

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**“CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR FUEGOS ARTIFICIALES Y MATERIAL  
PARTICULADO: NAVIDAD Y AÑO NUEVO DEL 2015 AL 2019, DISTRITO DE  
SANTA ANITA – LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

**LUIS DANIEL DE JESÚS CISNEROS VILLACORTA**

**ASESOR**

**ING. DANTE PEDRO SANCHEZ CARRERA**

**JURADO**

**DR. CESAR JORGE ARGUEDAS MADRID**

**DR. MIGUEL ALVA VELASQUEZ**

**DR. RAUL MENDEZ GUTIERREZ**

**MG. GLADYS ROJAS LEON**

**LIMA - PERU**

**2019**

## Índice

RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<i>1.1.1 Problema general:</i> .....	2
<i>1.1.2 Problemas específicos:</i> .....	3
<b>1.2 ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
<i>1.2.1. Investigaciones internacionales recientes .....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2. Investigaciones nacionales recientes .....</i>	<i>6</i>
<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos .....</i>	<i>9</i>
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>9</b>
<i>1.4.1 Importancia de la investigación:.....</i>	<i>10</i>
<b>1.5 HIPÓTESIS .....</b>	<b>11</b>
<i>1.3.1. Hipótesis general .....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.2. Hipótesis específicas .....</i>	<i>11</i>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<i>2.1.1. Contaminación Ambiental.....</i>	<i>13</i>
<i>2.1.2 Uso de fuegos artificiales.....</i>	<i>14</i>
<b>2.1.2.1. Tipos de fuegos artificiales .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1.2. Composición química.....</b>	<b>18</b>

2.1.2. <i>Niveles de material particulado</i> .....	22
2.1.2.1. <b>Material particulado menor a 10 micrómetros (PM10)</b> .....	22
2.1.2.2. <b>Material particulado menor a 2.5 micrómetros (PM2.5)</b> .....	23
2.2. <b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b> .....	23
2.3. <b>MARCO LEGAL</b> .....	25
<b>III. MÉTODO</b> .....	<b>27</b>
3.1 <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	27
3.2 <b>ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL</b> .....	28
3.3 <b>VARIABLES</b> .....	29
3.4 <b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	29
3.5 <b>INSTRUMENTO</b> .....	30
3.6 <b>PROCEDIMIENTOS</b> .....	30
3.7 <b>ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	31
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
4.1 <b>CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 10 MICRAS (PM-10)</b> . 32	
4.1.1 <i>Concentraciones de PM-10 navidad de 2015 y año nuevo 2016</i> .....	32
4.1.2 <i>Concentraciones de PM-10 navidad de 2016 y año nuevo 2017</i> .....	36
4.1.3 <i>Concentraciones de PM-10 navidad de 2017 y año nuevo 2018</i> .....	39
4.1.4 <i>Concentraciones de PM-10 navidad de 2018 y año nuevo 2019</i> .....	41
4.2 <b>CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2.5 MICRAS (PM-2.5)</b>	
.....	44
4.2.1 <i>Concentraciones de PM-2.5 navidad de 2015 y año nuevo 2016</i> .....	44
4.2.2 <i>Concentraciones de PM-2.5 navidad de 2016 y año nuevo 2017</i> .....	48
4.2.3 <i>Concentraciones de PM-2.5 navidad de 2017 y año nuevo 2018</i> .....	51

4.2.4 Concentraciones de PM-2.5 navidad de 2018 y año nuevo 2019 .....	54
<b>4.3 RESULTADOS DE CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE MATERIAL PARTICULADO Y LOS</b>	
<b>ECA AIRE.....</b>	<b>56</b>
4.3.1 Monitoreo de material particulado PM 10. ....	56
4.3.2 Monitoreo de material particulado PM 2.5. ....	57
<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
<b>X. ANEXOS.....</b>	<b>67</b>
10.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	67
10.2 DISEÑO Y POBLACIÓN MUESTRA.....	68
10.3 MAPA DE UBICACIÓN.....	69
10.4 MAPA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO SANTA ANITA.....	70
10.5 MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE USO DE FUEGOS ARTIFICIALES.....	71

## Índice de Tablas

<b>TABLA 1.</b> RESUMEN DE SUSTANCIAS RESPONSABLES DEL COLOR .....	20
<b>TABLA 2.</b> ESPECTRO LUMÍNICO .....	22
<b>TABLA 3.</b> ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTALES PARA AIRE APROBADOS MEDIANTE DECRETO SUPREMO N° 003-2017MINAM EL 6 DE JUNIO DE 201785/69/ .....	26
<b>TABLA 4.</b> TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	29
<b>TABLA 5.</b> ESTACIÓN DE MONITOREO DE AIRE – SANTA ANITA.....	32
<b>TABLA 6.</b> CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE MATERIAL PARTICULADO PM 10 EN NAVIDAD Y AÑO NUEVO DEL 2015 AL 2019, EN RELACIÓN A LOS ECA DE AIRE.....	56
<b>TABLA 7.</b> CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE MATERIAL PARTICULADO PM 2.5 DE 2015 AL 2019, EN RELACIÓN A LOS ECA DE AIRE .....	57

## Índice de Figuras

<b>FIGURA 1.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 15 DE DICIEMBRE DE 2015 AL 15 DE ENERO DE 2016 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	33
<b>FIGURA 2.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 24 AL 25 DE DICIEMBRE DE 2015 – ESTACIÓN SANTA ANITA. ....	34
<b>FIGURA 4.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 15 DE DICIEMBRE DE 2016 AL 15 DE ENERO DE 2017 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	36
<b>FIGURA 5.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 24 AL 25 DE DICIEMBRE DE 2016 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	37
<b>FIGURA 6.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 31 DICIEMBRE DE 2016 AL 01 DE ENERO DE 2017 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	38
<b>FIGURA 7.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 15 DE DICIEMBRE DE 2017 AL 15 DE ENERO DE 2018 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	39
<b>FIGURA 8.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 24 AL 25 DICIEMBRE 2017 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	40
<b>FIGURA 9.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 31 DE DICIEMBRE 2017 AL 01 ENERO 2018 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	41
<b>FIGURA 10.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 15 DE DICIEMBRE DE 2018 AL 15 DE ENERO DE 2019 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	42
<b>FIGURA 11.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 24 AL 25 DICIEMBRE 2018 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	43
<b>FIGURA 12.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-10 DEL 31 DICIEMBRE AL 01 ENERO 2019 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	44

<b>FIGURA 13.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 15 DICIEMBRE 2015 AL 15 ENERO 2016– ESTACIÓN SANTA ANITA .....	45
<b>FIGURA 14.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 24 AL 25 DICIEMBRE 2015 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	46
<b>FIGURA 15.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 31 DICIEMBRE 2015 AL 01 ENERO 2016 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	47
<b>FIGURA 16.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 15 DICIEMBRE 2016 AL 15 ENERO 2017– ESTACIÓN SANTA ANITA .....	48
<b>FIGURA 17.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 24 AL 25 DICIEMBRE 2016 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	49
<b>FIGURA 18.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 31 DICIEMBRE AL 01 ENERO 2017 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	50
<b>FIGURA 19.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 15 DICIEMBRE 2017 AL 15 ENERO 2018– ESTACIÓN SANTA ANITA .....	51
<b>FIGURA 20.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 24 AL 25 DICIEMBRE 2017 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	52
<b>FIGURA 21.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 31 DICIEMBRE 2017 AL 01 ENERO 2018 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	53
<b>FIGURA 22.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 15 DICIEMBRE 2018 AL 15 ENERO 2019– ESTACIÓN SANTA ANITA .....	54
<b>GRÁFICO 23.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 24 AL 25 DICIEMBRE 2018 – ESTACIÓN SANTA ANITA .....	55
<b>FIGURA 24.</b> REGISTRO HORARIO DE MATERIAL PARTICULADO PM-2.5 DEL 31 DICIEMBRE 2018 AL 01 ENERO 2019 – ESTACIÓN SANTA ANITA. ....	55

<b>FIGURA 25.</b> CONCENTRACIONES MÁXIMAS PROMEDIO DE MATERIAL PARTICULADO PM 10, AÑO 2015 AL 2019, EN RELACIÓN A LOS ECA DE AIRE, ESTACIÓN SANTA ANITA. ....	56
<b>FIGURA 26.</b> CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM 2.5, AÑO 2015 AL 2019, EN RELACIÓN A LOS ECA DE AIRE, ESTACIÓN SANTA ANITA EN LOS AÑOS 2015 AL 2019, ....	58
<b>FIGURA 27</b> CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE MATERIAL PARTICULADO PM 10, AÑOS 2015 AL 2019, EN RELACIÓN A LOS ECA DE AIRE, ESTACIÓN SANTA ANITA .....	62
<b>FIGURA 28</b> CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE MATERIAL PARTICULADO PM 2.5, AÑOS 2015 AL 2019, EN RELACIÓN A LOS ECA DE AIRE, ESTACIÓN SANTA ANITA .....	63



## Resumen

La contaminación ambiental ha sido uno de los graves problemas que atraviesa la humanidad, el hombre se ha empeñado en destruir la naturaleza, tal vez por mejorar su calidad de vida, colocando en peligro la existencia de seres vivos importantes para el equilibrio del planeta. Hoy por hoy, ha cambiado muchas cosas, dado que la evolución lo ha permitido, tal es así que, desde el plano cultural, las creencias y costumbres han facilitado el empleo de cosas novedosas y atractivas en fechas tradicionales del gentilicio peruano, como son las celebraciones de navidad y año nuevo con el uso de fuegos artificiales, que de alguna manera contamina con el material que están hechas, el ambiente además del ruido que producen y por ende arriesgan la salud de sus habitantes.

En este sentido, el objetivo general de la investigación es caracterizar la contaminación ambiental por el uso de fuegos artificiales y el nivel de material particulado en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del 2018.

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, con un tipo de investigación descriptiva, retrospectivo, correlacional, a su vez con un diseño: No experimental, Transeccional, cuya población fue el Distrito Santa Anita y la muestra la estación de Monitoreo Santa Anita. La validez y confiabilidad estuvo a cargo de la Estación de monitoreo fija que proporcionó resultados, a través del método automático de una microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405, marca THERMO SCIENTIFIC para la recolección del material particulado PM10. El material particulado PM 2,5 igual mediante el método Automático, Aparato de Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i, marca THERMO SCIENTIFIC.

Por lo que permitieron llegar a los hallazgos: las concentraciones de PM10 y PM2.5 sobrepasan los ECA (Estándares de Calidad de Aire) decreto supremo N° 003-2017-MINAM, de la zona de Santa Anita, en los años 2015 al 2019. Por lo que significa que de alguna manera impactaron

el ambiente de forma negativa en esta área determinada de Lima durante la navidad y año nuevo, lo que perjudica a los habitantes en cuanto a su salud integral, porque el uso de fuegos pirotécnicos además de dejar partículas nocivas en el aire, desequilibra los niveles de ruidos en la persona que no está acostumbrada a percibirlos con frecuencia.

**Palabra Clave:** Contaminación Ambiental, Fuegos Artificiales, Material Particulado.

## **Abstract**

Environmental pollution has been one of the serious problems that humanity is going through, man has been determined to destroy nature, perhaps by improving his quality of life, endangering the existence of living beings important for the balance of the planet. Nowadays, many things have changed, since evolution has allowed it, such that, from the cultural level, beliefs and customs have facilitated the use of innovative and attractive things in traditional dates of the Peruvian gentilicio, such as Decembrine celebrations, such as the use of fireworks, which somehow pollutes with the material they are made, the environment in addition to the noise they produce and therefore risk the health of its inhabitants.

In this sense, the general objective of the investigation is to characterize the environmental pollution by the use of fireworks and the level of particulate material in the Santa Anita district at Christmas and New Year of 2018.

The research approach was quantitative, with a type of descriptive, retrospective, correlational research, in turn with a design: Non-experimental, Trans-Translational, whose population was the Santa Anita District and is shown by the Santa Anita Monitoring Station. The validity and reliability was in charge of the fixed monitoring station that provided results, through the automatic method of an oscillating microbalance Monitor TEOM 1405, THERMO SCIENTIFIC brand for the collection of PM10 particulate material. The PM 2.5 particulate material is the same using the Automatic method, Lightning Attenuation Device Beta Monitor 5014i, THERMO SCIENTIFIC brand.

Therefore, they allowed the findings to be reached: the concentrations of PM10 and PM2.5 exceed the ECA (Air Quality Standards) Supreme Decree No. 003-2017-MINAM, of the Santa Anita area, in the years 2015 to 2019. So it means that they somehow impacted the environment in a negative way in this particular area of Lima during Christmas and New Year,

which harms the inhabitants in terms of their integral health, because the use of pyrotechnic fires in addition to leaving particles harmful in the air, unbalances noise levels in the person who is not accustomed to perceive them frequently.

**Key Words:** Environmental Pollution, Fireworks, Particulate Material

## **I. Introducción**

Los fuegos artificiales son dispositivos los cuales están diseñados para que ocurran reacciones pirotécnicas en su interior, dichas reacciones provocan efectos visuales y sonoros, con una finalidad lúdica y de espectáculo en eventos, festividades, celebraciones, etc. En el Perú dichos dispositivos son utilizados en diferentes fiestas y celebraciones, principalmente en las fiestas de navidad y año nuevo, sin embargo, poco se habla de las consecuencias ambientales que dichas actividades generan, es por ello que la presente tesis tiene por finalidad caracterizar los fuegos artificiales, asimismo, cuantificar el material particulado menos a 10 y 2,5 micras, como también, determinar el tiempo de duración de dichos contaminantes en el ambiente, con la finalidad de dar a conocer dicha información, para que la población y autoridades tomen las acciones necesarias para mitigar sus impactos.

## **1.1 Descripción y Formulación del Problema**

Las celebraciones por el cambio de año son comunes en todas las culturas. Así mismo, en el mundo occidental influido por el cristianismo católico es común celebrar la navidad el 25 de diciembre. En el Perú, ambas celebraciones se dan con una semana de diferencia y una de las principales características es el uso de fuegos artificiales.

La composición química de este tipo de pirotecnia produce, al estallar, residuos sólidos que se quedan flotando en el aire, los cuales se conocen como “material particulado” estos se clasifican según su tamaño, pueden ser menores a 10 micrómetros (PM10) o a 2.5 micrómetros (PM2.5). Si bien ambos afectan el sistema respiratorio, el primero lo hace produciendo problemas en la tráquea mientras que el segundo suele acumularse en los alveolos pulmonares.

La existencia de estos residuos tras el uso de fuegos artificiales puede causar problemas respiratorios en las poblaciones más vulnerables. Se ha registrado un incremento de las afecciones pulmonares en estas fechas. Es necesario conocer cuán elevados son estos niveles de material particulado para así tener la capacidad de tomar las precauciones necesarias.

Se debe hacer una diferenciación entre las diversas clases (PM10 y PM2.5) para su análisis por separado, además, es conveniente saber cuánto tiempo duran en el aire. Por otro lado, ayudaría a esta investigación el conocer cuáles son los tipos de fuegos artificiales, su composición química y la tradición que los rodea. Es por esto por lo que se requiere caracterizar los fuegos artificiales y concentración de material particulado en navidad y año nuevo y nos delimitaremos al marco espacial del distrito de Santa Anita y la unidad temporal del periodo 2015 al 2019 para hacer accesible nuestra investigación.

### **1.1.1 Problema general:**

¿Cuáles la contaminación ambiental generada por el uso de los fuegos artificiales medida en cantidad de material particulado en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019?

### **1.1.2 Problemas específicos:**

**P1.** ¿Cuál es la cantidad material particulado menor a 10 micrómetros (PM10) generado en el distrito de Santa Anita producto de la quema de fuegos artificiales en las fiestas de navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019?

**P2.** ¿Cuál es la cantidad material particulado menor a 2,5 micrómetros (PM2,5) generado en el distrito de Santa Anita producto de la quema de fuegos artificiales en las fiestas de navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019?

**P3.** ¿Cuál es el periodo de duración promedio del material particulado menor a 10 y 2,5 micras proveniente de los fuegos artificiales en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019?

## **1.2 Antecedentes**

### **1.2.1. Investigaciones internacionales recientes**

Como primer antecedente internacional tenemos la tesis de Jiménez (2018), la cual fue presentada en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y cuyo título es “*Análisis de la afectación por Material Particulado, período 2017, Puerto Quequén*”. Este trabajo llegó a las siguientes conclusiones: que en Puerto Quequén según su ubicación tiene significativa importancia en cuanto a la influencia de la calidad atmosférica en los alrededores del portuario, respondiendo a las solicitudes de la población, la cual estaba en un entorno contaminado, dañino por las acciones que se desarrollan en el mismo, reflejando por parte de los pescantes como el lugar de mayor producción de material particulado, mientras se descarga los camiones.

Estableciéndose propósitos y metas en asuntos ambientales y mercantiles. Desde la perspectiva mercantil se establece la ampliación de los mercados a los que hoy accede Puerto Quequén, sin embargo, se veían limitados ante el incumplimiento de los estándares portuarios

de calidad ambiental e incumplimiento a las leyes de calidad ambiental de la Provincia de Buenos Aires-Argentina.

El estudio aquí señalado se desarrolló en el marco de mercados y mejora sustancial de la calidad ambiental siendo el tema a indagar; en base a la exploración realizada mediante entrevistas, material específico en la temática y charlas informales, pudieron mostrar cambios mensualmente de la realidad en la que se encontraba la parada marítima en enero de 2017, y las mejoras que se fueron alcanzando en asuntos ambientales y la ejecución de leyes, por iniciativas y preocupaciones de los grupos involucrados.

Así mismo, el Consorcio de Gestión de Puerto Quequén, el Consorcio de Gestión Ambiental de Puerto Quequén y las Terminales portuarias han planteado como objetivo fundamental en su agenda: la calidad ambiental con fines comerciales y la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la localidad cumplimiento las normativas Nacionales e Internacionales.

Siguiendo con los antecedentes internacionales tenemos el trabajo investigativo titulado “*Análisis de la sustentabilidad de la pirotecnia en la comunidad de San Mateo Tlalchichilpan, Estado de México*”, la cual fue presentada por Calderón (2013), se llegó a las siguientes conclusiones: que esta comunidad San Mateo Tlalchichilpan tiene sembradas la tradición pirotécnica cuyos hacedores se consideran artesanos de esta ocupación. El crecimiento industrial o tecnológico se encuentra estancado. La normatividad se encuentra relegada a la Ley Federal de Explosivos y Armas de Fuego, por tal razón los hacedores desconocen las normativas que interfieren con su trabajo, ello facilita el abuso por algunas autoridades incrementando la extorsión.

Existe un claro desinterés en la toxicología de los materiales utilizados de forma que muchos de los empleados presentan problemas de salud sin que cuenten con acceso a servicios



médicos. Socialmente la pirotecnia atraviesa una crisis por una normatividad carente, se mantiene por usos y costumbres. Ambientalmente no examinan los riesgos de elaboración presentes en los talleres, intensificando los problemas de salud y careciendo de afiliaciones al sector salud.

El tercer y último antecedente internacional es la tesis de Ramírez (2008) denominada “*Determinación de material particulado fino en escuelas públicas elementales del distrito de Caguas II*”. En donde se llegó a la conclusión: De acuerdo al análisis basados en los estudios y las evaluaciones de los datos derivados durante el lapso la conglomeración de material particulado fino (PM2.5), en las escuelas públicas de la zona rural y urbana del distrito escolar de Caguas II en el municipio de Caguas, Puerto Rico, no supera los límites establecidos por la Agencia de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) ni por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés).

A pesar de que estudios epidemiológicos han demostrado un aumento en condiciones respiratorias por la exposición a material particulado, en este estudio no se puede llegar a dichas conclusiones debido a que los niveles encontrados están por debajo de los límites permitidos por OSHA y la EPA.

Sin embargo, aunque las concentraciones no exceden los límites establecidos por estas agencias, hay que considerar que, durante el muestreo en tiempos dados, las concentraciones rebasan los límites y podrían ser concentraciones que perjudiquen a personas con el sistema inmunológico comprometido.

Por otro lado, los niveles de material particulado fino se ven transformados por las estaciones del año principalmente en invierno y verano, estaciones en las cuales se realizó este estudio investigativo. Este estudio es de suma relevancia debido a que en Puerto Rico se

distingue de otros países debido a que no se han realizados estudios de material particulado en el interior de las escuelas.

### **1.2.2. Investigaciones nacionales recientes**

El Ministerio del Ambiente y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), en el año 2016, publicó el estudio titulado “*Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana, 2015*”, en la cual se concluye que:

En la zona Este de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones mínimas horarias de PM10 se presentaron entre las 03:00 y las 04:00 horas en Ate, Santa Anita y Huachipa, mientras que en San Juan de Lurigancho a las 06:00 horas. Los sábados y domingos Ate presentó concentraciones mínimas de PM10 a las 17:00 horas mientras que San de Lurigancho a las 06:00 y los sábados y domingos a las 18:00 horas.

Con respecto, a la zona este de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de PM2.5 se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en las estaciones de Ate, Huachipa, San Juan de Lurigancho y Santa Anita, del mismo modo los fines de semana, mientras que las concentraciones mínimas horarias de PM2.5 se reflejaron entre las 23:00 horas en Ate, Huachipa y San Juan de Lurigancho, en tanto que a las 00:00 horas en Santa Anita. de superación, respectivamente.

La primera investigación nacional a nivel de tesis es la de Guevara (2017) titulada “*Índice de la calidad de aire en el Distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos*”. En este estudio se concluye que:

Según la R.M 307 2015 MINAM menciona que la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de San Martín se ubica en la zona de los distritos de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, es por ello que se consideró en esta investigación realizar la evaluación de monitoreo de calidad de aire en el distrito de Morales en el Jr. Alfonso Ugarte y Jr. Victoria

Vásquez. El parámetro monitoreado fue seleccionado de acuerdo a lo indicado en los Estándares de Calidad de Aire D.S N.º 003-2008 MINAM para esta investigación solo se seleccionó el material particulado 2.5 micras, lo cual es uno de los parámetros representativos en cuanto a la calidad de aire en zonas urbanas.

El monitoreo fueron realizados Jr. Alfonzo Ugarte y Jr. Victoria Vásquez la primera localidad los días 03, 04, 05 y 06 de octubre del 2016, y la segunda localidad los días, 10, 11, 12, 13, obteniendo concentraciones (12.8 µg/m<sup>3</sup> ,20.8 µg/m<sup>3</sup> ,14.2 µg/m<sup>3</sup> ,10.7 µg/m<sup>3</sup> ) y (22.5 µg/m<sup>3</sup>, 18.4 µg/m<sup>3</sup>, 19.2 µg/m<sup>3</sup> ,12.7 µg/m<sup>3</sup> ) estos valores se compararon con los Estándares de Calidad de Aire D.S N.º 003-2008 MINAM (25 µg/m<sup>3</sup> ) se encontró que estos valores se encuentran por debajo de la normativa de comparación, indicando que tiene una calificación buena la calidad de aire es satisfactoria y no representa un riesgo en la salud, reflejando una calificación moderada la calidad de aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para grupos sensibles.

El segundo antecedente nacional es un estudio presentado Flores y Zela (2011) cuyo título es “*Análisis de riesgo a la salud de la población expuesta a emisiones de material particulado (PM10) por el uso intra-domiciliario de combustibles sólidos*” Las conclusiones que se enuncian en este estudio son: De la información recolectada antes y durante el monitoreo, se identificó que la población más vulnerable, debido a la frecuencia casi diaria de presentación a la contaminación originada por la leña, la representan en primer lugar las mujeres y luego los niños, quienes comúnmente presentan diversas afecciones físicas a la salud, tales como irritación de ojos y garganta, tos y estornudos, los cuales son evidentes desde el inicio de la cocción de sus alimentos, hasta el término de dicha actividad.

Las altas concentraciones de material particulado (PM10) obtenidas en cada uno de los puntos de monitoreo < 188.29 – 6 331.00 kg/m<sup>3</sup> >, superan en gran medida los patrones de

calidad de aire recomendados por las entidades mundiales, y confirman que la utilización de la leña como combustible representa la más nociva causa de contaminación del aire para los pobladores del Centro Poblado San José de Canta.

Constatándose que la concentración de material particulado (PM10) para un ambiente adecuado de cocina ( $67.16 \text{ kg/m}^3$ ), constituida por la implementación de combustibles modernos y una óptima ventilación, es bastante menor a la determinada bajo las condiciones habituales del lugar de estudio.

Se reflejaron índices de Riesgo, para cada uno de los puntos de monitoreo, todas sobrepasan la unidad, lo cual evidentemente deja claro que es primordial considerar el peligro que tienen las personas con respecto a su salud por el material particulado (PM10) relacionado al empleo de la leña como combustible.

El último antecedente de nuestra investigación es la tesis Hilario (2017) cuyo título es “*Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo*”. En dicho estudio se llegó a estas conclusiones:

Tomando en cuenta las variables en estudio se tiene que los gases de efecto invernadero es de 255 824,9 toneladas anuales, el dióxido de carbono se emite en mayor cantidad de 255 047,4 Tm/año reflejan el 99.70%, seguido de metano de 770,2 Tm/año representa el 0.30% y se emite en menor cantidad los óxidos nitrosos de 7.3 Tm/año representa el 0003%.

En estos momentos, el incremento del parque automotor especialmente el de los automóviles y motocicletas tiene impresiones relevantes en las emisiones de contaminantes atmosféricos como en los gases de efecto invernadero, a mayor cantidad de vehículos mayor será la emisión de contaminantes, pese a que las tecnologías vehiculares presentan un gran avance en la reducción de sus emisiones y su responsabilidad con la calidad del aire.

No obstante, el uso de las motocicletas no cuenta con grandes regulaciones, y el impacto de su uso se ve reflejado en el inventario de emisiones, por cual, se requiere aplicar políticas regulatorias, cambio en el uso de combustible, variación de tecnología que permita trasladarse hacia tecnologías limpias. La valoración realizada con el modelo IVE determina que las fuentes móviles asisten significativamente en la emisión de gases de efecto invernadero especialmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la contaminación ambiental por el uso de fuegos artificiales y el material particulado en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 – 2019.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la cantidad material particulado menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) generado en el distrito de Santa Anita producto de la quema de fuegos artificiales en las fiestas de navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019.

- Cuantificar el material particulado menor a 2,5 micrómetros (PM<sub>2,5</sub>) generado en el distrito de Santa Anita producto de la quema de fuegos artificiales en las fiestas de navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019.

- Conocer el periodo de duración promedio del material particulado menor a 10 y 2,5 micras proveniente de los fuegos artificiales en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019

### **1.4 Justificación**

En las sociedades existen diversas culturas y tradiciones por ende hay que respetarlas, sin embargo, también hay que velar por el cuidado del medio ambiente y la salud de la

población general. Debido a la contaminación ambiental que produce los fuegos artificiales, la contaminación sonora y los posibles accidentes, los pirotécnicos causan efectos nocivos por material particulado. Por lo que consideramos necesario medir estas concentraciones.

Esta investigación se justifica porque permitirá describir la contaminación ambiental por el uso de fuegos artificiales y material particulado. Además, ayudará a comprender la forma en que funcionan los llamados fuegos artificiales, sus tipos, composición química. Hoy en día, este es un tema que afecta a la mayoría de la población urbana, especialmente aquellos que son más vulnerables a enfermedades de tipo respiratorio.

Desde el punto de vista epistemológico, refuerza la postura que afirma que el conocimiento puede ser obtenido y la hipótesis confirmada a través de la observación de los hechos sin mediar recreación experimental alguna. Desde la perspectiva metodológica, esta investigación nos permitirá describir retrospectivamente el uso de fuegos artificiales y la cantidad de material particulado generado en el Distrito Santa Anita en navidad y año nuevo en el periodo 2015 - 2019 causando de una u otra manera contaminación ambiental. En el caso del material particulado en el aire, resulta interesante saber cuál es la cantidad, asimismo, cuál es la duración promedio en el aire del material particulado PM10 y PM2.5 que se produce en estas celebraciones.

#### **1.4.1 Importancia de la investigación:**

##### **a) Teórica:**

Se pone a prueba la hipótesis de que existe una elevada concentración de material particulado producto del uso de fuegos artificiales material en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019. Lo cual contribuye al debate sobre la contaminación por fuegos artificiales, así como subvenciona al debate sobre la probabilidad de su uso por la población en general.

##### **b) Metodológica:**

A nivel metodológico se tratará un tema relacionado a los fuegos artificiales y la contaminación ambiental por material particulado, de tal modo que seguiremos un enfoque cuantitativo ya que vamos a utilizar la cuantificación de los resultados obtenidos en las recolecciones de datos correspondientes. Así mismo, el diseño que ocuparemos será el no experimental porque no vamos a recrear una realidad sino a observarla en su ambiente natural.

En cuanto al tiempo, el diseño es transeccional, ya que no se hará el estudio a lo largo de un espacio de tiempo, sino que se recolectará una captura del momento. Y, por último, contaremos con un tipo de investigación descriptivo retrospectivo correlacional porque vamos a relacionar ambas variables, en este caso la contaminación ambiental por el uso de fuegos artificiales y el material particulado que esta actividad produce.

#### **c) Práctica:**

A nivel práctico, esta tesis ayudará a conocer la contaminación ambiental por el uso de fuegos artificiales y niveles de material particulado en el aire tras las fiestas de fin de año. Por lo que puede servir para que las autoridades tomen decisiones basadas en esta información que estará procesada y ordenada de la mejor manera que sea posible.

### **1.5 Hipótesis**

#### **1.3.1. Hipótesis general**

La contaminación ambiental en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo es elevada por el uso de fuegos artificiales, debido al material particulado que dicha actividad genera.

#### **1.3.2. Hipótesis específicas**

**H.1.** La cantidad de material particulado menor a 10 micrómetros (PM10) en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019 es superior a los Estándares de Calidad Ambiental para aire.

**H.2.** La cantidad material particulado menor a 2.5 micrómetros (PM2.5) en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019 es superior a los Estándares de Calidad Ambiental para aire.

**H.3.** El material particulado en el aire proveniente de los fuegos artificiales en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019 es elevado mientras duran estas celebraciones.



## **II. Marco Teórico**

### **2.1. Bases Teóricas sobre el tema de investigación**

#### **2.1.1. Contaminación Ambiental**

Encinas (2011) plantea que la contaminación se da través de la presencia en el aire, agua o suelo sustancias o formas de energía no adecuadas en concentraciones mayores que perjudican al confort, salud y bienestar de los seres vivos, y al uso y disfrute de lo que ha sido infectado.

También se puede decir que la contaminación ambiental, es un modo o vector ambiental (agua, aire o suelo) estará alterado si tiene algún elemento, componente, energía en forma de ruido, calor, que ocasiona efectos contrarios en él.

Por otro lado, se conceptualiza contaminante atmosférico como toda sustancia o material químico, natural o artificial, capaz de persistir o ser trasladado por el aire, y que conlleve molestia, daño o riesgo grave para los seres vivos que se encuentren en la naturaleza. Puede presentar aspecto sólido, líquido o gaseoso.

En este sentido, el curso de la contaminación atmosférica progresa en tres pasos principales: emisión, procesos y efectos. Primero, la emisión del contaminante al aire con una rapidez o nivel de emisión, que es la masa de contaminante que radia una fuente por unidad de tiempo. Luego, las sustancias nocivas sufren procedimientos de dispersión, transporte y transformación en el aire, de donde resulta el nivel de inmisión o masa del contaminante en el aire en un punto distante al punto de origen por m<sup>3</sup> de aire. Terminando, con el depósito de los contaminantes en las áreas receptoras dando lugar a las consecuencias.

Las fracciones finas resultan principalmente del origen antropogénica, como son los procesos de conversión gas-partícula a temperatura ambiente y los procesos de incineración. Como resultado, las especies iónicas solubles características de estas fuentes son los iones

$\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NH}_4^+$ . Debido a su reducido tamaño, estas fracciones no pueden guardarse ágilmente y se suprimen en la atmósfera por suspensión húmeda (rainout o washout). Estas moléculas debido a su tamaño, pueden ingresar en el tracto respiratorio desencadenando innumerables problemas respiratorios. Así mismo, son también encargadas de la disminución de la visibilidad.

La contaminación sónica, es un tipo de contaminación física que se define como toda resonancia que produce molestias desagradables. Se mide en decibelios (dB). El margen de tolerancia indicado por la OMS es 65 dB.

La contaminación ambiental se caracteriza por la degradación del aire, los suelos y el agua, en el aire por la quema excesiva de combustibles fósiles, y otros materiales que destruyen la naturaleza por el material disperso en el ambiente trayendo consecuencias en la salud de los seres vivos.

## **2.1.2 Uso de fuegos artificiales.**

### **2.1.2.1. *Tipos de fuegos artificiales***

Los fuegos artificiales son detonantes los cuales se singularizan por soltar un número de energía significativo en un lapso de corto tiempo, lo cual los hace sumamente peligroso sino se tiene la debida vigilancia, atención y cuidado. A su vez, suelen liderar las listas de pirotécnicos contraindicados.

#### **✓ El Cohete:**

Está integrado en dos partes: la armellana y el cohete impulsor: Armellana: Es un pedazo de carrizo (7cm) con un calibre mayor que el cohete impulsor; sólo los límites del carrizo van entorchados con cordel encerados. Se cubre un límite con mezcla de pólvora para provocar la fricción con el cohete impulsor, luego, se sitúa la pólvora explosiva sin apretar y

con el apoyo del fierro sellador; se configura una cubierta de cera, tapando de esta forma este límite del cohete.

Así mismo, el *Cohete impulsor*: Se taja un trozo de carrizo (7cm) y se sujeta completamente con la cuerda encerada, lo que el artesano llama cordón; la parte inferior se asegura con una tapa de cerilla, luego se completa el cartucho sumergiendo en la puntilla con la maceta; con el fierro sellador se aprisiona la pólvora en el carrizo y al alejar la puntilla queda un agujero donde seguidamente se incorpora la mecha, luego la parte superior del cohete impulsor es acuñada con una masa fuerte con la misma pólvora. Como última fase, estas dos piezas son envueltas en papel periódico, lo que luego se asegura a un carrizo de 85 cm de largo.

✓ **La Torta:**

En su armazón se usan doce tiros explosivos que van empalmado a una mecha. Los tiros explosivos siguen el mismo procedimiento de elaboración que la armellana del cohete. El pabilo o mecha se halla enrollado en papel de despacho para impedir que se humedezca y para que arda mejor. El procedimiento del traqueado es el siguiente; se utiliza un pabilo de 20 cm que sirve para el encendido; en el otro extremo del pabilo se coloca el tiro, sujetándolo con el papel periódico; de este extremo sale otra mecha que acelera el siguiente tiro, de esta manera se repite la elaboración hasta completar los seis tiros explosivos. Los extremos en donde se empalman los pabilos con los tiros, se sostienen conjuntamente con el papel periódico y la cabuya encerada. Esta pieza es quemada en el suelo, originando ruidos en cortas pausa de tiempo.

✓ **La Soga:**

En su fabricación se halla constituida por un carrizo de 150 cm de largo en el que se dividen 9 tiros unidos por un cordel, a una distancia de 5 cm cada uno. Luego, en uno de los

limites se coloca un doble tiro que es de superior diámetro que los otros, esta pieza detona en el suelo en forma seguida hasta que se acaben los diez tiros.

✓ **La Bombarda:**

Se encuentra constituida por un conjunto de tres tiros de 7 cm de largo cada uno y atado entre sí por un cordel encerada. Estos tres tiros van enlazados por una “espoleta” que se utiliza como impulsor; este mecanismo está hecho de un trozo de carrizo de 3 cm, entorchado completamente de cuerda encerada y atada a un filamento, que es sumergido en un tubo de 50 cm de largo por 20 cm de ancho, donde es arrojada a una altura notable, para finalmente romperse en medio de un estruendo ensordecedor.

✓ **El Ratón:**

Se encuentra constituido por un carrizo de 7 cm de largo, el mismo que es entorchado con cordel encerado hasta la mitad; se satura con pólvora explosiva e impulsiva; luego se aloja la mecha y se tapa con cera. La pólvora impulsiva ocasiona el desplazamiento en varias direcciones siendo este hecho del que se deriva su nombre, “ratón”. Concluyendo que la pólvora explosiva produce un gran estruendo extinguiéndose la pieza en su totalidad.

✓ **El Silbador:**

Para su construcción se toma una parte de carrizo de 7 cm de largo, totalmente entorchado, en su interior se incluyen trozos de papel periódico luego se sacude para formar una tapa en un límite del carrizo; por el otro extremo, se encaja la mecha, todo esto se envuelve en papel periódico y luego se ata con una cuerda encerada. Esta pieza produce un ruido parecido a un silbido, de allí su nombre.

En la segunda agrupación, a la cual hemos denominado como “luces y colores” se utilizan varios elementos químicos, que al ser combinados obtiene diferentes colores de luces.

Los elementos químicos transitan por el cedazo hasta alcanzar un polvo muy fino ya que este componente es suave por lo tanto no se puede emplear la piedra de moler. Entre estos elementos se hallan los siguientes: para la luz amarilla se combina clorato de potasio, bicarbonato de sodio incienso y sulfato de cobre; para obtener la luz azul, se aplica clorato de potasio, azufre, incienso y sulfato de cobre; para obtener la luz roja se emplea clorato de potasio, azufre y carbonato de estroncio; para conseguir la luz verde se utiliza clorato de potasio, barita, azufre, y por ultimo para generar la luz blanca se utiliza azufre, salitre y aluminio blanco.

✓ **La Luz de Bengala:**

Se adquiere un papel de despacho de 10 x 10 cm y con el apoyo de un fierro redondeado se elabora un tubito de papel, que es pegado en uno de los límites. Con la ayuda de un embudillo se carga la combinación de los elementos; luego se une a un trozo de carrizo de 10 cm y con una tira de papel se rodea la mecha. Las luces de bengala se emplean en los discos de mano, las ruedas de los castillos y las palomas.

✓ **Los Cohetes de Luces:**

Este juego pirotécnico combina un impulsor y varias bombas de colores. Las bombas de colores resultan de la mezcla de varios elementos químicos, necesitando el color que se quiera obtener, Se utiliza el cedazo, para obtener el polvo muy suave y fino unido con agua de goma formando unas bolitas que luego son secadas al sol. El procedimiento para su elaboración esta pieza es la siguiente: se toma el impulsor, se forra en un papel despacho se añaden las bombas de colores, todo lo cual se sostiene a un carrizo de 85 cm mediante un cordel encerado. El cohete de luces puede llevar tres o cuatro bombas de colores ya sean verdes, amarillas, rojas, azules, blancas que detonan en el firmamento, provocando verdaderas cascadas de colores brillantes.

✓ **El Paracaídas:**

Para su preparación se usa un cartón manejable y se forma un cartucho en el cual se aloja en el cohete impulsor una cuchara de pólvora un tapón de papel periódico y el paracaídas, este se realiza con pliego de papel de seda arrugada. Se cubre el cartucho con papel de seda y se lo prensa a un carrizo. El cohete impulsor debe levantar este objeto, hasta cierta altura, por la acción de la pólvora se despedirá el paracaídas. En el día se usa una piedra como peso, vestida en papel y en la noche se usa una luz de bengala que descende encendida.

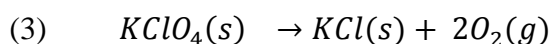
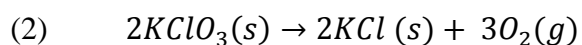
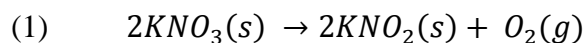
**2.1.1.2. Composición química**

Los fuegos artificiales o pirotécnicos son compuestos químicos. No solo por las reacciones que favorecen la explosión, sino también por los elementos que propician lograr la gran gama de colores que respaldan la máxima espectacularidad. De todos modos, la combinación química de la unión de compuestos que se pueden encontrar en los fuegos artificiales suele ser una incógnita de las casas comerciales que se guarda cuidadosamente la información, sobre todo en lo referido al modo de adquirir determinados colores, que requieren de una ardua investigación para conseguirlos.

No obstante, todos los fuegos artificiales poseen una serie de ingredientes base que son habituales en su composición. A continuación, se explica las particularidades principales de estos componentes. Las materias base de toda mezcla pirotécnica son las siguientes:

✓ **Sustancias oxidantes:**

Son las responsables de originar el oxígeno que reactivará en la reacción de combustión. Existen principalmente tres tipos distintos de oxidantes: los nitratos, cloratos y percloratos, que respectivamente se componen de los aniones  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$  o  $\text{ClO}_4^-$  más un catión metálico. Conforme a las reacciones de descomposición de los oxidantes más utilizados se puede observar diferencias fundamentales:



Fuente: Sánchez (2011)

Esta diversidad radica en la cantidad de oxígeno que dan en forma de oxígeno molecular. En el caso de los nitratos (reacción (1)), acorde a la estequiometría, de las 3 moléculas de oxígeno que se podrían liberar, solo se suelta una. Es decir, que los nitratos transfieren un tercio del oxígeno que comprenden. Por el contrario, los cloratos y percloratos traspasan todo su oxígeno en forma de oxígeno molecular.

✓ **Las sustancias reductoras:**

Son las que asumen el actuar como combustibles para reactivarse con el oxígeno molecular liberado por los oxidantes, dando lugar a la expulsión de grandes medidas de gases calientes. Entre las especies reductoras más generales en pirotecnia se puede señalar al carbono (C) y al azufre (S). Sus reacciones de combustión dan lugar a la formación de  $CO_2$  y  $SO_2$ . (Sánchez, 2011: 1)

Tener en cuenta que la combinación de carbono (C), azufre (S) y nitrato potásico ( $KNO_3$ ) o nitrato sódico ( $NaNO_3$ ), en las cantidades correctas, son los componentes tradicionales de la pólvora negra. Este explosivo unido con otros muchos han sido la fuerza de empuje de la artillería en los ejércitos, en los últimos seis siglos, basta decir que, en el cañón, el movimiento es muy parecido al de un fuego artificial. La sustancia oxidante más sustancia reductora, al reaccionar propaga de forma muy ágil una gran cantidad de gases, que son los responsables de empujar el proyectil y salir expelidos por la boca del cañón.

Cabe mencionar que, durante mucho tiempo, era usual que, en medio del fragor de la contienda, los propios cañones estallaran, por sobre calentamiento y por la activa fuerza con la que se originan los fluidos en la reacción de combustión. Entre estas emanaciones, suele exhibirse una dosis de carbono que no reacciona, y que es el encargado del color grisáceo del humo que sale por un cañón cuando este es descargando. Precisamente, esta energía de los gases es la responsable de que en los fuegos artificiales emerjan los rayos coloridos en todos los sentidos. Sin embargo, en el caso de los fuegos artificiales, un tercer ingrediente muestra ser clave: el responsable del color, como las sales o incluso componentes metálicos, que se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 1.**

*Resumen de sustancias responsables del color*

Color	Sustancias químicas
Rojo	$\text{Li}_2\text{eO}_3$ , $\text{SreO}_3$ , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ , $\text{Sre}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Naranja	$\text{eaeI}_2$ , $\text{eaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , $\text{eaeO}_3$
Dorado	$\text{Fe}$ , $\text{e}$ , Aleación Ti-Fe
Amarillo	$\text{NaNO}_3$ , $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , $\text{Na}_2\text{e}_2\text{O}_4$ , $\text{NaHeO}_3$ , $\text{NaeI}$
Verde	$\text{BaeI}_2$ , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , $\text{Ba}(\text{eI}_2)_2$ , $\text{BaeO}_3$
Azul	$\text{eueI}$ , $\text{euSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Violeta	Mezcla de compuestos de Sr (rojo) y eu (azul)
Plata	Al, Ti, Mg
Blanco	Al, Mg, BaO

Nota. Fuente: Sánchez. A. (2011)

Además de todos los elementos a los que se hace mención, se agregan otras componentes que tienen como propósito estabilizar la mezcla. Se añaden agentes aglomerantes para unir la mezcla, resguardarla de la humedad y asegurar que durante su almacenaje no se desperdicie. Entre estos elementos se destaca la goma arábiga.



Dentro de este orden de ideas, solo se ha prestado interés a la composición y mecanismos de reacción que tienen lugar en los fuegos artificiales, pero no se ha estudiado la base de la producción de color, que, al fin y al cabo, es lo que hace apreciado el espectáculo. Existen dos modos en que los fuegos artificiales ocasionan color: la incandescencia y la luminiscencia.

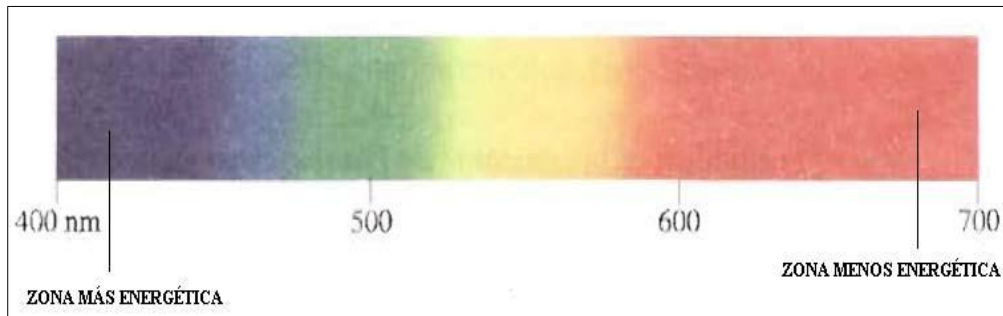
La incandescencia o el encendido, es la emisión de luminiscencia (que en un lapso de frecuencia o longitud de onda adecuada da lugar al color) como resultado de que el cuerpo emisor está a alta temperatura. La dispersión de esta fosforescencia comienza en la zona infrarroja del espectro, y a medida que la temperatura aumenta, se traslada hacia la zona del rojo/amarillo. (Sánchez, 2011)

Un ejemplo al observar este modo de radiar color lo tenemos en nuestras casas. Cuando calentamos un horno a altas temperaturas y, con cuidado observamos las barras que están en la parte superior, se notan que tienen un color anaranjado. Incluso, si la temperatura es lo suficientemente alta y la luz de la cocina está apagada, puede observarse que el interior del horno está ligeramente iluminado.

El problema que tiene la incandescencia es que los únicos colores que se pueden producir son los rojizos/amarillos, o si la temperatura es muy alta, el blanco. Por su parte, la luminiscencia, viene a suplir este defecto de la incandescencia, pues con ella sí pueden obtenerse todos los colores del espectro visible. Para que haya color es necesario que un cuerpo manifieste radiación con una longitud de onda adecuada (el espectro visible está aproximadamente entre los 400nm (azul) y los 700nm (rojo)).

**Tabla 2.**

*Espectro lumínico*



Fuente: Sánchez. A. (2011)

Es por ello, que, en el caso de los fuegos artificiales, el cuerpo que emite la emisión son los cationes metálicos de los elementos que hemos reflejado en la Tabla 1. Debido a las considerables cantidades de energía que se descargan en la reacción de combustión, los electrones más externos de estos componentes metálicos son promocionados a niveles de energía sobresaliente. Sin embargo, los electrones suelen tener vértigo, y en vez de quedarse en un nivel superior, regresan rápidamente al piso energético que presentaban antes de la excitación. Por ello, para coger el camino de retorno deben emitir el exceso de potencia que han adquirido con la combustión, lo que nos faculta contemplar el color. Cuanta más resistencia se libere en el salto, más próximo se estará de los colores azules, mientras que las piruetas con menos resistencia estarán vinculadas con la zona roja del espectro luminoso.

## **2.1.2. Niveles de material particulado**

### **2.1.2.1. Material particulado menor a 10 micrómetros (PM10)**

Las Partículas PM10, son pequeñas porciones sólidas o líquidas, ceniza, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en el ambiente y cuyo diámetro aerodinámico es menor que 10  $\mu\text{m}$  (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por combinaciones inorgánicas como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico incorporadas a fracciones de carbono (hollín).

### **2.1.2.2. Material particulado menor a 2.5 micrómetros (PM2.5)**

Se refiere aquel material con un diámetro aerodinámico inferior a 2.5 micras. Estas fracciones son tan pequeñas que pueden ser reveladas solo con un microscopio electrónico, el origen de las partículas finas incorpora todo tipo de combustiones tales: los vehículos automóviles, plantas de energía, quema residencial de madera, incendios forestales entre otros procesos industriales. Se debe indicar que en las estaciones de monitoreo de Santa Anita no se realizó el monitoreo de las concentraciones del material particulado fino PM2,5.

Su origen está fundamentalmente 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 proveniente de un desierto, frecuente en la ciudad de Lima.

Su tamaño hace que sean 100% respirables ya que se desplazan hacia los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio en el proceso de inhalación y depositándose en los alvéolos pulmonares, incluso pueden llegar al torrente sanguíneo. Además, estas fracciones de menor tamaño están compuestas por elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos) que las componen, en general, las partículas más grandes.

## **2.2. Definición de términos básicos**

**Pirotecnia:** mecanismos que están preparados para que ocurran reacciones pirotécnicas en su interior. Las reacciones pirotécnicas sobrevienen por combustión no detonante de materiales, que pueden propagar llamas, chispas y humos.

**Impacto ambiental:** es una modificación o una alteración en el medio ambiente, siendo un motivo o efecto debido a la actividad y a la intervención humana.

**Monitoreo:** actividad que requiere de la medición para la obtención de datos en forma sistematizada de los parámetros que recaen o transforma la calidad del entorno.

**Partículas PM<sub>10</sub>:** Son fracciones muy pequeñas en estado sólido o líquido de polvo, ceniza, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en el entorno natural y cuyo diámetro aerodinámico es menor que 10  $\mu\text{m}$  (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro).

**Estándares de calidad ambiental (ECA):** Es la dimensión que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en la atmosfera, agua o suelo, que refleja condiciones que no representa riesgos significativos para la salud de las personas y el ambiente.

**Ruido ambiental:** Todos aquellos sonidos que pueden generar molestias fuera o dentro del recinto o propiedad.

**Partículas PM<sub>2.5</sub>:** Es el material particulado con un diámetro aerodinámico inferior a 2.5 micras. Estas fracciones son tan pequeñas que pueden ser observadas a través de un microscopio electrónico, el origen de estos elementos finos incluye todo tipo de combustiones especialmente el de los vehículos, plantas de energía, quema residencial de madera, fuegos artificiales, incendios forestales entre otros procesos industriales.

**Fuego artificial:** Los mecanismos pirotécnicos tienen efectos visuales, sonoros y fumígenos con la finalidad de ofrecer espectáculos, y juegos que atraen y divierten al público. No obstante, tiene otros fines la pirotecnia incluyendo la gama para uso agrícola, industrial, etc.

**Micrómetro:** aparato para medir con precisión cantidades lineales o angulares muy pequeñas. Medida de longitud, de símbolo  $\mu\text{m}$ , que es la millonésima parte de un metro.

**Micra:** es una unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro. Su símbolo es  $\mu\text{m}$ . También llamado, el micrómetro, micrón o micra

**Material particulado:** Es un conjunto de sustancias de partículas líquidas y sólidas, de compuestos orgánicos e inorgánicos, que se encuentran disperso, es decir en estado de suspensión en el aire. El material particulado forma parte del deterioro del aire.

**Tradición:** es el conjunto de hábitos, manifestaciones y costumbres que encierra el acervo cultural, atesorado por la sociedad, que se transmite mediante las experiencias, de generación en generación dentro de una comunidad.

**Decibel (dB):** Unidad adimensional usada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibel es usado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora.

### **2.3. Marco legal**

La presente investigación tiene su basamento legal en los decretos supremo que regula la calidad ambiental para el aire. Este es el DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM. Publicado el 7 de junio de 2017. En él se estipula, entre otras cosas, que:

**Artículo 2.-** Los Estándares de Calidad Ambiental para Aire como referente obligatorio

2.1 Los ECA para Aire son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a cargo de los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios. 2.2 Los ECA para Aire, como referente obligatorio, son aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de las actividades productivas, extractivas y de servicios.

**Segunda [disposición complementaria].- Monitoreo de la calidad del aire.**

Mediante Decreto Supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente, en coordinación con las autoridades competentes, se aprobará el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, en un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente dispositivo. En tanto se

apruebe el citado Protocolo Nacional, el monitoreo de la calidad del aire se realizará conforme a la normativa vigente.

**Tabla 3.**

*Estándares de calidad ambientales para aire aprobados mediante Decreto Supremo N° 003-2017MINAM el 6 de junio de 201785/69/*

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis <sup>[1]</sup>
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	

**Nota.** Tomada del Diario El Peruano. Año XXXIV - N° 14101.

Así mismo, el artículo 2, de la Constitución política del Perú, establece la garantía como derecho de todo ser humano, ciudadano, de disfrutar de un ambiente limpio y saludable, para el pleno desarrollo de la vida.

Por otro lado, la Ley N° 27718, reglamento, que estipula en el art.3 numeral 12, que toda persona debe estar registrada y autorizada para fabricar, importar, comercializar, almacenar, transportar y operar artículos pirotécnicos llevados por la Dirección de Control de Servicios de Seguridad, Control de Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil - DICSCAMEC. Es una manera de controlar y asesorar al productor o comerciante sobre el uso de sustancias y componente que son de peligrosa manipulación.

Tanto la Constitución política del Perú, el DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM, y la Ley N° 27718, en su reglamento DICSCAMEC, reflejan sus obligaciones en cuanto al control y prevención del medio ambiente, para evitar posibles riesgos en los seres vivos que hacen vida en el planeta garantizando ambientes saludables.

### **III. Método**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

La investigación se sitúa dentro del enfoque cuantitativo. Por lo tanto, para contrastar las variables e hipótesis se recurre a datos numéricos proporcionados por mediciones realizadas y la información obtenida se procesó estadísticamente, al respecto, Hernández et. al. (2014):

El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos probatorios. Cada etapa precede a la siguiente y no se puede eludir pasos. El orden es riguroso, se derivan objetivos y preguntas de investigación generalizables buscando la comprobación y contrastación de las teorías preestablecidas. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto a las variables y las hipótesis. Si son aceptadas o rechazadas (pp. 4-5)

De aquí se puede deducir que este enfoque está volcado a la medición de las cantidades en relación a los indicadores de las variables. Si se quiere seguir este camino, es necesaria una adecuada delimitación del problema para que al momento de realizar las mediciones estas se den sobre cuestiones específicas de la realidad, de acuerdo al método que rige la ciencia.

Así mismo, resaltan las características de esta investigación que trata de ser lo más objetiva posible, dejando de lado la influencia de las creencias, temores o prejuicios del investigador. El patrón que aquí se sigue es predecible y responde a una estructura, por lo que la investigación puede replicarse y confirmar los resultados obtenidos.

A nivel lógico, se sigue el patrón deductivo pasando de lo general, en este caso la teoría, hacia los casos específicos o particulares expresados en la hipótesis; al contrastar esta, se puede afirmar que se ha producido conocimiento. Esta contrastación siempre se da sobre un objeto que sea considerado como susceptible de medición por los criterios científicos.

Así mismo, el estudio es de tipo descriptivo, retrospectivo, correlacional, pues describió las variables en estudio tal y como se da en su entorno natural y retrospectivo puesto que se tomaron datos de años anteriores, es decir, acontecimientos acaecidos con anterioridad en un escenario real. En este marco de ideas, lo que busca es caracterizar la contaminación ambiental por el uso de los fuegos artificiales y los niveles de material particulado en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del 2018. Asu vez, busca conocer la relación entre las variables en estudio.

El diseño de la investigación es no experimental, no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.

El estudio se realizó en un momento único, por lo tanto, fue transeccional. Sobre este Hernández et. al. (2014) nos dicen que: Su propósito es describir un solo momento las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede. [...] Pueden abarcar varios grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores; así como diferentes comunidades, situaciones o eventos.

Si bien estamos hablando acerca de varios momentos, no tenemos un enfoque evolutivo ni comparativo entre los mismos, solo recolectaremos los datos de los dos marcos temporales y los trabajaremos paralelamente con la finalidad de mostrar un resultado. Esta aclaración es necesaria para no creer que esta investigación es longitudinal por darse en momentos.

### **3.2 Ámbito temporal y espacial**

El ámbito temporal espacial a estudiar es el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019. Dado que se busca determinar la cantidad de material



particulado menor a 10 micrómetros (PM10 y menor a 2.5 micrómetros (PM2.5), así mismo conocer cuánto dura en el aire el material particulado proveniente de los fuegos artificiales.

### 3.3 Variables

**Tabla 4.**

*Tabla de operacionalización de las Variables*

Tipo de Variable	Nombre	Indicador	Unidad
Independiente	Contaminación ambiental	Excedencia de los ECA aire para el parámetro PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		Excedencia de los ECA aire para el parámetro PM2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dependiente	Material particulado generado por el uso de fuegos artificiales	Cantidad de material particulado menor a 10 micras – PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		Cantidad de material particulado menor a 2.5 micras – PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		Tiempo de duración en el aire del material particulado proveniente de los fuegos artificiales	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Población y muestra

Población: establecida en el distrito de Santa Anita, en la Región Costa, específicamente, cono Este de Lima Metropolitana, Provincia y Departamento de Lima - Perú. Con una superficie de 10.69 Km<sup>2</sup>, (Ver mapa N° 1), según datos oficiales INEI.

La muestra es no probabilística se toman los casos o unidades que están disponibles en un momento dado, la cual comprende la red de monitoreo de calidad de aire del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, específicamente en el punto estación Santa Anita.

Las unidades de análisis son las muestras aportadas mediante datos emitidos por SENAMHI, en dicha localidad de acuerdo a los objetivos que persigue el estudio.

### **3.5 Instrumento**

La técnica empleada fue la observación, que permite tener una percepción completa del problema, registrándola a través de equipos de seguimiento en la estación del SENAMHI, Santa Anita, para su posterior interpretación y análisis.

Y como instrumentos libreta de campo, y portal web del SENAMHI, donde se vació los datos registrados de los resultados emitidos en la estación con la finalidad de conocer el comportamiento horario del parámetro de material particulado menor a 10 micrómetros (PM10 y menor a 2.5 micrómetros (PM2.5), en el distrito de Santa Anita en navidad y año nuevo del periodo 2015 - 2019.

### **3.6 Procedimientos**

El registro de los datos fue realizado en la red de monitoreo de calidad de aire del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, específicamente en el punto estación Santa Anita, Distrito donde se realizó el estudio.

Los datos fueron captados por un intervalo de horas en las fechas de navidad y año nuevo, los días 24 y 25 de diciembre y 31 y 1 de enero del subsiguiente año. En una estación de monitoreo fija mediante el método automático, a través de una Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405, marca THERMO SCIENTIFIC, para la recolección del material particulado PM10. En cuanto al material particulado PM 2,5, también se empleó el método Automático, por medio de un aparato de Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i, marca THERMO SCIENTIFIC.

Cada uno con un filtro, técnica validada y confirmada por la Agencia de Protección Ambiental EPA, para la vigilancia y calidad del aire.

### **3.7 Análisis de Datos**

Tomando en cuenta la caracterización del tipo de investigación, no se adapta al análisis estadístico de frecuencias absolutas y acumuladas, el análisis está asociada a las hipótesis contrastado con las bases teóricas y las evidencias del monitoreo en la estación de Santa Anita mediante la medición por parte de los aparatos e instrumentos que permitieron observar sus resultados. Estos resultados fueron interpretados con sus respectivos gráficos.

## IV. Resultados

Los resultados encontrados se exponen tomando en cuenta el orden cronológico para darnos un marco referencia acerca del comportamiento de este hecho. Por tal motivo, se presenta los hallazgos de las concentraciones de material particulado (PM-10 y PM-2.5) generado en navidad y año nuevo desde el año 2015 hasta el año 2019 en la estación “Santa Anita” del SENAMHI. Datos que serán comparados referencialmente con la normativa vigente, de los estándares de calidad ambiental del aire aprobados mediante Decreto Supremo N° 003-2017 MINAM el 6 de junio de 2017 (en adelante, **ECA Aire**).

**Tabla 5.**

*Estación de Monitoreo de aire – Santa Anita*

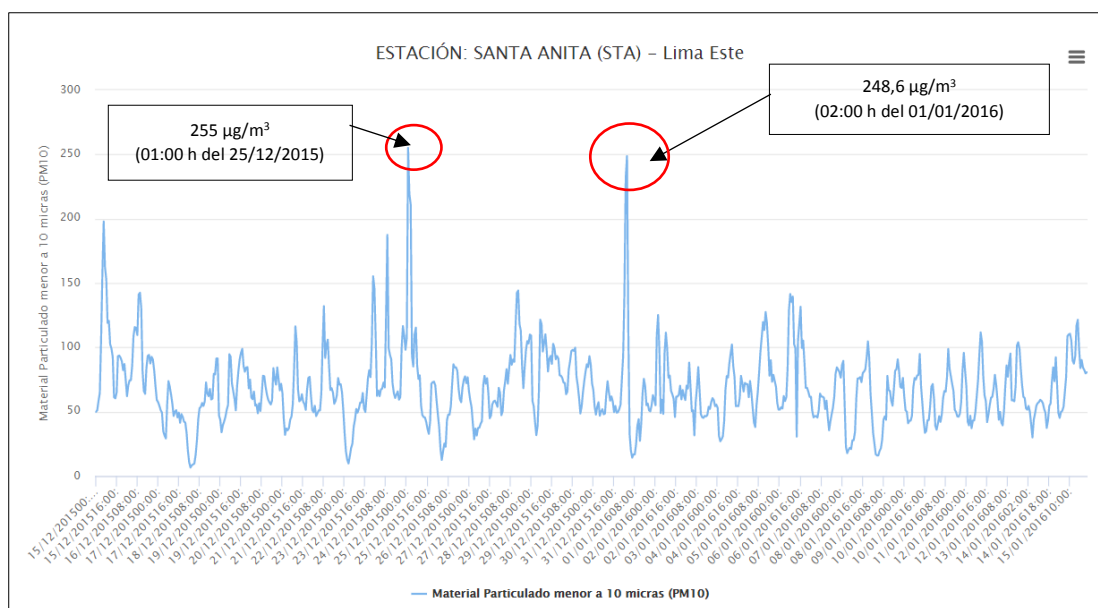
Ubicación Monitoreo	Modelo de Equipo	Datos Analizados		ECA Aire
Santa Anita	Microbalanza Oscilatoria Monitor TEOM 1405, marca THERMO SCIENTIFIC	2015-2016	PM10	100
		2016-2017	PM10	100
		2017-2018	PM10	100
		2018-2019	PM10	100
	Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i, marca THERMO SCIENTIFIC.	2015-2016	PM2.5	50
		2016-2017	PM2.5	50
		2017-2018	PM2.5	50
		2018-2019	PM2.5	50

**Nota.** Fuente Municipalidad Santa Anita. Estación de Monitoreo SENAMHI. Elaborado por el investigador.

### 4.1 Concentraciones de Material Particulado inferior a 10 micras (PM-10)

#### 4.1.1 Concentraciones de PM-10 navidad de 2015 y año nuevo 2016

Seguidamente, se presentan los resultados de PM-10 registrados por la estación “Santa Anita” en el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2015 al 15 de enero de 2016.



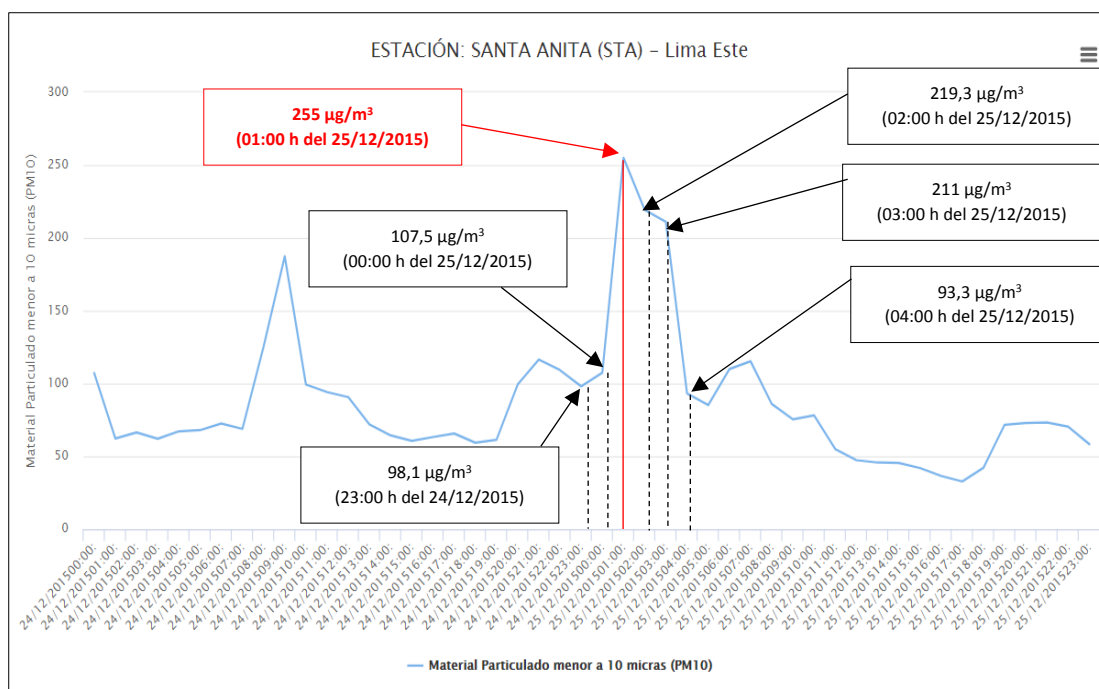
**Figura 1.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 15 de diciembre de 2015 al 15 de enero de 2016 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

En la Figura 1, el material particulado PM-10 registrado por la estación “Santa Anita” durante el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2015 al 15 de enero de 2016, tuvo 2 valores máximos.

Dichos valores máximos fueron registrados el 25 de diciembre de 2015 a la 01:00 horas con una concentración de  $255 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-10, es decir una (01) hora después de recibida la navidad, mientras que el otro valor máximo se dio el 1 de enero de 2016 a las 02:00 horas en el cual se registró una concentración de  $248,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-10, es decir, 2 horas después de recibir el año nuevo.

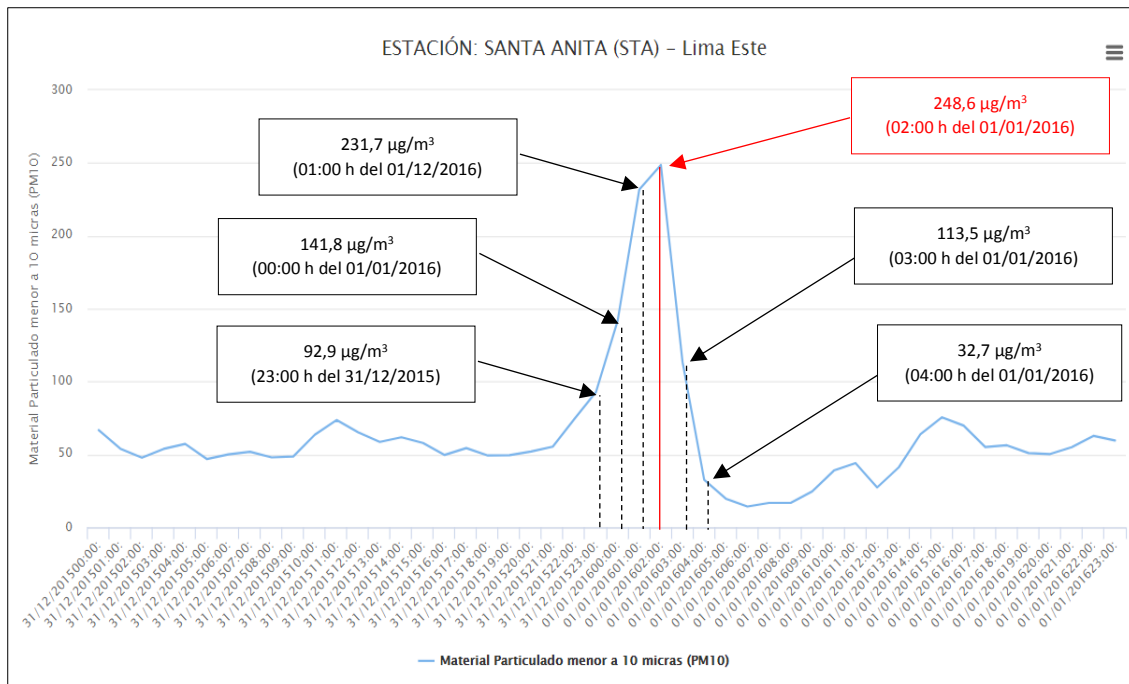
Ahora bien, en cuanto al PM-10 registrado en los periodos comprendidos del 24 al 25 de diciembre del 2015 y del 31 de diciembre de 2015 al 1 de enero de 2016 se mostrarán individualmente a continuación.



**Figura 2.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 24 al 25 de diciembre de 2015 – Estación Santa Anita.

Fuente: SENAMHI

En la figura precedente, a las 23:00 h del día 24 de diciembre de 2015 se registró una concentración de  $98,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 00:00 h del día 25 de diciembre de 2015 incrementar dicha concentración a los  $107,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a la 1:00 h se registró la concentración más alta con un valor de  $255 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para descender a las 02:00 h hasta los  $219,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y posteriormente a los  $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 03:00 h y finalmente a las 04:00 h registrar una concentración de  $93,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 23 h del día 24 de diciembre a las 4 h del día 25 de diciembre de 2015 se dio la mayor concentración de PM-10 del periodo comprendido entre el 24 al 25 de diciembre de 2015.



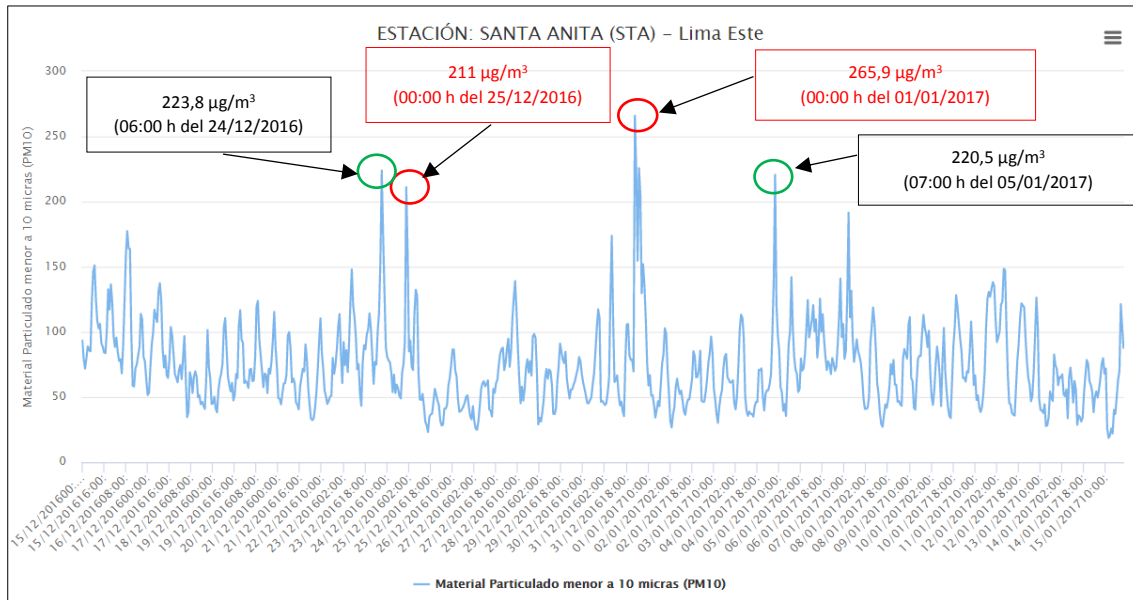
**Figura 3.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 31 de diciembre de 2015 al 01 de enero de 2016 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

Se refleja en el gráfico precedente, a las 23:00 h del día 31 de diciembre de 2015 se registró una concentración de 92.9 µg/m<sup>3</sup>, para posteriormente a las 00:00 h del 1 de enero de 2016 incrementar dicha concentración a los 141,8 µg/m<sup>3</sup>, posteriormente a la 1:00 h se registró un incremento de la concentración con un valor de 231,7 µg/m<sup>3</sup>, posteriormente a las 02:00 h se registró la concentración más alta con 248,6 µg/m<sup>3</sup>, para luego descender a los 113,5 µg/m<sup>3</sup> a las 03:00 h y finalmente a las 04:00 h registrar una concentración de 32,7 µg/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que desde las 23 h del día 31 de diciembre de 2015 a las 4 h del día 1 de enero de 2016 se dio la mayor concentración de PM-10 del periodo comprendido entre el 31 de diciembre de 2015 al 1 de enero de 2016.

#### 4.1.2 Concentraciones de PM-10 navidad de 2016 y año nuevo 2017

A continuación, se presentan los resultados de PM-10 registrados por la estación “Santa Anita” en el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2016 al 15 de enero de 2017.



**Figura 3.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 15 de diciembre de 2016 al 15 de enero de 2017 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

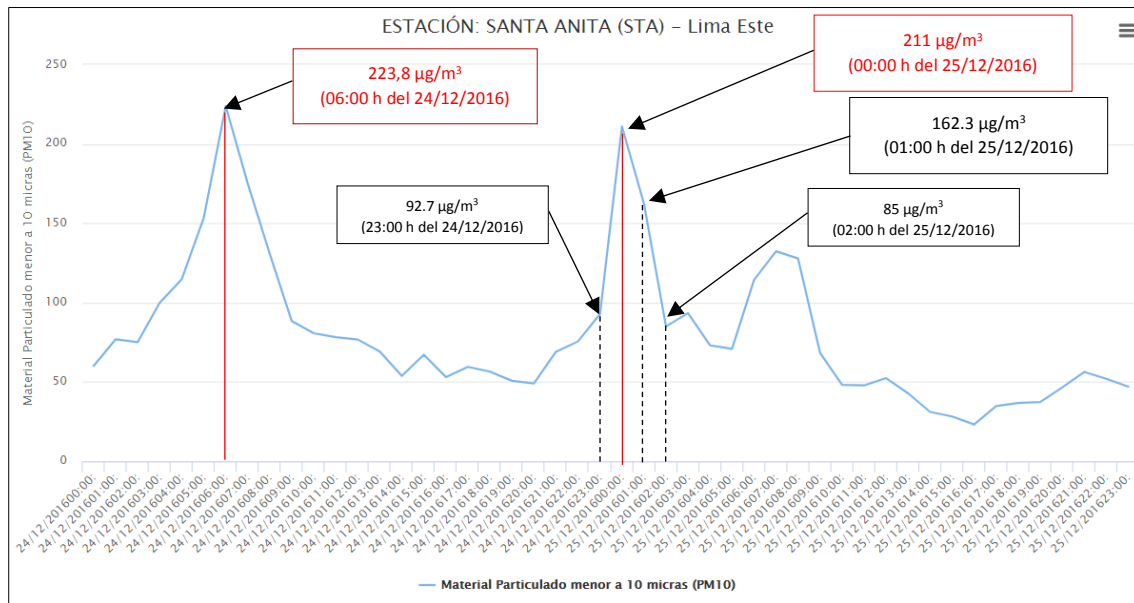
En la Figura 4, se evidencia el material particulado PM-10 registrado por la estación “Santa Anita” durante el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2016 al 15 de enero de 2017, tuvo 4 valores máximos. Dichos valores máximos fueron registrados el 25 de diciembre de 2016 a las 00:00 h es decir, a la hora en que se recibió la navidad con una concentración de  $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-10, mientras que otro valor máximo se dio el 1 de enero de 2017 a las 00:00 horas, es decir, a la hora en que se recibió el año nuevo, en el cual se registró una concentración de  $265,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-10.

Con relación a los otros dos valores máximos restantes, cabe mencionar que fueron registrados el 24 de diciembre de 2016 a las 06:00 horas y el 5 de enero de 2017 a las 7:00 horas con concentraciones de  $223,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $220,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, dichos valores no



serán analizados debido a que se encuentran fuera de las fechas y horas analizadas en los objetivos de la presente tesis.

Ahora bien, en cuanto al PM-10 registrado en los periodos comprendidos del 24 al 25 de diciembre del 2016 y del 31 de diciembre de 2016 al 1 de enero de 2017 se mostrarán individualmente a continuación.



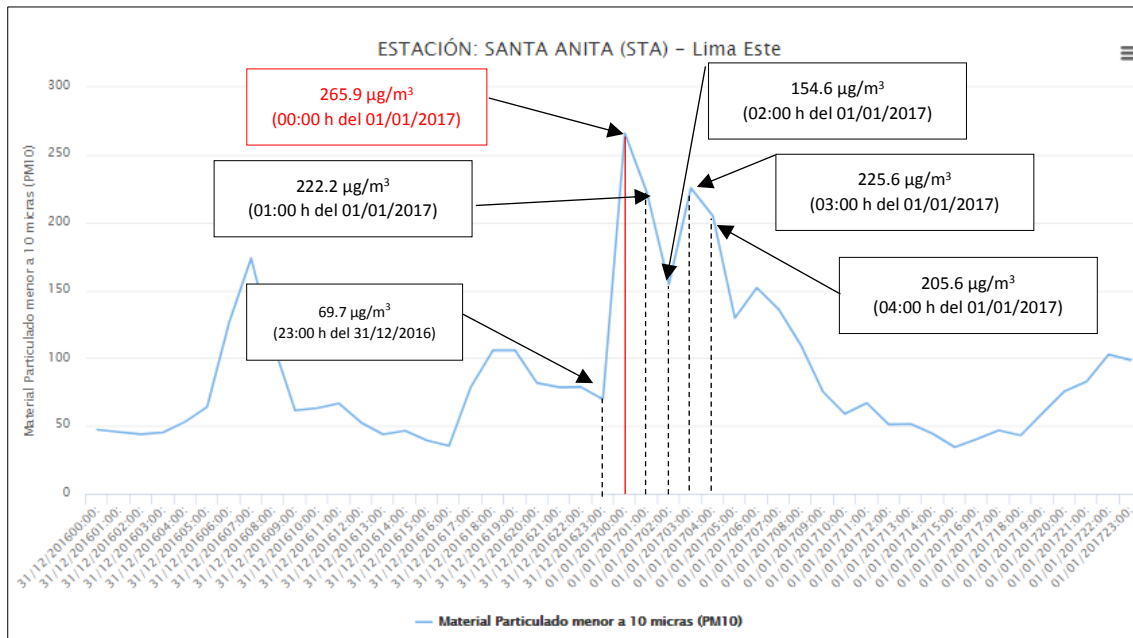
**Figura 4.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 24 al 25 de diciembre de 2016 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHLI.

En la Figura 5, se observa que a las 23:00 h del día 24 de diciembre de 2016 se registró una concentración de  $92,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para posteriormente incrementarse el 25 de diciembre de 2016 a las 00:00 horas, es decir, a la hora en que se recibe la navidad con una concentración de  $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-10, disminuyendo posteriormente la concentración a la 01:00 h del 25 de diciembre de 2016 a los  $162,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-10 y posteriormente a las 2:00 h de ese mismo día disminuir a los  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Cabe mencionar que desde las 23:00 h del día 24 de diciembre de 2016 a las 2:00 h del 25 de diciembre de 2016 el pico más alto de concentración de PM-10 se dio a las 00:00 h del día 25 de diciembre de 2016, es decir, una vez recibida la navidad.

Cabe mencionar que según la Figura 5, a las 06:00 h del día 24 de diciembre de 2016 se dio otro valor máximo con una concentración de 223,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, dichos resultados no se analizan debido a lo detallado en párrafos precedentes.



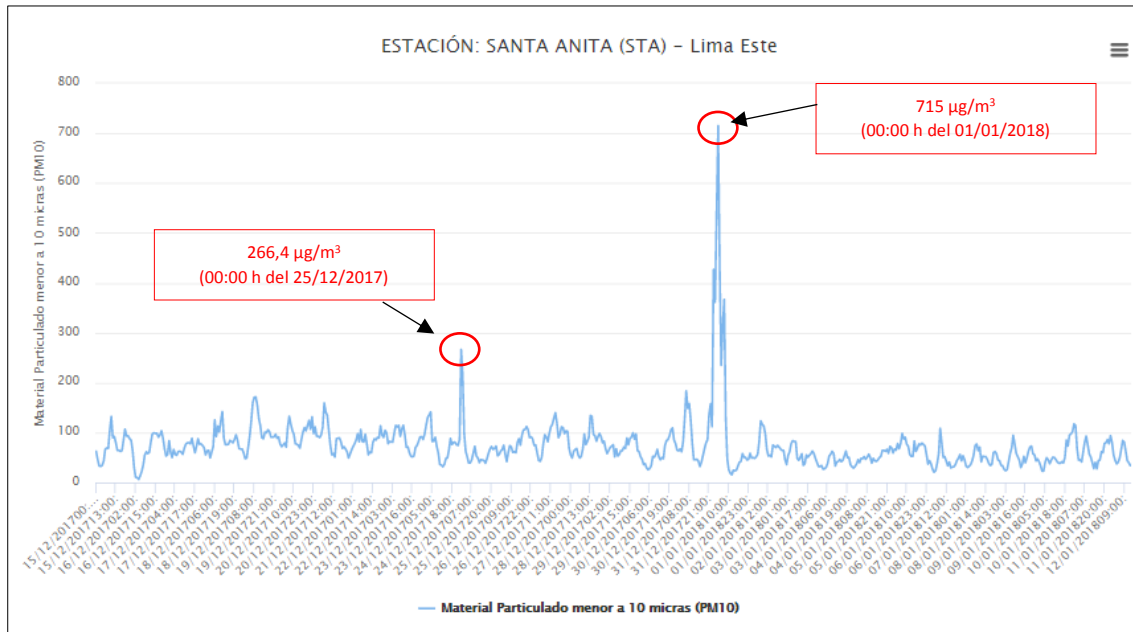
**Figura 5.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 31 diciembre de 2016 al 01 de enero de 2017 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI.

Se refleja en la figura precedente, a las 23:00 h del día 31 de diciembre de 2016 se registró una concentración de 69,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 00:00 h del 1 de enero de 2017 incrementar dicha concentración a los 265.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a la 1:00 h se registró un descenso de la concentración con un valor de 222.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente siguió descendiendo a los 154,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 02:00 horas, sin embargo, a las 03:00 h se registró un incremento de la concentración hasta los 225.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para luego descender a los 205,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 04:00 h registrando una concentración. Cabe mencionar que la mayor concentración de PM-10 del periodo comprendido entre el 31 de diciembre de 2016 al 1 de enero de 2017 se dio a las 00 horas del 1 de enero de 2017.

### 4.1.3 Concentraciones de PM-10 navidad de 2017 y año nuevo 2018

A continuación, se presentan los resultados de PM-10 registrados por la estación “Santa Anita” en el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2017 al 15 de enero de 2018.



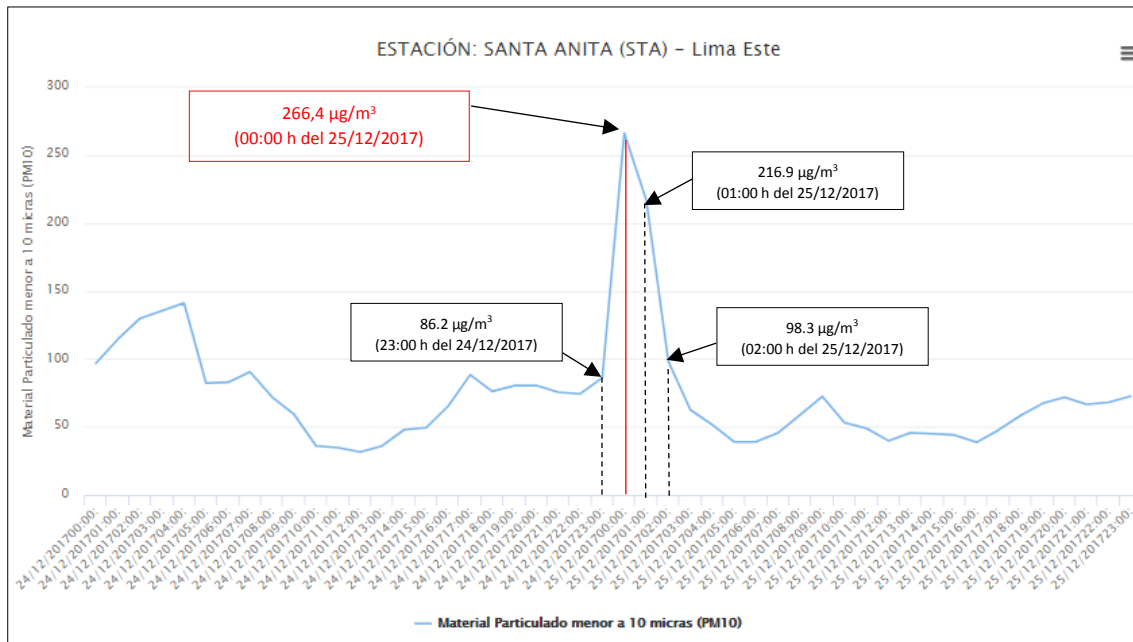
**Figura 6.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 15 de diciembre de 2017 al 15 de enero de 2018 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

En la Figura 7, el material particulado PM-10 registrado por la estación “Santa Anita” durante el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2017 al 15 de enero de 2018, presentó 2 valores máximos.

Dichos valores máximos fueron registrados el 25 de diciembre de 2017 a las 00:00 h. es decir, recibiendo la navidad de 2017, con una concentración de 266,4 µg/m<sup>3</sup> de PM-10, mientras que el otro valor máximo se dio el 1 de enero de 2018 a las 00:00 horas, es decir recibiendo el año nuevo de 2018, en el cual se registró una concentración de 715 µg/m<sup>3</sup> de PM-10.

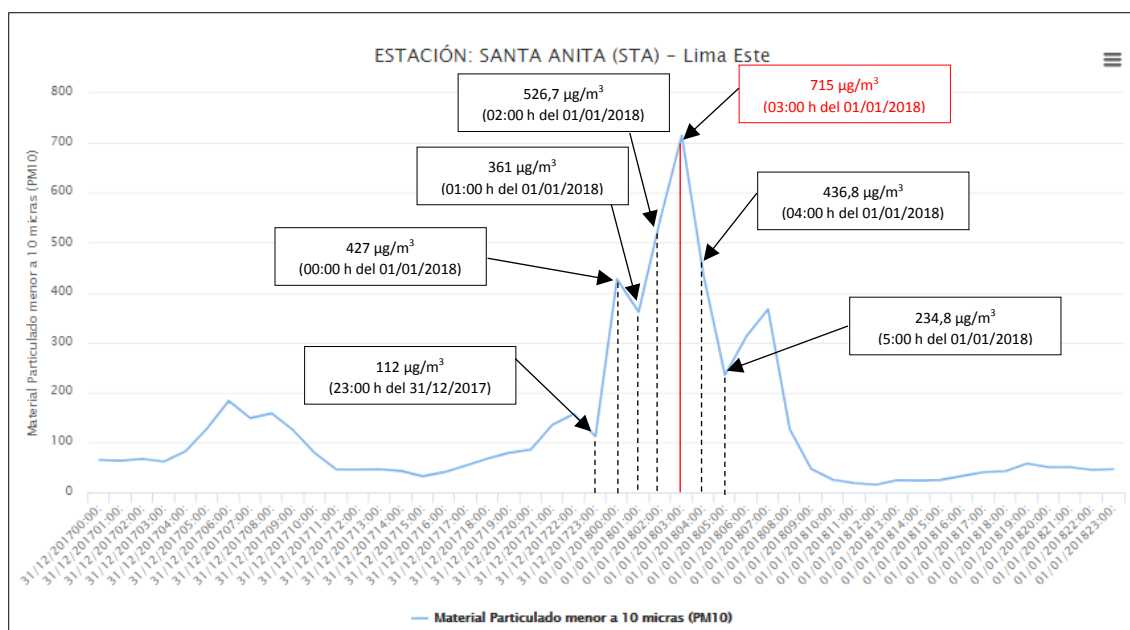
Ahora bien, en cuanto al PM-10 registrado en los periodos comprendidos del 24 al 25 de diciembre del 2017 y del 31 de diciembre de 2017 al 1 de enero de 2018 se mostrarán individualmente a continuación.



**Figura 7.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 24 al 25 diciembre 2017 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI.

En el gráfico precedente, a las 23:00 h del día 24 de diciembre de 2017 se registró una concentración de  $86.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 00:00 h del día 25 de diciembre de 2017 se registró la concentración más alta con  $266.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a la 1:00 h se registró una concentración con un valor de  $216.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para descender a las 02:00 h hasta los  $98.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 23 h del día 24 de diciembre a las 2 h del día 25 de diciembre de 2017 se dio la mayor concentración de PM-10 del periodo comprendido entre el 24 al 25 de diciembre de 2017.



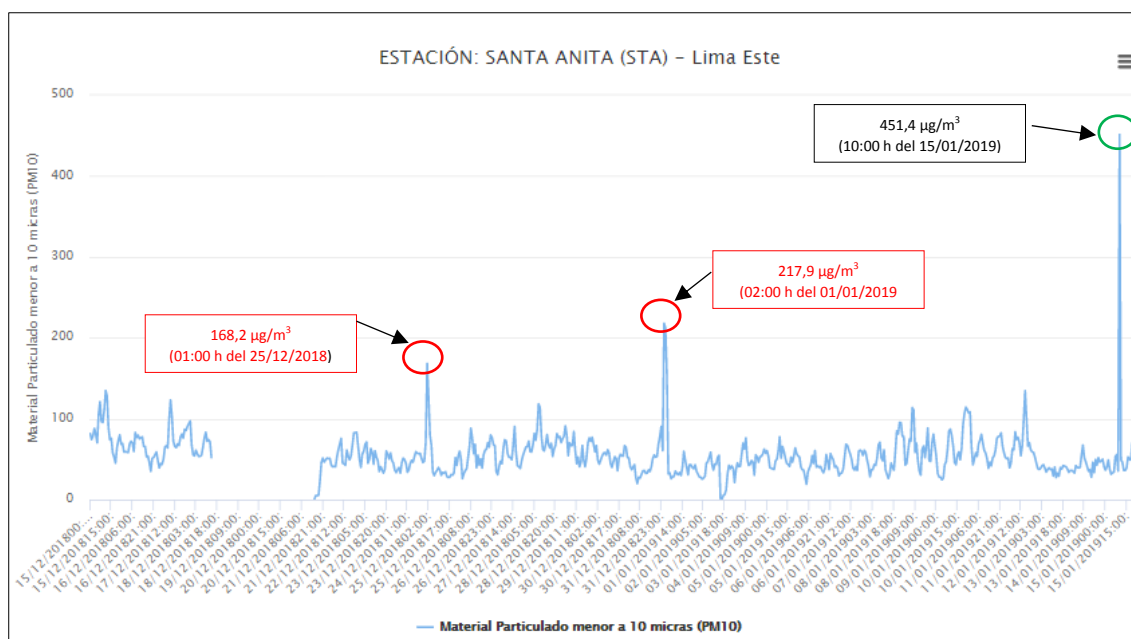
**Figura 8.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 31 de diciembre 2017 al 01 enero 2018 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI.

En la figura precedente, se observa que a las 23:00 h del día 31 de diciembre de 2017 se registró una concentración de  $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 00:00 h del día 01 de Enero de 2018 incrementarse a una concentración de  $427 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , descendiendo a las 01:00 horas con un valor de  $361 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , elevándose posteriormente a las 02:00 h a  $546.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registrando la concentración más alta a las tres horas después de recibir el año nuevo con  $715 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a la 04:00 h se registró una concentración con un valor de  $436.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para descender a las 05:00 h hasta los  $234.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 23 h del día 31 de diciembre a las 5 h del día 01 de enero de 2018 se dio la mayor concentración de PM-10 del periodo comprendido entre el 31 diciembre de 2017 al 01 de enero del 2018.

#### 4.1.4 Concentraciones de PM-10 navidad de 2018 y año nuevo 2019

A continuación, se presentan los resultados de PM-10 registrados por la estación “Santa Anita” en el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2018 al 15 de enero de 2019.



**Figura 9.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 15 de diciembre de 2018 al 15 de enero de 2019 – Estación Santa Anita

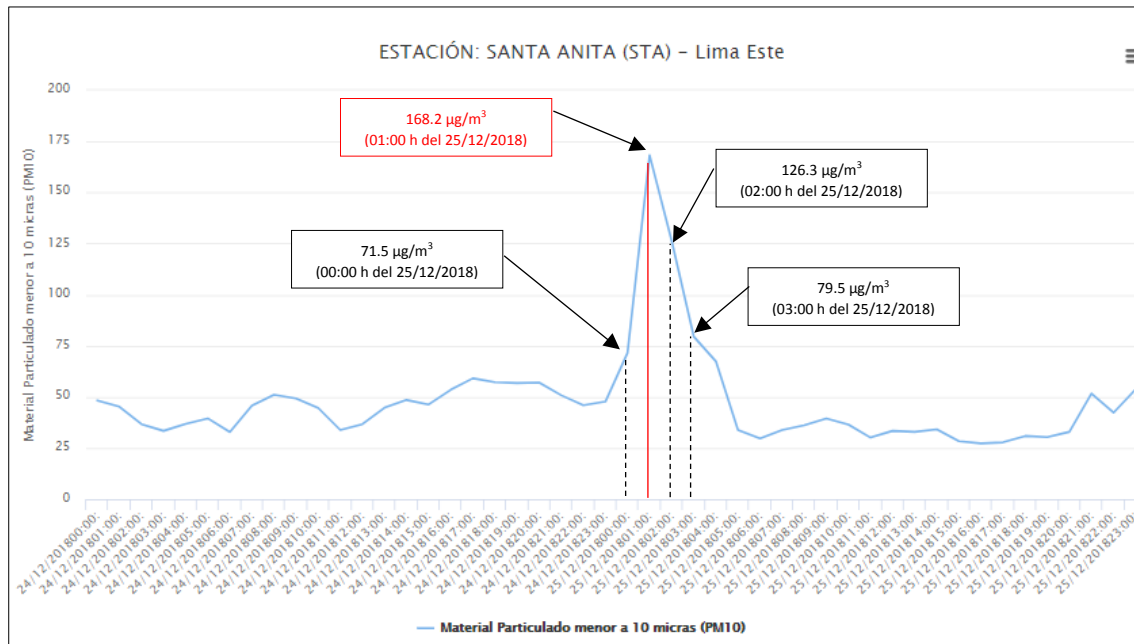
Fuente: SENAMHI

En la Figura 10, el material particulado PM-10 registrado por la estación “Santa Anita” durante el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2018 al 15 de enero de 2019, presentó 3 valores máximos.

Dichos valores máximos fueron registrados el 25 de diciembre de 2018 a la 01:00 horas con una concentración de  $168.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-10, es decir una hora después de recibir la navidad, mientras que el otro valor máximo se dio el 1 de enero de 2019 a las 02:00 h registrándose una concentración de  $217.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-10, es decir, dos horas después de recibir el año nuevo.

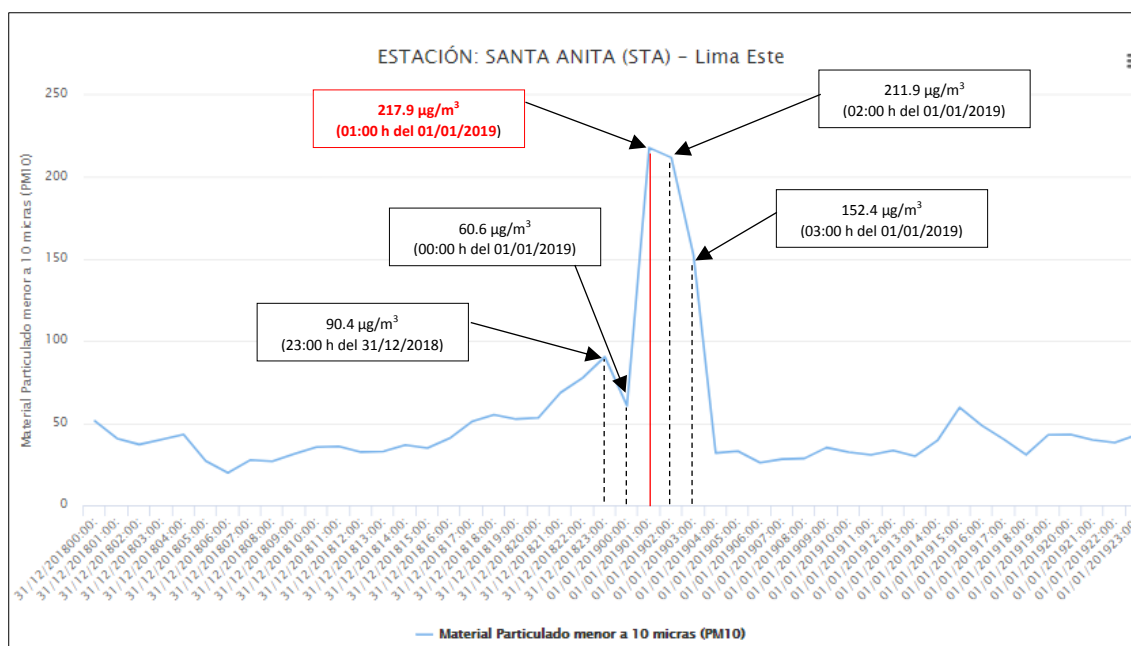
Con relación al otro valor máximo restante, cabe mencionar que el mismo fue registrado el 15 de enero de 2019 a las 10:00 horas con una concentración de  $451,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dicho valores no serán analizado debido a que se encuentran fuera de las fechas y horas analizadas en los objetivos de la presente tesis.

Ahora bien, en cuanto al PM-10 registrado en los periodos comprendidos del 24 al 25 de diciembre del 2018 y del 31 de diciembre de 2018 al 1 de enero de 2019 se mostrarán individualmente a continuación.



**Figura 10.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 24 al 25 diciembre 2018 – Estación Santa Anita  
Fuente: SENAMHI

En la figura precedente, a las 00:00 h del día 25 de diciembre de 2018 se registró una concentración de  $71.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a la 01:00 h incrementarse a los  $168.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo esta la concentración más elevada durante este periodo, posteriormente a las 02:00 horas hubo un descenso hasta los  $126.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y posteriormente a la 03:00 h se registró otro descenso en la concentración de PM-10 hasta los  $79.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 00 h del día 25 de diciembre hasta las 3 h se dio la mayor concentración de PM-10 del periodo comprendido entre el 24 y 25 de diciembre de 2018.



**Figura 11.** Registro horario de Material Particulado PM-10 del 31 diciembre al 01 enero 2019 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

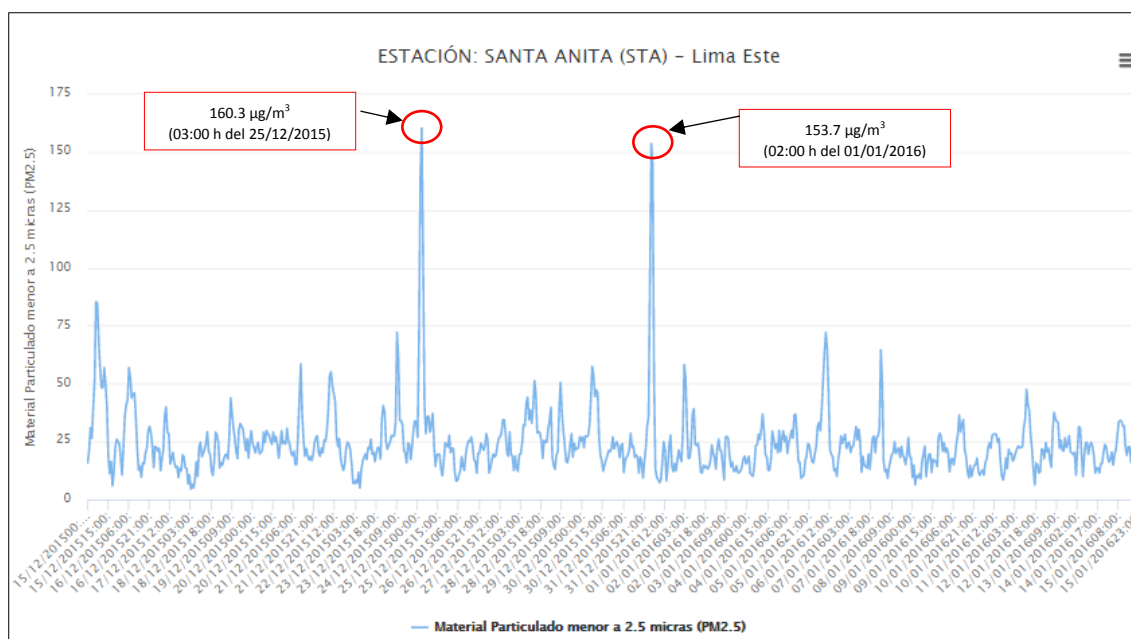
En la figura precedente, se observa que a las 23:00 h del día 31 de diciembre de 2018 se registró una concentración de  $90.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 00:00 h del día 01 de Enero de 2019 disminuir a una concentración de  $60.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , elevándose con el valor más alto a las 01:00 horas con  $217.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , una hora después de recibir el año nuevo, posteriormente a la 02:00 h se registró una concentración con un valor de  $211.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para descender a las 03:00 h hasta los  $152.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 23 h del día 31 de diciembre a las 3 h del día 01 de enero de 2019 se dio la mayor concentración de PM-10 del periodo comprendido entre el 31 diciembre de 2018 al 01 de enero del 2019.

## 4.2 Concentraciones de Material Particulado inferior a 2.5 micras (PM-2.5)

### 4.2.1 Concentraciones de PM-2.5 navidad de 2015 y año nuevo 2016

A continuación, se reflejan los resultados de PM-2.5 registrados por la estación “Santa Anita” en el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2015 al 15 de enero de 2016.





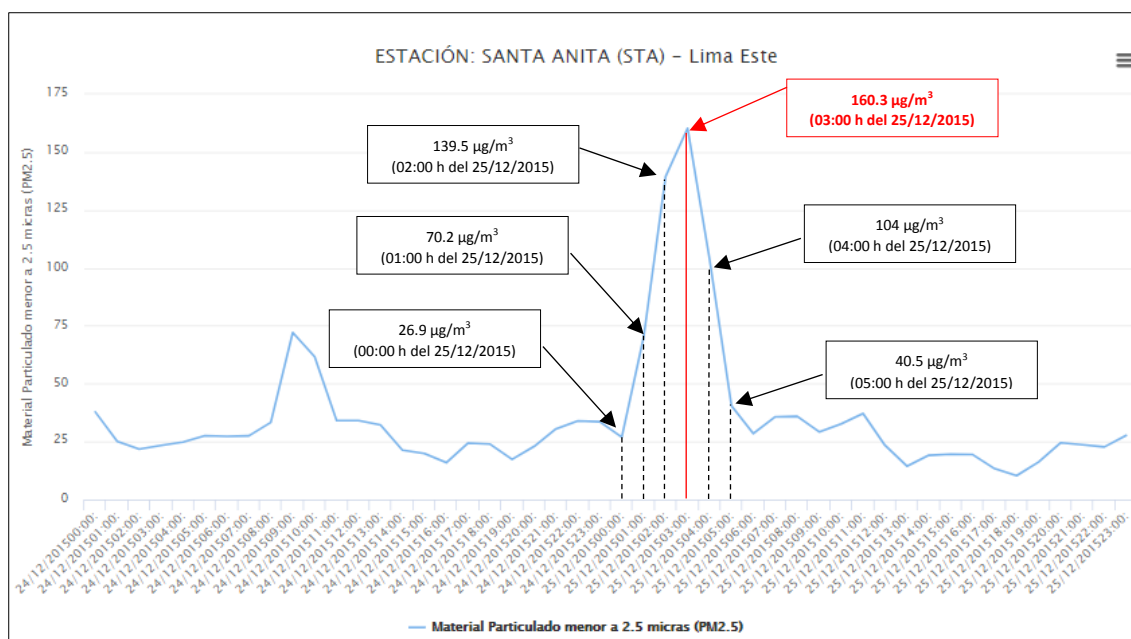
**Figura 12.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 15 diciembre 2015 al 15 enero 2016– Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

En la Figura 13, el material particulado PM- 2.5 registrado por la estación “Santa Anita” durante el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2015 al 15 de enero de 2016, tuvo 2 valores máximos.

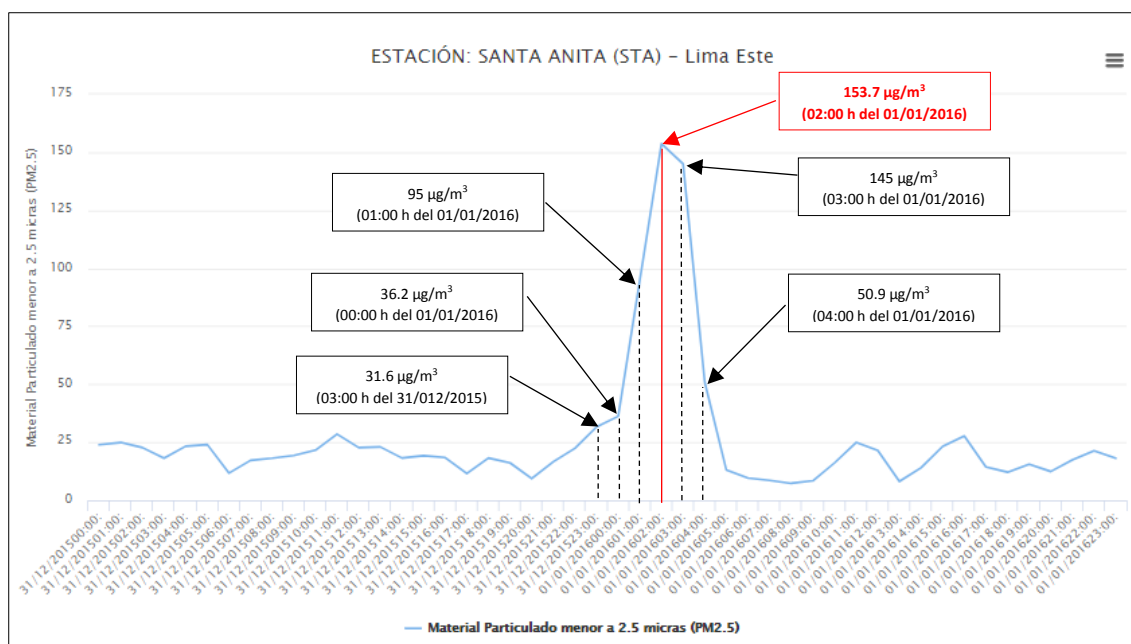
Dichos valores máximos fueron registrados el 25 de diciembre de 2015 a las 03:00 h con una concentración de  $160.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-2.5, es decir tres (03) horas después de recibida la navidad, mientras que el otro valor máximo se dio el 1 de enero de 2016 a las 02:00 horas en el cual se registró una concentración de  $153.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-2.5, es decir, dos (2) horas después de recibir el año nuevo.

Ahora bien, en cuanto al PM-2.5 registrado en los periodos comprendidos del 24 al 25 de diciembre del 2015 y del 31 de diciembre de 2015 al 1 de enero de 2016 se mostrarán individualmente a continuación.



**Figura 13.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 24 al 25 diciembre 2015 – Estación Santa Anita  
Fuente: SENAMHI

En la figura precedente, a las 00:00 h del día 25 de diciembre de 2015 se registró una concentración de PM-2.5 de  $26.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a la 1:00 h de ese mismo día registrar una concentración de  $70.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , llegando a las 02:00 h con una concentración de  $139.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente, a la 03:00 h se registró la concentración más alta con un valor de  $160.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para descender a las 04:00 h hasta los  $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y finalmente a las 05:00 horas disminuir la concentración de este parámetro a los  $40.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 00:00 h del día 25 de diciembre a las 05:00 h del día 25 de diciembre de 2015 se dio la mayor concentración de PM-2.5 del periodo comprendido entre el 24 al 25 de diciembre de 2015.



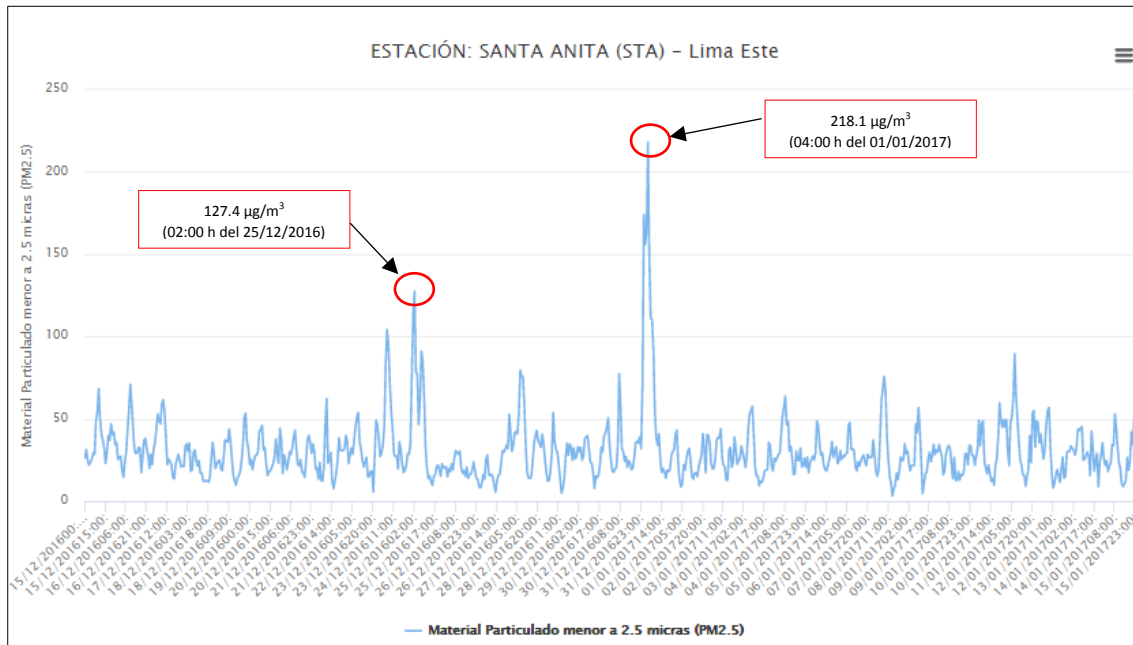
**Figura 14.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 31 diciembre 2015 al 01 enero 2016 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

Se refleja en la figura precedente, a las 3:00 h del día 31 de diciembre de 2015 se registró una concentración de material particulado PM-2.5 de  $31.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 00:00 h del 1 de enero de 2016 incrementar dicha concentración a los  $36,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a la 1:00 h se registró un incremento de la concentración con un valor de  $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y luego a las 02:00 h se registró la concentración más alta con  $153.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para luego descender a los  $145 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 03:00 h, y finalmente a las 03:00 h registrar una concentración de  $50.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 04 h del día 31 de diciembre de 2015 a las 4 h del día 1 de enero de 2016 se dio la mayor concentración de PM-2.5 del periodo comprendido entre el 31 de diciembre de 2015 al 1 de enero de 2016.

## 4.2.2 Concentraciones de PM-2.5 navidad de 2016 y año nuevo 2017

A continuación, se reflejan los resultados de PM-2.5 registrados por la estación “Santa Anita” en el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2016 al 15 de enero de 2017.



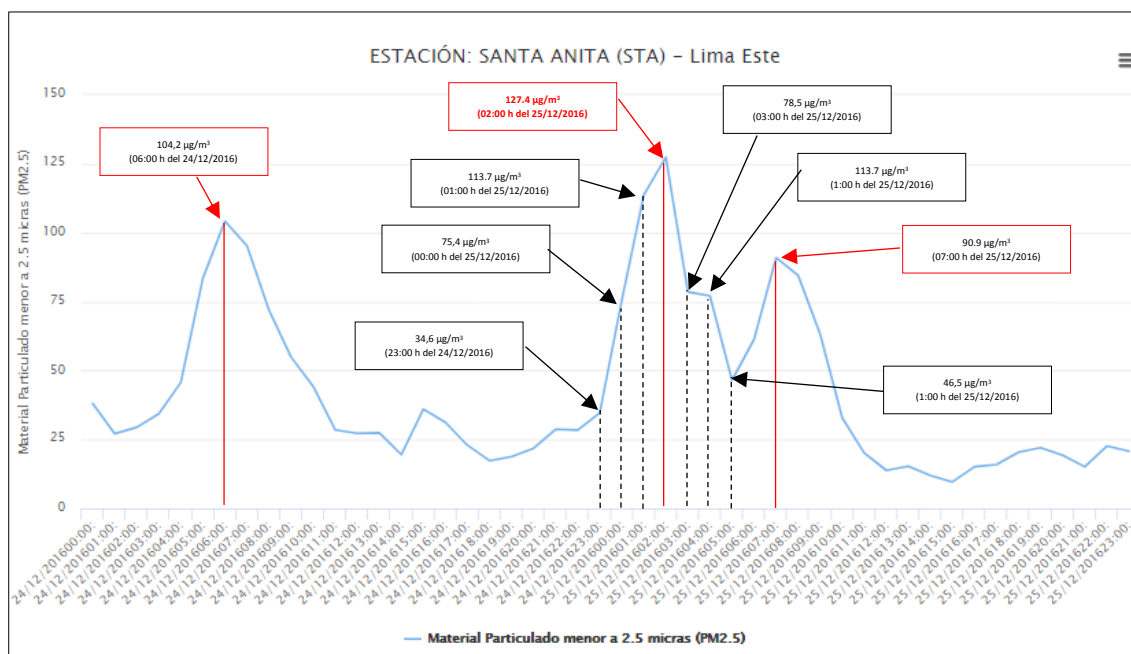
**Figura 15.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 15 diciembre 2016 al 15 enero 2017– Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

En la Figura 16, el material particulado PM-2.5 registrado por la estación “Santa Anita” durante el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2016 al 15 de enero de 2017, tuvo 2 valores máximos.

Dichos valores máximos fueron registrados el 25 de diciembre de 2015 a las 02:00 horas con una concentración de  $127,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-2.5, es decir una (02) horas después de recibida la navidad, mientras que el otro valor máximo se dio el 1 de enero de 2016 a las 04:00 horas en el cual se registró una concentración de  $218.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-2.5, es decir, 4 horas después de recibir el año nuevo.

Ahora bien, en cuanto al PM-2.5 registrado en los periodos comprendidos del 24 al 25 de diciembre del 2015 y del 31 de diciembre de 2015 al 1 de enero de 2016 se mostrarán individualmente a continuación.

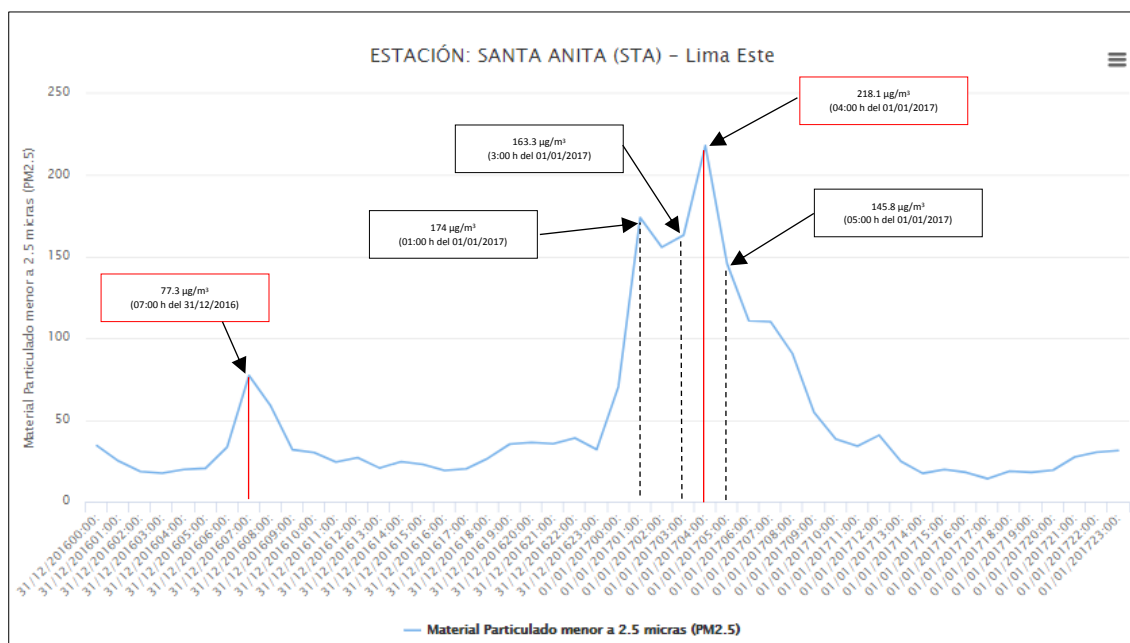


**Figura 16.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 24 al 25 diciembre 2016 – Estación Santa Anita  
Fuente: SENAMHI

Como se puede observar en la figura precedente, señalado en líneas rojas, del 24 al 25 de diciembre 2016 se registraron concentraciones de PM-2.5 que alcanzaron 3 horas picos, a las 06:00 horas del día 24 de diciembre de 2016 con  $104,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a las 02:00 h del 25 de diciembre de 2016 con  $127,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y a las 07:00 de ese mismo día con  $90,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sin embargo, para el presente análisis, sólo describiré el periodo comprendido alrededor de la navidad de 2016.

Tal es así que, desde las 23:00 h del día 24 de diciembre de 2016 se registró una concentración de  $34,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para luego a las 02:00 h del día 25 de diciembre de 2016, es decir, dos (02) horas después de recibida la navidad, dicha concentración tuvo un incremento hasta los  $127,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  la cual fue la concentración más elevada durante este periodo, posteriormente disminuyó a las 03:00 h de ese mismo día a una concentración de  $78,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y posteriormente

a los 46,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 05:00 horas. Cabe mencionar que desde las 23:00 h del día 24 de diciembre a las 5 h del día 25 de diciembre de 2016 se dio la mayor concentración de PM-2.5 del periodo comprendido entre el 24 al 25 de diciembre de 2016.



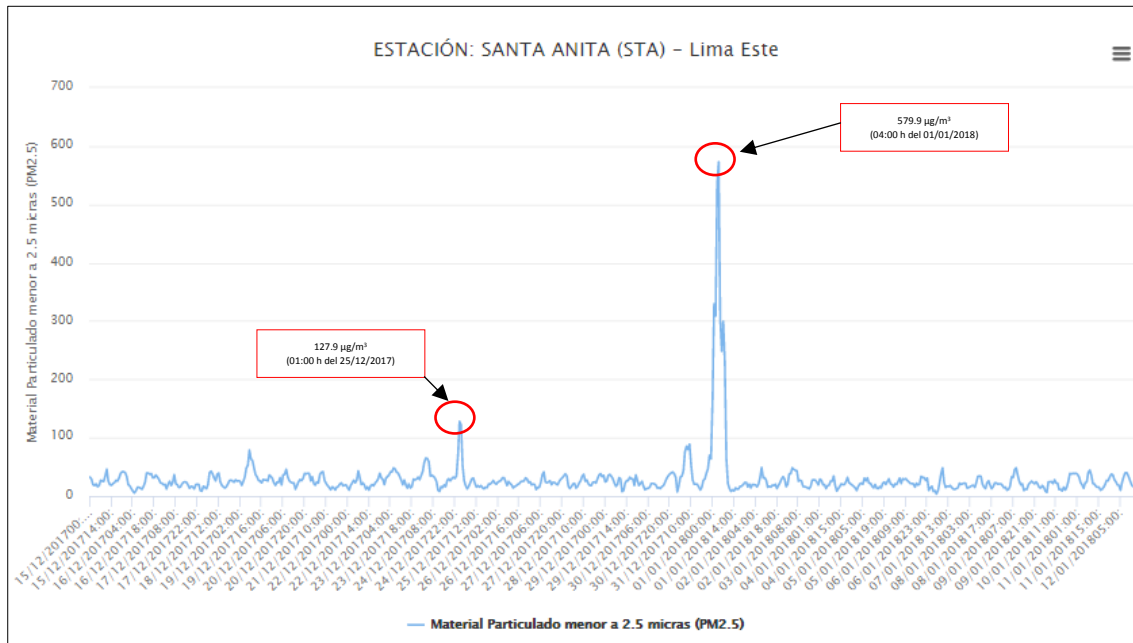
**Figura 17.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 31 diciembre al 01 enero 2017 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

Se refleja en la figura precedente, a las 7:00 h del día 31 de diciembre de 2016 se registró una concentración de 77,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 01:00 h del 1 de enero de 2017 incrementar dicha concentración a los 174  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a la 3:00 h se registró un descenso de la concentración con un valor de 163,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a las 04:00 h se registró la concentración más alta con 218,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para luego descender a los 145,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 05:00 h. Cabe mencionar que desde las 07 h del día 31 de diciembre de 2016 a las 5 h del día 1 de enero de 2017 se dio la mayor concentración de PM-2.5 del periodo comprendido entre el 31 de diciembre de 2016 al 1 de enero de 2017.

### 4.2.3 Concentraciones de PM-2.5 navidad de 2017 y año nuevo 2018

A continuación, se reflejan los resultados de PM-2.5 registrados por la estación “Santa Anita” en el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2017 al 15 de enero de 2018.



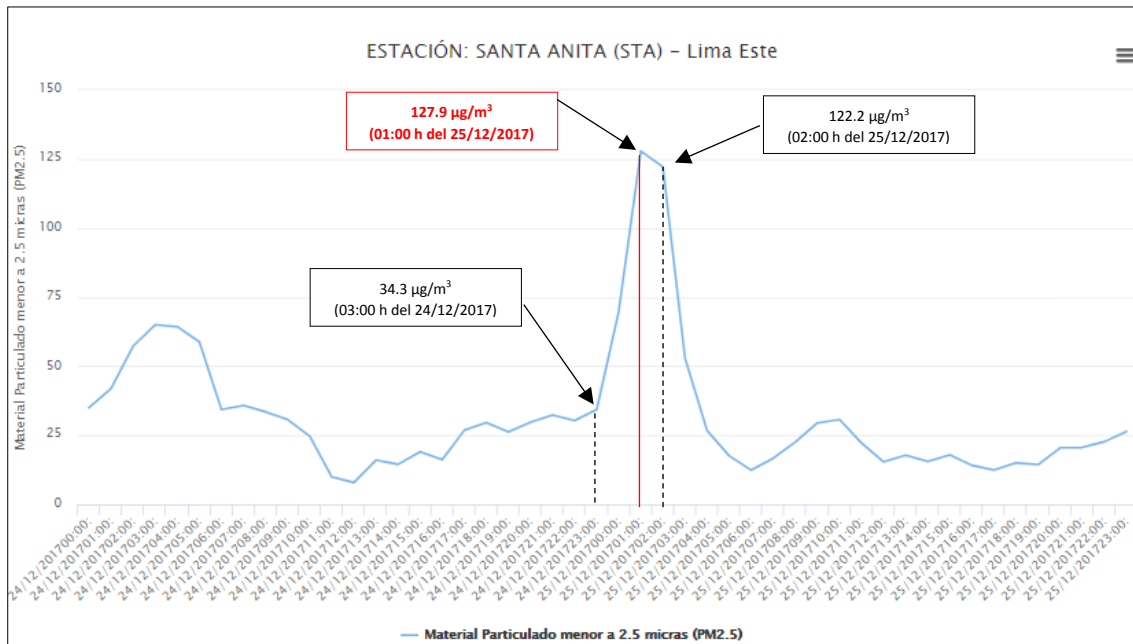
**Figura 18.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 15 diciembre 2017 al 15 enero 2018– Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

En la Figura 19, el material particulado PM- 2.5 registrado por la estación “Santa Anita” durante el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2017 al 15 de enero de 2018, tuvo 2 valores máximos.

Dichos valores máximos fueron registrados el 25 de diciembre de 2017 a la 01:00 horas con una concentración de  $127,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-2.5, es decir una (01) hora después de recibida la navidad, mientras que el otro valor máximo se dio el 1 de enero de 2018 a las 04:00 horas en el cual se registró una concentración de  $579,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-2.5, es decir, 4 horas después de recibir el año nuevo.

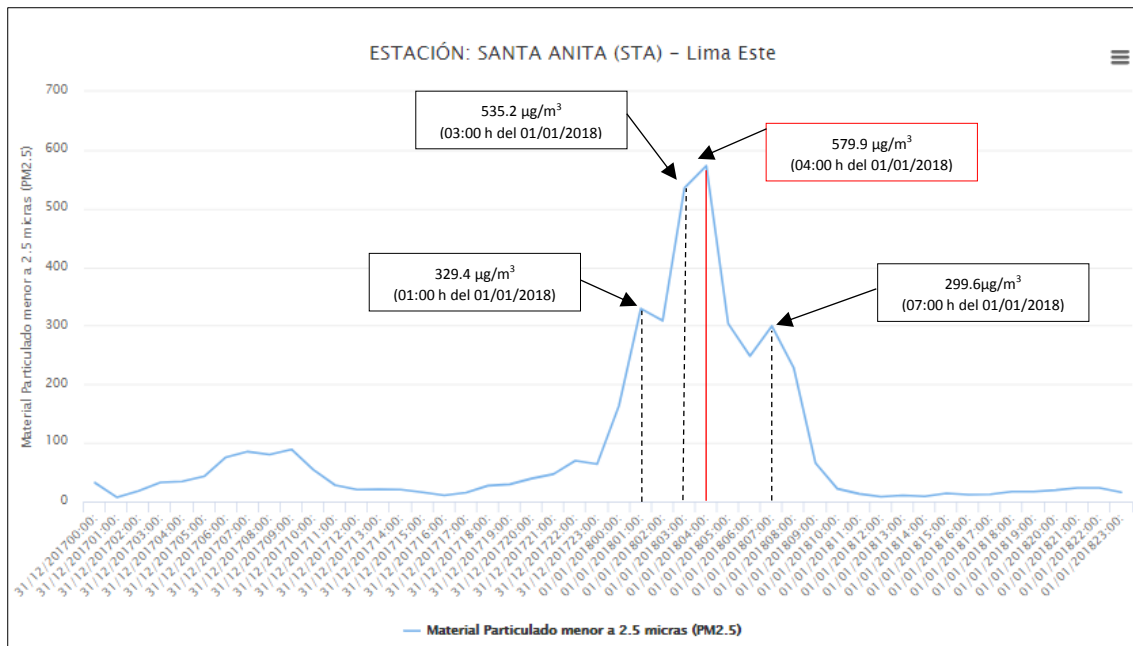
Ahora bien, en cuanto al PM-2.5 registrado en los periodos comprendidos del 24 al 25 de diciembre del 2017 y del 31 de diciembre de 2017 al 1 de enero de 2018 se mostrarán individualmente a continuación.



**Figura 19.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 24 al 25 diciembre 2017 – Estación Santa Anita  
Fuente: SENAMHI

En la figura precedente, a las 03:00 h del día 24 de diciembre de 2017 se registró una concentración de  $34.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un incremento de  $127.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a la 1:00 h, reportándose el valor más alto, teniendo un descenso a las 2:00 h con un valor de  $122.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 03 h del día 24 de diciembre hasta las 2 h del día 25 de diciembre de 2017 se dio la mayor concentración de PM-2.5 del periodo comprendido entre el 24 al 25 de diciembre de 2017.





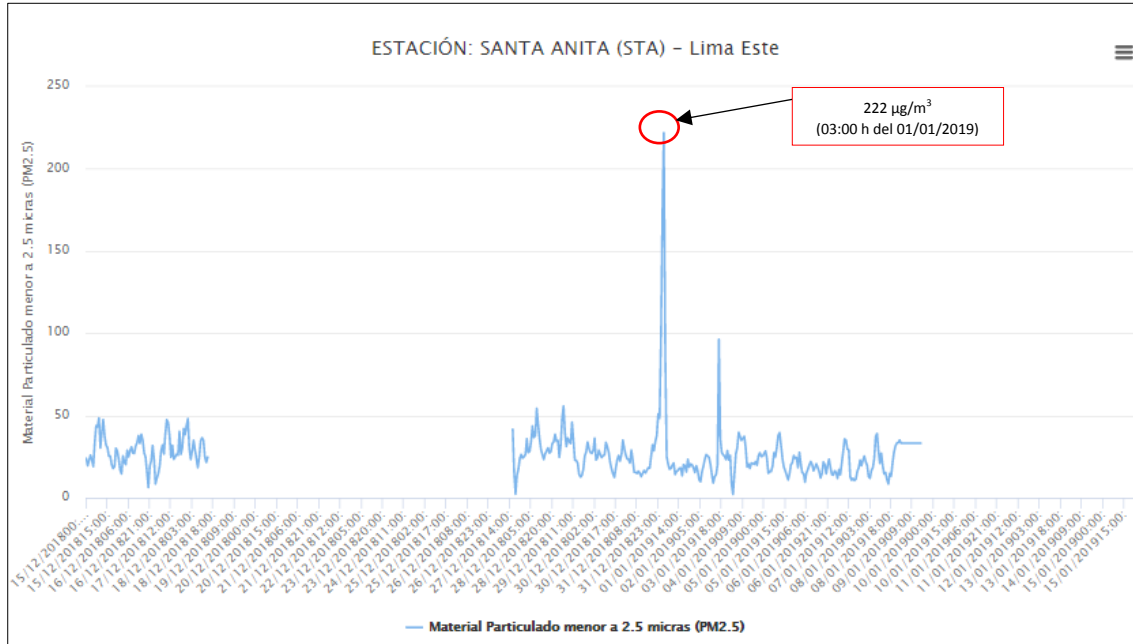
**Figura 20.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 31 diciembre 2017 al 01 enero 2018 – Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

Se refleja en la figura precedente, a las 1:00 h del día 01 de enero de 2018 se registró una concentración de  $329.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 03:00 h se incrementó dicha concentración a  $535.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a la 4:00 h se registró la concentración más alta de  $579.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un descenso de la concentración de un valor de  $299.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 01 del día 1 de enero de 2017 se dio la mayor concentración de PM-2.5 del periodo comprendido entre el 31 de diciembre de 2017 al 1 de enero de 2018.

#### 4.2.4 Concentraciones de PM-2.5 navidad de 2018 y año nuevo 2019

A continuación, se reflejan los resultados de PM-2.5 registrados por la estación “Santa Anita” en el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2018 al 15 de enero de 2019.



**Figura 21.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 15 diciembre 2018 al 15 enero 2019– Estación Santa Anita

Fuente: SENAMHI

En la Figura 22, el material particulado PM- 2.5 registrado por la estación “Santa Anita” durante el periodo comprendido del 15 de diciembre de 2018 al 15 de enero de 2019, tuvo 1 valor máximo.

Dicho valor máximo fue registrado el 1 de enero de 2019 a las 03:00 horas en el cual se registró una concentración de  $222 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM-2.5, es decir, 3 horas después de recibir el año nuevo. El otro valor que corresponde al 24 y 25 de diciembre del 2018, no se reflejó, por lo tanto, se desconoce la cantidad de partículas que se dispersaron en el aire.

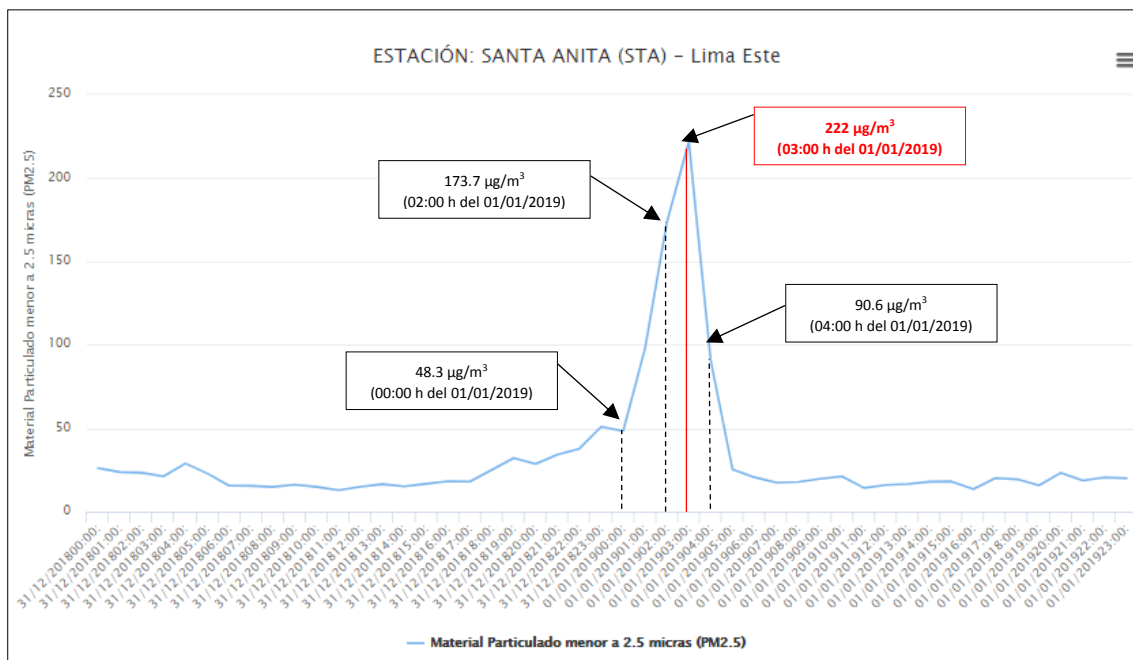
Ahora bien, en cuanto al PM-2.5 registrado en los periodos comprendidos del 24 al 25 de diciembre del 2018 y del 31 de diciembre de 2018 al 1 de enero de 2019 se mostrarán individualmente a continuación.

**Gráfico 22.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 24 al 25 diciembre 2018 – Estación Santa Anita



Fuente: SENAMHI

La fuente donde se extrajo los valores para estas fechas 24 y 25 de diciembre del 2018, no se reflejaron, por lo tanto, se desconoce la cantidad de partículas que se dispersaron en el aire, durante las horas del día.



**Figura 23.** Registro horario de Material Particulado PM-2.5 del 31 diciembre 2018 al 01 enero 2019 – Estación Santa Anita.

Fuente: SENAMHI

Se refleja en la figura precedente, a las 00:00 h del día 01 de enero de 2019 se registró una concentración de  $48.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para posteriormente a las 02:00 h se incrementará dicha concentración a  $173,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente a la 3:00 h se registró la concentración más alta de  $222 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un descenso de la concentración de un valor de  $90.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cabe mencionar que desde las 00 del día 1 de enero de 2019 se dio la mayor concentración de PM-2.5 del periodo comprendido entre el 31 de diciembre de 2018 al 1 de enero de 2019.

### 4.3 Resultados de concentraciones máximas de material particulado y los ECA aire

#### 4.3.1 Monitoreo de material particulado PM 10.

Tabla 6

Concentraciones máximas de Material Particulado PM 10 en navidad y año nuevo del 2015 al 2019, en relación a los ECA de Aire

Tamaño Partícula	Unidad	Años	Concentraciones máximas		ECA
			Dic. 24/25	Dic. 31/01Ene.	
PM 10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2015/2016	255	248.6	100
PM 10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2016/2017	223.8	265.9	100
PM 10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2017/2018	266.4	715	100
PM 10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2018/2019	168.2	217.9	100
<b>TOTAL</b>			<b>228.4</b>	<b>361.9</b>	<b>100</b>

Nota. Fuente: El investigador

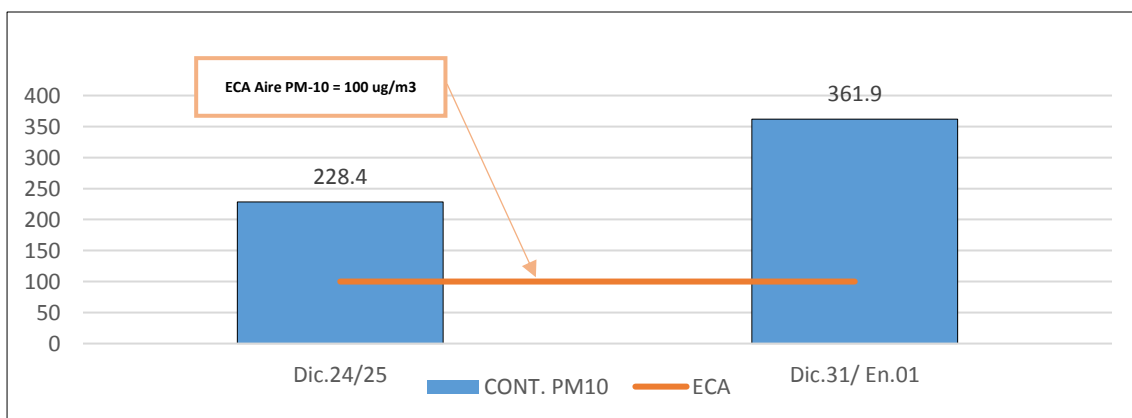


Figura 24. Concentraciones máximas promedio de Material Particulado PM 10, año 2015 al 2019, en relación a los ECA de Aire, Estación Santa Anita.

Fuente: El investigador

La tabla 6 y figura 25, reflejan las concentraciones máximas de material particulado PM10 generado en navidad y año nuevo de los años 2015 al 2019, en Santa Anita. Asimismo, se presentan los estándares de calidad de aire (ECA) los cuales establecen una concentración máxima de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el parámetro PM10. Se observa que dichas concentraciones superan los ECA aire en cada periodo evaluado.

Los datos promedios de las concentraciones máximas de los años 2015-2019, reflejan que los días 24 y 25 de diciembre mostraron un valor de  $228.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que para el 31 de diciembre y el 01 de enero del siguiente año mostró un valor de  $361.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que, se evidencia que existe una excedencia de concentración de material particulado PM10 según lo estipulado por los estándares nacionales de calidad ambiental del aire (ECA) los cuales establecen el valor de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el parámetro PM10, lo que ocasionaría el riesgo y daños en la salud humana y el ambiente durante estas fechas de celebración, por lo tanto, se debe sensibilizar a la población hacia una cultura que establezca procedimientos, pautas y mecanismos que hagan cumplir las normativas, así se estaría cuidando el medio ambiente para que este sea sostenible en el tiempo, y mejorando la calidad de aire que respiramos, en pro de una vida saludable.

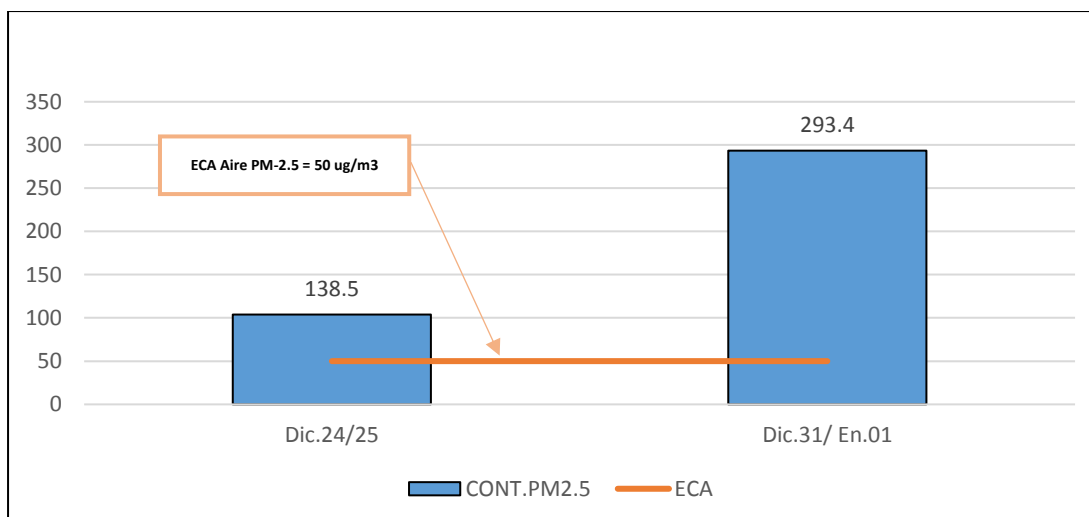
#### 4.3.2 Monitoreo de material particulado PM 2.5.

**Tabla 7.**

*Concentraciones máximas de Material Particulado PM 2.5 de 2015 al 2019, en relación a los ECA de Aire*

Tamaño Partícula	Unidad	Años	Concentraciones máximas		ECA
			Dic. 24/25	Dic. 31/01 Ene.	
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2015/2016	160.3	153.7	50
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2016/2017	127.4	218.1	50
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2017/2018	127.9	579.9	50
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2018/2019	S.D.	222	50
<b>TOTAL</b>			<b>138.5</b>	<b>293.4</b>	<b>50</b>

Nota. S.D. Sin Datos. Fuente: El investigador



**Figura 25.** Concentración de Material Particulado PM 2.5, año 2015 al 2019, en relación a los ECA de Aire, Estación Santa Anita en los años 2015 al 2019,

Fuente: El investigador

La tabla 7 y el figura 26 reflejan las concentraciones de material particulado PM 2.5 generado en navidad y año nuevo, en los años 2015 al 2019 en Santa Anita. Asimismo, se presentan los estándares de calidad de aire (ECA) los cuales establecen el valor de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para este parámetro. Se observa que dichas concentraciones superan los ECA aire en cada periodo evaluado.

Los datos promedios de las concentraciones máximas de los años 2015-2019, reflejan que los días 24 y 25 de diciembre mostraron un valor de  $138.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que para el 31 de diciembre y el 01 de enero del siguiente año mostró un valor de  $293.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo tanto, se evidencia que existe una excedencia a los estándares nacionales de calidad ambiental del aire (ECA) los cuales establecen el valor de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que ocasiona riesgo y daños en la salud durante estas fechas de celebración, por lo tanto se debe sensibilizar a la población hacia una cultura que establezca procedimientos, pautas y mecanismos que hagan cumplir las normativas, así se estaría cuidando el medio ambiente para que este sea sostenible en el tiempo, y mejorando la calidad de aire que respiramos, en pro de una vida saludable.

## V. Discusión de resultados

Los hallazgos obtenidos en el año 2015 y 2016 con relación a la concentración de PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Santa Anita superan los Estándares de Calidad Ambiental del Aire. En concordancia con lo planteado por los antecedentes citados a nivel internacional y nacional tales como el de Calderón 2013, Ramírez 2008, Flores, Zela 2011 y Guevara 2017, destacan datos similares a las elevadas concentraciones de material particulado afectando el medio ambiente y la salud de los seres vivos.

Así mismo, para los años 2016 y 2017, la concentración fue manteniéndose en comparación con el año anterior, permaneciendo elevada con correlación a los estándares de calidad del Aire. A su vez, para el año 2017 y 2018 permanecieron las concentraciones elevadas, no correspondiendo a lo establecido por los límites propuestos por el Ministerio del Ambiente, a través del ECA, que reglamenta un estándar de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se puede demostrar que las horas de más alta concentración fueron desde las 00:00 hasta las 04:00 de los días 24, 25 de diciembre y del 31 de diciembre al 01 de enero del siguiente año. Es decir, cuatro horas con exceso de concentración de material particulado PM10.

No obstante, para el año 2018-2019 la concentración de material particulado PM10 presentó un descenso de la concentración, ya que se registró valores menores que años anteriores, esto podría explicarse debido a las restricciones, prohibiciones por reglamentos internos de las municipalidades, respaldándose en el cumplimiento del decreto supremo N° 003-2017-MINAM, la Constitución política del Perú, y la Ley N° 27718, en su reglamento DICSCAMEC, reflejan sus obligaciones en cuanto al control y prevención del medio ambiente, para evitar posibles riesgos en los seres vivos que hacen vida en el planeta garantizando ambientes saludables.

En función a los hallazgos obtenidos en el año 2015 y 2016 con relación a la concentración de PM 2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Santa Anita superan los Estándares de Calidad ambiental del Aire. En concordancia con lo planteado por en los antecedentes citado a nivel internacional y nacional tales como el de Calderón 2013, Ramírez 2008, Flores y Zela 2011 y Guevara 2017, destacan datos similares a las elevadas concentraciones de material particulado afectando el medio ambiente y la salud de los seres vivos.

Así mismo, para los años 2016 y 2017, la concentración fue manteniéndose en comparación con el año anterior, permaneciendo elevada con relación a los estándares de calidad del Aire. A su vez, para el año 2017 y 2018 permanecieron las concentraciones elevadas, no estando en correspondencia con lo establecido por los límites propuestos por el Ministerio del ambiente, a través del ECA, que reglamenta un estándar de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se puede demostrar que las horas de más alta concentración fueron desde las 00:00 y las 04:00 de los días 24, 25 de diciembre y del 31 de diciembre al 01 de enero del siguiente año. Es decir, cuatro horas con exceso de concentración de material particulado PM 2,5.

Sin embargo, para el año 2018-2019 la concentración de material particulado PM2.5 presentó un descenso de la concentración, tomando valores menores que años anteriores, esto es debido posiblemente a las restricciones, prohibiciones por reglamentos internos de las municipalidades, respaldándose en el cumplimiento del decreto supremo N° 003-2017-MINAM, la Constitución política del Perú, y la Ley N° 27718, en su reglamento DICSCAMEC.

En este sentido, los reglamentos habrían garantizado por sus sanciones al ciudadano y al productos, la disminución del empleo de fuegos artificiales contrarrestando la contaminación ambiental por concentración de material particulado PM10 y PM 2.5, lo que pudiera decir que la población ha acatado y moderado el uso de los fuegos pirotécnicos, pero no dejan a un lado



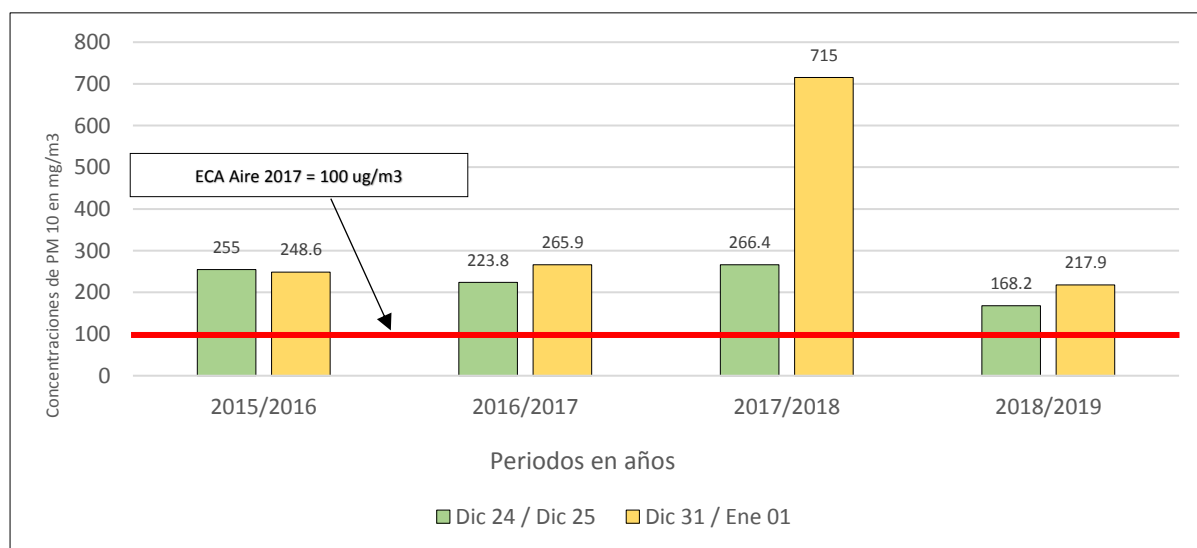
cumplir con la tradición, celebrar las fechas de diciembre y fin de año con mucho sonido, alegría que produce el juego de luces de colores en el cielo.

De esta manera, se puede decir que son los meses de diciembre y primeros días de enero del siguiente año, que las concentraciones de PM10 y PM2.5 es elevada pues se multiplica por el exceso de uso de Fuegos artificiales a partir de las festividades.

## VI. Conclusiones

Las concentraciones de PM10 y PM2.5 sobrepasan los ECA (Estándares de Calidad de Aire) aprobados mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, de la zona de Santa Anita, en las fechas de navidad y año nuevo de los años 2016 al 2019. Por lo que significa que de alguna manera impactaron el ambiente de forma negativa en esta área determinada de Lima durante estas fechas, lo que perjudica a los habitantes en cuanto a su salud integral, porque el uso de fuegos pirotécnicos además de dejar partículas nocivas en el aire, desequilibra los niveles de ruidos en la población más sensible.

Sin embargo, se concluye que las concentraciones de PM10, fueron elevadas durante los días 24 y 25 de diciembre y 31 de diciembre y 01 de enero durante los años 2015 al 2019, observándose en las figuras 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, esta dimensión se correlaciona por las fechas correspondiente a las celebraciones de navidad y año nuevo tal como se observa en la siguiente figura de concentraciones máximas:

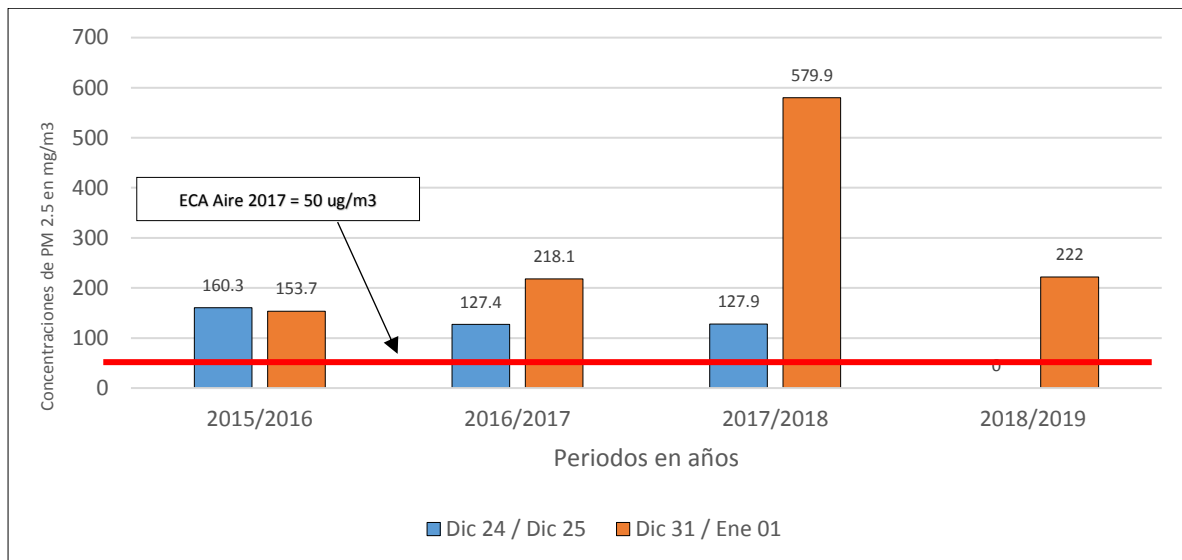


**Figura 26** Concentraciones Máximas de Material Particulado PM 10, años 2015 al 2019, en relación a los ECA de Aire, Estación Santa Anita

Fuente: El investigador

Así mismo, las concentraciones de PM 2.5, fueron elevadas durante los días 24 y 25 de diciembre y 31 de diciembre y 01 de enero durante los años 2015 al 2019, observándose en las

figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, esta dimensión se correlaciona por las fechas correspondiente a las celebraciones de navidad y año nuevo tal como se observa en la siguiente figura de concentraciones máximas:



**Figura 27** Concentraciones Máximas de Material Particulado PM 2.5, años 2015 al 2019, en relación a los ECA de Aire, Estación Santa Anita

Fuente: El investigador

La duración de este tipo de concentración de material en el aire suele ser de aproximadamente cuatro horas para los picos más altos, desde las 00:00 h y las 04:00 h, manteniéndose niveles relativamente altos durante toda fecha de celebración. Diferenciando niveles bajos en comparación con otros días los datos generales presentados en esta época.

De esta manera, se puede evidenciar que a medida que pasan los años los resultados del empleo de fuegos artificiales se disminuyeron, no con cifras contundentes, pero si ha existido un descenso, esto se les atribuye a los reglamentos de los organismos que regularizan el equilibrio ambiental, otros entes que de manera obligatoria prohíben su venta, y garantizan su manipulación.

## **VII. Recomendaciones**

- ✓ Sensibilizar a la población de Santa Anita y población en general sobre los peligros de contaminación ambiental generada por el uso de fuegos artificiales, y los riesgos a la salud asociados a dichas actividades, principalmente a la población más vulnerable.
- ✓ Diseñar propuestas o planes que promuevan el reemplazo del uso de fuegos artificiales como la utilización de luces reflectoras en drones que asemejen el juego de luces en el cielo durante las épocas festivas.
- ✓ Fortalecer las medidas de fiscalización por parte de la SUCAMEC para la prohibición efectiva de la venta y el uso de fuegos artificiales detonantes, asimismo, la Municipalidad de Santa Anita deberá prohibir la fabricación y el uso de dichos dispositivos mediante ordenanzas municipales específicas.

## IX. Referencias bibliográficas

- Bravo, F. (2012). *El problema ambiental de la Oroya y su construcción social y política a través del análisis de las propuestas institucionales, legales y participativas de remediación* (Tesis de doctorado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Calderón, R. (2013). *Análisis de la sustentabilidad de la pirotecnia en la comunidad de San Mateo Tlalchichilpan, Estado de México* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca - México.
- Encinas M, M (2011) *Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos*. Attribution-NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International.
- Flores, W., & Zela, J. (2011). *Análisis de riesgo a la salud de la población expuesta a emisiones de material particulado (PM10) por el uso intra-domiciliario de combustibles sólidos* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú.
- Guerra, M.(2012). *Diseño y construcción de un molino para pulverizar carbón con un sistema dosificador, para la industria pirotécnica GyG fuegos artificiales* (Tesis de Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Guevara, J. (2017). *Índice de la calidad de aire en el Distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos* (Tesis de Licenciatura). Universidad Peruana Unión. Tarapoto - Perú.
- Hilario, N. (2017). *Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú.
- Jiménez, J. (2018). *Análisis de la afectación por Material Particulado, período 2017, Puerto Quequén* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires - Argentina.
- Ministerio del ambiente. (2017). D.S. N° 003-2017-MINAM. El Peruano, p.6. (Año XXXIV - N° 14101).
- Ochoa, C. (s.f.). *Relación de locales (ferias) y módulos de venta de productos pirotécnicos autorizados (2018)* [Publicación en un blog]. Recuperado el 15 marzo, 2019, de: <https://www.sucamec.gob.pe/web/index.php/comunicados-lista/1254-relacion-de-locales-ferias-y-modulos-de-venta-de-productos-pirotecnicos-autorizados-2018>
- Pacifico.com. (s.f.). *Fuegos artificiales: ¿cómo afecta nuestro medio ambiente?* [Publicación en un blog]. Recuperado 15 mayo, 2019, de <https://www.pacifico.com.pe/noticias-informativas/article/-/blogs/fuegos-artificiales-como-afecta-nuestro-medio-ambiente->
- QuimiNet.com (2011). *Tipos de fuegos artificiales*. Recuperado el 3 marzo, 2019, de: <https://www.quiminet.com/articulos/tipos-de-fuegos-artificiales-56342.htm>
- Ramírez, L. (2008). *Determinación de material particulado fino en escuelas públicas elementales del distrito de Caguas II* (Tesis de maestría). Universidad del Turabo. Gurabo - Puerto Rico.

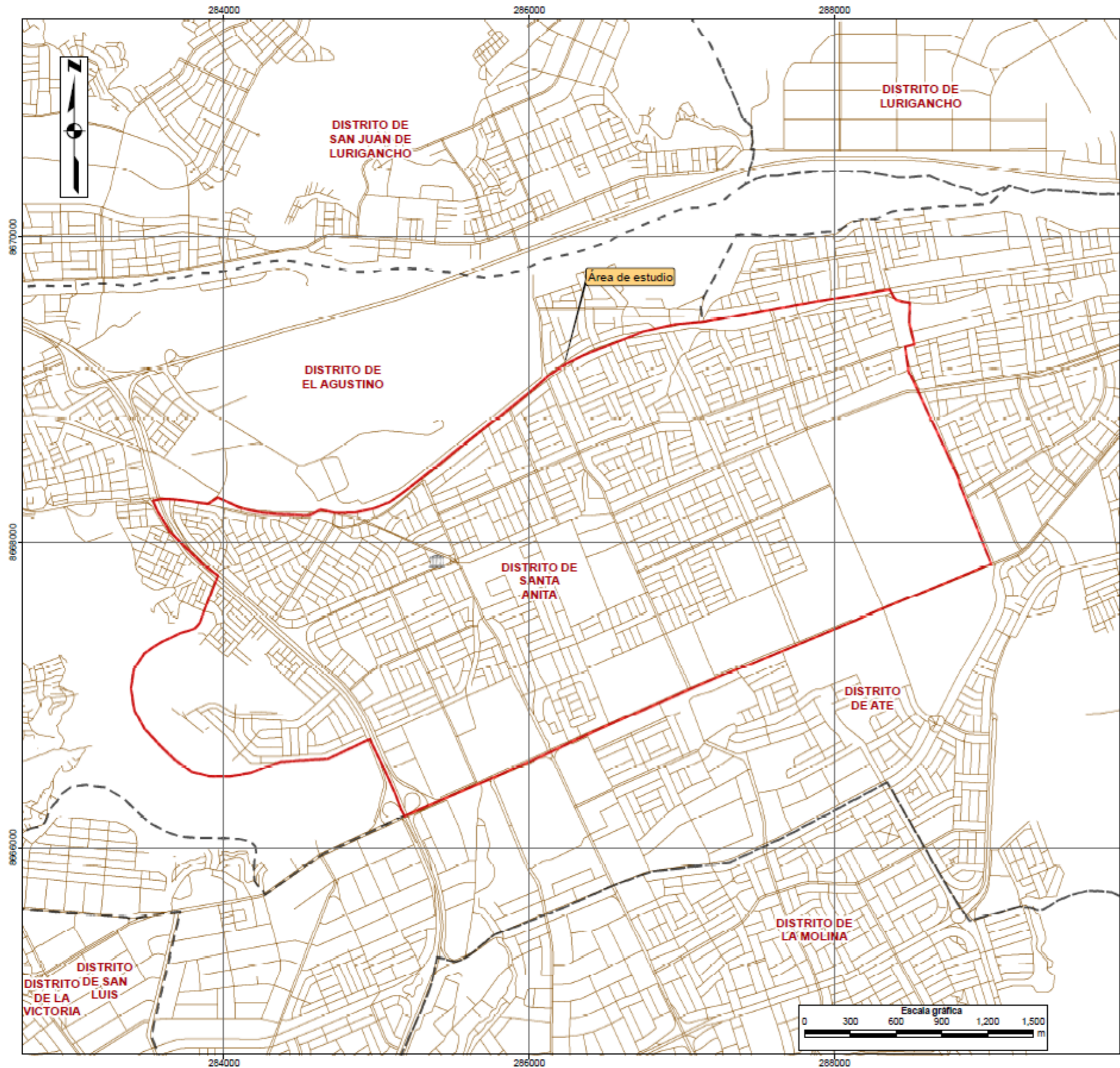
- Redacción PERÚ21. (2019, 1 enero). *Aumentaría niveles de contaminación del aire por uso de Pirotécnicos* [Comunicado de prensa]. Recuperado 15 mayo, 2019, de <https://peru21.pe/lima/ano-nuevo-2019-aumentaria-niveles-contaminacion-aire-pirotecnicos-nndc-450384?foto=2>
- Redacción Publimetro. (2019, 14 mayo). *Fuegos artificiales: tradición que contamina el ambiente* [Comunicado de prensa]. Recuperado 15 mayo, 2019, de: <https://publimetro.pe/actualidad/noticia-fuegos-artificiales-tradicion-que-contamina-ambiente-18999>
- Ricardo Energy & Environment, Gobierno de Aragón. (s.f.). *El material particulado - ¿Cómo se clasifica? - La calidad del aire en Aragón* [Comunicado de prensa]. Recuperado 8 marzo, 2019, de: [http://www.aragonaire.es/particulatematter.php?n\\_action=classification](http://www.aragonaire.es/particulatematter.php?n_action=classification)
- Rivara, G. (2018b, 31 diciembre). *Fuegos artificiales: Los efectos sobre los bebés y las mujeres embarazadas.* Recuperado 05 marzo, 2019, de <https://vital.rpp.pe/expertos/navidad-2018-fuegos-artificiales-los-efectos-sobre-los-bebes-y-las-mujeres-embarazadas-noticia-1171454>
- Sánchez, A. (2011). *La química de los fuegos artificiales.* Recuperado de <http://www.cvatocha.com/documentos/quimica/fuegos.pdf>
- SENAMHI - Lima. (s.f.). SENAMHI - Lima [Comunicado de prensa]. Recuperado el 15 mayo, 2019, de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=lima>
- SENAMHI - Perú. (s.f.). SENAMHI - Perú [Publicación en un blog]. Recuperado el 18 marzo, 2019, de: [https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad\\_del\\_aire-estadistica](https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad_del_aire-estadistica)
- Super User. (s.f.). *Pirotecnia.* Recuperado el 20 marzo, 2019, de: <https://www.sucamec.gob.pe/web/index.php/dispositivos-generales/11-informacion/dispositivos-generales/35-pirotecnia>



## 10.2 Diseño y población muestra

DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA
<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Enfoque:</b> Cuantitativo</li><li>- <b>Tipo de Investigación:</b> descriptiva, retrospectivo, correlacional.</li></ul> <p><b>Diseño de la Investigación:</b> No experimental, Transeccional</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Población</b> Distrito Santa Anita</li><li>- <b>Muestra</b> Estación de Monitoreo Santa Anita</li><li>- <b>Validez y Confiabilidad:</b> La validez y confiabilidad de los datos se dio a través de la estación de monitoreo fija método automático, a través de una Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405, marca THERMO SCIENTIFIC, para la recolección del material particulado PM10. El material particulado PM 2,5. método Automático, Aparato de Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i, marca THERMO SCIENTIFIC.</li></ul>





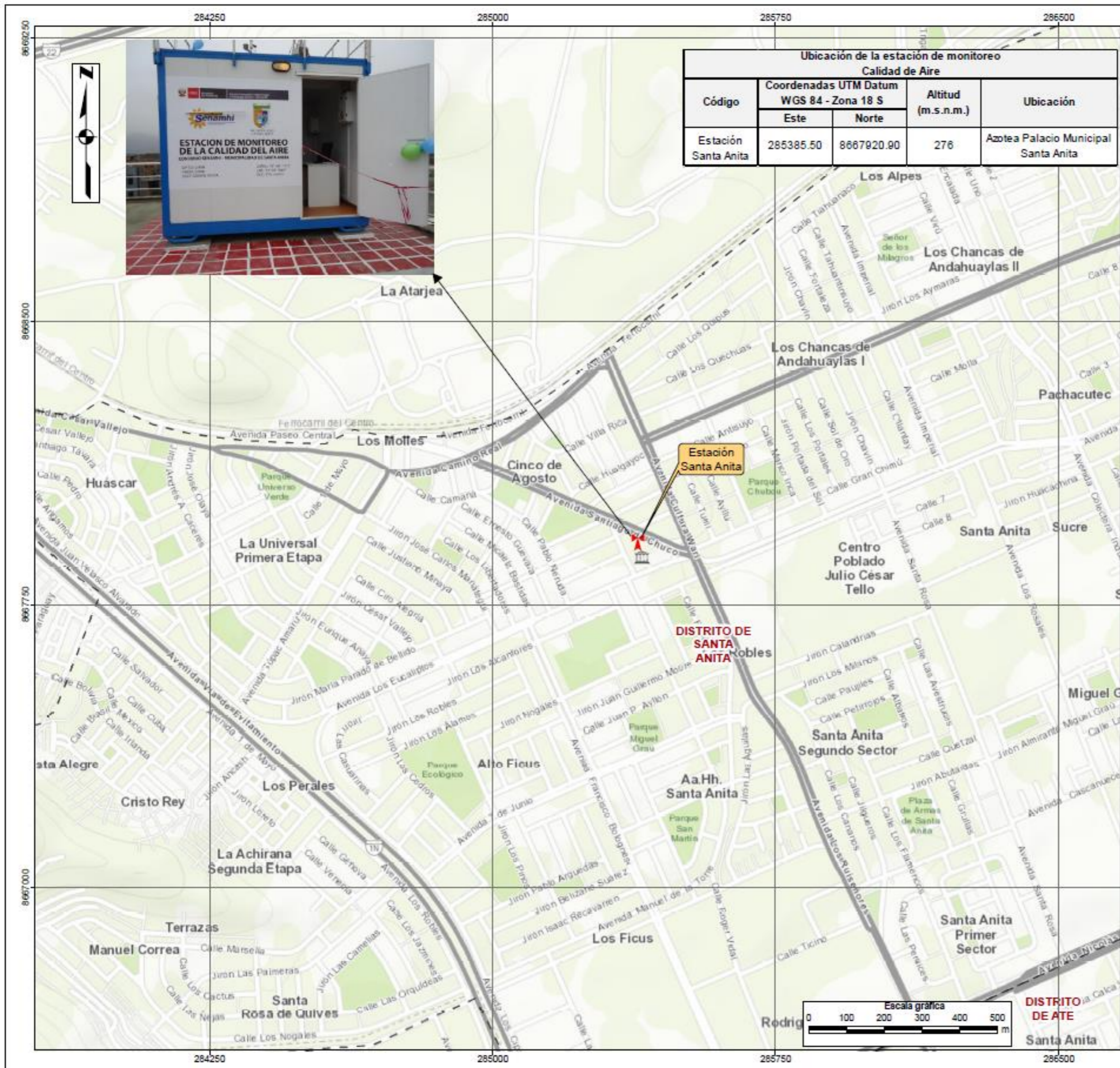
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN DISTRITAL Y PROVINCIAL

- LEYENDA**
- Palacio Municipal
  - Área de estudio
  - Distritos
  - Casco urbano

TESIS: "CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR FUEGOS ARTIFICIALES Y MATERIAL PARTICULADO: NAVIDAD Y AÑO NUEVO DEL 2015 AL 2019, DISTRITO DE SANTA ANITA - LIMA"		
MAPA: UBICACIÓN GENERAL		FACULTAD:
ELABORADO POR: Luis Daniel de Jesús Cisneros Villacorta	ESPECIALIDAD: Ing. Ambiental	
FUENTE: Benamhi y Servermap OpenStreet ArcGIS	DATUM: WGS 84 - Zona 18 S	
REVISADO POR: Ing. Dante Sánchez	ESCALA: 1:25,000	FECHA: Dic 2019
		MAPA N°: 01

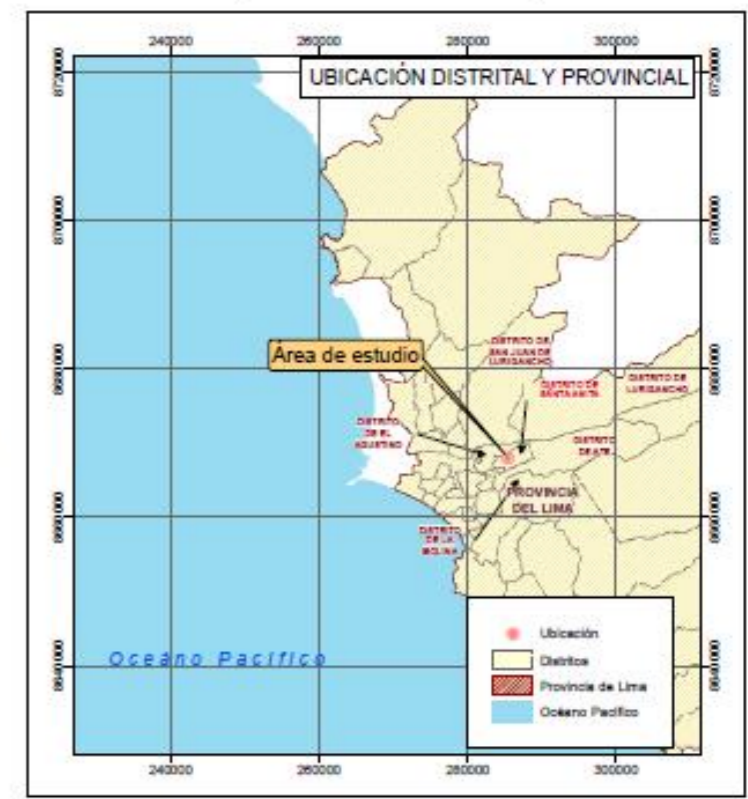


**Ubicación de la estación de monitoreo  
Calidad de Aire**

Código	Coordenadas UTM Datum WGS 84 - Zona 18 S		Altitud (m.s.n.m.)	Ubicación
	Este	Norte		
Estación Santa Anita	285385.50	8667920.90	276	Azotea Palacio Municipal Santa Anita

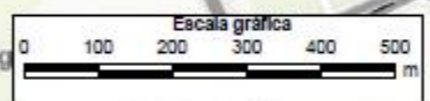


**UBICACIÓN DEPARTAMENTAL**

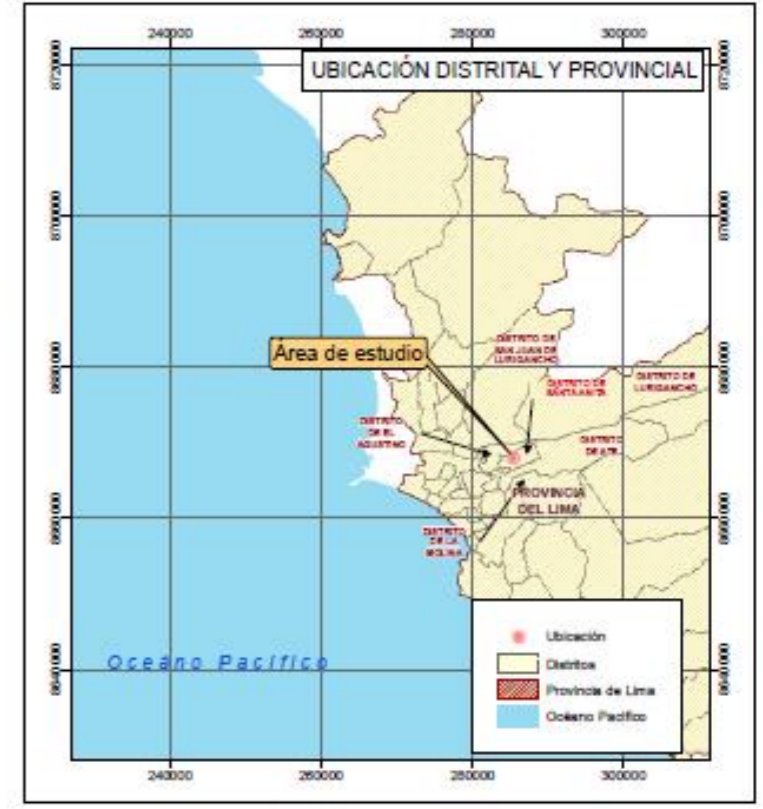
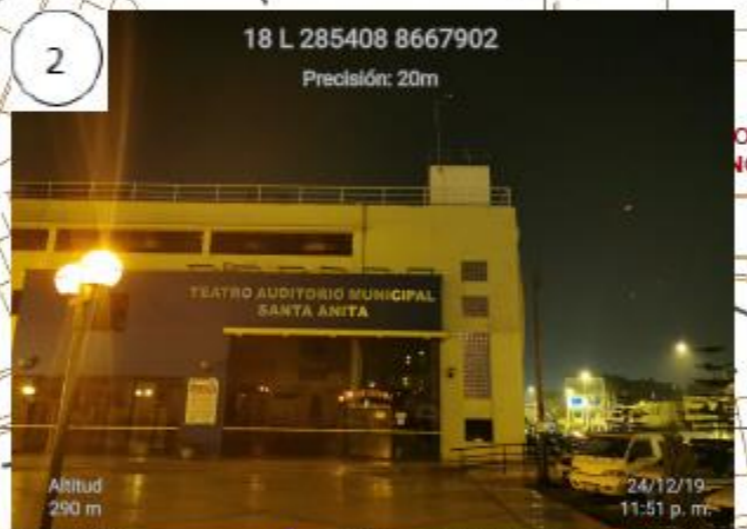
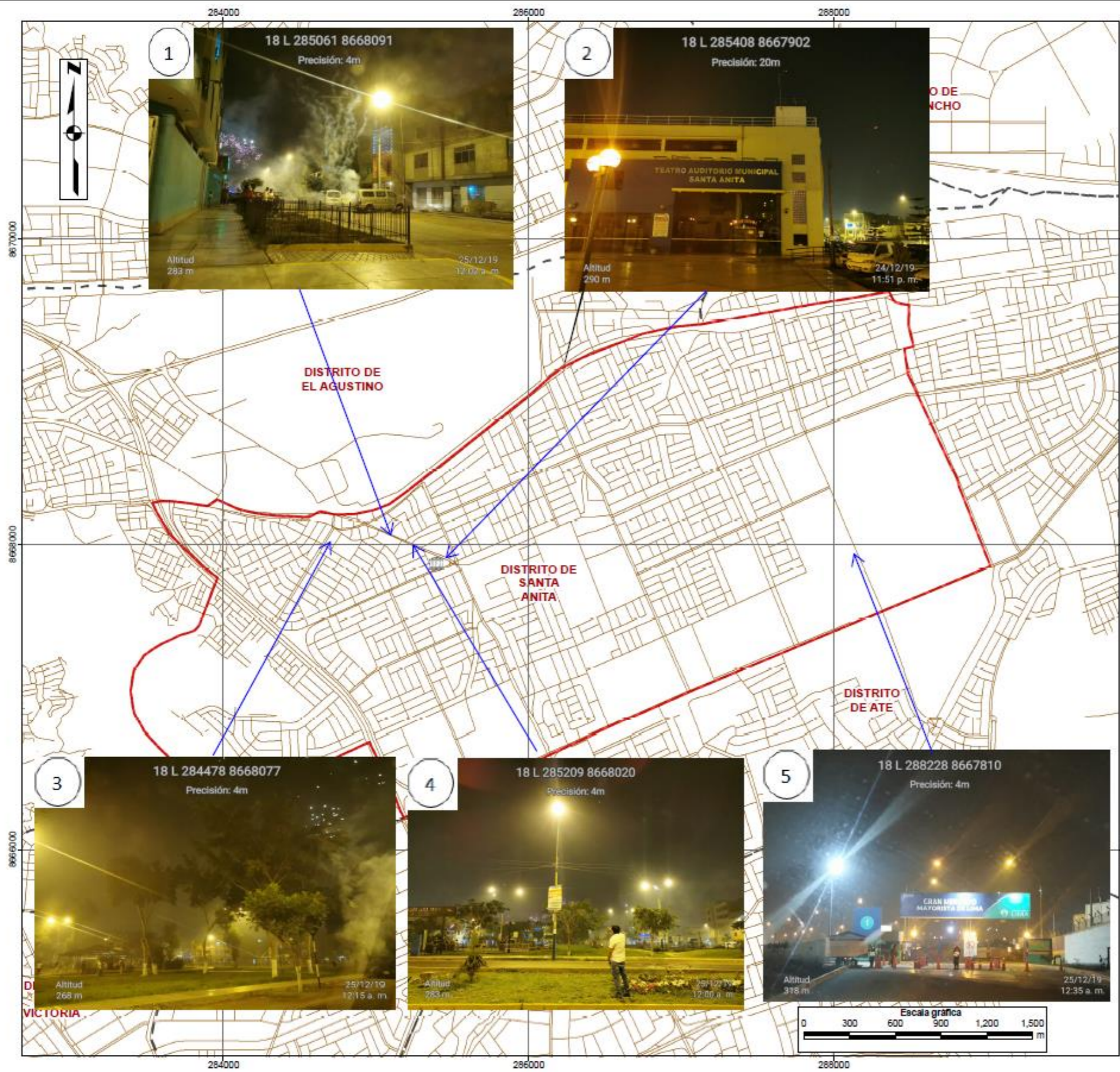


**LEYENDA**

- ★ Estación de monitoreo de aire
- Palacio Municipal
- Distritos
- Parques y áreas verdes
- Avenidas principales



TESIS: "CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR FUEGOS ARTIFICIALES Y MATERIAL PARTICULADO: NAVIDAD Y AÑO NUEVO DEL 2015 AL 2019, DISTRITO DE SANTA ANITA - LIMA"		
MAPA: UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO		
ELABORADO POR: Luis Daniel de Jesús Cisneros Villacorta	ESPECIALIDAD: Ing. Ambiental	
FUENTE: Senamhi y Servermap OpenStreet ArcGIS	DATUM: WGS 84 - Zona 18 S	
REVISADO POR: Ing. Dante Sánchez	ESCALA: 1:10,000	
		FECHA: Dic 2019
		MAPA N°: 02



**LEYENDA**

- Palacio Municipal
- Área de estudio
- Districtos
- Casco urbano

Nº	Área	Ubicación
1	Área Nº 1	Ubicada en el Teatro Auditorio Municipal de Santa Anita
2	Área Nº 2	Cruce de Av. Santiago de Chuco con Ca. Azilgaro
3	Área Nº 3	Parque Urbano Verde
4	Área Nº 4	Parque de la Familia
5	Área Nº 5	Gran Mercado Mayorista de Lima

TESIS: "CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR FUEGOS ARTIFICIALES Y MATERIAL PARTICULADO: NAVIDAD Y AÑO NUEVO DEL 2015 AL 2019, DISTRITO DE SANTA ANITA - LIMA"

MAPA: MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE USO DE FUEGOS ARTIFICIALES

ELABORADO POR: Luis Daniel de Jesús Cisneros Villacorta

FUENTE: Senamhi y Servermap OpenStreet ArcGIS

REVISADO POR: Ing. Dante Sánchez

ESPECIALIDAD: Ing. Ambiental

DATUM: WGS 84 - Zona 18 S

ESCALA: 1:25,000

FECHA: Dic 2019

MAPA Nº: 01

Universidad Nacional Federico Villarreal

FACULTAD: [Logo]

