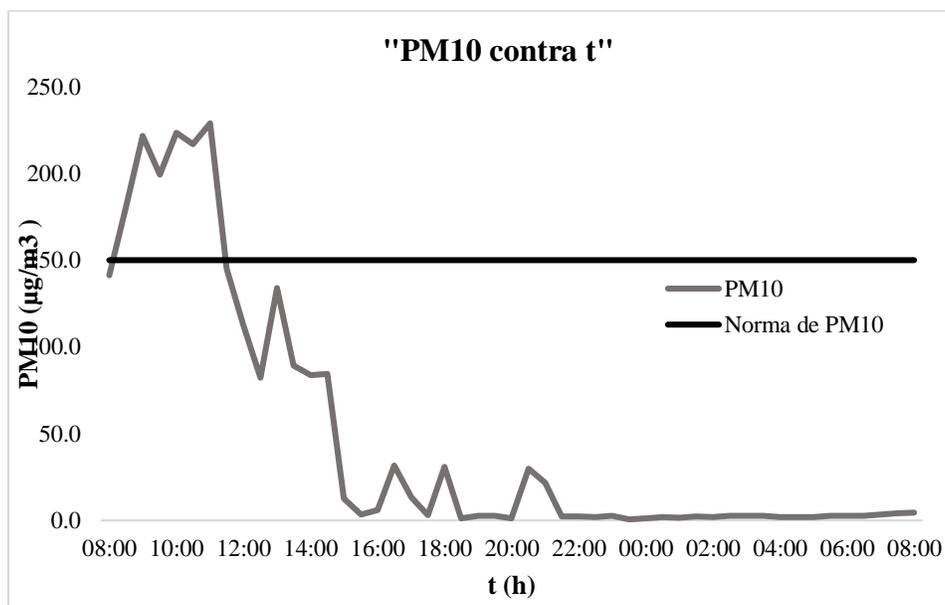


Figura 5.6: Gráfico de concentración de PM10 el viernes 03/05/2019

Conclusión: este día de medición el valor máximo de material particulado de PM10 alcanzado fue de 228.9 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 11:00 horas de ese mismo día. El dato promedio obtenido fue de 48.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El día 3 de medición, viernes 3 de mayo, la situación vuelve a la normalidad, en donde se reanudan las actividades académicas y administrativas a lo largo del día. De la misma forma, trabajadores se hacen presentes a la institución para reanudar sus actividades constructivas, por lo cual se puede observar el incremento de material particulado en horas diurnas. Se puede observar que instantáneamente, los valores de material particulado sobrepasan la norma únicamente en el turno matutino.

#### 5.1.4 El Domingo 05/05/2019

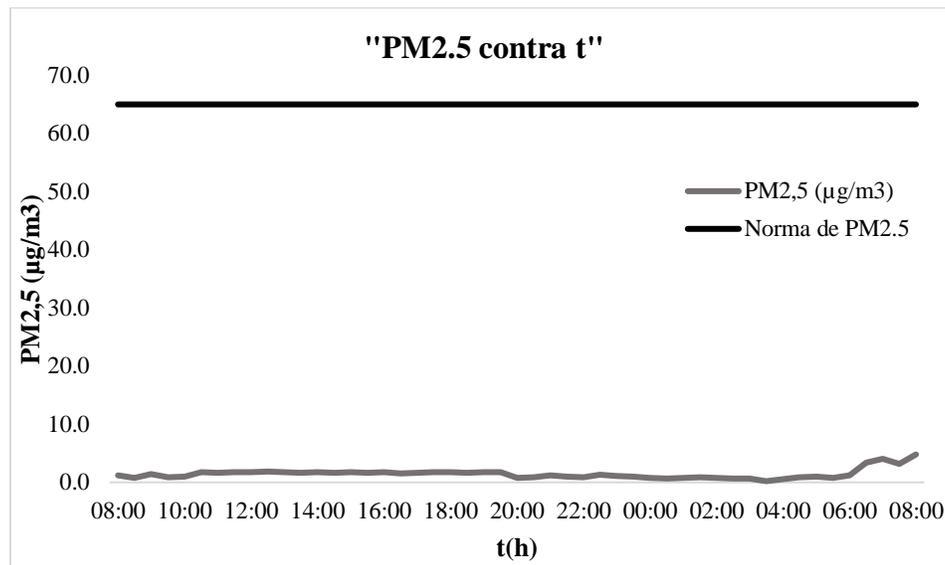


Figura 5.7: Gráfico de concentración de PM2.5 el domingo 05/05/2019

Conclusión: este día de medición se alcanza el valor de PM2.5 de hasta 4.8 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 8:00 horas del día siguiente. El dato promedio obtenido ese día fue de 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento 0.5 m/s, siendo el viento predominante en la dirección noroeste (SE).

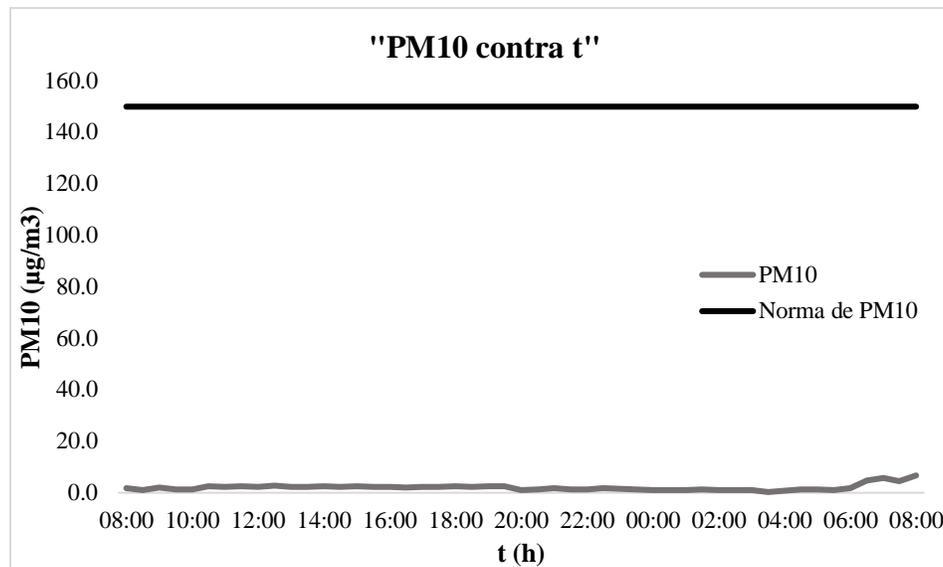


Figura 5.8: Gráfico de concentración de PM10 el domingo 05/05/2019

Conclusión: el valor más alto ese día de material particulado PM10 fue de  $6.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 08:00 horas del día siguiente. El dato promedio obtenido fue de  $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para el domingo 5 de mayo se presentan nuevamente datos muy por debajo de la norma salvadoreña. Este día, a pesar de no haberse presentado ninguna lluvia previa al día de medición, al ser domingo, en el recinto universitario únicamente estaban presentes los del equipo de vigilancia de las zonas de la UES. Por lo cual, no se midieron datos que superaran a la norma en ningún momento del día.

- Comportamiento de las variables meteorológicas durante la primera semana de medición.

En la semana 1 de medición se obtuvieron los mayores valores de material particulado de toda la campaña de recolección de datos. Esto se dio debido a diversos factores, dentro de los cuales se pueden destacar el proceso constructivo del edificio de Aulas al interior de la UES FMO.

Durante la primera semana de medición se estaba dando un proceso constructivo de un edificio de Aulas en la FMO. En donde vehículos pesados ingresaban al sector del edificio, a entregar materiales de construcción, tales como cemento, bloques, alambres, etc.

De la misma forma, muchos trabajadores realizaban labores de corte de concreto, mezcla de cemento con maquinaria industrial, y corte de cerámicas, etc., generando así material particulado al aire.

- Falta de lluvia

Esto se puede atribuir a que, en esa semana de medición según datos recolectados y brindados por el portal de transparencia del MARN, no se presentó ninguna lluvia previa al día de medición (29 de abril) como se muestra en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1:**

*Pluviosidad registrada en la semana 1 de medición*

Índice	Fecha	Lluvia (mm)
M-24	28/04/2019	0
M-24	29/04/2019	0
M-24	30/04/2019	11,4
M-24	01/05/2019	0
M-24	02/05/2019	0
M-24	03/05/2019	0
M-24	04/05/2019	0
M-24	05/05/2019	0

En la figura 5.3 se observa lo seco del terreno y lo disperso de tierra sobre la calle principal de la UES FMO. En donde muchos vehículos al salir o entrar a la universidad están en contacto con dicho material, levantando nubes de material particulado. En todos los días de medición se observó la tendencia de material particulado a ser mayor de 8am a 5pm. Esto ocurre debido a que la mayoría de carga estudiantil y administrativa se ha retirado del recinto a las 5pm. Salvo algunas carreras a las que se les imparten clases por la noche. Esto no tuvo impacto sobre el material particulado, ya que, en su mayoría, esas clases son impartidas en los pabellones al norte y sur del Auditorio N°1 de la facultad.

En algunos días de medición se presentan pequeñas fluctuaciones a las 19horas, 20 horas y media del día, debido a que esa es la hora a la que se retiran los estudiantes de postgrado de la Universidad. En estos días de medición de la semana 1, se obtuvieron esos valores promedio de PM2.5 y PM10 debido a el proceso constructivo que se daba en las instalaciones de la FMO. Sin embargo, al no trabajar en horarios nocturnos, se ve una baja considerable durante las horas nocturnas, lo que hace que, al sacar el promedio diario, éstos no sobrepasen la norma salvadoreña.

## 5.2 Análisis de los resultados obtenidos en la semana 2 (20/05/2019 – 26/05/2019)

### 5.2.1 El lunes 20/05/2019

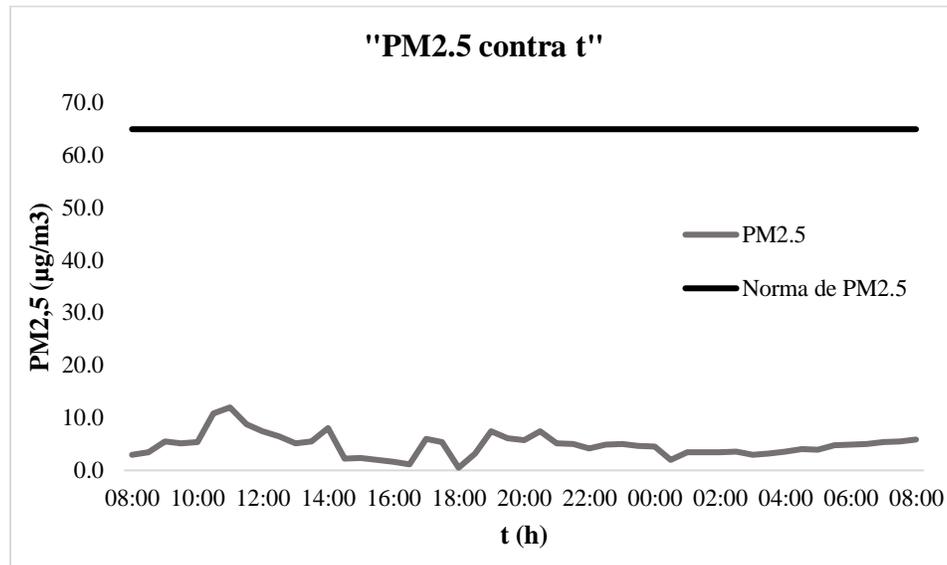


Figura 5.9: Gráfico de concentración de PM2.5 el lunes 20/05/2019

Conclusión: se alcanzó el valor de 12.0 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 11:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido ese día fue de 4.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento 0.9 m/s, siendo el viento predominante en la dirección noreste (NE).

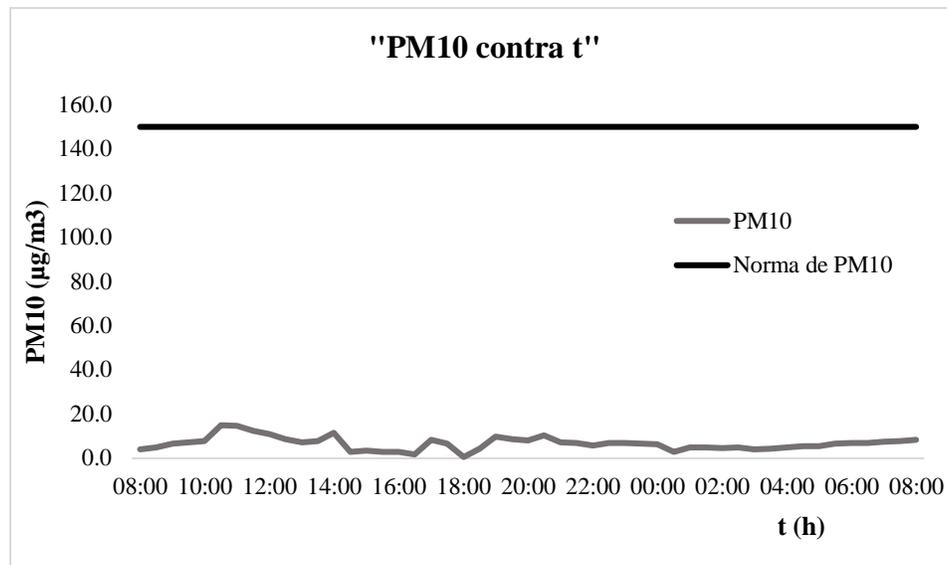


Figura 5.10: Gráfico de concentración de PM10 el lunes 20/05/2019

Conclusión: se alcanzó el valor de hasta  $15.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 10:30 horas de ese día.

El dato promedio obtenido ese día fue de  $6.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 5.2.2 El miércoles 22/05/2019

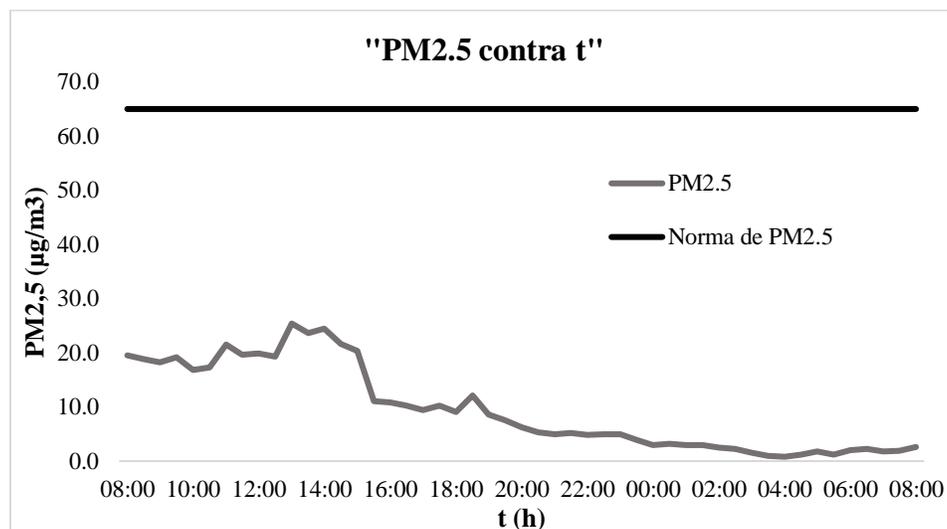


Figura 5.11: Gráfico de concentración de PM2.5 el miércoles 22/05/2019

Conclusión: se alcanza el valor de hasta  $25.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 13:00 horas para material particulado PM2.5. El dato promedio obtenido fue de  $9.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor

promedio de velocidad del viento 0.8 m/s, siendo el viento predominante en la dirección noreste (NE).

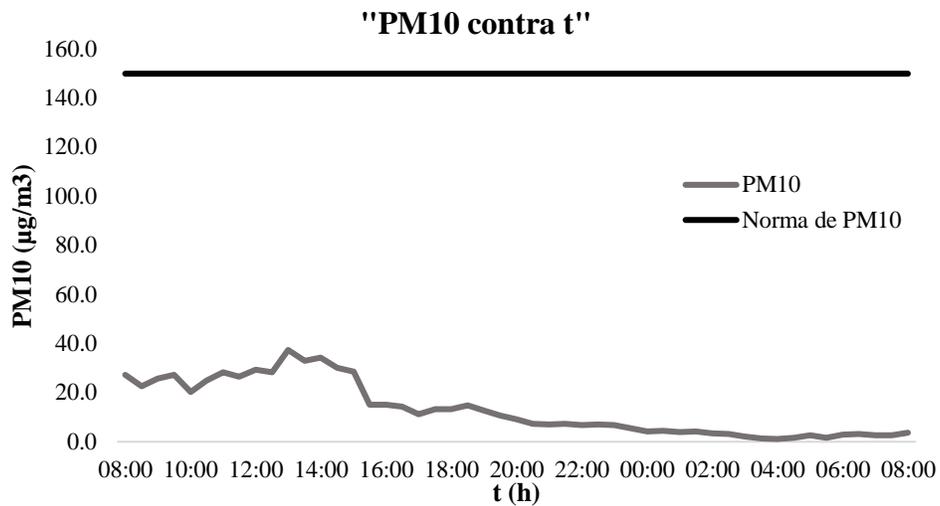


Figura 5.12: Gráfico de concentración de PM10 el miércoles 22/05/2019

Conclusión: se alcanzó el valor de hasta  $37.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 13:00 horas de ese día.

El dato promedio obtenido fue de  $13.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 5.2.3 El viernes 24/05/2019

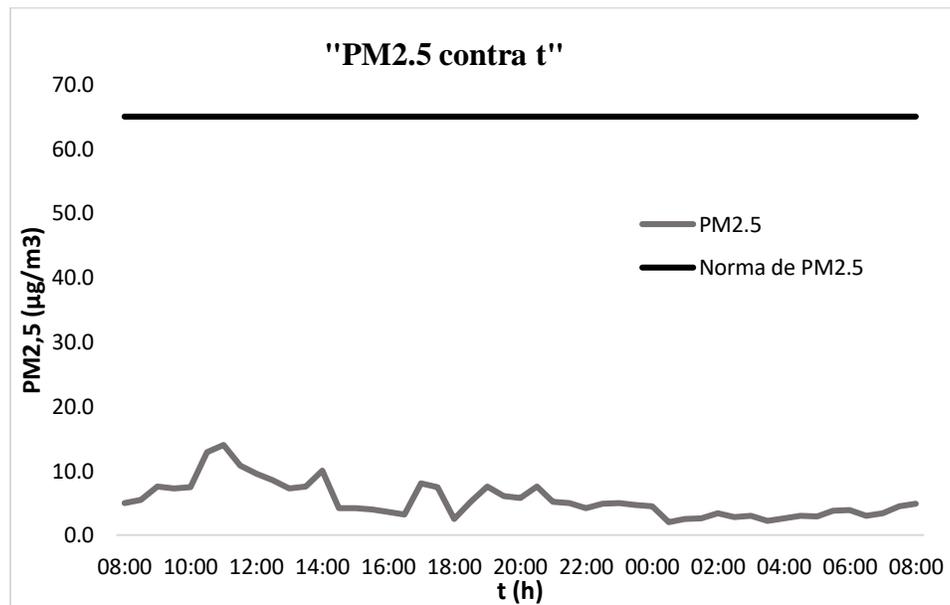


Figura 5.13: Gráfico de concentración de PM2.5 el viernes 24/05/2019

Conclusión: este día se presenta el dato mayor de toda la semana de medición.

Alcanzando el valor de hasta 14.0 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 11:00 horas. El dato promedio obtenido fue de 5.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento 0.61 m/s, siendo el viento predominante en la dirección sureste (SE).

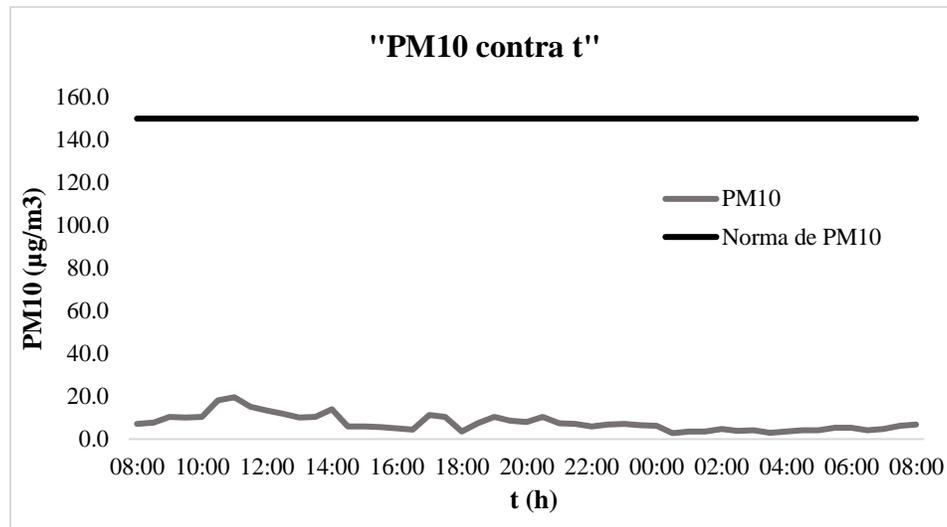


Figura 5.14: Gráfico de concentración de PM10 el viernes 24/05/2019

Conclusión: se observa que el viernes 24 de mayo de 2019 se alcanzó el valor de hasta 19.6 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 11:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido ese día fue de 7.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 5.2.4 El domingo 26/05/2019

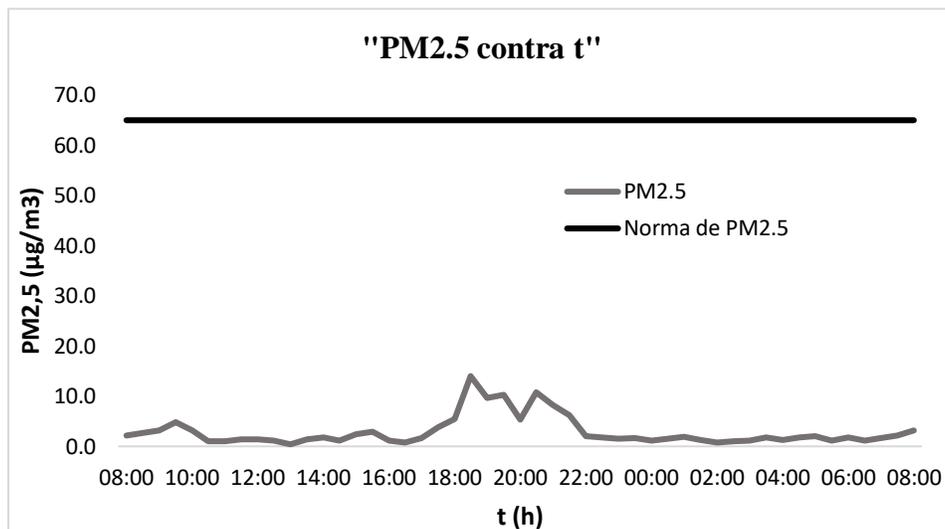


Figura 5.15: Gráfico de concentración de PM2.5 el domingo 26/05/2019

Conclusión: se alcanza el valor de hasta  $14.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 18:30 horas de ese día.

El dato promedio obtenido fue de  $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento  $0.9 \text{ m/s}$ , siendo el viento predominante en la dirección noreste (NE).

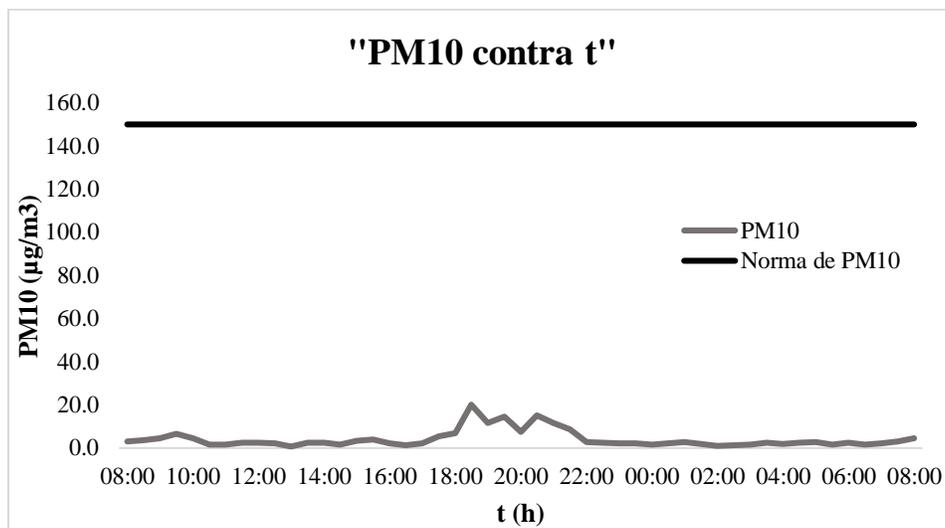


Figura 5.16: Gráfico de concentración de PM10 el domingo 26/05/2019

Conclusión: se alcanzó el valor de hasta  $20.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 18:30 horas de ese día. El dato promedio obtenido de PM10 fue de  $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- Comportamiento de las variables meteorológicas durante la segunda semana de medición.

Durante la semana 2 de medición se presentaron lluvias durante todos los días a excepción del jueves 23 de mayo.

**Tabla 5.2:**

*Pluviosidad registrada en la semana 2 de medición*

Índice	Fecha	Lluvia (mm)
M-24	18/05/2019	34,5
M-24	19/05/2019	0,6
M-24	20/05/2019	4,3
M-24	21/05/2019	8
M-24	22/05/2019	54,8
M-24	23/05/2019	0
M-24	24/05/2019	133,2
M-24	25/05/2019	38,9
M-24	26/05/2019	26

Para el primer día de medición, en la tabla 5.2 se muestra que se habían registrado lluvias desde varios días atrás. Lo que lleva a analizar que al estar húmedo el piso, éste no despedía grandes cantidades de material particulado al aire. Por ende, a lo largo de toda la semana, se pueden observar fluctuaciones en todo el día debido a diversas fuentes, como vehículos transitando, pero ninguna fluctuación fue capaz de superar el valor de la norma.

### 5.3 Análisis de los resultados obtenidos en la semana 3

#### 5.3.1 El lunes 10/06/2019

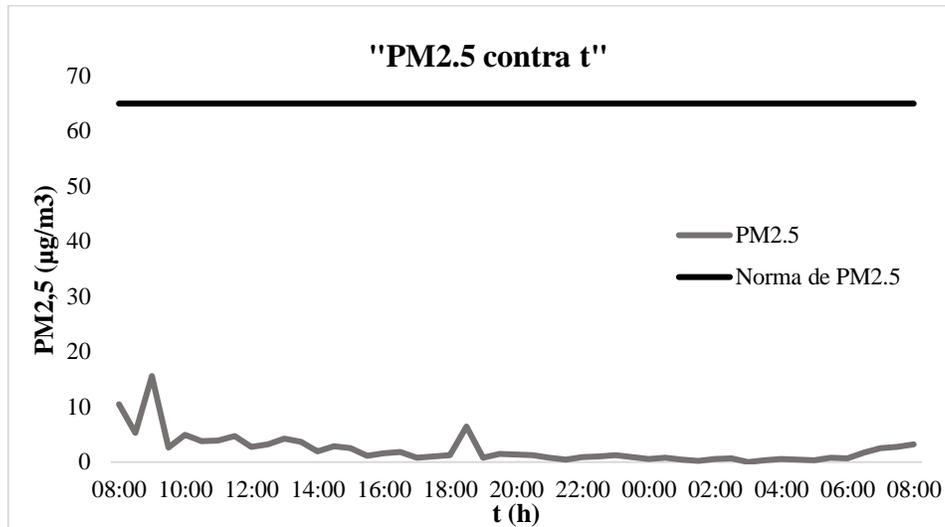


Figura 5.17: Gráfico de concentración de PM2.5 el lunes 10/06/2019

Conclusión: se observa que este día la concentración de material particulado PM2.5 alcanzo valores de hasta  $15.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 09:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido de  $2.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento  $0.9 \text{ m/s}$ , siendo el viento predominante en la dirección noreste (NO).

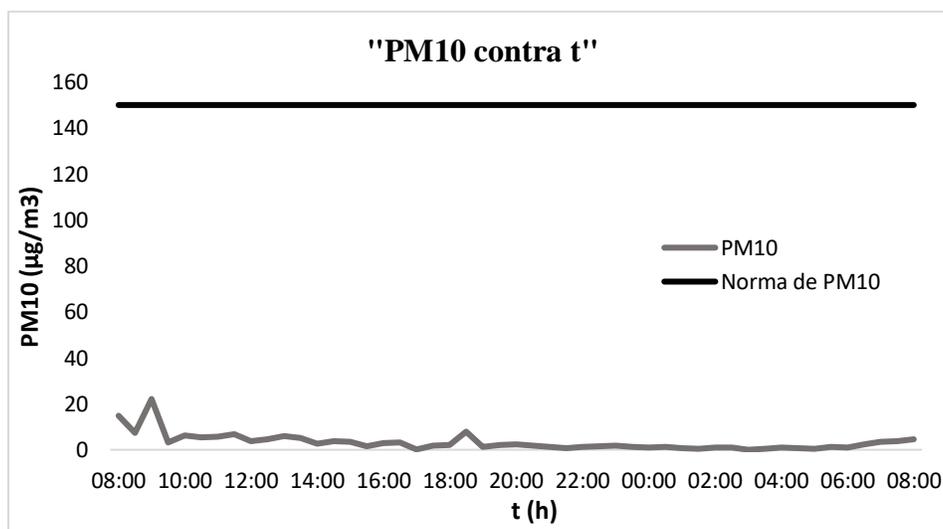


Figura 5.18: Gráfico de Concentración de PM10 el lunes 10/06/2019

Conclusión: se alcanzó el valor de material particulado PM10 de hasta 22.1 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 9 horas de ese día. El dato promedio obtenido fue de 2.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 5.3.2 El miércoles 12/06/2019

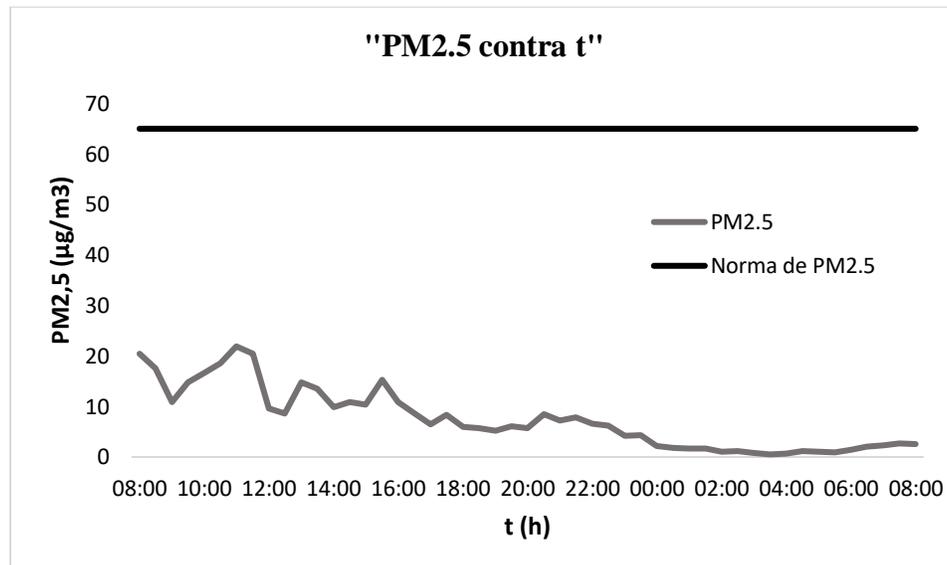


Figura 5.19: Gráfico de concentración de PM2.5 el miércoles 12/06/2019

Conclusión: se observa que el miércoles 12 de junio de 2019, se presenta el dato mayor de toda la semana de medición. Alcanzando el valor de hasta 21.9 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para el material particulado PM2.5 a las 11:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido fue de 7.49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento 0.8 m/s, siendo el viento predominante en la dirección noreste (NO).

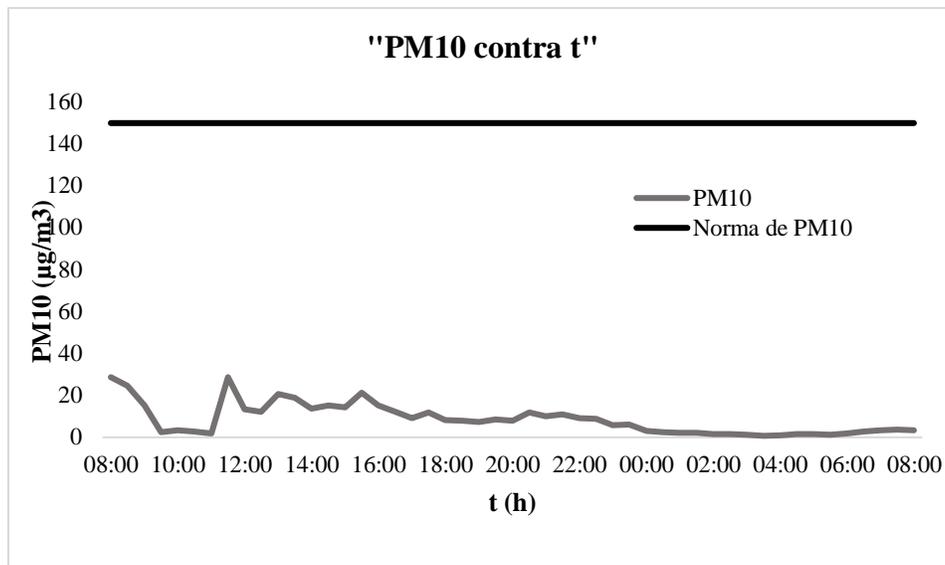


Figura 5.20: Gráfico de concentración de PM10 el miércoles 12/06/2019

Conclusión: se alcanzó el valor de hasta 28.7 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 8:00 horas de ese día, y luego, una vez más se alcanzó esa cantidad a las 11:30 horas. El dato promedio obtenido fue de 7.49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 5.3.3 El viernes 14/06/2019

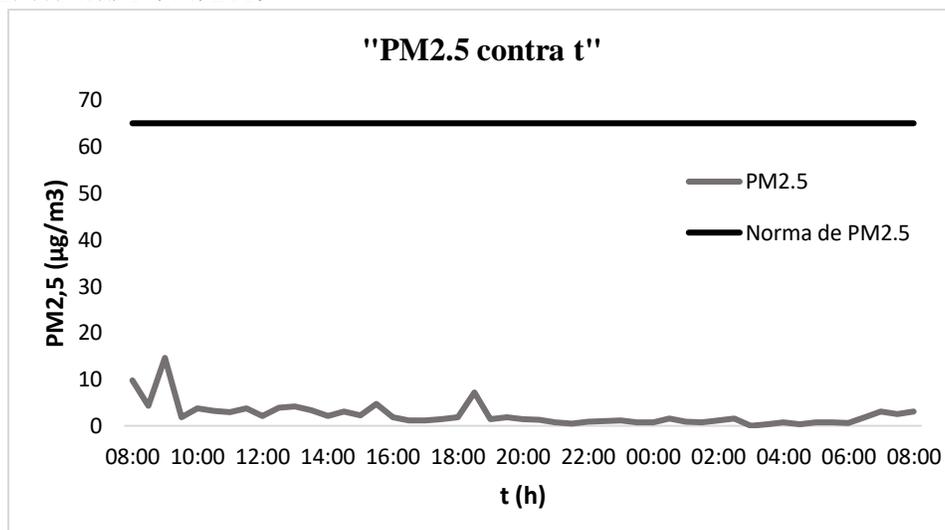


Figura 5.21: Gráfico de concentración de PM2.5 el viernes 14/06/2019

Conclusión: se alcanzó el valor de hasta  $14.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 09:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido fue de  $2.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento  $0.7 \text{ m/s}$ , siendo el viento predominante en la dirección noroeste (NO).

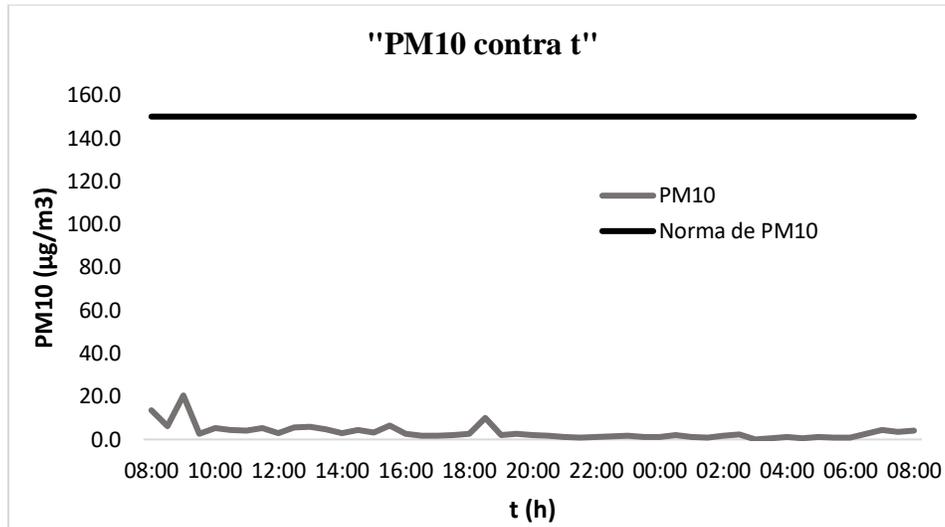


Figura 5.22: Gráfico de concentración de PM10 el viernes 14/06/2019

Conclusión: este día de medición se alcanzó el valor de hasta  $20.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 09:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido fue de  $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 5.3.4 El domingo 26/05/2019

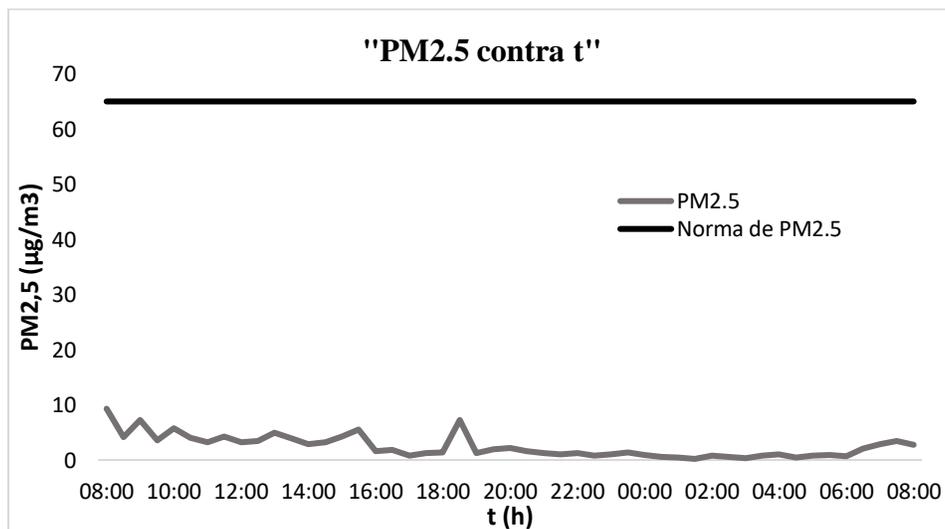


Figura 5.23: Gráfico de concentración de PM2.5 el domingo 16/06/2019

Conclusión: se puede observar que el domingo 16 de junio de 2019, se alcanza el valor de hasta 9.3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 08:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido fue de 2.46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se obtuvo un valor promedio de velocidad del viento 1.13 m/s, siendo el viento predominante en la dirección oeste (O).

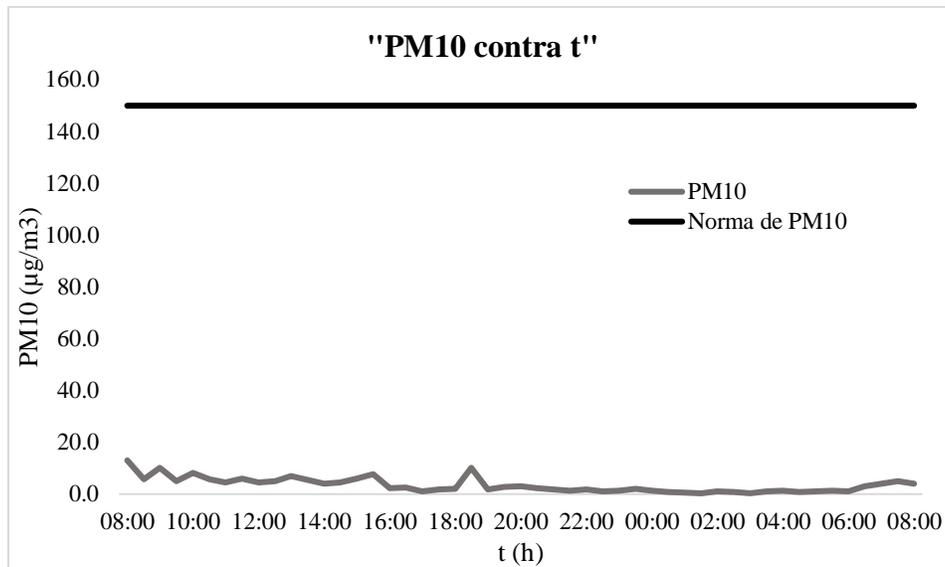


Figura 5.24: Gráfico de concentración de PM10 el domingo 16/06/2019

Conclusión: se observa que el domingo 16 de junio de 2019 se alcanzó el valor de hasta 13.0 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las 08:00 horas de ese día. El dato promedio obtenido fue de 3.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- Comportamiento de las variables meteorológicas durante la semana 3 de medición.

Durante la semana 3 de medición se presentaron lluvias durante todos los días a excepción del jueves 23 de mayo.

Tabla 5.3: pluviiosidad registrada en la semana 3 de medición

Índice	Fecha	Lluvia (mm)
M-24	09/06/2019	2
M-24	10/06/2019	0,3
M-24	11/06/2019	0
M-24	12/06/2019	0
M-24	13/06/2019	12
M-24	14/06/2019	1,7
M-24	15/06/2019	0
M-24	16/06/2019	0

Como se muestra en la tabla 10, para el primer día de medición se habían registrado lluvias desde varios días atrás. Lo que lleva a analizar que al estar húmedo el piso, éste no despedía grandes cantidades de material particulado al aire. Por ende, a lo largo de toda la semana, se pueden observar fluctuaciones en todo el día debido a diversas fuentes, como vehículos transitando, pero ninguna fluctuación fue capaz de superar el valor de la norma.

Tabla 5.4: Valores de PM2.5 y PM10 semana 1.

Día	PM	PMprom ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Interpretación de calidad del aire según el ICCA	Conclusión
29/04/2019	PM2.5	34.2	Moderado	PM prom < NSO
	PM10	43.7	Bueno	PM prom < NSO
01/05/2019	PM2.5	1.56	Bueno	PM prom < NSO
	PM10	2.18	Bueno	PM prom < NSO
03/05/2019	PM2.5	34.3	Moderado	PM prom < NSO
	PM10	48.0	Bueno	PM prom < NSO
05/05/2019	PM2.5	3.0	Bueno	PM prom < NSO
	PM10	4.2	Bueno	PM prom < NSO

Cabe destacar que, para esta semana, la construcción del edificio de aulas estaba terminado. Por lo cual, las fuentes emisoras de material particulado se redujeron.

De la tabla 5.4 se concluye lo siguiente:

Al comparar los valores promedios de PM con el establecido por la norma NSO 13.11.01:01 se determinó que, para el PM<sub>2.5</sub> y para el PM<sub>10</sub> se obtienen valores menores a la norma, concluyendo que la calidad del aire según el ICCA en cuanto a PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> es “buena” en la FMO para las fechas en las que se hizo la investigación, ya que en estos rangos de valores no se anticipan impactos a la salud. Únicamente el viernes 3 de mayo se obtuvo un índice de calidad del aire de “moderado” para el PM<sub>2.5</sub>.

Los principales motivos por los cual se registraron estos valores promedio tan bajos de material particulado en esta área fueron:

La presencia de zona verde y árboles cercanos a la biblioteca sirvieron como agentes atenuadores o filtradores de las partículas suspendidas en el aire debido a que en ellos se depositaban la mayoría de las partículas suspendidas en el aire de la construcción de todo tipo de tamaños que después con las corrientes de aire se suspendieron o se elevaron y se dirigieron lejos de la FMO; permitiendo así que la concentración de PM se redujera drásticamente impidiendo que estas se precipitaran constantemente en el área de medición.

Otro de los motivos fueron la presencia de leves precipitaciones en algunos días previos a los días de medición y que durante la noche se reduce drásticamente el material particulado debido a la ausencia de fuentes emisoras de este contaminante al interior de la FMO por lo cual, el valor instantáneo de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> obtenido es

menor durante las horas nocturnas, causando que el promedio diario sea menor al valor de la norma.

**Tabla 5.5:**

*Valores de PM<sub>2.5</sub> Y PM<sub>10</sub> semana 2.*

Día	PM	PMprom ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Interpretación de calidad del aire según el ICCA	Conclusión
20/05/2019	PM <sub>2.5</sub>	4.8	Buena	PM prom < NSO
	PM <sub>10</sub>	6.7	Buena	PM prom < NSO
22/05/2019	PM <sub>2.5</sub>	9.6	Buena	PM prom < NSO
	PM <sub>10</sub>	13.3	Buena	PM prom < NSO
24/05/2019	PM <sub>2.5</sub>	5.4	Buena	PM prom < NSO
	PM <sub>10</sub>	7.6	Buena	PM prom < NSO
26/05/2019	PM <sub>2.5</sub>	2.9	Buena	PM prom < NSO
	PM <sub>10</sub>	4.1	Buena	PM prom < NSO

De la tabla 5.5 se concluye lo siguiente:

Al comparar los valores promedios de PM con el establecido por la norma NSO 13.11.01:01 se encuentra que, para ambos casos, tanto el del PM<sub>2.5</sub> como el del PM<sub>10</sub> se obtienen valores menores a la norma en los cuatro días de investigación de la semana 2, razón por la cual se puede concluir que la calidad del aire según la interpretación de calidad del aire según el ICCA en cuanto a PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> es “buena” para permanencia por períodos de tiempo de exposición prolongados y frecuentes ya que en estos rangos de valores no se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en ese rango.

**Tabla 5.6:**

*Valores de PM2.5 Y PM10 semana 3.*

Día	PM	PM prom ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Interpretación de calidad del aire según el ICCA	Conclusión
10/06/2019	PM2.5	2.32	Buena	PM prom < NSO
	PM10	3.23	Buena	PM prom < NSO
12/06/2019	PM2.5	7.49	Buena	PM prom < NSO
	PM10	8.65	Buena	PM prom < NSO
14/06/2019	PM2.5	2.37	Buena	PM prom < NSO
	PM10	3.3	Buena	PM prom < NSO
16/06/2019	PM2.5	2.46	Buena	PM prom < NSO
	PM10	3.4	Buena	PM prom < NSO

De la tabla 5.6 se concluye lo siguiente:

Al comparar los valores promedios de PM con el establecido por la norma NSO 13.11.01:01 se encuentra que, para ambos casos, tanto el del PM2.5 como el del PM10 se obtienen valores menores a la norma en los cuatro días de investigación de la semana 3, razón por la cual se puede concluir que la calidad del aire según la interpretación de calidad del aire según el ICCA en cuanto a PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> es “buena” para permanencia por períodos de tiempo de exposición prolongados y frecuentes ya que en estos rangos de valores no se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en ese rango. Únicamente el viernes 3 de mayo se obtuvo un índice de calidad del aire de “moderado” para el PM2.5.

## 5.4 Prueba de hipótesis

Para efectuar la prueba de hipótesis se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Se utilizó el valor crítico  $t$  (dos colas) y no el valor crítico  $t$  (una cola) y una significancia ( $\alpha$ ) de 0.05.
- El valor crítico  $t$  de dos colas, es el punto crítico de la función de probabilidad. En donde este valor crítico es positivo y negativo (como se puede ver en la tabla 5.7). Entre ambos valores críticos se genera un intervalo de confianza. En donde, si el valor estadístico “ $t$ ” se encuentra entre dicho intervalo, entonces la hipótesis nula es aceptada. De lo contrario se acepta una hipótesis alternativa según sea el caso.

Se hizo la prueba estadística para aceptar o rechazar la hipótesis nula, obteniéndose los datos que se observan en la tabla 14.

Al graficar los datos medidos, se observa una clara diferencia entre los valores de la norma NSO 13.11.01:01 con los valores obtenidos. Utilizando los datos obtenidos en las 3 semanas de medición, se realizó una prueba estadística de prueba de hipótesis T-Student para comprobar si la diferencia de los datos obtenidos de concentración de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> con el valor de la norma NSO 13.1.0.0.1 es significativa.

**Tabla 5.7:**

*Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales. PM2.5*

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	PM2.5 prom	NSO 13.11.01:01
Media	9,08	65,00
Varianza	144,33	0
Observaciones	12,00	12,00
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-16,12	
P (T<=t) una cola	0,00	
Valor crítico de t (una cola)	1,80	
P (T<=t) dos colas	0,00	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

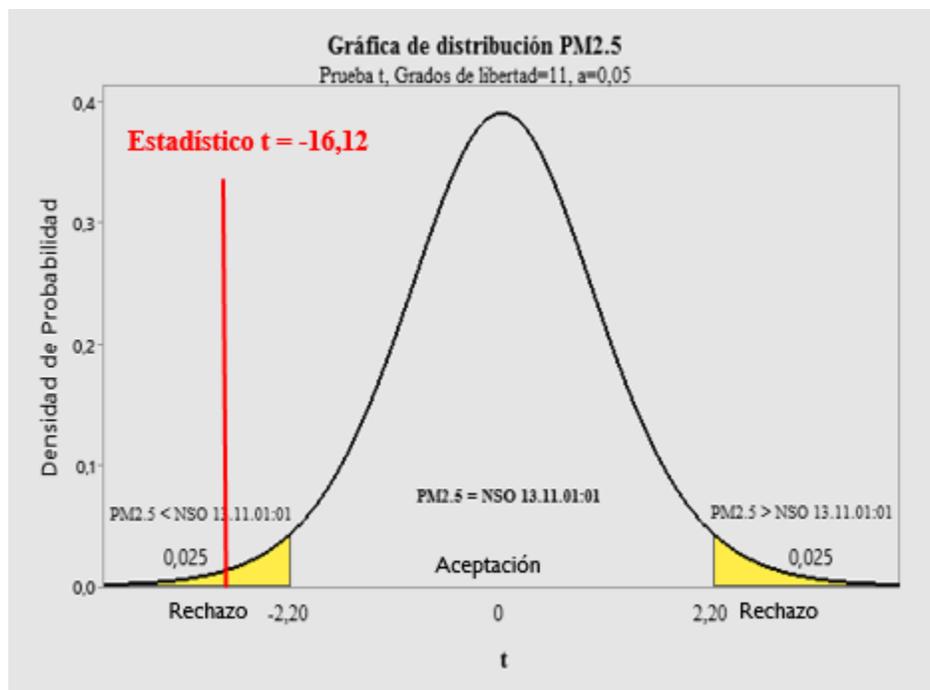


Figura 5.25: Gráfica de distribución normal de la prueba de hipótesis PM2.5

Como se puede observar en la figura 5.27, se obtiene un intervalo de confianza entre los valores críticos -2.20 y 2.20. El valor obtenido del valor estadístico “t” resultante es de  $t=-16.12$ , el cual al ubicarlo en la gráfica de distribución normal de la figura 5.26 se ubicaría al lado izquierdo, en los números negativos de la distribución de probabilidad. Este resultado rechaza la hipótesis nula de esta investigación.

Al mismo tiempo, al realizar esta prueba estadística se comprueba la hipótesis de la investigación la cual establece que: “Sí existe diferencia al comparar los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental con los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019”. De la misma forma comprueba la hipótesis específica 2, la cual establece que: “Los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán menores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019”.

**Tabla 5.8:**

*Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales. PM10*

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	<b>PM10 prom</b>	<b>NSO 13.11.01:01</b>
Media	12,19	150,00
Varianza	258,69	0
Observaciones	12,00	12,00
Diferencia hipotética de las medias		0,00
Grados de libertad		11,00
Estadístico t		-29,68
P(T<=t) una cola		0,00
Valor crítico de t (una cola)		1,80
P(T<=t) dos colas		0,00
Valor crítico de t (dos colas)		2,20

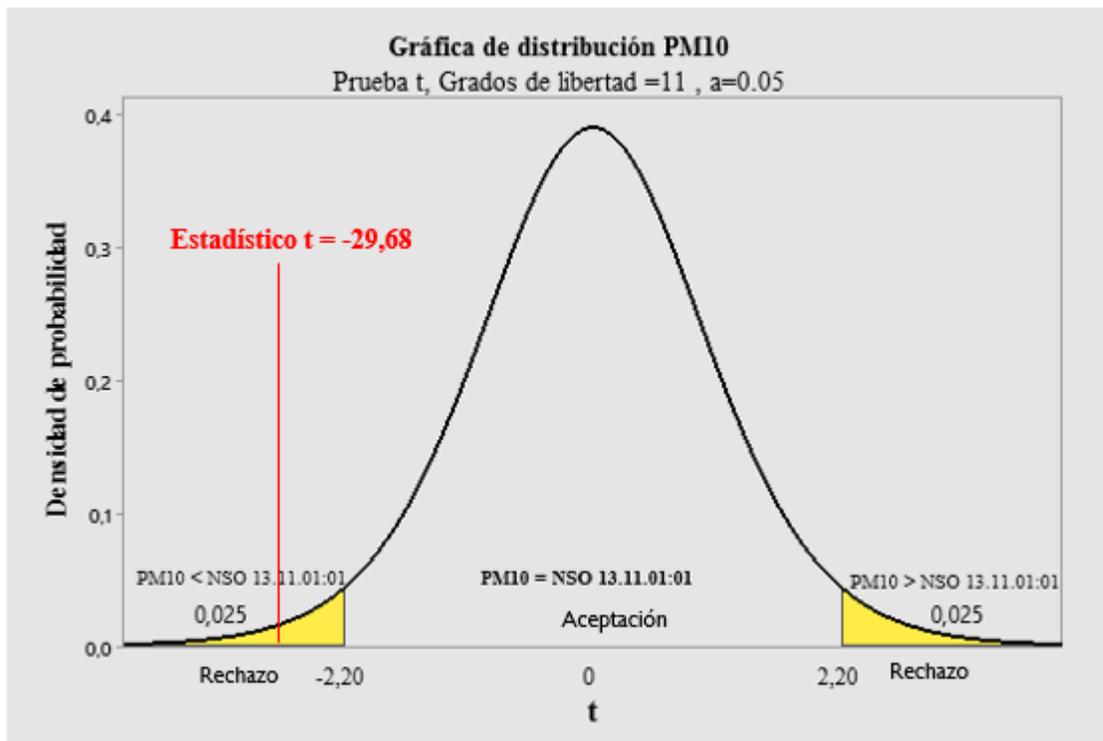


Figura 5.26: Gráfica de distribución normal de la prueba de hipótesis PM10

Como se observa en la figura 5.28, se obtiene un intervalo de confianza entre los valores críticos  $-2.20$  y  $2.20$ . El valor obtenido del valor estadístico “t” resultante es de  $t=-29.68$ , el cual al ubicarlo en la gráfica de distribución normal de la figura 5.27 se ubicaría al lado izquierdo, en los números negativos de la distribución de probabilidad. Este resultado rechaza la hipótesis nula de esta investigación la cual se enuncia: “No existe diferencia al comparar los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental con los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019”.

Al mismo tiempo, esta prueba estadística comprueba la hipótesis de la investigación la cual establece que: “Sí existe diferencia al comparar los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental con los

establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019”. De la misma forma comprueba la hipótesis específica 2, la cual establece que: “Los valores obtenidos del material particulado PM2.5 y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental serán menores a los establecidos en la norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019”.

## Capítulo 6 : Conclusiones Y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

Se determinó que sí existe diferencia entre los valores obtenidos de concentración de material particulado PM2.5 Y PM10 en la Facultad Multidisciplinaria Oriental y los establecidos según la norma NSO 13.11.01:01 por el CONACYT. Se determinó que, para las 3 semanas de medición, los resultados obtenidos son menores a los valores de la norma NSO 13.11.01:01

- Durante la semana 1 de medición, los días lunes y viernes los valores de PM2.5 y PM10 superaron los valores de la norma en horario matutino pero el valor promedio no lo hizo. Los valores promedio obtenidos de PM2.5 fueron: (34.17, 1.56, 34.32 y 1,46)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , menores al valor de la norma. Para el PM10 los valores promedio diarios fueron de: (43.67, 2.18, 48.05 2.04)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo menores al valor de la norma.
- Durante la semana 2 y semana 3, los valores de concentración de PM2.5 y PM10 no sobrepasaron los valores establecidos por la norma.

Los valores medidos y los valores establecidos por la norma son diferentes. Debido a esto, se realizó una prueba de análisis estadístico T-Student, para medir el nivel de significancia de los datos y para comprobar la aceptación o rechazo de la hipótesis nula; comprobándose que, la diferencia entre ambos datos es significativa y que, al ser los valores obtenidos menores al valor de la norma, se deniega la hipótesis nula.

## 6.2 Recomendaciones

Para futuras investigaciones de material particulado se recomienda:

- Diseñar y realizar investigaciones durante el período de zafra y no zafra.
- Realizar investigaciones de la calidad del aire en todos los departamentos de la FMO.

## Bibliografía

- Alvarado, J. C. (15 de diciembre de 2017). *Ministerio de Salud Dirección de Salud Ambiental*. Recuperado el 10 de Agosto de 2018, de <http://usam.salud.gob.sv/index.php/component/content/article/716>
- Asamblea Legislativa. (4 de mayo de 1998). *Ley de medio ambiente*. Recuperado el 12 de Agosto de 2019, de [http://www.csj.gob.sv/Comunicaciones/2017/03\\_MARZO/IMAGES/MA/Ley%20del%20Medio%20Ambiente%20de%20El%20Salvador.pdf](http://www.csj.gob.sv/Comunicaciones/2017/03_MARZO/IMAGES/MA/Ley%20del%20Medio%20Ambiente%20de%20El%20Salvador.pdf)
- Asamblea Legislativa. (31 de mayo de 2000). *Transparencia.gob*. Recuperado el 8 de agosto de 2019, de Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.pdf
- capasdelatierra.org. (s.f.). *capasdelatierra.org*. Recuperado el 03 de septiembre de 2019, de <https://www.capasdelatierra.org/atmosfera/#Que-es-la-atmosfera>
- Casals, C. (21 de agosto de 2017). *Metereología en red*. Recuperado el 8 de Agosto de 2019, de <https://www.meteorologiaenred.com/escala-beaufort.html>
- CASSA. (2018). *Compañía Azucarera Salvadoreña*. Recuperado el 31 de julio de 2018, de <http://www.grupocassa.com/grupo-cassa/ingenio-chaparrastique/>
- Castillo y Rivera. (2004). *Diagnóstico de las emisiones atmosféricas generadas por los ingenios azucareros de El Salvador*. Tesis de grado, San Salvador. Recuperado el 15 de octubre de 2018, de <http://ri.ues.edu.sv/5540/1/10128817.pdf>
- Castillo y Vides, C. M. (2001). *Estudio de calidad del aire y síntomas de enfermedades respiratorias en la Facultad Multidisciplinaria Oriental*. San Miguel.
- CONACYT. (2016). *Calidad del aire ambiental*. Recuperado el 7 de agosto de 2019, de [http://estadisticas.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2016/08/Norma\\_Calidad\\_Aire.pdf](http://estadisticas.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2016/08/Norma_Calidad_Aire.pdf)
- Consejería de medio ambiente, o. d. (2008). *Calidad de aire ambiente*. Recuperado el 7 de agosto de 2019, de <http://www.lineaverdemunicipal.com/consejos-ambientales/los-contaminantes-atmosfericos.pdf>
- DKV, S. (24 de noviembre de 2010). *observatorio dkv de salud y medio ambiente en España*. (d. seguros, Ed.) Recuperado el 6 de agosto de 2019, de [https://ecodes.org/component/option,com\\_phocadownload/Itemid,446/download,189/id,22/view,category/](https://ecodes.org/component/option,com_phocadownload/Itemid,446/download,189/id,22/view,category/)
- Elitech Technology Inc. (2018). *Elitech*. Recuperado el 15 de septiembre de 2019, de <http://www.elitechus.com/product/temtop-m2000-air-quality-detector-professional-hcho-co2-pm2-5-monitor/>

- Elitech Technology Inc. (2020). Recuperado el 09 de junio de 2020, de <https://www.elitechstore.com/collections/air-quality-detector/products/temtop-m2000c-air-quality-detector-professional-co2-pm2-5-pm10-monitor>
- Enshassi, Kochendoerfer y Rizq. (Diciembre de 2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 21. Recuperado el 4 de julio de 2019, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v29n3/art02.pdf>
- Envira. (28 de febrero de 2019). Contaminantes primarios y secundarios: estos son los más peligrosos. *Envira*. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864017300214#bib0020>
- Ferrer y Escalante. (septiembre - octubre de 2009). *Facultad de Economía Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 6 de Agosto de 2019, de <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/360/03escalanteyjimy.pdf>
- FMO UES San Miguel. (7 de mayo de 2018). FMO Contará con un nuevo edificio de aulas. San Miguel, El Salvador. Recuperado el 20 de Marzo de 2019, de <https://www.facebook.com/media/set/?set=a.10160308538440361.1073742040.10150103857100361&type=3>
- Gómez et al. (noviembre de 2006). San Miguel, San Miguel, El Salvador. doi:<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/17816/>
- Gómez, I. (17 de febrero de 2002). *Vertice*. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de Miopía ambiental: <http://archivo.elsalvador.com/vertice/2002/02/17/investigacion.html>
- Google Maps y Mapa de El Salvador. (2018). Recuperado el 20 de agosto de 2018, de <https://www.google.com/maps/@13.4399564,-88.1579109,289m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?hl=es>, <http://www.mapadeelsalvador.com/mapa-de-el-salvador-con-su-division-politica>
- Google Maps y Mapa de El Salvador. (2020). Recuperado el 9 de junio de 2020, de <https://www.google.com/maps/@13.4399564,-88.1579109,289m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?hl=es>, <http://www.mapadeelsalvador.com/mapa-de-el-salvador-con-su-division-politica>
- Huff, A. (2009). *Contaminación atmosférica por material particulado (PM2.5 y PM10)*. Comunicado Información sobre la Calidad del Aire en Centroamérica, Battelle Memorial Institute, Panama. Recuperado el 18 de agosto de 2018
- Inche, J. L. (23 de agosto de 2009). *Sistema de Bibliotecas SISBIB*. Recuperado el 4 de Agosto de 2019, de [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/geologia/gestion\\_calidad/Cap03.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/geologia/gestion_calidad/Cap03.pdf)

- INECC. (15 de noviembre de 2007). Recuperado el 7 de Agosto de 2019, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/tipos.html>
- INECC. (15 de noviembre de 2007). *INECC*. Recuperado el 31 de Julio de 2018, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/tipos.html#top>
- INECC. (2016). *www2.inecc.gob*. Recuperado el 24 de julio de 2019, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255490/InformeFinalDurango170416.pdf>
- Jiménez , J. D., & Linares Gil , C. (1 de septiembre de 2008). *Ecologistas en acción*. Recuperado el 05 de Agosto de 2019, de <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=17842>
- Jiménez y Linares. (1 de septiembre de 2008). *Ecologistas en acción*. Recuperado el 05 de Agosto de 2019, de <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=17842>
- Jiménez, Capa y Portela. (2004). *Meteorología y Climatología*. (F. (. Tecnología), Ed.) FECYT. Recuperado el 8 de agosto de 2019, de <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>
- Kumar, N. K. (1 de junio de 2008). Impact of dust emission on plant vegetation in the vicinity of cement plant. *Environmental Engineering and Management Journal*. 31-35. Recuperado el 04 de Diciembre de 2019, de <https://experts.umn.edu/en/publications/impact-of-dust-emission-on-plant-vegetation-in-the-vicecity-of-ce>
- Legislativa, A. (23 de diciembre de 2016). *MARN*. Recuperado el 29 de julio de 2019, de <http://www.marn.gob.sv/descargas/ley-del-medio-ambiente-y-reformas-2012/?wpdmdl=23916>
- Ley de Medio Ambiente. (4 de mayo de 1998). *Ley de Medio Ambiente*. Recuperado el 12 de Agosto de 2019, de [http://www.csj.gob.sv/Comunicaciones/2017/03\\_MARZO/IMAGES/MA/Ley%20del%20Medio%20Ambiente%20de%20El%20Salvador.pdf](http://www.csj.gob.sv/Comunicaciones/2017/03_MARZO/IMAGES/MA/Ley%20del%20Medio%20Ambiente%20de%20El%20Salvador.pdf)
- MARN. (3 de marzo de 2014). Recuperado el 11 de Agosto de 2018, de <http://www.marn.gob.sv/indice-centroamericano-de-la-calidad-del-aire/>
- MARN. (3 de marzo de 2014). Recuperado el 1 de Agosto de 2019, de <http://www.marn.gob.sv/monitoreo-de-la-calidad-del-aire-en-linea/>
- MARN. (3 de marzo de 2014a). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 8 de Agosto de 2019, de <http://www.marn.gob.sv/indice-centroamericano-de-la-calidad-del-aire/>
- MARN. (3 de marzo de 2014b). *MARN*. Recuperado el 6 de Agosto de 2018, de <http://www.marn.gob.sv/monitoreo-de-la-calidad-del-aire-en-linea/>

- MARN. (marzo de 2018). Recuperado el 27 de Octubre de 2019, de <http://www.marn.gob.sv/descargas/Documentos/2018/SINAMA/Documentos%20y%20guias/Capacidad%20de%20carga%20de%20medio%20receptor%20aire.pdf>
- MARN. (2018). Recuperado el 08 de agosto de 2019, de <http://www.marn.gob.sv/viento-y-el-oleaje/>
- Martinez y García, A. J. (agosto de 2004). *Repositorio Institucional Universidad de El Salvador*. Recuperado el 3 de Agosto de 2018, de <http://ri.ues.edu.sv/5540/1/10128817.pdf>
- Mejía, J. R. (2017). *Diagnóstico de contaminación atmosférica*. San Salvador. Recuperado el 21 de abril de 2019, de [https://www.utec.edu.sv/media/publicaciones/flips/coleccionInvestigaciones/2017/diagnostico\\_contaminacion\\_atmosferica/files/publication.pdf](https://www.utec.edu.sv/media/publicaciones/flips/coleccionInvestigaciones/2017/diagnostico_contaminacion_atmosferica/files/publication.pdf)
- MINEC, M. d. (2003). San Salvador. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/els49792.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1 de enero de 2015). <http://www.marn.gob.sv>. Recuperado el 14 de Abril de 2019, de <http://www.marn.gob.sv/informe-especial-de-calidad-del-aire-enero-20015/>
- Ministerio de Salud. (21 de junio de 2015). *MINSAL*. Recuperado el 2 de Agosto de 2018, de [https://www.salud.gob.sv/archivos/vigi\\_epide2015/boletines\\_epidemiologicos2015/Boletin\\_epidemiologico\\_SE252015.pdf](https://www.salud.gob.sv/archivos/vigi_epide2015/boletines_epidemiologicos2015/Boletin_epidemiologico_SE252015.pdf)
- MOP. (24 de enero de 2014). *Ministerio de Obras Publicas, Transporte, Vivienda y desarrollo urbano*. Recuperado el 10 de Agosto de 2018, de [http://www.mop.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1631:mop-presenta-propuesta-paso-a-desnivel-para-solucion-trafico-ingreso-a-la-ciudad-de-san-miguel-&catid=1:noticias-ciudadano&Itemid=77](http://www.mop.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=1631:mop-presenta-propuesta-paso-a-desnivel-para-solucion-trafico-ingreso-a-la-ciudad-de-san-miguel-&catid=1:noticias-ciudadano&Itemid=77)
- Nielsen-Kellerman. (s.f.). Obtenido de pce Ibérica: <http://www.pce-iberica.es/manuales/manual-anemometro-avm-Kestrel-4000.pdf>
- Nielsen-Kellerman. (s.f.). *pce ibérica*. Recuperado el 16 de septiembre de 2019, de <http://www.pce-iberica.es/manuales/manual-anemometro-avm-Kestrel-4000.pdf>
- OMS. (2 de mayo de 2018a). (OMS, Editor, & OMS) Recuperado el 3 de Agosto de 2019, de [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- OMS. (2 de mayo de 2018b). (OMS, Editor, & OMS) Recuperado el 3 de Agosto de 2019, de [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

- OMS. (2018c). Recuperado el 10 de abril de 2019, de [https://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/health\\_impacts/es/index2.html](https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/index2.html)
- Oriente, F. M. (s.f.). Mapa de riesgos y recursos. Recuperado el 29 de septiembre de 2020
- Padilla, A. (15 de abril de 2016). *Aire de la ZMG*. (airedelazmg, Ed.) Recuperado el 8 de Agosto de 2019, de <https://airedelazmg.wordpress.com/2016/04/15/de-donde-proviene-los-contaminantes/>
- Peñate, S. (1 de enero de 2018). Parque vehicular aumentó casi 83 000 automotores. Recuperado el 9 de Agosto de 2018, de <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Parque-vehicular-aumento-casi-83000-automotores-20171231-0219.html>
- Perez Vidal, Lunagómez Rocha y Acosta Perez. (26 de abril de 2010). SciELO. Recuperado el 8 de Agosto de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792010000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000200003)
- Real, F. R. (13 de diciembre de 2017). *Unprofesor*. Recuperado el 27 de Octubre de 2019, de <https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/capas-de-la-atmosfera-cuales-son-1855.html>
- Reyes, S. (9 de marzo de 2012). *Unidad de comunicaciones, Facultad Multidisciplinaria Oriental*. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de <http://zarquis.blogspot.com/2012/03/nuevo-edificio-de-la-fmo-ues.html>
- Rojas, N. Y. (junio de 2004). Revisión de las emisiones de material particulado por la combustión de diesel y biodiesel. *SciELO*. Recuperado el 05 de agosto de 2019
- Saavedra, L. C. (7 de julio de 2015). *Slideshare*. Recuperado el 3 de Julio de 2019, de <https://www.slideshare.net/LuisCarlosSaavedra2/manejo-de-desechos-en-ingenios-azucareros>
- Salud, O. M. (2006). *Ambientes saludables y prevención de enfermedades*. Elaine Fletcher. Recuperado el 29 de abril de 2019, de [https://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/prevdiseexecsumsp.pdf](https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/prevdiseexecsumsp.pdf)
- Suárez, C. A. (2012). *Diagnóstico y control de material particulado*. Colombia. Recuperado el 2 de octubre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- Universidad de El Salvador*. (s.f.). Recuperado el 10 de agosto de 2019, de <http://www.fmoues.edu.sv/index.php/contactenos>
- Wallky8520. (27 de junio de 2014). *Slide Share*. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <https://es.slideshare.net/wallky8520/contaminacion-ambiental-en-la-ing-civil>

Zelaya, C. (9 de marzo de 2000). El Salvador. *El Diario de Hoy*. Recuperado el 31 de Julio de 2018, de <http://archivo.elsalvador.com/noticias/EDICIONESANTERIORES/marzo9/ELPAIS/elpais2.html>

## ANEXOS

### Anexo 1: Tablas de recolección de datos Semana 1:

Día 1. Semana 1: 29/04/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	173,1	242,3	0,2	NO
8:30	167,9	235,1	0	-
9:00	159,6	223,4	1,7	NO
9:30	139,6	196,3	0,7	N
10:00	144,2	201,9	1,2	NO
10:30	169,2	154,1	1	NO
11:00	175,1	125,1	0	-
11:30	106,5	149,0	1,5	SO
12:00	80,2	112,3	1,8	O
12:30	59,7	83,6	3,9	O
13:00	96,9	135,6	1,1	O
13:30	7,5	10,5	0,7	O
14:00	9,7	13,7	1,4	NO
14:30	74,9	104,8	2,5	O
15:00	5,0	7,1	3,9	O
15:30	1,8	2,4	1,6	SO
16:00	3,5	4,9	1,2	NO
16:30	24,6	34,4	2,6	NO
17:00	7,8	10,9	1,8	SO
17:30	1,9	2,6	1,2	NO
18:00	20,5	28,7	0,8	NO
18:30	0,9	1,2	0	-
19:00	1,2	1,6	0	-
19:30	1,4	2,0	1,2	NO
20:00	1,2	1,7	0,5	N
20:30	1,6	2,2	0	-
21:00	1,4	2,0	0	-
21:30	1,7	2,3	0	-
22:00	1,5	1,0	0	-
22:30	1,4	1,9	1	SO
23:00	2,0	2,8	3,1	SO
23:30	0,4	0,5	0,4	S
0:00	0,7	0,9	1,5	NE
0:30	1,4	1,9	0,5	S
1:00	1,0	1,4	0,6	S
1:30	1,7	2,3	0,4	SO
2:00	1,3	1,8	0	-
2:30	1,8	2,5	0	-
3:00	1,8	2,5	0	-
3:30	1,9	2,6	0	-
4:00	1,4	1,9	0,2	N
4:30	1,3	1,8	0,8	NO
5:00	1,3	1,8	0	-
5:30	1,4	2,0	1	N
6:00	1,2	1,7	0,6	NO
6:30	2,0	2,8	0	-
7:00	2,8	3,9	0,5	O
7:30	3,8	5,3	1,3	O
8:00	3,6	5,0	1,2	O
Promedio 24h	34,2	43,7	0,7	NO

Día, 2 Semana 1. 01/05/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	0,8	1,12	0,7	NE
8:30	1,0	1,4	0,5	SE
9:00	2,1	2,94	0,5	NE
9:30	0,8	1,12	0,6	SE
10:00	1,2	1,6	0,4	SE
10:30	2,0	2,8	1,0	SO
11:00	1,8	2,5	1,7	O
11:30	2	2,8	0,4	SO
12:00	1,9	2,6	0,9	SE
12:30	1,9	2,6	1,1	SE
13:00	1,9	2,6	1,4	O
13:30	1,8	2,5	1,1	O
14:00	2,0	2,8	2,0	O
14:30	2,0	2,8	0,9	SO
15:00	2,0	2,8	2,2	O
15:30	1,8	2,5	0,0	-
16:00	1,9	2,6	0,5	O
16:30	1,7	2,3	1,9	O
17:00	1,8	2,5	1,7	SO
17:30	1,9	2,6	2,6	O
18:00	2,0	2,8	0,4	SO
18:30	1,8	2,5	0,6	SO
19:00	2,0	2,8	1,0	SE
19:30	2,2	3,1	0,3	SE
20:00	1,7	2,4	0,4	NE
20:30	1,8	2,5	1,1	NO
21:00	2,0	2,8	0,9	SE
21:30	1,9	2,7	1,3	NO
22:00	1,8	2,5	0,6	SE
22:30	1,8	2,5	0,7	SO
23:00	1,5	2,1	0,8	SO
23:30	1,2	1,7	0,8	SO
0:00	1,2	1,7	0,8	SO
0:30	0,8	1,1	1,2	SE
1:00	1,0	1,4	1,0	E
1:30	1,2	1,7	0,2	NE
2:00	0,8	1,1	0,5	SE
2:30	0,6	0,8	0,5	O
3:00	0,6	0,8	0,7	NE
3:30	0,5	0,7	0,5	SO
4:00	0,8	1,1	0,7	SO
4:30	0,9	1,3	0,5	SE
5:00	1,3	1,8	0,6	SE
5:30	1,0	1,4	0,5	E
6:00	1,3	1,8	0,7	SE
6:30	1,4	2,0	1,0	NE
7:00	2,5	3,5	0,9	NE
7:30	2,2	3,1	1,0	O
8:00	2,5	3,5	0,8	NO
Promedio 24H	1,56	2,18	1,25	SE

Día 3. Semana 1: 03/05/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	100,9	141,3	0.8	E
8:30	129,3	181,0	0.7	SE
9:00	158,3	221,6	0.9	SE
9:30	142,3	199,2	0.2	NE
10:00	159,6	223,4	0.4	NO
10:30	154,8	216,7	0.8	SE
11:00	163,5	228,9	0.5	NO
11:30	103,5	144,9	0.6	NO
12:00	80,5	112,7	2.0	SE
12:30	58,7	82,2	0.5	NO
13:00	95,6	133,8	0.6	O
13:30	63,8	89,3	0.7	NE
14:00	59,9	83,9	1.0	NE
14:30	60,2	84,3	0.6	NE
15:00	9,0	12,6	0.2	SE
15:30	2,4	3,4	0.7	O
16:00	4,2	5,9	0.6	NE
16:30	22,5	31,5	0.8	NE
17:00	9,5	13,3	0.6	O
17:30	2,2	3,1	0.9	NE
18:00	22	30,8	1.3	E
18:30	0,8	1,1	1.5	SE
19:00	2,0	2,8	0.6	NE
19:30	1,8	2,5	0.8	O
20:00	0,7	1,0	0.4	NO
20:30	21,3	29,8	0.4	NO
21:00	15,6	21,8	0.9	NE
21:30	1,7	2,4	1.3	SO
22:00	1,5	2,1	1.0	SO
22:30	1,4	2,0	0.9	O
23:00	2,0	2,8	0.9	SO
23:30	0,4	0,6	1.0	NE
0:00	0,7	1,0	0.6	NE
0:30	1,4	2,0	0.2	SE
1:00	1,0	1,4	0.7	O
1:30	1,7	2,4	0.6	NE
2:00	1,3	1,8	0.8	NE
2:30	1,8	2,5	0.8	E
3:00	1,8	2,5	0.7	SE
3:30	1,9	2,7	0.9	SE
4:00	1,4	2,0	0.2	NE
4:30	1,3	1,8	0.4	NO
5:00	1,3	1,8	0.8	SE
5:30	1,8	2,5	0.5	NO
6:00	2,0	2,8	0.6	NO
6:30	1,8	2,5	2,0	SE
7:00	2,4	3,4	1,0	NE
7:30	3,0	4,2	0,9	NE
8:00	3,2	4,5	1,2	E
Promedio 24H	34,32	48,0	1,2	NE

Día 4. Semana 1: 05/05/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	1,2	1,7	0,5	SE
8:30	0,8	1,1	0,6	SE
9:00	1,4	2,0	0,5	E
9:30	0,9	1,3	0,7	SE
10:00	1,0	1,4	1	NE
10:30	1,8	2,5	0,9	NE
11:00	1,6	2,2	0,7	SO
11:30	1,8	2,5	0,8	SO
12:00	1,7	2,4	0,8	SO
12:30	1,9	2,7	0,8	SO
13:00	1,7	2,4	1,2	SE
13:30	1,6	2,2	1	E
14:00	1,8	2,5	0,2	NE
14:30	1,6	2,2	0,5	SE
15:00	1,8	2,5	0,5	O
15:30	1,6	2,2	0,7	NE
16:00	1,7	2,4	0,5	SO
16:30	1,5	2,1	0,7	SO
17:00	1,6	2,2	0,4	E
17:30	1,7	2,4	0,5	SE
18:00	1,8	2,5	0,3	SE
18:30	1,6	2,2	0,2	NE
19:00	1,8	2,5	0,5	NO
19:30	1,8	2,5	0,3	NO
20:00	0,8	1,1	0,3	NO
20:30	0,9	1,3	0,4	NO
21:00	1,2	1,7	0,5	NE
21:30	1,0	1,4	0,5	NE
22:00	0,9	1,3	0,6	SE
22:30	1,3	1,8	0,4	NE
23:00	1,1	1,5	1,4	NE
23:30	1,0	1,4	1,2	N
0:00	0,8	1,1	1,3	SE
0:30	0,7	1,0	0,8	SO
1:00	0,8	1,1	0,7	S
1:30	0,9	1,3	0,6	NE
2:00	0,8	1,1	0,6	SO
2:30	0,7	1,0	1	SE
3:00	0,7	1,0	0,3	SE
3:30	0,2	0,3	0,4	NE
4:00	0,6	0,8	1,1	NO
4:30	0,9	1,3	0,9	SE
5:00	1,0	1,4	1,3	NO
5:30	0,8	1,1	0,6	SE
6:00	1,2	1,7	0,7	NE
6:30	3,4	4,8	0,5	SE
7:00	4,1	5,7	0,5	NE
7:30	3,2	4,5	0,6	SE
8:00	4,8	6,7	0,4	SE
Promedio 24H	1,5	2,0	0,5	NE

Anexo 2: Tablas de recolección de datos Semana 2  
 Día 1, Semana 2: 20/05/2019

Hora	(PM <sub>2.5</sub> ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM <sub>10</sub> ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	3,0	4,2	1,0	SO
8:30	3,5	4,9	0,3	O
9:00	5,5	6,6	1,3	NO
9:30	5,2	7,3	0,0	-
10:00	5,4	7,8	0,5	E
10:30	10,9	15,0	2,0	SE
11:00	12,0	14,8	2,0	SE
11:30	8,8	12,4	1,7	SE
12:00	7,5	11,1	1,5	S
12:30	6,5	8,7	1,2	S
13:00	5,2	7,3	0,0	-
13:30	5,5	7,7	0,3	E
14:00	8,0	11,6	1,8	SE
14:30	2,2	2,9	1,0	SE
15:00	2,4	3,4	2,3	E
15:30	2,0	2,8	0,5	E
16:00	1,6	2,8	1,8	O
16:30	1,2	1,7	0,3	N
17:00	6,0	8,4	0,7	SE
17:30	5,4	6,7	2,7	O
18:00	0,5	0,6	1,0	N
18:30	3,2	4,5	0,3	N
19:00	7,5	9,9	0,5	NO
19:30	6,1	8,7	0,7	S
20:00	5,8	8,1	1,2	E
20:30	7,5	10,5	0,2	NE
21:00	5,2	7,3	0,0	-
21:30	5,0	7,0	0,3	NE
22:00	4,2	5,9	1,5	NE
22:30	4,9	6,9	1,0	E
23:00	5,0	7,0	0,8	NE
23:30	4,7	6,6	0,2	NE
0:00	4,5	6,3	1,5	NE
0:30	2,0	2,8	1,2	
1:00	3,5	4,9	0,0	-
1:30	3,5	4,9	1,0	NE
2:00	3,4	4,8	0,8	NE
2:30	3,6	5,0	1,0	NE
3:00	3,0	4,2	2,2	NE
3:30	3,2	4,5	0,2	NO
4:00	3,6	5,0	0,0	-
4:30	4,0	5,6	1,2	NE
5:00	3,9	5,5	0,3	NE
5:30	4,8	6,7	1,0	N
6:00	4,9	6,9	0,1	NE
6:30	5,0	7,0	0,0	-
7:00	5,4	7,6	0,0	-
7:30	5,5	7,7	0,5	NE
8:00	5,9	8,3	1,0	E
Promedio 24h	4,8	6,7	0,9	NE

Día 2, Semana 2: 22/05/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	19,5	27,3	0,0	-
8:30	18,8	22,6	0,0	-
9:00	18,2	25,8	0,2	S
9:30	19,2	27,2	0,1	SO
10:00	16,8	20,2	0,2	O
10:30	17,3	24,9	1,0	O
11:00	21,5	28,4	0,2	O
11:30	19,6	26,4	0,3	O
12:00	19,9	29,3	1,3	O
12:30	19,3	28,4	1,0	O
13:00	25,4	37,4	1,0	SO
13:30	23,6	33,0	0,9	O
14:00	24,5	34,3	0,2	O
14:30	21,6	30,2	0,8	O
15:00	20,4	28,6	1,0	SO
15:30	11,1	15,0	0,5	S
16:00	10,8	15,1	1,2	S
16:30	10,2	14,3	0,5	SE
17:00	9,4	11,1	0,4	SE
17:30	10,2	13,2	0,6	NE
18:00	9,1	13,4	1,2	NE
18:30	12,1	14,9	0,8	NE
19:00	8,6	12,7	1,0	NE
19:30	7,5	10,6	1,3	NO
20:00	6,3	9,2	1,0	NE
20:30	5,3	7,4	1,2	NE
21:00	5,0	7,0	0,9	N
21:30	5,2	7,3	1,2	NE
22:00	4,8	6,7	1,0	NO
22:30	5,0	7,0	1,3	NO
23:00	4,9	6,9	0,8	NE
23:30	3,9	5,5	0,9	NO
0:00	3,0	4,2	1,0	NO
0:30	3,2	4,5	1,6	SE
1:00	2,9	4,1	0,6	SE
1:30	3,0	4,2	1,4	SE
2:00	2,5	3,5	1,0	NE
2:30	2,2	3,1	0,7	NE
3:00	1,5	2,1	0,6	NE
3:30	1,0	1,4	0,9	NE
4:00	0,8	1,1	0,7	NE
4:30	1,2	1,7	0,6	N
5:00	1,8	2,5	1,0	NO
5:30	1,2	1,7	0,4	NE
6:00	2,0	2,8	0,3	NE
6:30	2,2	3,1	0,7	NO
7:00	1,8	2,5	1,3	NO
7:30	1,9	2,7	0,2	NO
8:00	2,6	3,6	0,8	NO
	9,6	13,3	0,8	NE

Día 3, Semana 2: 24/05/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	5,0	7,0	0,5	SE
8:30	5,5	7,7	0,6	SE
9:00	7,5	10,5	0,5	E
9:30	7,2	10,1	0,7	SE
10:00	7,4	10,4	1	NE
10:30	12,9	18,1	0,9	NE
11:00	14,0	19,6	0,7	SO
11:30	10,8	15,1	0,8	SO
12:00	9,5	13,3	0,8	SO
12:30	8,5	11,9	0,8	SO
13:00	7,2	10,1	1,2	SE
13:30	7,5	10,5	1	E
14:00	10,0	14,0	0,2	NE
14:30	4,2	5,9	0,5	SE
15:00	4,2	5,9	0,5	O
15:30	4,0	5,6	0,7	NE
16:00	3,6	5,0	0,5	SO
16:30	3,2	4,5	0,7	SO
17:00	8,0	11,2	0,4	E
17:30	7,4	10,4	0,5	SE
18:00	2,5	3,5	0,3	SE
18:30	5,2	7,3	0,2	NE
19:00	7,5	10,5	0,5	NO
19:30	6,1	8,5	0,3	NO
20:00	5,8	8,1	0,3	NO
20:30	7,5	10,5	0,4	NO
21:00	5,2	7,3	0,5	NE
21:30	5,0	7,0	0,5	NE
22:00	4,2	5,9	0,6	SE
22:30	4,9	6,9	0,4	NE
23:00	5,0	7,0	1,4	NE
23:30	4,7	6,6	1,2	N
0:00	4,5	6,3	1,3	SE
0:30	2,0	2,8	0,8	SO
1:00	2,5	3,5	0,7	S
1:30	2,6	3,6	0,6	NE
2:00	3,4	4,8	0,7	NE
2:30	2,8	3,9	0,5	SE
3:00	3,0	4,2	0,5	NE
3:30	2,2	3,1	0,6	SE
4:00	2,6	3,6	0,4	SE
4:30	3,0	4,2	0,4	SE
5:00	2,9	4,1	0,3	NO
5:30	3,8	5,3	0,7	SE
6:00	3,9	5,5	0,2	SO
6:30	3,0	4,2	0,4	SO
7:00	3,4	4,8	0,6	SO
7:30	4,5	6,3	1,0	SE
8:00	4,9	6,9	0,3	SE
Promedio 24h	5,4	7,6	0,61	SE

Día 4, Semana 2: 26/05/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	2,2	3,1	0,9	NE
8:30	2,7	3,8	1,3	NE
9:00	3,2	4,5	1,0	NE
9:30	4,8	6,7	1,0	NE
10:00	3,2	4,5	1,9	E
10:30	1,0	1,7	0,6	NE
11:00	1,0	1,7	0,0	-
11:30	1,4	2,4	0,3	SO
12:00	1,4	2,4	2,5	E
12:30	1,2	2,1	0,7	SE
13:00	0,4	0,7	1,0	SE
13:30	1,4	2,4	0,8	SE
14:00	1,8	2,5	2,0	SO
14:30	1,2	1,7	0,7	NE
15:00	2,4	3,4	0,6	N
15:30	2,9	4,1	1,0	NO
16:00	1,2	2,1	0,4	NE
16:30	0,8	1,4	0,3	N
17:00	1,6	2,2	0,7	NO
17:30	3,8	5,4	0,3	NO
18:00	5,4	6,8	1,5	NE
18:30	14,0	20,1	1,4	NO
19:00	9,6	11,6	0,9	NE
19:30	10,3	14,4	1,1	NE
20:00	5,3	7,4	1,5	NE
20:30	10,8	15,1	1,6	NE
21:00	8,3	11,6	0,8	NE
21:30	6,2	8,7	1,0	NE
22:00	2,0	2,8	0,7	N
22:30	1,8	2,5	0,6	NO
23:00	1,5	2,1	0,9	NE
23:30	1,6	2,2	0,8	NO
0:00	1,2	1,7	1,3	NO
0:30	1,5	2,1	0,7	NO
1:00	1,9	2,7	0,4	SO
1:30	1,3	1,8	0,6	E
2:00	0,8	1,1	0,8	SO
2:30	1,0	1,4	0,5	SO
3:00	1,2	1,7	0,9	NE
3:30	1,8	2,5	0,9	SE
4:00	1,3	1,8	1,2	SE
4:30	1,8	2,5	0,9	SE
5:00	2,0	2,8	0,9	NE
5:30	1,2	1,7	0,8	NE
6:00	1,8	2,5	0,9	NO
6:30	1,2	1,7	1,0	NO
7:00	1,6	2,2	1,6	SE
7:30	2,2	3,1	0,6	SE
8:00	3,2	4,5	1,4	SE
Promedio 24h	2,9	4,1	0,9	NE

Anexo 3: Tablas de recolección de datos Semana 3  
Día 1, Semana 3: 10/06/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	10,5	14,7	0,0	-
8:30	5,3	7,42	0,3	SO
9:00	15,6	22,1	2,5	E
9:30	2,6	3,3	0,7	SE
10:00	4,9	6,1	1,0	SE
10:30	3,8	5,3	0,8	SE
11:00	3,9	5,6	2,0	SO
11:30	4,7	6,8	0,7	NE
12:00	2,7	3,8	0,6	N
12:30	3,2	4,5	1,0	NO
13:00	4,3	6,0	0,4	NE
13:30	3,7	5,1	0,3	N
14:00	2	2,7	0,7	NO
14:30	2,9	3,8	0,3	NO
15:00	2,5	3,4	1,5	NE
15:30	1,1	1,6	1,4	NO
16:00	1,6	2,8	0,9	NO
16:30	1,8	3,1	1,1	NO
17:00	0,8	0,14	1,5	NO
17:30	1	1,7	1,6	NE
18:00	1,2	2,1	0,8	NE
18:30	6,5	7,9	1,0	NE
19:00	0,8	1,2	0,7	N
19:30	1,5	2,2	0,6	NO
20:00	1,4	2,4	0,9	NE
20:30	1,3	1,8	0,8	NO
21:00	0,8	1,1	1,3	NO
21:30	0,5	0,7	0,7	NO
22:00	0,9	1,3	0,4	SO
22:30	1	1,4	0,6	E
23:00	1,2	1,7	0,9	NE
23:30	0,9	1,3	1,3	NE
0:00	0,6	0,8	1,0	NE
0:30	0,8	1,1	1,0	NE
1:00	0,5	0,7	1,9	E
1:30	0,2	0,3	0,6	NO
2:00	0,6	0,8	0,9	NO
2:30	0,7	1,0	0,9	NO
3:00	0	0,0	1,2	SE
3:30	0,3	0,4	0,9	SE
4:00	0,6	0,8	0,9	NE
4:30	0,5	0,7	0,8	NE
5:00	0,3	0,4	0,9	NO
5:30	0,8	1,1	1,0	NO
6:00	0,7	1,0	1,6	SE
6:30	1,7	2,4	0,6	SE
7:00	2,5	3,5	1,4	SE
7:30	2,7	3,8	0,8	SO
8:00	3,2	4,5	0,5	SO
Promedio 24h	2,32	3,23	0,9	NO

Día 2, Semana 3: 12/06/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	20,5	28,7	1,0	O
8:30	17,5	24,5	0,2	O
9:00	10,8	15,1	0,3	O
9:30	14,8	2,4	1,3	O
10:00	16,6	3,4	1,0	O
10:30	18,5	2,8	1,0	SO
11:00	21,9	1,8	0,9	O
11:30	20,5	28,7	0,2	O
12:00	9,6	13,4	0,8	O
12:30	8,6	12,0	1,0	SO
13:00	14,8	20,7	0,5	S
13:30	13,5	18,9	1,2	S
14:00	9,8	13,7	0,5	SE
14:30	10,8	15,1	0,4	SE
15:00	10,3	14,4	0,6	NE
15:30	15,3	21,4	1,2	NE
16:00	10,9	15,3	0,8	NE
16:30	8,6	12,0	1,0	NE
17:00	6,5	9,1	1,3	NO
17:30	8,4	11,8	1,0	NE
18:00	5,9	8,3	1,2	NE
18:30	5,7	8,0	0,9	N
19:00	5,2	7,3	1,2	NE
19:30	6,1	8,5	1,0	NO
20:00	5,7	8,0	1,3	NO
20:30	8,5	11,9	0,8	NE
21:00	7,2	10,1	0,9	NO
21:30	7,8	10,9	1,0	NO
22:00	6,6	9,2	1,6	SE
22:30	6,2	8,7	0,6	SE
23:00	4,2	5,9	1,4	SE
23:30	4,3	6,0	1,0	NE
0:00	2,2	3,1	0,7	NE
0:30	1,8	2,5	0,6	NE
1:00	1,6	2,2	0,9	NE
1:30	1,6	2,2	0,7	NE
2:00	1	1,4	0,6	N
2:30	1,2	1,7	1,0	NO
3:00	0,8	1,1	0,4	NE
3:30	0,5	0,7	0,3	NE
4:00	0,7	1,0	0,7	NO
4:30	1,2	1,7	1,3	NO
5:00	1	1,4	0,2	NO
5:30	0,9	1,3	0,8	NO
6:00	1,4	2,0	0,4	SE
6:30	2	2,8	0,4	SE
7:00	2,3	3,2	0,3	NO
7:30	2,7	3,8	0,7	SE
8:00	2,5	3,5	0,2	SO
Promedio 24h	7,49	8,65	0,8	NE

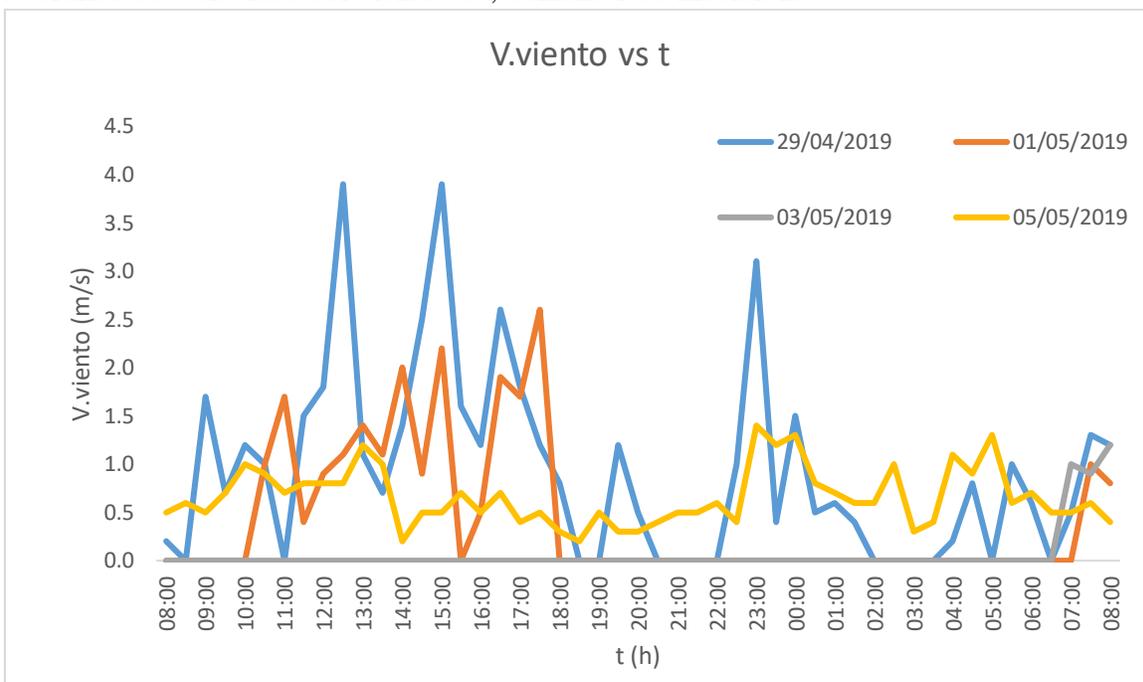
Día 3, Semana 3: 14/06/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	9,7	13,6	0,9	SE
8:30	4,3	6,0	0,2	NE
9:00	14,6	20,4	0,4	NO
9:30	1,8	2,5	0,8	SE
10:00	3,7	5,2	0,5	NO
10:30	3,2	4,5	0,6	NO
11:00	2,9	4,1	2,0	SE
11:30	3,7	5,2	0,5	NO
12:00	2,1	2,9	0,6	O
12:30	3,9	5,5	0,7	NO
13:00	4,1	5,7	1,0	NO
13:30	3,4	4,8	0,6	NE
14:00	2,1	2,9	0,2	SE
14:30	3,1	4,3	0,7	O
15:00	2,3	3,2	0,6	NE
15:30	4,7	6,6	0,8	NE
16:00	1,8	2,5	0,6	O
16:30	1,2	1,7	0,9	NE
17:00	1,2	1,7	1,3	E
17:30	1,4	2,0	1,5	SE
18:00	1,9	2,7	0,6	NE
18:30	7,2	10,1	0,8	O
19:00	1,4	2,0	0,4	NO
19:30	1,9	2,7	0,4	NO
20:00	1,4	2,0	0,9	NE
20:30	1,3	1,8	1,3	SO
21:00	0,8	1,1	1,0	SO
21:30	0,5	0,7	0,9	O
22:00	0,9	1,3	0,9	SO
22:30	1	1,4	1,0	NE
23:00	1,2	1,7	0,6	NO
23:30	0,8	1,1	0,2	NO
0:00	0,8	1,1	0,7	O
0:30	1,5	2,1	0,6	NE
1:00	0,9	1,3	0,8	NE
1:30	0,7	1,0	0,8	E
2:00	1,2	1,7	0,7	NO
2:30	1,6	2,2	0,9	NO
3:00	0	0,0	0,2	NE
3:30	0,3	0,4	0,4	NO
4:00	0,8	1,1	0,8	SE
4:30	0,4	0,6	0,5	NO
5:00	0,8	1,1	0,6	NO
5:30	0,7	1,0	0,4	E
6:00	0,6	0,8	0,5	NO
6:30	1,9	2,7	0,3	NO
7:00	3,1	4,3	0,2	NE
7:30	2,5	3,5	0,5	NO
8:00	3	4,2	0,3	NO
Promedio 24h	2,37	3,3	0,7	NO

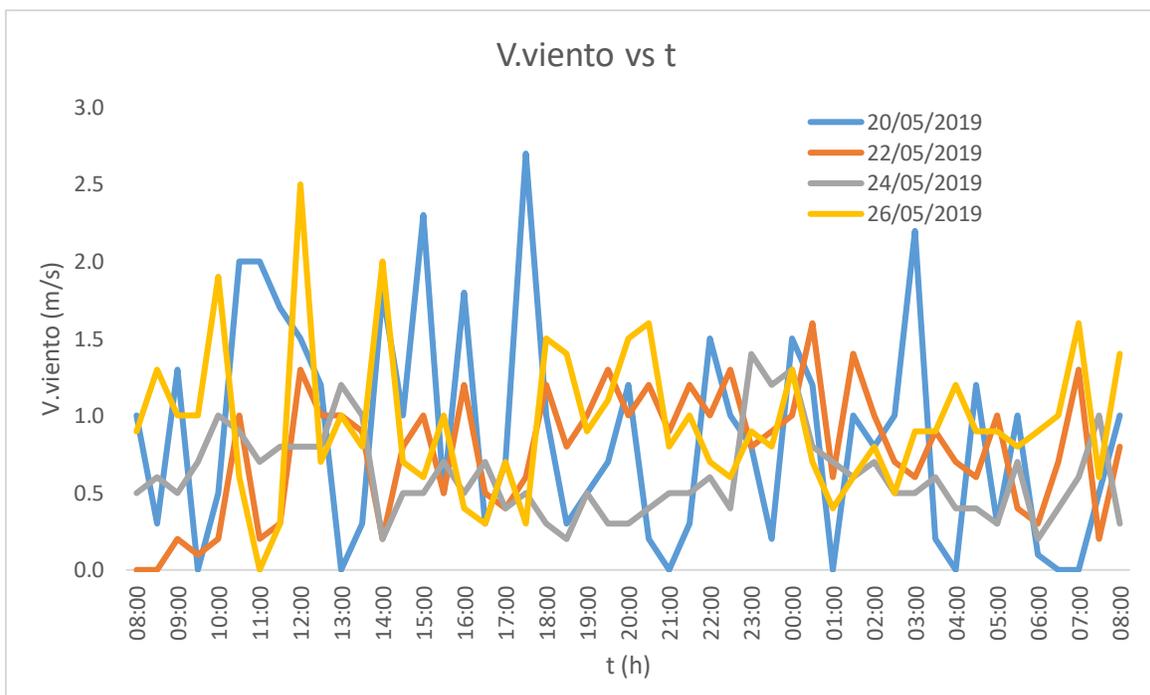
Día 4, Semana 3: 16/06/2019

Hora	(PM2.5 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	(PM10 ± 0.1) µg/m <sup>3</sup>	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento.
8:00	9,3	13,0	0,7	NE
8:30	4,1	5,7	0,5	SE
9:00	7,3	10,2	0,5	NE
9:30	3,6	5,0	0,6	SE
10:00	5,8	8,1	0,4	SE
10:30	4	5,6	1,0	SO
11:00	3,2	4,5	1,7	O
11:30	4,2	5,9	0,4	SO
12:00	3,2	4,5	0,9	SE
12:30	3,5	4,9	1,8	O
13:00	4,9	6,9	3,9	O
13:30	3,9	5,5	1,1	O
14:00	2,9	4,1	0,7	O
14:30	3,2	4,5	1,4	NO
15:00	4,2	5,9	2,5	O
15:30	5,5	7,7	3,9	O
16:00	1,6	2,2	1,6	SO
16:30	1,8	2,5	1,2	O
17:00	0,8	1,1	2,6	O
17:30	1,2	1,7	1,8	O
18:00	1,4	2,0	1,2	O
18:30	7,3	10,2	0,8	NO
19:00	1,3	1,8	0,3	SO
19:30	1,9	2,7	2,5	E
20:00	2,2	3,1	0,7	SE
20:30	1,6	2,2	1,0	SE
21:00	1,2	1,7	0,8	SE
21:30	1	1,4	2,0	SO
22:00	1,2	1,7	0,7	NE
22:30	0,8	1,1	0,6	N
23:00	1	1,4	1	NO
23:30	1,4	2,0	0,4	NE
0:00	0,9	1,3	0,3	N
0:30	0,6	0,8	0,7	NO
1:00	0,4	0,6	0,3	NO
1:30	0,2	0,3	1,5	NE
2:00	0,8	1,1	1,4	NO
2:30	0,6	0,8	0,9	O
3:00	0,3	0,4	1,1	O
3:30	0,8	1,1	1,5	O
4:00	1	1,4	1,6	O
4:30	0,5	0,7	0,8	E
5:00	0,8	1,1	0,7	SE
5:30	0,9	1,3	0,9	SE
6:00	0,7	1,0	0,2	NE
6:30	2,1	2,9	0,4	NO
7:00	2,9	4,1	0,8	SE
7:30	3,5	4,9	0,5	NO
8:00	2,8	3,9	0,6	NO
Promedio 24h	2,46	3,4	1,13	O

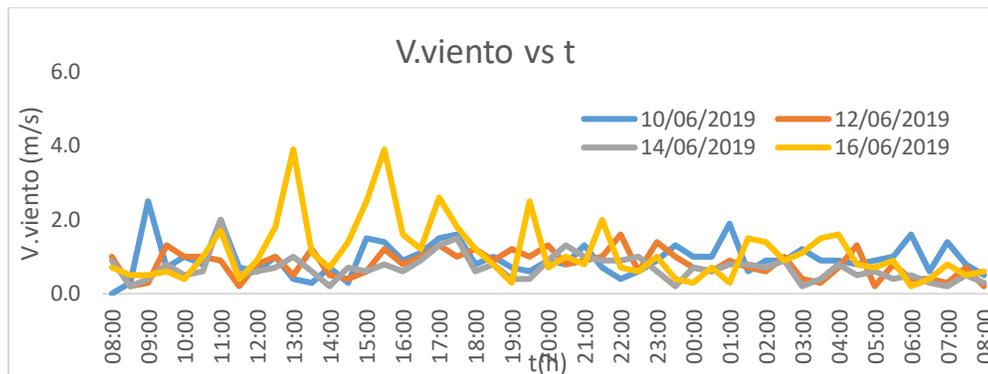
Anexo 4: Gráfico de Velocidad del viento vs t, Semana 1 de medición:



Anexo 5: Gráfico de Velocidad del viento vs t, Semana 2 de medición:



Anexo 6: Gráfico de Velocidad del viento vs t, Semana 3 de medición:



Anexo 7: Entrada en vigencia de la norma NSO: 13.11.03: 01. (MINEC, 2003)

10

**DIARIO OFICIAL Tomo N° 360****MINISTERIO DE ECONOMÍA**  
**RAMO DE ECONOMÍA**

ACUERDO No. 502.-

San Salvador, 4 de junio de 2003

EL ORGANO EJECUTIVO EN EL RAMO DE ECONOMIA, Vista la solicitud del Ingeniero CARLOS ROBERTO OCHOA CORDOVA, Director Ejecutivo del CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA, CONACYT, a fin de que se apruebe la NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA: EMISIONES ATMOSFERICAS FUENTES MOVILES. NSO: 13.11.03: 01; y

CONSIDERANDO:

Que la Junta Directiva de la citada Institución, ha aprobado la Norma antes relacionada, mediante el punto número CUATRO, del Acta Número TRESCIENTOS NOVENTA Y SEIS, de la Sesión celebrada el cuatro de septiembre del año dos mil dos; y

POR TANTO: de conformidad al Artículo 36 Inciso Tercero de la Ley del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,

ACUERDA:

1°).- APRUEBASE la Norma Salvadoreña Obligatoria: EMISIONES ATMOSFERICAS FUENTES MOVILES. NSO: 13.11.03: 01; de acuerdo a los siguientes términos:

**NORMA**  
**SALVADOREÑA**  
**CONACYT**

**NSO 13.11.03:01**

e construcciones calendarizadas para las 3 sedes de la UES (Con flecha roja las que son destinadas a la FMO).

Código del proceso	Denominación del proceso	Resultado del proceso	Nombre del Adjudicatario
	<b>OBRAS DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA UNIVERSITARIA - 2017:</b>		
	OBRA No. 1: TRABAJOS DE MEJORAMIENTO DE RED INTERNA DE ACOMETIDA SECTOR DE AGRONOMÍA – SEDE CENTRAL.	Adjudicada	COINCI, S.A. DE C.V.
	OBRA No. 2: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TECHO EN CINE TEATRO UNIVERSITARIO – SEDE CENTRAL	Adjudicada	C-E INVERSIONES, S.A. DE C.V.
	OBRA No. 3: MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA CIVIL EXISTENTE DEL SALÓN DE SIMULACIÓN DE AUDIENCIAS DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS JURÍDICAS – FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL	Adjudicada	ESPACIOS RC ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.
LP 21/2017	OBRA No. 4: CONSTRUCCIÓN DE CISTERNA PARA ABASTECIMIENTO DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROALIMENTARIAS –SEDE CENTRAL	Adjudicada	COINCI, S.A. DE C.V.
	OBRA No. 5: PINTURA EXTERIOR DE EDIFICIOS DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE	Adjudicada	SERINCO, S.A. DE C.V.
	OBRA No. 6: ÁREAS RECREATIVAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA	Adjudicada	C-E INVERSIONES, S.A. DE C.V.
	OBRA No. 7: REMODELACIÓN DE BATERÍAS SANITARIAS DE LA BIBLIOTECA CENTRAL – SEDE CENTRAL	Adjudicada	COINCI, S.A. DE C.V.
	OBRA No. 8: AMPLIACIÓN DE LAS INSTALACIONES PARA LAS AULAS Y CUBÍCULOS PARA LOS DOCENTES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL	Adjudicada	ESPACIOS RC ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.
	OBRA No. 9: REPARACIÓN VARIAS EN EDIFICIO COMPARTIDO DERECHO – ECONOMÍA	Adjudicada	MM INGENIEROS, S.A. DE C.V.
LP 20/2017	"SUMINISTRO DE EQUIPO, MATERIAL E INSTUMENTAL DENTAL PARA LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR"	Adjudicada	a) CAD MEYER, S.A. DE C.V. b) S.T. MEDIC, S.A. DE C.V. c) IMÁGENES TECNOLÓGICAS, S.A. DE C.V. d) DIPROMED, S.A. DE C.V. e) RODOLFO ERNESTO CAMPOS MELÉNDEZ
LP-02/2017-PEIS	CONTINUIDAD DEL PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO PARA AULAS EN LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE (CÓDIGO 5012)	Adjudicada	N.G. INGENIEROS S.A. DE C.V.

**"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"**

## Anexo 9: Solicitud de permiso de permanencia

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
 SECCIÓN DE FÍSICA

Ciudad Universitaria, 29 de abril de 2019

Licda. Lourdes Prudencia  
 Administradora General de la Universidad de El Salvador  
 Facultad Multidisciplinaria Oriental

Presente:

A través de este medio, reciban un cordial saludo.

Yo: Francisco Alexander Aguilera González, con numero de DUI: 05560618-6, Egresado de la carrera de Licenciatura en Física en La Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental y Carnet AG14008, solicito un **permiso de permanencia** en las instalaciones de la FMO para toma de datos en el trabajo de graduación denominado: **"Comparación de los valores del material particulado PM2.5 Y PM10 medidos en Facultad Multidisciplinaria Oriental y los establecidos en la Norma salvadoreña NSO 13.11.01:01 en el período comprendido de marzo a septiembre de 2019"** y por la necesidad de realizar mediciones durante horas nocturnas. En la toma de datos me acompañará el estudiante Carlos Miguel Juárez Meléndez, egresado de la carrera Lic. En Física. Por lo dicho anteriormente solicito iluminación continua en la plaza que se encuentra en zona sur de la biblioteca durante las 12h de medición.

Los días que realizarán las mediciones se detallan a continuación:

Semana 1: lunes 29 de abril, miércoles 1, viernes 3 y Domingo 5 de mayo de 6:00pm a 6:00am.

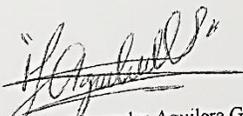
Semana 2: lunes 3, miércoles 5, viernes 7 y Domingo 9 de junio de 6:00pm a 6:00am

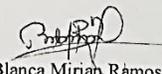
Semana 3: lunes 1, miércoles 3, viernes 5 y Domingo 7 de Julio de 6:00pm a 6:00am

Esperando su favorable respuesta, me suscribo de usted.

Atentamente,

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

  
 Br. Francisco Alexander Aguilera González  
 Estudiante del trabajo de graduación

  
 Licda. Blanca Miriam Ramos de Rosales  
 Docente asesor

