



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**

**Concentración de material particulado y su relación con la temperatura  
del aire en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

**AUTORAS:**

Hernández Carmona, Edith Yolanda (ORCID: 0000-0002-8511-831X)

Méndez Cueva, Gabriela Fernanda (ORCID: 0000-0002-2168-6086)

**ASESOR:**

Dr. Cruz Monzón José Alfredo (ORCID: 0000-0001-9146-7615)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación está dedicado a nuestros padres que se constituyeron en impulso y soporte moral para orientarnos en el sendero del bien y a la culminación de esta valiosa etapa.

## **Agradecimiento**

Al invaluable apoyo y gran compromiso demostrado por nuestras familias.

Al asesor Dr. José Alfredo Cruz Monzón por el interés y orientación al desarrollo de la presente investigación.

Al Ing. Danny Mejía Pardo por sus significativos aportes a la culminación de esta base de estudio para otras futuras investigaciones.

## Índice de contenidos

|  |      |
|--|------|
| Carátula .....   | i    |
| Dedicatoria.....   | ii   |
| Agradecimiento .....                                       | iii  |
| Índice de contenidos .....                                 | iv   |
| Índice de tablas .....                                     | v    |
| Índice de figuras.....                                     | vi   |
| Resumen .....  | viii |
| Abstract.....  | ix   |
| I. INTRODUCCIÓN .....                                      | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                    | 4    |
| III. METODOLOGÍA .....                                     | 6    |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                  | 6    |
| 3.2. Variables, operacionalización.....                    | 6    |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                   | 6    |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... | 6    |
| 3.5. Procedimientos .....                                  | 7    |
| 3.6. Método de análisis de datos.....                      | 7    |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                 | 8    |
| IV. RESULTADOS .....                                       | 9    |
| V. DISCUSIÓN.....  | 26   |
| VI. CONCLUSIONES .....                                     | 29   |
| VII. RECOMENDACIONES.....                                  | 30   |
| REFERENCIAS .....  | 31   |
| ANEXOS .....   | 35   |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 01.</b> <i>Correlaciones entre el material particulado PM2.5 y la temperatura....</i> | 10 |
| <b>Tabla 02.</b> <i>Prueba de Durbin-Watson.....</i>   | 10 |
| <b>Tabla 03.</b> <i>Normalidad de los residuales.....</i>                                      | 11 |
| <b>Tabla 04.</b> <i>Correlaciones entre el material particulado PM10 y la temperatura.....</i> | 12 |
| <b>Tabla 05.</b> <i>Prueba de Durbin-Watson.....</i>   | 12 |
| <b>Tabla 06.</b> <i>Normalidad de los residuales.....</i>                                      | 13 |
| <b>Tabla 07.</b> <i>Correlaciones entre el material particulado PM2.5 y la temperatura....</i> | 14 |
| <b>Tabla 08.</b> <i>Prueba de Durbin-Watson.....</i>   | 14 |
| <b>Tabla 09.</b> <i>Normalidad de los residuales.....</i>                                      | 15 |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Correlaciones entre el material particulado PM10 y la temperatura.....</i> | 16 |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Prueba de Durbin-Watson.....</i>   | 16 |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Normalidad de los residuales.....</i>                                      | 17 |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Correlaciones entre el material particulado PM2.5 y la temperatura....</i> | 18 |
| <b>Tabla 14.</b> <i>Prueba de Durbin-Watson.....</i>   | 18 |
| <b>Tabla 15.</b> <i>Normalidad de los residuales.....</i>                                      | 19 |
| <b>Tabla 16.</b> <i>Correlaciones entre el material particulado PM10 y la temperatura.....</i> | 20 |
| <b>Tabla 17.</b> <i>Prueba de Durbin-Watson.....</i>   | 20 |
| <b>Tabla 18.</b> <i>Normalidad de los residuales.....</i>                                      | 21 |
| <b>Tabla 19.</b> <i>Correlaciones entre el material particulado PM2.5 y la temperatura....</i> | 22 |
| <b>Tabla 20.</b> <i>Prueba de Durbin-Watson.....</i>   | 22 |
| <b>Tabla 21.</b> <i>Normalidad de los residuales.....</i>                                      | 23 |
| <b>Tabla 22.</b> <i>Correlaciones entre el material particulado PM10 y la temperatura.....</i> | 24 |
| <b>Tabla 23.</b> <i>Prueba de Durbin-Watson.....</i>   | 24 |
| <b>Tabla 24.</b> <i>Histograma y gráfico de probabilidad normal.....</i>                       | 25 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| <i>Figura 01:</i> Concentración de material particulado PM2.5 y temperatura del aire en el SEGAT.....               | 9  |
| <i>Figura 02:</i> Concentración de material particulado PM10 y temperatura del aire en el SEGAT.....                | 11 |
| <i>Figura 03:</i> Concentración de material particulado PM2.5 y temperatura del aire en el SEGAT.....               | 13 |
| <i>Figura 04:</i> Concentración de material particulado PM10 y temperatura del aire en el SEGAT.....                | 15 |
| <i>Figura 05:</i> Concentración de material particulado PM2.5 y temperatura del aire en Urb. Liberación Social..... | 17 |
| <i>Figura 06:</i> Concentración de material particulado PM10 y temperatura del aire en Urb. Liberación Social.....  | 19 |
| <i>Figura 07:</i> Concentración de material particulado PM2.5 y temperatura del aire en Urb. Liberación Social..... | 21 |
| <i>Figura 08:</i> Concentración de material particulado PM10 y temperatura del aire en Urb. Liberación Social.....  | 23 |

## Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el propósito de determinar si existe relación entre la concentración de material particulado menor a 2.5 y menor a 10 micras con la temperatura en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera. El diseño de la investigación fue no experimental – transversal; para determinar el grado de relación y el comportamiento directo o inverso de las variables. Finalmente se llegó a las siguientes conclusiones: Se logró determinar que para el turno de la mañana en el SEGAT el PM 2.5 tiene una correlación alta e influye en un 49% en la temperatura y la prueba nos confirma que si existe relación. Para el turno de la noche el PM 2.5 tiene una correlación alta con la temperatura e influye en un 67%. Para el distrito de Víctor Larco Herrera en el turno de la noche el PM2.5 tiene una correlación muy alta con la temperatura e influye en un 80%. Para el PM10 en el turno de la mañana existe una correlación moderada e influye en un 25% en la temperatura. La aplicación de los sensores se adaptó en varios puntos críticos de contaminación, la cual permitirá evaluar la calidad del aire.

**Palabras clave:** material particulado, temperatura, calidad del aire, sensores, ensamblar, partículas.

## **Abstract**

The present research work was developed with the purpose of determining if there is a relationship between the concentration of particulate matter less than 2.5 and less than 10 microns with the temperature in the districts of Trujillo and Víctor Larco Herrera. The research design was non-experimental - cross-sectional; to determine the degree of relationship and the direct or inverse behavior of the variables. Finally, the following conclusions were reached: It was possible to determine that for the morning shift at SEGAT, PM 2.5 has a high correlation and influences the temperature by 49% and confirms that there is a relationship. For the night shift PM 2.5 has a high correlation with temperature and influences 67%. For the district of Víctor Larco Herrera in the night shift, PM2.5 has a very high correlation with temperature and influences 80%. For PM10 in the morning shift there is a moderate correlation and it influences the temperature by 25%. The application of the sensors was adapted in several critical points of contamination, which will improve the quality of the air.

**Keywords:** particulate matter, temperature, air quality, sensors, assemble, particles.



## I. INTRODUCCIÓN

Hoy vivimos en épocas de crecimiento poblacional, por lo cual, esta prontitud de expansión de la especie humana ha suscitado una sucesión de significativas consecuencias devastadoras a nivel mundial, generadas por actividades que se enlazan al incremento industrial, agrario, económico y otros que se constituyen en divisores predominantes que magnifican la polución atmosférica del mundo. Varios estudios han demostrado que la concentración de PM10 no es simplemente un producto de fuente de emisión de concentración, sino también está influenciada por las condiciones de difusión de partículas. Estas son afectadas por las condiciones geográficas y meteorológicas, que pueden afectar el PM10, incluyendo viento, temperatura, precipitación y humedad relativa (German, 2017, p.45).

Los contaminantes particulados con diámetros más grandes se retienen en las vías respiratorias superiores; mientras que aquellos con diámetros más pequeños alcanzan los alvéolos. En los pulmones, estas partículas son fagocitadas por los macrófagos alveolares y se eliminan mediante la acción de cilios y el sistema linfático; no obstante, los altos niveles de oxidantes y prooxidantes contenidos en las partículas pueden causar la formación de radicales libres, desencadenar una respuesta inflamatoria con liberación de mediadores y células inflamatorias; luego, inducir una inflamación subclínica del sistema respiratorio (Gobbo, 2015, p. 58).

Por otro lado, Trujillo se beneficiará con la construcción de tres estaciones de observación de la calidad del aire a límite nacional, comunicó la Gerencia Regional del Ambiente, luego de finiquitar la junta de trabajo con GESTA. Se señaló que la fundamental incógnita es relacionada a la calidad del aire en Trujillo, dado que se ve afectada por varias fuentes de contaminación atmosférica, entre ellas, un parque automotor muy pretérito y la presencia de compañías que siguen usando calderas (GRLL, 2017, p. 22); por esta razón el presente estudio trata de relacionar la temperatura del aire con la concentración de PM 10 Y PM 2.5.

Existen diversas investigaciones a nivel nacional respecto a estudios sobre las variables meteorológicas y el nexo con el material particulado PM<sub>2.5</sub> (Dextre y Ortiz, 2015, p. 67), ambas se centran en evaluar cómo se comportan las variables meteorológicas y la relación que tienen con las partículas menores a 2.5 micras, según llegaron a la conclusión que la temperatura no tiene nexo significativo con el PM<sub>2.5</sub>.

Según el estudio relacionado a la concentración del PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2.5</sub>, según la evaluación espacial y temporal en Lima (Espinoza, 2018, p. 95), se centra en evaluar y examinar la frecuencia de los factores meteorológicos para esta situación, por lo cual, registró importante relación con la índole meteorológica de la ubicación.

A nivel internacional, respecto a las consecuencias de partículas finas y la temperatura (Yunquan, 2015, p. 85), reportaron que el material particulado fino con relación de PM<sub>2.5</sub> y la temperatura; los hallazgos propusieron que el PM<sub>2.5</sub> del ambiente tiene una consecuencia adversa y desfavorable sobre la función pulmonar y su temperatura tiene un rol significativo.

La actual investigación se excusa en la sensatez de información e indagación significativa sobre la polución del aire incitada por las transmisiones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera; así mismo, se realizará un diagnóstico inicial, si existe relación entre PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> micras y la temperatura del aire en ambos distritos. Con la finalidad de entender, si es que el crecimiento de la infraestructura física en la ciudad y su consecuente incremento de temperatura del aire (islas de calor) es un factor que se relaciona con la convergencia de material particulado. Lo cual permitirá poner a disposición de las autoridades, información relevante para el rediseño del crecimiento de la infraestructura física de nuestra ciudad con un enfoque ecológico. Del mismo modo, este presente trabajo de investigación contribuye como un antecedente para el desarrollo de futuras investigaciones relacionadas al tema.

Al principio del sustento de la realidad problemática mostrada, se abordó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general del trabajo de investigación fue ¿Existe relación entre la concentración de material particulado menor a 2.5 micras y menor a 10 micras con la temperatura del aire en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera?

El objetivo general fue: Determinar la relación de concentración de material particulado menor a 10 micras y menor a 2.5 micras con la temperatura del aire en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Determinar la concentración de material particulado menor a 10 micras en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera.
- Determinar la concentración de material particulado menor a 2.5 micras en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera.
- Determinar la temperatura del aire en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera.
- Evaluar las concentraciones de material particulado menor a 10 micras y menor a 2.5 micras respecto a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera.

La hipótesis propuesta para el siguiente trabajo fue:

Hi: Existe una relación significativa entre la concentración de material particulado menor a 10 micras y menor a 2.5 micras con la temperatura del aire en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera.

## II. MARCO TEÓRICO

El término “contaminación atmosférica” tiene diferentes descripciones, aunque todas son referentes al aspecto de sustancias contraproducentes en la atmósfera, cuyas concentraciones podrían llegar a suscitar daño, tanto a la salud de los habitantes como a los preciados ecosistemas. Los variados contaminantes atmosféricos pueden llegar a clasificarse en polución primaria, que son aquellos que desprenden directamente a la atmósfera (Ulbillá, 2017, p. 85); asimismo, este tipo de contaminación atmosférica la relacionan con las islas de calor, que influye en el aumento de temperatura originado por el calentamiento global, que producen impactos significativos en la humanidad como problemas respiratorios y cardiovasculares, especialmente en personas de edad avanzada.

La carencia de circulación del aire posibilita la duración de contaminantes a magnitudes en que respiramos (OMS, 2017, p. 22). La concentración de este material particulado que es también designado “partículas en suspensión”, resultan ser fracciones sólidas o líquidas de tamaño minúsculo y se expresan en mg o  $\mu\text{g}$  por  $\text{m}^3$  de aire (OEFA, 2015, p. 16). Estas partículas están muy influenciadas a determinadas circunstancias, como el clima, las estaciones, la geografía, las fuentes de moléculas; esta exhibición de material particulado necesita de las características físicas; si la partícula es diminuta ingresará por las fosas nasales a una medida progresiva; luego, la respiración interna nasal, los cilios y los fluidos corporales aplican un tubo vigoroso a la colectividad de las moléculas, por el cual aumentan  $10\ \mu\text{m}$  de diámetro, la partición del PM se superpone vertiginosamente, reside en la tráquea; no obstante, nuestro cuerpo responderá en excluir estos contaminantes del PM por medio de etapas que trae consigo los estornudos (Espinoza, 2018, p. 56).

En el estudio respecto a las partículas, calidad del aire y clima: lecciones estudiadas y exigencias futuras, (Fuzzi y Carslaw, 2015, p. 78) reportaron que la síntesis nos enseña distintas fases y el incremento de la ciencia que amparan las relaciones clima-aerosol y las consecuencias de material particulado.

En la investigación, respecto al estudio de la concentración atmosférica menor a 2.5 micras, la correlación con PM 10 y la agrupación con parámetros meteorológicos, (Munir y Habeebullah, 2015) examinaron los ciclos diarios, semanales y anuales de PM10, PM2.5 y sus disposiciones que exhibieron alteraciones notables por varios días, semanas y meses del año; relaciones PM2.5 / PM10 disminuyeron en verano (junio y julio) y ascendieron en invierno (noviembre y diciembre); de modo semejante, las correlaciones descendieron durante la tarde y ascendieron en la mañana y noche; así mismo, la ciudad de Bucaramanga adapta los estudios de datos longitudinales. Su conclusión explica que la aparición del PM10 en la atmósfera es incrementada en el centro, en horas de la mañana y de jueves a sábado, a su vez, el crecimiento del calor de aire y vientos pausados están vinculados con el incremento de material particulado en la atmósfera (p. 86).

Es crucial conocer el rango de perdurabilidad atmosférica, si se aspira tasar la amplitud del éter para diseminar la polución que percibe de las fuentes suscitadas por el ente; se precisa que una atmósfera constante donde no existe vorágine térmica, resulta de los contaminantes producidos que se aproximan de la superficie del pavimento tienden a perpetuarse allí. Para (Wark & Warner, 1998) nos indica que la contaminación atmosférica, según las normas nacionales e internacionales, se han calificado a un tipo de sector de clase química como contaminantes atmosféricos por el cual se evalúa la calidad del aire (OEFA, 2015, p. 25).

Existen tipos de fuentes emisores del PM10 y PM2.5 que pueden ser propiciados e ingresados a la atmósfera y que dará origen a la transmisión de estas partículas al aire o a raíz de reacciones químicas entre gases (Murriel, 2017, p. 94); por otro lado, se clasifican en fuentes fijas y móviles que son de actividades antropogénicas, instalaciones industriales, centrales eléctricas, incineradores, polvo e incendios (Morabet, 2018, p. 78). Las fuentes fijas son las que estarán en un punto fijo o puntuales, esto quiere decir que no se moverán; las fuentes móviles son las generadas por el parque automotor (Murriel, 2017, p. 67). Finalmente, las que se producen de forma natural donde no interviene el hombre; según el MINAM, en el Perú, la calidad del aire obedece el ECA del aire; asimismo, en el D.S. N° 003 - 2017- MINAM, se aprueban los ECA para aire.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental, transversal – correlacional, puesto que no se manejaron las variables y se hizo el estudio de una realidad en campo, además es de enfoque transversal porque la medición de las variables se realizó en un tiempo único, una sola vez para cada punto de monitoreo y correlacional dado que se evaluó la relación y/o interrelación de las variables en estudio.

#### **3.2. Variables, operacionalización**

**Variable dependiente:** Concentración de material particulado

**Variable independiente:** Temperatura del aire

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

##### **Población**

Todos los puntos de monitoreo posibles en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera.

##### **Muestra**

Se seleccionaron dos puntos de monitoreo en el SEGAT y la Urb. Liberación Social.

##### **Muestreo**

El muestreo fue de tipo no probabilístico – discrecional, a través del cual se seleccionaron las muestras de forma que sean modelos y logren alcanzar las cifras exactas para el beneficio del actual estudio.

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El manejo de recopilación de datos fue la medición y observación en campo, cuyo instrumento fue una cédula de recopilación de datos digital para recabar datos de la concentración de PM 10, PM 2.5 y la temperatura del aire. Los datos obtenidos fueron mediante el sensor de partículas SDS011 y DHT22.

### **3.5. Procedimientos**

Se empezó con la localización de los puntos de monitoreo en las dos áreas de estudio. Se realizaron los estudios en el SEGAT del distrito de Trujillo y Urb. Liberación Social del distrito de Víctor Larco Herrera, debido a que son lugares con alta concentración poblacional y urbana, donde se requieren niveles de calidad de aire óptimos; a su vez, se acoplaron y configuraron sensores de temperatura (DHT22) y de PM 10, PM 2.5 (SDS011), por el cual se instaló el prototipo medidor de partículas PM 10, PM 2.5 y de temperatura del aire en los puntos de monitoreo seleccionados; para su instalación, se tuvo en cuenta que el sitio donde se posicionó el prototipo, este alejado de focos emisores de contaminación atmosférica (chimeneas, tubos de salida de calderos, entre otros) y que este se ubique a una altura mínima de 2 metros con respecto al suelo y al menos a 20 metros de obstáculos grandes como árboles, edificios o cualquier otro. Se registró manualmente la temperatura del aire, PM 10 y PM 2.5, por el cual se empleó una cédula de recopilación de datos. El registro de los datos en cada punto de monitoreo se realizó cada minuto durante horas de la mañana, tarde y noche correspondiente a un día. Con el registro de datos de temperatura y concentración de partículas menores a 2.5 y 10 micras se procedió a realizar el diagnóstico de los datos. Para lo cual se agruparon los datos de cada variable en estudio y se determinaron sus medidas de tendencia central, medidas extremas y medidas de dispersión, los cuales han sido utilizados para determinar la relación entre variables. Finalmente, la información registrada se analizó estadísticamente para establecer si se halla la relación en el actual estudio.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para decidir la asociación entre la temperatura del aire, PM 10 y PM 2.5 y dar como conclusión al objetivo general, se realizó la prueba de hipótesis, para lo cual se utilizó el enfoque basado en un valor de probabilidad; para decidir en aceptar o rechazar la hipótesis nula, el valor de probabilidad fue comparado con el nivel de significancia, que para el presente estudio fue de 0.05; para determinar el grado de relación y el comportamiento directo o inverso de las variables, se hizo uso del estadístico  $r$  de Pearson, Durbin Watson para medir el nivel de autocorrelación

entre la acumulación relacionada con cada percepción y la anterior, se utilizó el programa SPSS 25.0; para dar respuesta a los objetivos específicos consignados se realizó un análisis estadístico descriptivo a través de gráficos; para este procesamiento de cifras se utilizó el programa Microsoft Excel 2016.

### **3.7. Aspectos éticos**

El actual trabajo manejó una indagación catalogada con honestidad en fundamento de principios éticos y morales del indagador con el objetivo de asegurar el empleo único del estudio para los objetivos que necesite el trabajo demostrando cifras y resultados de forma efectiva y verídica.



#### IV. RESULTADOS

Con la intención de plasmar los objetivos específicos propuestos, se presenta la siguiente figura:

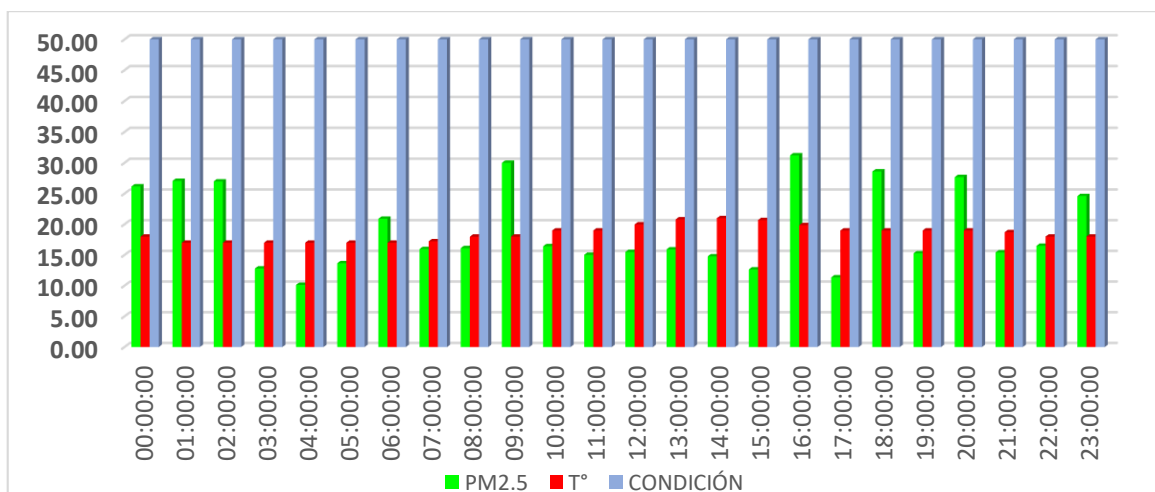


Figura 01: Concentración de material particulado PM 2.5 y temperatura del aire en el SEGAT.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** De acuerdo a la obtención del PM 2.5, como medidas de tendencia central, tiene un promedio de 18.92 ug/m<sup>3</sup> con una mediana de 15.93; para las medidas extremas, un mínimo de 9.49 ug/m<sup>3</sup>, máximo de 31.20 ug/m<sup>3</sup> y como medidas de dispersión, según Pearson tenemos 0.08 con una desviación estándar de 6.55, finalmente para la temperatura un promedio de 18.51 con una mediana de 18.36, un mínimo de 17°C y máximo de 21 °C.

Por último, con el propósito de expresar los objetivos específicos de la presente investigación, se aplicó la prueba bondad de ajuste, donde se realizó estadísticamente el coeficiente de correlación de Pearson, Durbin Watson y la normalidad residual.

- **Hipótesis:**

**H<sub>i</sub>:** Existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 2.5 y temperatura en el SEGAT.

**H<sub>o</sub>:** No existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 2.5 y temperatura en el SEGAT.

**Tabla 01.** *Correlaciones entre el material particulado PM 2.5 y la temperatura.*

| <b>Correlaciones</b>   |             |             |             |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                        |             | PM 2.5      | Temperatura |
| Correlación de Pearson | PM 2.5      | 1,000       | <b>,082</b> |
|                        | Temperatura | <b>,082</b> | 1,000       |
| Sig. (unilateral)      | PM 2.5      | .           | ,352        |
|                        | Temperatura | ,352        | .           |
| N                      | PM 2.5      | 24          | 24          |
|                        | Temperatura | 24          | 24          |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según el estadístico SPSS 0.25 se llegó a la obtención de la correlación de Pearson siendo así: **nula**.

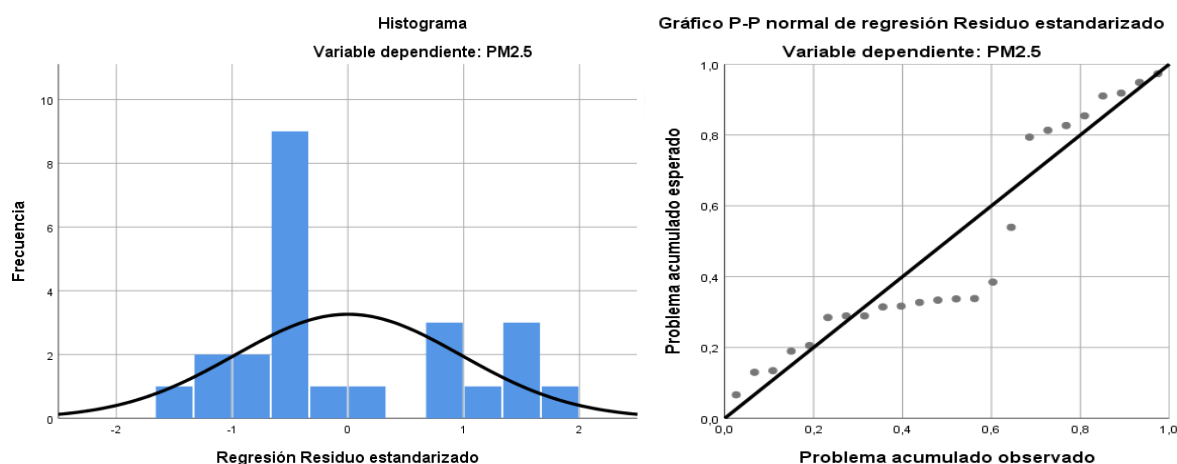
**Tabla 02.** *Prueba de Durbin Watson.*

| <b>Resumen del modelo</b>               |      |            |                     |                                 |               |
|---|------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Modelo                                  | R    | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin Watson |
| 1                                       | ,082 | ,007       | -,038               | 6,67462                         | <b>2,270</b>  |
| a. Predictores: constante y temperatura |      |            |                     |                                 |               |
| b. Variable dependiente: PM 2.5         |      |            |                     |                                 |               |

Fuente: Elaboración propia.

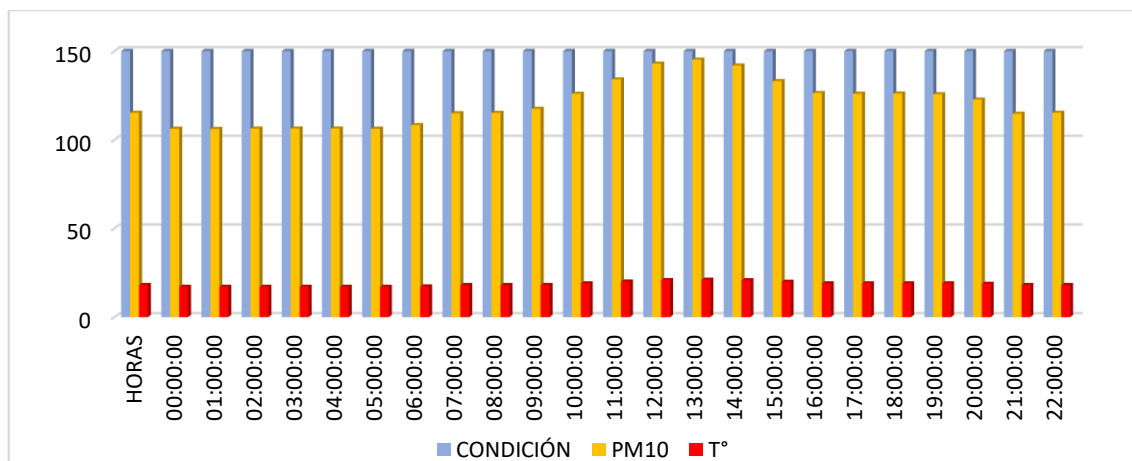
**Interpretación:** Mediante el SPSS 0.25, siguiendo lo que indica la prueba ( $d > 2$ ), quiere decir que no hay autocorrelación.

**Tabla 03. Normalidad de los residuales.**



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** El histograma evidencia abundante inestabilidad de datos, por lo que quiere decir que estos no fueron normales y en el caso del segundo gráfico al observar que los puntos no caen en la recta, indica los residuales.



*Figura 02: Concentración de material particulado PM 10 y temperatura del aire en el SEGAT.*

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se aprecia que hay una variación considerable para el turno de la tarde de acuerdo a la obtención del PM 10, como medidas de tendencia central tiene un promedio de  $120.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con una mediana de 116.30, por otro lado, como medidas extremas tenemos un mínimo de 106.03 y máximo de 145.12, siendo sus medidas de dispersión para Pearson 0.76, desviación estándar de 12.49 y un coeficiente de variación de 10.358, finalmente para la temperatura un promedio de 18.48 con una mediana de 18.14, un mínimo de  $17^\circ\text{C}$  y máximo de  $21^\circ\text{C}$ .

- **Hipótesis:**

**H<sub>i</sub>:** Existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 10 y temperatura en el SEGAT.

**H<sub>o</sub>:** No existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 10 y temperatura en el SEGAT.

**Tabla 04.** *Correlaciones entre el material particulado PM 10 y la temperatura.*

|                        |             | <b>Correlaciones</b> |       |
|------------------------|-------------|----------------------|-------|
|                        |             | Temperatura          | PM10  |
| Correlación de Pearson | Temperatura | 1,000                | ,996  |
|                        | PM10        | ,996                 | 1,000 |
| Sig. (unilateral)      | Temperatura | .                    | ,000  |
|                        | PM10        | ,000                 | .     |
| N                      | Temperatura | 24                   | 24    |
|                        | PM10        | 24                   | 24    |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según el estadístico SPSS 0.25 se llegó a la obtención de la correlación de Pearson siendo así: **muy alta**.

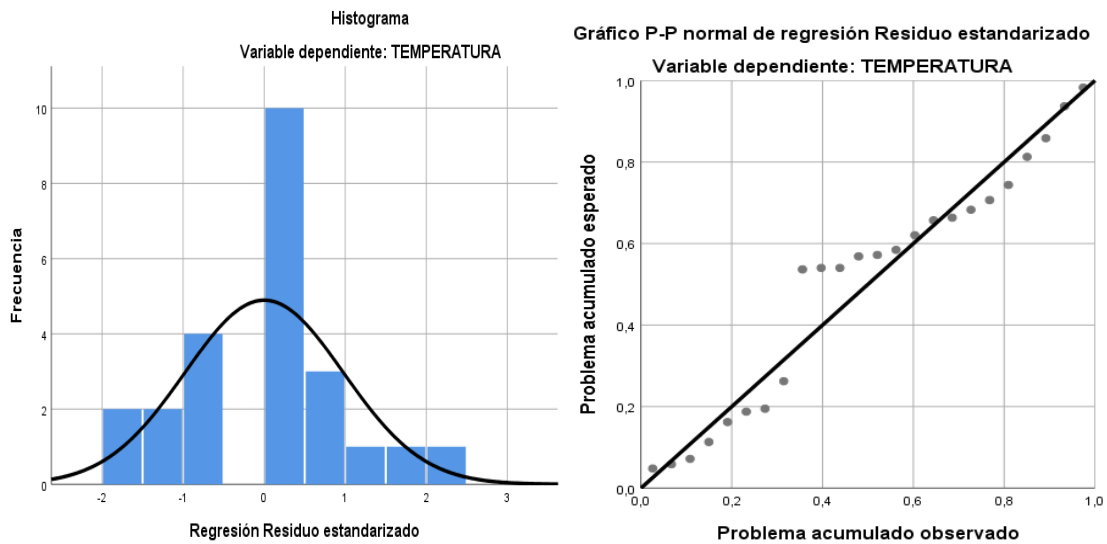
**Tabla 05.** *Prueba de Durbin Watson.*

| <b>Resumen del modelo</b>            |      |            |                     |                                 |               |
|--------------------------------------|------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Modelo                               | R    | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin Watson |
| 1                                    | ,996 | ,992       | ,992                | ,12031                          | 1,946         |
| a. Predictores: constante y PM 10    |      |            |                     |                                 |               |
| b. Variable dependiente: temperatura |      |            |                     |                                 |               |

Fuente: Elaboración propia.

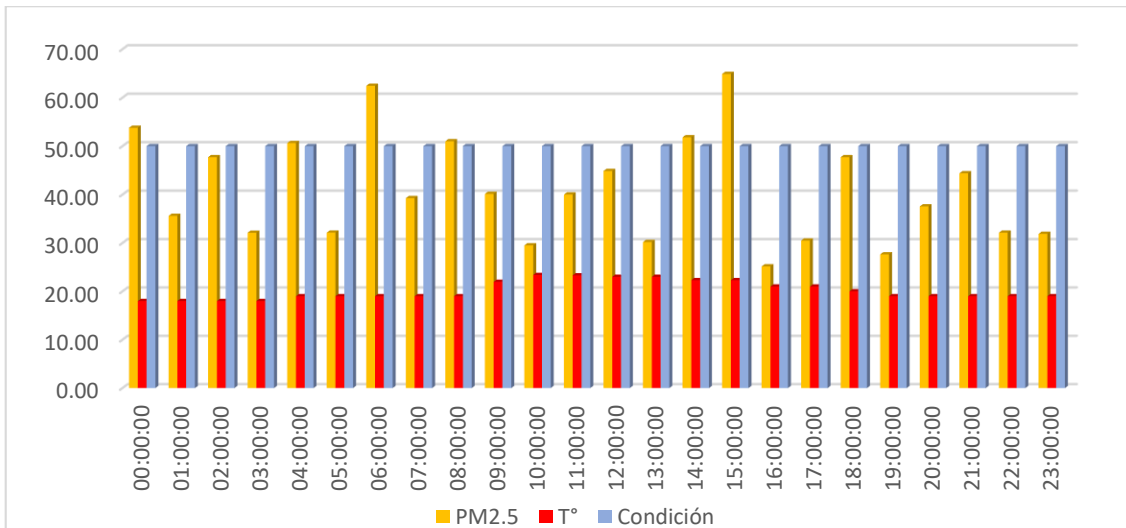
**Interpretación:** Mediante el SPSS 0.25, siguiendo lo que indica la prueba ( $d < 2$ ), quiere decir que hay evidencia de correlación serial positiva.

**Tabla 06. Normalidad de los residuales.**



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** El histograma evidencia abundante inestabilidad de datos, por lo que quiere decir que estos no fueron normales y en el caso del segundo gráfico al observar que los puntos no caen en la recta, indica los residuales.



*Figura 03: Concentración de material particulado PM 2.5 y temperatura del aire en el SEGAT.*

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se aprecia que hay puntos altos de concentración de material particulado, como medidas de tendencia central tiene un promedio de 40.97ug/m3 con una mediana de 39.64; como medidas extremas se tiene un mínimo de 25.16 y máximo de 64.90, siendo sus medidas de dispersión para Pearson 0.04,

desviación estándar de 10.98; finalmente para la temperatura un promedio de 20.14 con una mediana de 19.00, un mínimo de 18°C y máximo de 23.39 °C.

• **Hipótesis:**

**H<sub>i</sub>:** Existe relación directa entre la concentración de material particulado PM2.5 y temperatura en el SEGAT.

**H<sub>o</sub>:** No existe relación directa entre la concentración de material particulado PM2.5 y temperatura en el SEGAT.

**Tabla 07.** *Correlaciones entre el material particulado PM2.5 y la temperatura.*

| <b>Correlaciones</b>   |             |       |             |
|------------------------|-------------|-------|-------------|
|                        |             | PM2.5 | Temperatura |
| Correlación de Pearson | PM2.5       | 1,000 | ,042        |
|                        | Temperatura | ,042  | 1,000       |
| Sig. (unilateral)      | PM2.5       | .     | ,422        |
|                        | Temperatura | ,422  | .           |
| N                      | PM2.5       | 24    | 24          |
|                        | Temperatura | 24    | 24          |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según el estadístico SPSS 0.25 se llegó a la obtención de la correlación de Pearson siendo así: **nula**.

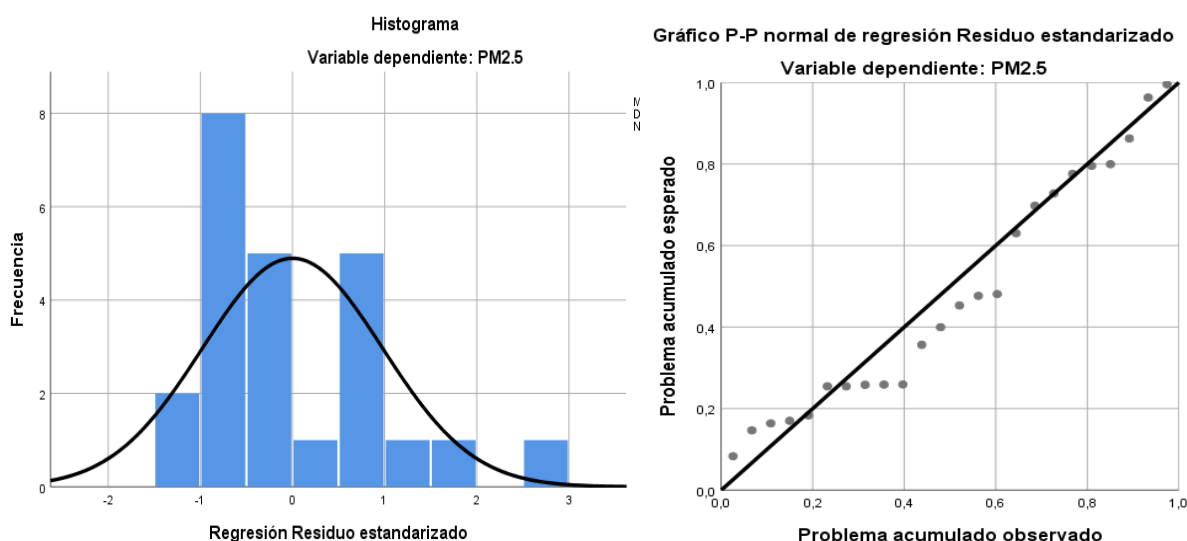
**Tabla 08.** *Prueba de Durbin Watson.*

| <b>Resumen del modelo</b>               |      |            |                     |                                 |               |
|---|------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Modelo                                  | R    | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin Watson |
| 1                                       | ,042 | ,002       | -,044               | 11,26233                        | 2,473         |
| a. Predictores: constante y temperatura |      |            |                     |                                 |               |
| b. Variable dependiente: PM2.5          |      |            |                     |                                 |               |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Mediante el SPSS 0.25, siguiendo lo que indica la prueba ( $d > 2$ ), quiere decir que no hay autocorrelación.

**Tabla 09. Normalidad de los residuales.**



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** El histograma evidencia abundante inestabilidad de datos, por lo que quiere decir que estos no fueron normales y en el caso del segundo gráfico al observar que los puntos no caen en la recta, indica los residuales.

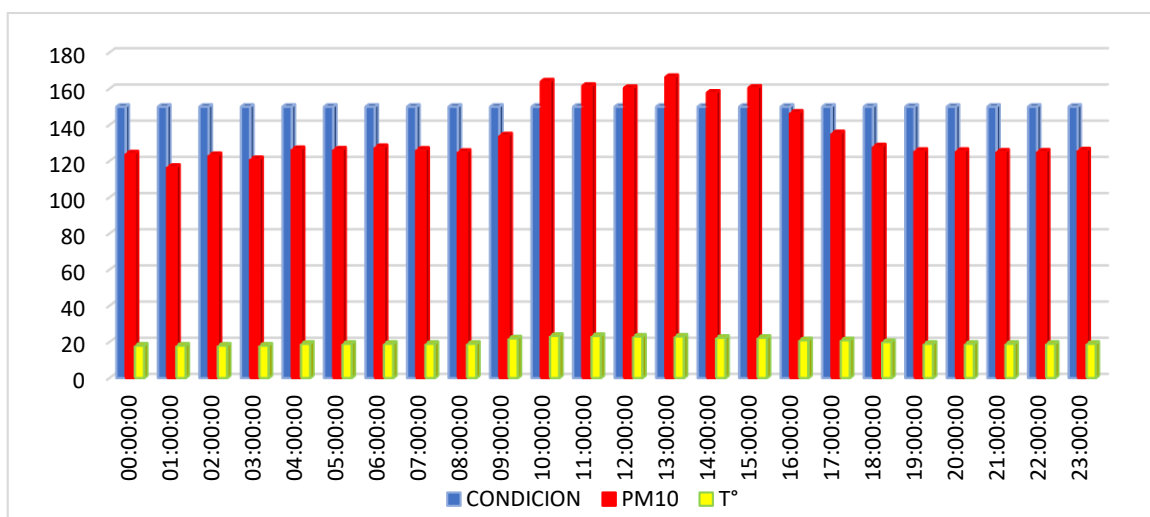


Figura 04: Concentración de material particulado PM 10 y temperatura del aire en el SEGAT.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Hay una variación considerable para el turno de la tarde de acuerdo con el PM 10, como medidas de tendencia central se tiene un promedio de 135.88ug/m<sup>3</sup> con una mediana de 126.53, por otro lado, como medidas extremas se tiene un mínimo de 116.84 y máximo de 166.47, siendo sus medidas de dispersión para Pearson 0.95, desviación estándar de 16.28, finalmente para la

temperatura un promedio de 20.14 con una mediana de 19.00, un mínimo de 18°C y máximo de 23.39 °C.

• **Hipótesis:**

**H<sub>i</sub>:** Existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 10 y temperatura en el SEGAT.

**H<sub>o</sub>:** No existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 10 y temperatura en el SEGAT.

**Tabla 10.** *Correlaciones entre el material particulado PM 10 y la temperatura.*

| <b>Correlaciones</b>   |             |       |             |
|------------------------|-------------|-------|-------------|
|                        |             | PM10  | Temperatura |
| Correlación de Pearson | PM 10       | 1,000 | ,931        |
|                        | Temperatura | ,931  | 1,000       |
| Sig. (unilateral)      | PM 10       | .     | ,000        |
|                        | Temperatura | ,000  | .           |
| N                      | PM 10       | 24    | 24          |
|                        | Temperatura | 24    | 24          |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según el estadístico SPSS 0.25 se llegó a la obtención de la correlación de Pearson siendo así: **muy alta**.

**Tabla 11.** *Prueba de Durbin Watson.*

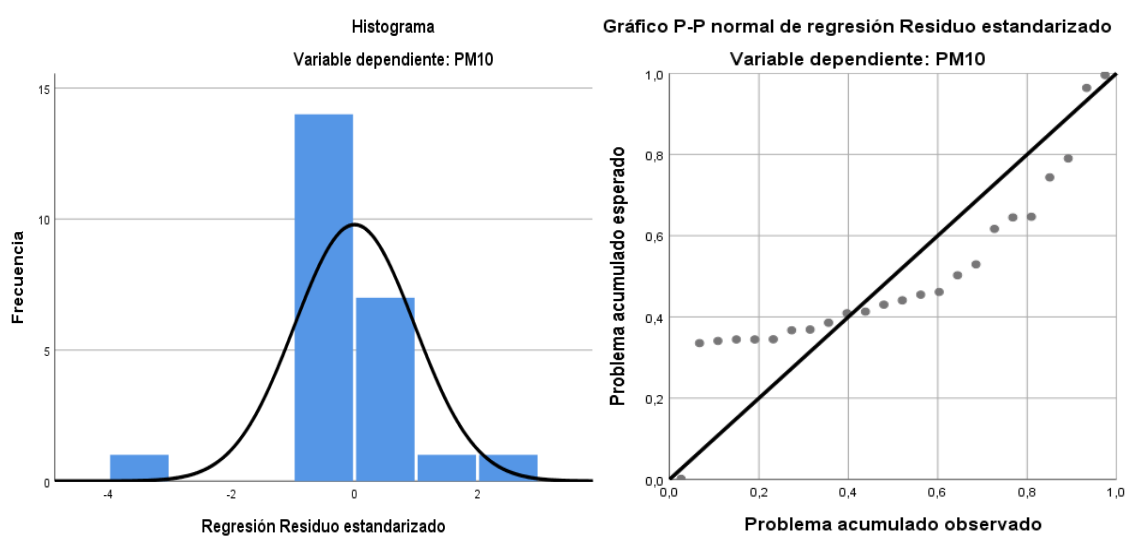
| <b>Resumen del modelo</b>               |      |            |                     |                                 |               |
|---|------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Modelo                                  | R    | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin-Watson |
| 1                                       | ,931 | ,866       | ,860                | 6,09698                         | 1,587         |
| a. Predictores: constante y temperatura |      |            |                     |                                 |               |
| b. Variable dependiente: PM 10          |      |            |                     |                                 |               |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Mediante el SPSS 0.25, siguiendo lo que indica la prueba ( $d < 2$ ), quiere decir que hay evidencia de correlación serial positiva.

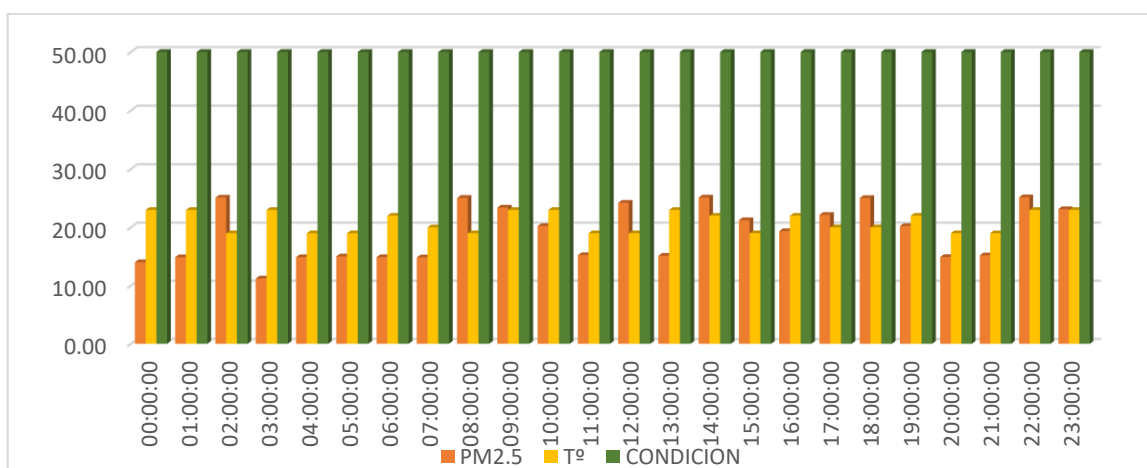


**Tabla 12. Normalidad de los residuales.**



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se observa en el histograma una campana que muestra datos normales; en el segundo gráfico hay una recta que indica normalidad de resultados.



*Figura 05: Concentración de PM 2.5 y temperatura del aire en Urb. Liberación Social.*

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** La concentración de PM 2.5, como medidas de tendencia central tiene un promedio de 19.16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con una mediana de 19.80; para las medidas extremas, un mínimo de 11.22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y máximo de 25.18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; para las medidas de dispersión según Pearson tenemos -0.06 con una desviación estándar de 4.65; finalmente para la temperatura un promedio de 20.96 con una mediana de 21.00, un mínimo de 19°C y máximo de 23 °C; con el propósito de expresar los objetivos específicos de la presente investigación, se aplicó la prueba bondad de ajuste

estadístico al coeficiente de correlación de Pearson, coeficiente de variación y regresión lineal.

• **Hipótesis:**

**H<sub>i</sub>:** Existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 2.5 y temperatura en Urb. Liberación Social.

**H<sub>o</sub>:** No existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 2.5 y temperatura en Urb. Liberación Social.

**Tabla 13.** Correlaciones entre el material particulado PM 2.5 y la temperatura.

| <b>Correlaciones</b>   |       |              |              |
|------------------------|-------|--------------|--------------|
|                        |       | PM2.5        | T°           |
| Correlación de Pearson | PM2.5 | 1,000        | <b>-,055</b> |
|                        | T°    | <b>-,055</b> | 1,000        |
| Sig. (unilateral)      | PM2.5 | .            | ,399         |
|                        | T°    | ,399         | .            |
| N                      | PM2.5 | 24           | 24           |
|                        | T°    | 24           | 24           |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según el estadístico SPSS 0.25 se llegó a la obtención de la correlación de Pearson siendo así: **nula y negativa**.

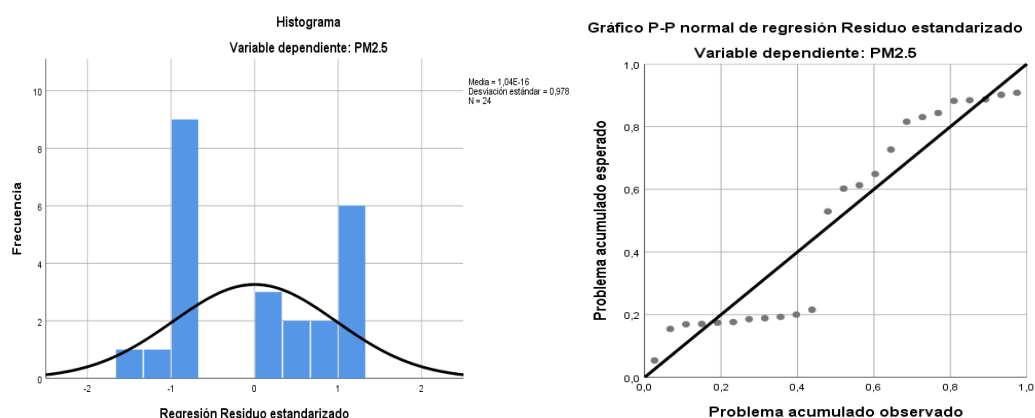
**Tabla 14.** Prueba de Durbin Watson.

| <b>Resumen del modelo</b>               |      |            |                     |                                 |               |
|---|------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Modelo                                  | R    | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin Watson |
| 1                                       | ,055 | ,003       | -,042               | 4,75017                         | <b>1,776</b>  |
| a. Predictores: constante y temperatura |      |            |                     |                                 |               |
| b. Variable dependiente: PM 2.5         |      |            |                     |                                 |               |

Fuente: Elaboración propia.

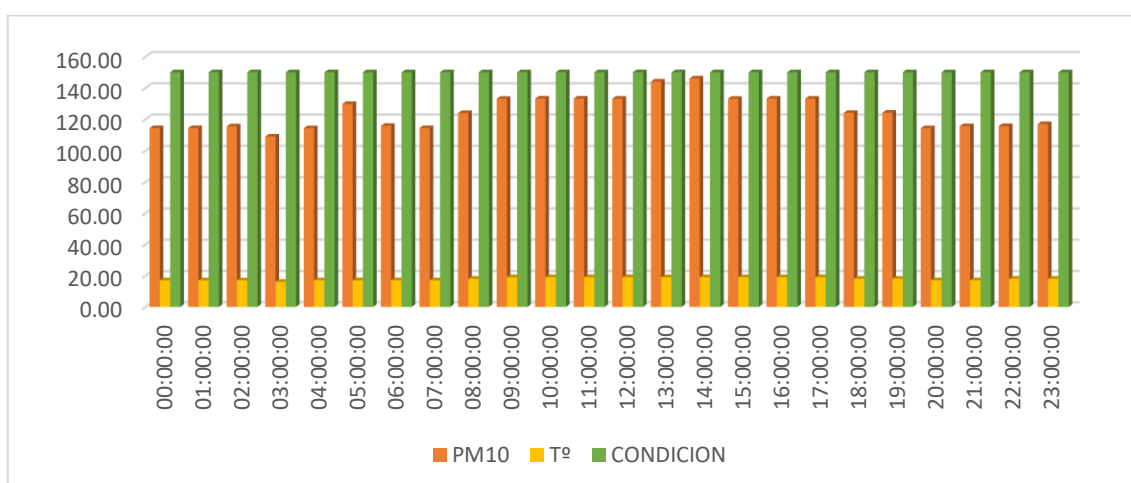
**Interpretación:** Mediante el SPSS 0.25, siguiendo lo que indica la prueba ( $d < 2$ ), quiere decir que hay evidencia de correlación serial positiva.

**Tabla 15. Normalidad de los Residuales.**



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** El histograma evidencia abundante inestabilidad de datos, por lo que quiere decir que estos no fueron normales y en el caso del segundo gráfico al observar que los puntos no caen en la recta, indica los residuales.



*Figura 06:* Concentración de material particulado PM10 y temperatura del aire en Urb. Liberación Social.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Hay una variación considerable para el turno de la tarde de acuerdo al PM 10, como medidas de tendencia central tiene un promedio de 124.31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con una mediana de 123.99; como medidas extremas tenemos un mínimo de 108.89 y máximo de 146.04, siendo medidas de dispersión para Pearson 0.87, desviación estándar de 10.51 y coeficiente de variación de 8.45; finalmente para la temperatura un promedio de 17.92 con una mediana de 18.00, un mínimo de 16.02°C y máximo de 19 °C.

- **Hipótesis:**

**H<sub>i</sub>:** Existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 10 y temperatura en Urb. Liberación Social.

**H<sub>o</sub>:** No existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM 10 y temperatura en Urb. Liberación Social.

**Tabla 16.** *Correlaciones entre el material particulado PM 10 y la temperatura.*

| <b>Correlaciones</b> |                        |        |             |
|----------------------|------------------------|--------|-------------|
|                      |                        | PM 10  | Temperatura |
| PM10                 | Correlación de Pearson | 1      | ,871**      |
|                      | Sig. (bilateral)       |        | ,000        |
|                      | N                      | 24     | 24          |
| Temperatura          | Correlación de Pearson | ,871** | 1           |
|                      | Sig. (bilateral)       | ,000   |             |
|                      | N                      | 24     | 24          |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según el estadístico SPSS 0.25 se llegó a la obtención de la correlación de Pearson siendo así: **muy alta**.

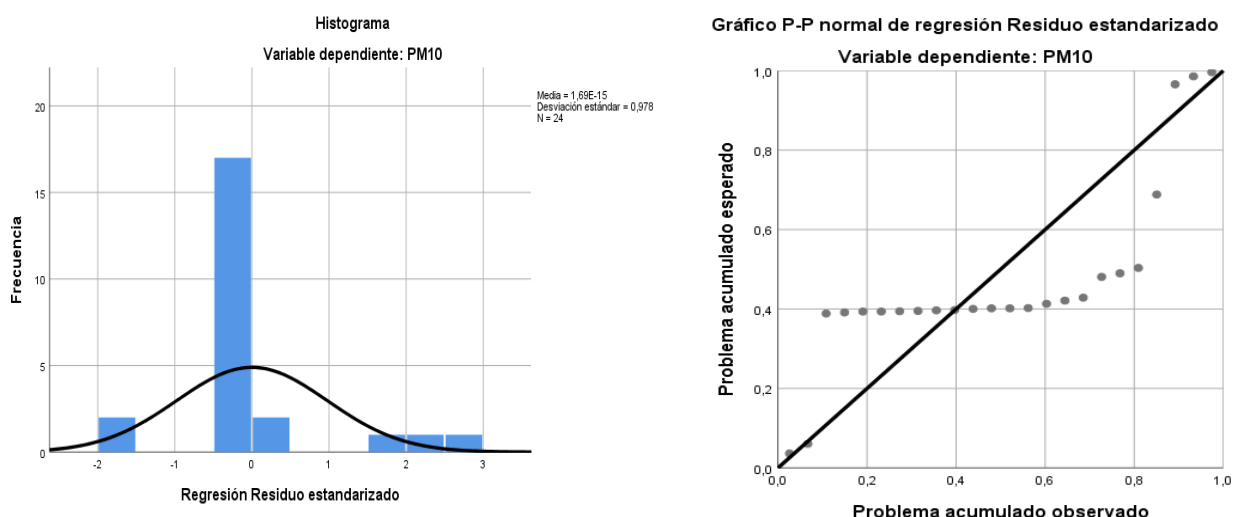
**Tabla 17.** *Prueba de Durbin Watson.*

| <b>Resumen del modelo</b>               |      |            |                     |                                 |               |
|---|------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Modelo                                  | R    | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin Watson |
| 1                                       | ,871 | ,759       | ,748                | 527,86721                       | 1,381         |
| a. Predictores: constante y temperatura |      |            |                     |                                 |               |
| b. Variable dependiente: PM10           |      |            |                     |                                 |               |

Fuente: Elaboración propia.

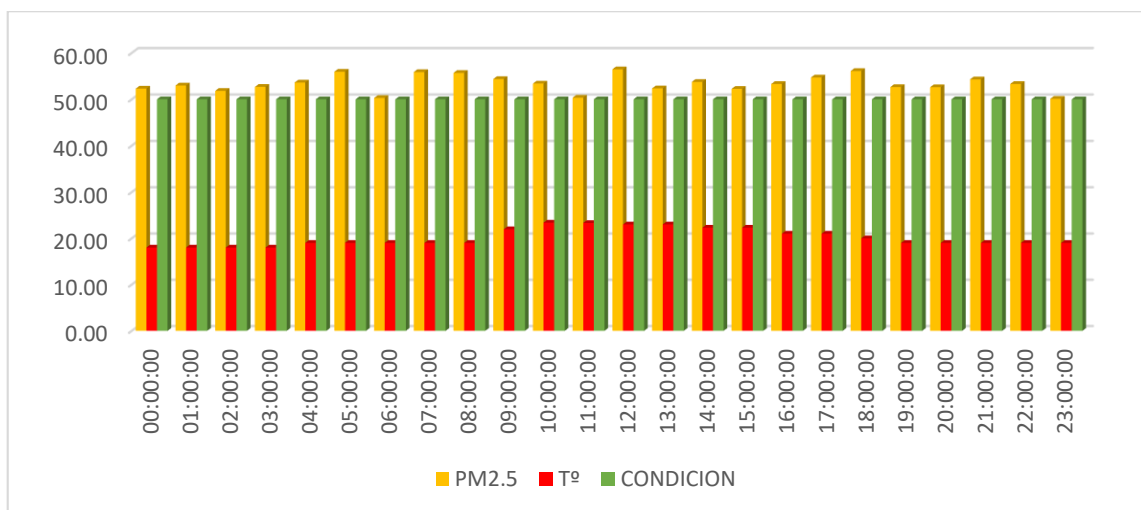
**Interpretación:** Mediante el SPSS 0.25, siguiendo lo que indica la prueba ( $d < 2$ ), quiere decir que hay evidencia de correlación serial positiva.

**Tabla 18. Normalidad de los Residuales.**



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se observa en el histograma que al formar una campana muestra que los datos no son normales y en el caso del segundo gráfico al formar una recta, también indica la normalidad de los resultados.



*Figura 07:* Concentración de PM 2.5 y Temperatura del aire en Urb. Liberación Social.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** La concentración de PM 2.5, medidas de tendencia central con promedio de  $53.38 \text{ ug/m}^3$  con una mediana de  $53.30$ ; para las medidas extremas tenemos un mínimo de  $50.12 \text{ ug/m}^3$  y máximo de  $56.45 \text{ ug/m}^3$ ; como medidas de dispersión según Pearson  $0.06$  con una desviación estándar de  $1.81$ , finalmente para la temperatura un promedio de  $20.14$  con una mediana de  $19.00$ , un mínimo de  $18^\circ\text{C}$  y máximo de  $23.39^\circ\text{C}$ .

Por último, con el propósito de expresar los objetivos específicos de la presente investigación, se aplicó la prueba bondad de ajuste donde se realizó estadísticamente el coeficiente de correlación de Pearson, coeficiente de variación y regresión lineal.

- **Hipótesis:**

**H<sub>i</sub>:** Existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM2.5 y temperatura en Urb. Liberación Social.

**H<sub>o</sub>:** No existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM2.5 y temperatura en Urb. Liberación Social.

**Tabla 19.** Correlaciones entre el material particulado PM2.5 y la temperatura.

| <b>Correlaciones</b>   |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|
|                        |       | PM2.5 | T°    |
| Correlación de Pearson | PM2.5 | 1,000 | ,074  |
|                        | T°    | ,074  | 1,000 |
| Sig. (unilateral)      | PM2.5 | .     | ,365  |
|                        | T°    | ,365  | .     |
| N                      | PM2.5 | 24    | 24    |
|                        | T°    | 24    | 24    |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según el estadístico SPSS 0.25 se llegó a la obtención de la correlación de Pearson siendo así: **nula**.

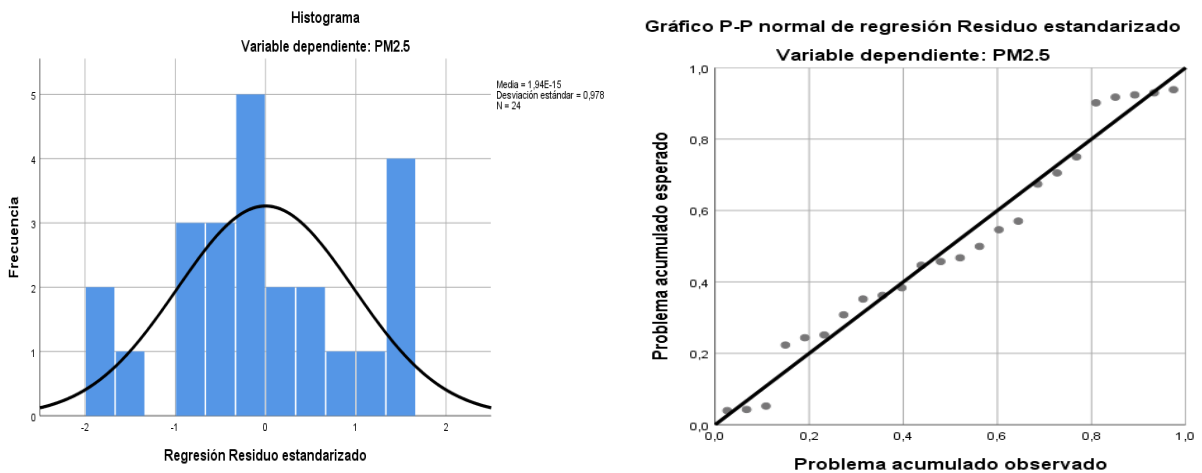
**Tabla 20.** Prueba de Durbin Watson.

| <b>Resumen del modelo</b>               |      |            |                     |                                 |               |
|---|------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Modelo                                  | R    | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin Watson |
| 1                                       | ,074 | ,006       | -,040               | 1,85040                         | 2,304         |
| a. Predictores: constante y temperatura |      |            |                     |                                 |               |
| b. Variable dependiente: PM2.5          |      |            |                     |                                 |               |

Fuente: Elaboración propia.

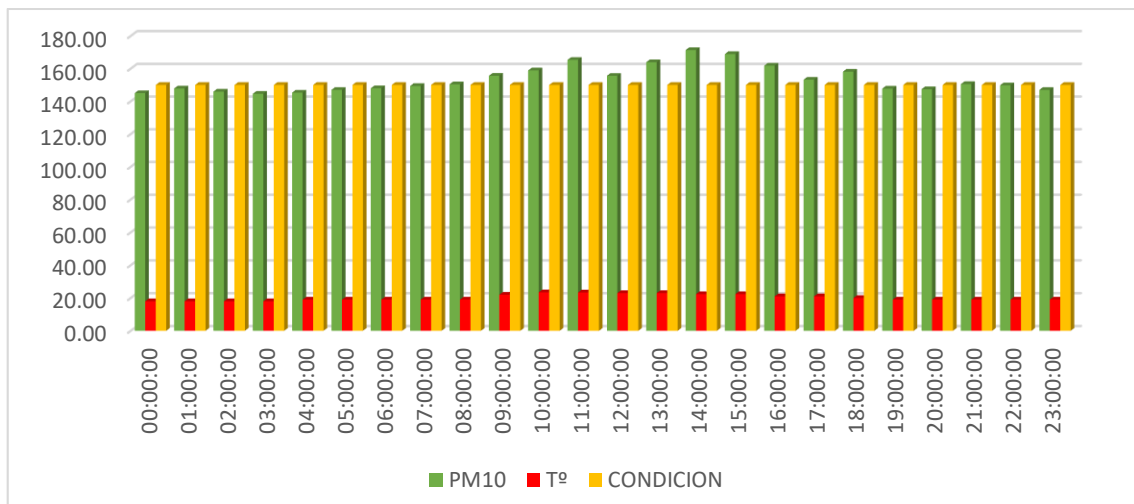
**Interpretación:** Mediante el SPSS 0.25, siguiendo lo que indica la prueba ( $d < 2$ ), quiere decir que hay evidencia de correlación serial positiva.

**Tabla 21. Normalidad de los Residuales.**



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** El histograma evidencia abundante inestabilidad de datos, por lo que quiere decir que estos no fueron normales y en el caso del segundo gráfico al observar que los puntos no caen en la recta, indica los residuales.



*Figura 08:* Concentración de PM 10 y temperatura del aire, en Urb. Liberación Social – Distrito Víctor Larco.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Hay una variación considerable para el turno de la tarde de acuerdo al PM 10, como medidas de tendencia central tiene un promedio de 153.26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con una mediana de 150.07, por otro lado, como medidas extremas tiene un mínimo de 144.59 y máximo de 171.31, siendo sus medidas de dispersión para Pearson 0.86, desviación estándar de 8.01 y un coeficiente de variación de 5.22, finalmente para la temperatura un promedio de 20.14 con una mediana de 19.00, un mínimo de 18°C y máximo de 23.39°C.

- **Hipótesis:**

**H<sub>i</sub>:** Existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM10 y temperatura en Urb. Liberación Social.

**H<sub>o</sub>:** No existe relación directa y moderada entre la concentración de material particulado PM10 y temperatura en Urb. Liberación Social.

**Tabla 22.** Correlaciones entre el material particulado PM10 y la temperatura.

| Correlaciones          |      |       |       |
|------------------------|------|-------|-------|
|                        |      | PM10  | T°    |
| Correlación de Pearson | PM10 | 1,000 | ,844  |
|                        | T°   | ,844  | 1,000 |
| Sig. (unilateral)      | PM10 | .     | ,000  |
|                        | T°   | ,000  | .     |
| N                      | PM10 | 24    | 24    |
|                        | T°   | 24    | 24    |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según el estadístico SPSS 0.25 se llegó a la obtención de la correlación de Pearson siendo así: **muy alta**.

**Tabla 23.** Prueba de Durbin Watson.

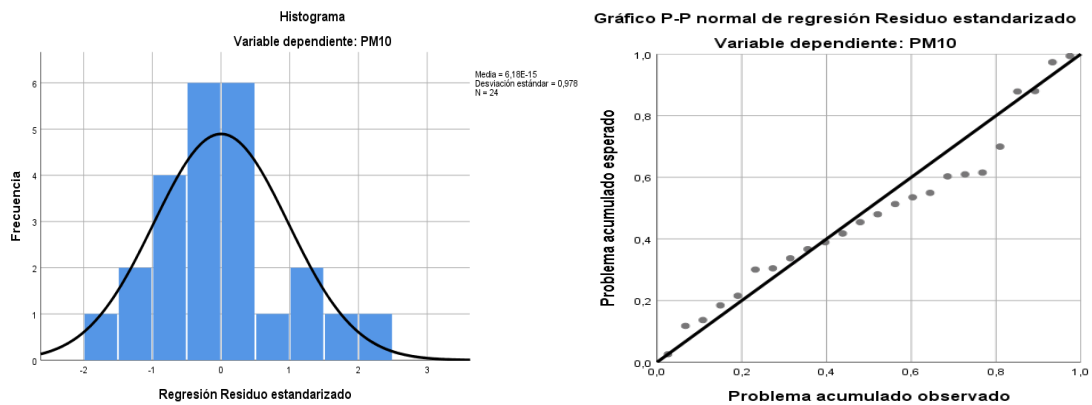
| Resumen del modelo                      |      |            |                     |                                 |               |
|---|------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| Modelo                                  | R    | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin Watson |
| 1                                       | ,844 | ,712       | ,699                | 4,38936                         | 1,470         |
| a. Predictores: constante y temperatura |      |            |                     |                                 |               |
| b. Variable dependiente: PM10           |      |            |                     |                                 |               |

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Mediante el SPSS 0.25, siguiendo lo que indica la prueba ( $d < 2$ ), quiere decir que hay evidencia de correlación serial positiva.



**Tabla 24.** *Histograma y gráfico de probabilidad normal.*



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se observa en el histograma una campana que muestra datos normales; en el segundo gráfico hay una recta que indica normalidad de resultados.

## V. DISCUSIÓN

En la figura N° 1 se aprecia que hay variaciones de PM 2.5 y la temperatura del aire; se obtuvieron resultados de concentración en promedio de 18.92 ug/m<sup>3</sup> con mínimos de 9.49ug/m<sup>3</sup> y un máximo de 31.20 ug/m<sup>3</sup> con una correlación de Pearson de 0.082; esto quiere decir que su correlación es nula, comprobado por el estadístico SPSS 0.25, realizando de tal modo la prueba de Durbin Watson para confirmar su relación. Con respecto a la figura N°3, con promedio de concentración de material particulado de 40.97ug/m<sup>3</sup>, mínimos de 25.16 y máximos de 64.49, con medidas de dispersión en relación de Pearson de 0.04, siendo así relación nula, comprobada por la prueba de Durbin, monitoreado en el SEGAT.

En el distrito de Víctor Larco Herrera, según la figura N°5 con respecto a PM 2.5, se obtuvo la concentración de PM 2.5, como medidas de tendencia central con promedio de 19.16 ug/m<sup>3</sup>, mediana de 19.80; para las medidas extremas se da un mínimo de 11.22 ug/m<sup>3</sup> y máximo de 25.18 ug/m<sup>3</sup>; como medidas de dispersión según Pearson se da un -0.06 con una desviación estándar de 4.65; finalmente para la temperatura tiene un promedio de 20.96 con una mediana de 21.00, un mínimo de 19°C y máximo de 23 °C. La figura N°7 reflejan medidas de tendencia central con un promedio de 53.38 ug/m<sup>3</sup>, mediana de 53.30; para las medidas extremas con un mínimo de 50.12 ug/m<sup>3</sup>, un máximo de 56.45 ug/m<sup>3</sup> y como medidas de dispersión según Pearson se da un 0.06 con una desviación estándar de 1.81; finalmente para la temperatura se da un promedio de 20.14 con una mediana de 19.00, un mínimo de 18°C y máximo de 23.39°C.

Todos los anteriores resultados son similares a los reportados por Murriel (2017) quien indico que, durante su tiempo de monitoreo, la concentración de PM 2.5 en el campus de la UNALM demostró relación negativa con la temperatura, velocidad del viento y radiación solar; por el cual, obtuvo una relación positiva con la humedad relativa; del mismo modo, Dextre (2016), sustenta que la temperatura demuestra una correlación inversa negativa débil con la calidad de aire PM 2.5 en los turnos de mañana -0.245, tarde -0.144, y noche -0.424; por otro lado, según Ortiz (2015) el dominio de los factores meteorológicos en la contaminación por PM 2.5 en la atmósfera, no muestra un dominio significativo por lo que su nivel de significancia

es superior a 0.05 estudiada en abril de 2015 en Ate; de igual modo, Makkah (2016) encontró que la proporción media de PM 2.5 / PM 10 era 0.64, considerando que las relaciones medianas y máximas fueron 0.69 y 0.99, respectivamente; en general, la temperatura y la velocidad del viento tuvieron asociaciones negativas, mientras que la humedad relativa tenía asociación positiva.

En la Figura N° 2 y N° 4 se aprecia que hay una variación considerable para el turno de la tarde de acuerdo al PM 10, como medidas de tendencia central se da un promedio de 120.29 ug/m<sup>3</sup> con una mediana de 116.30, por otro lado, como medidas extremas se tiene un mínimo de 106.03 y máximo de 145.12, siendo sus medidas de dispersión para Pearson 0.76, desviación estándar de 12.49 y un coeficiente de variación de 10.358; finalmente para la temperatura con un promedio de 18.48, una mediana de 18.14, un mínimo de 17°C y máximo de 21 °C en el SEGAT.

Por otro lado, según el monitoreo en el distrito de Víctor Larco Herrera, Urb. Liberación Social en la figura N° 6, se obtuvieron resultados de concentración de material particulado PM10, como medidas de tendencia central se dio un promedio de 124.31 ug/m<sup>3</sup> con una mediana de 123.99; por otro lado, como medidas extremas tiene un mínimo de 108.89 y máximo de 146.04, siendo sus medidas de dispersión para Pearson 0.87, desviación estándar de 10.51 y un coeficiente de variación de 8.45; finalmente para la temperatura un promedio de 17.92 con una mediana de 18.00, un mínimo de 16.02°C y máximo de 19 °C y en el caso de la figura N° 8, se obtuvo una variación considerable para el turno de la tarde de acuerdo al PM 10, como medidas de tendencia central se da un promedio de 153.26 ug/m<sup>3</sup> con una mediana de 150.07; por otro lado, como medidas extremas tiene un mínimo de 144.59 y máximo de 171.31, siendo sus medidas de dispersión para Pearson 0.86, desviación estándar de 8.01 y un coeficiente de variación de 5.22; finalmente para la temperatura un promedio de 20.14 con una mediana de 19.00, un mínimo de 18°C y máximo de 23.39°C.

Todos los anteriores resultados son similares a los de Espinoza (2018), donde indica que en los seis meses se obtiene una correlación negativa entre la temperatura del aire y PM2.5; una relación positiva entre la temperatura del aire y PM10, siendo más observable entre la temperatura del aire y PM2.5; de igual modo,

Habeebullah & Turki (2016) indicaron que la temperatura y la velocidad del viento tuvieron asociaciones negativas, mientras que la humedad relativa tenía asociación positiva con las proporciones, lo que significa que el primero fomenta altos niveles de PM10, mientras que el segundo fomenta altos niveles de PM2.5; por consiguiente, Villalva (2018) nos hace mención que la concentración del PM 10 está directamente relacionada con la temperatura e inversamente relacionadas con la humedad relativa de la ciudad, la radiación solar y la velocidad de los vientos.

La figura N° 2 y N° 4 reportaron los siguientes resultados: según la concentración del PM 2.5 se obtuvieron concentraciones mayores de 50 ug/m<sup>3</sup> y concentraciones mayores a los 150 ug/m<sup>3</sup>, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental, estaría sobrepasando lo permitido, por lo cual, puede causar efectos significativos en el bienestar de las personas que viven por los alrededores del SEGAT; por otro lado, para el monitoreo realizado en el distrito de Víctor Larco Herrera, se observó en la Figura N° 6 y N° 8 que reportaron para la concentración de material particulado PM 2.5, mayores a los 50 ug/m<sup>3</sup>, de igual modo para PM 10, siendo mayores a 150 ug/m<sup>3</sup>.

Comparado con los concluyentes antecedentes expuestos, se presenta que, según el Ministerio del Ambiente, donde hace mención sobre la administración de la calidad del aire, existen numerosos elementos que influyen en la naturaleza del aire que inhalamos; por ejemplo: la presencia de sustancias sucias, gases, partículas creadas naturalmente; por otro lado, según Echeverri (2008), en su artículo muestra parte de su proyecto final denominado: "Patologías respiratorias en niños en edad preescolar y su relación con la contaminación atmosférica en Medellín". En casi todos los casos, las conclusiones de la exploración muestran una similitud positiva y lineal entre ambos parámetros y las soluciones obtenidas que se asemejan a las moléculas lisas; finalmente, Inchaouh & Manal (2017), indicó un fuerte crecimiento demográfico y socioeconómico que afecta negativamente el medio ambiente y la salud de la población; la alteración del aire es el mayor problema de salud ambiental en las zonas urbanas; el transporte es la fuente principal que contribuye con casi el 15% de las emisiones totales (monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y formas de partículas).

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la relación de la concentración de PM 10 y PM 2.5 con la temperatura del aire en los distritos de Trujillo y Víctor Larco Herrera; se halló para las figuras N° 1 y N° 3 correlaciones de Pearson de 0.08 y 0.04, siendo así una relación nula. Por otro lado, para las figuras N°1 y N°4, se hallaron medidas de dispersión para Pearson de 0.76 y 0.95, siendo esta una relación alta y una muy alta; por consiguiente, se logró establecer la conexión del PM 2.5 con la temperatura del aire en la Urb. Liberación Social; para las figuras N° 05 y N° 07 se hallaron relaciones nulas y para las figuras N° 06 y N° 08 se hallaron relaciones muy altas.
- Se determinó el PM 2.5 en el distrito de Trujillo, llegando a los resultados siendo un promedio en 18.92 ug/m<sup>3</sup> y 19.16 ug/m<sup>3</sup>; por consiguiente, se logró establecer la conexión del PM 2.5 con la temperatura del aire en la Urb. Liberación Social, llegando así los siguientes resultados para la figura N° 05 con un promedio de 19.16 ug/m<sup>3</sup> y para la figura N°07 un promedio de 53.38 ug/m<sup>3</sup>.
- Se logró determinar el PM 10 en el distrito de Trujillo, llegando así a los siguientes resultados, obteniendo un promedio de 120.29 ug/m<sup>3</sup> y 135.88 ug/m<sup>3</sup>; por consiguiente, se logró establecer la conexión del PM 10 con la temperatura del aire en la Urb. Liberación Social en el distrito de Víctor Larco Herrera, llegando así los resultados para la figura N° 06, un promedio de 124.31 ug/m<sup>3</sup> y para la figura N° 08 un promedio de 153.26 ug/m<sup>3</sup>.
- Se logró evaluar el PM 10 y PM 2.5, respecto al ECA del aire en el distrito de Trujillo; en la figura N°3, se obtuvo un mínimo de 25.16 y un máximo de 64.90; en la figura N°4, se dio un mínimo de 116.84 y un máximo de 166.47; por consiguiente, se logró establecer la conexión del PM 10 y PM 2.5 con la temperatura del aire en la Urb. Liberación Social en el distrito de Víctor Larco Herrera; en la figura N°07, tiene un mínimo de 50.12 ug/m<sup>3</sup> y un máximo de 56.45 ug/m<sup>3</sup>, por otro lado, para la figura N° 08 tiene un mínimo de 144.59 y un máximo de 171.31.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los estudiantes con futuros proyectos de investigación vinculados al tema, interesados en el presente proyecto, deban trabajar con una muestra más amplia, a fin de poder generalizar los resultados obtenidos; asimismo, poder repetir las muestras y/o aumentar el dígito de repeticiones del cálculo de concentración de PM en caso de presentarse resultados anómalos.
- En las futuras investigaciones, relacionadas al tema, se sugiere llevar a cabo el ANOVA, aplicando la prueba de TUKEY para innovar lapsos de confiabilidad para todas las discrepancias en pares, entre las medias de los límites de los componentes, a fin de contrastar con mayor justificación la relación que tiene una variable sobre otra.

## REFERENCIAS

Analysing PM2.5 and its Association with PM10 and Meteorology in the Arid Climate of Makkah, Saudi Arabia por Turki M. Habeebullah [ et al.]. Makkah Saudi Arabia.2015 [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019].Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/307869232\\_Analysing\\_PM25\\_and\\_its\\_Association\\_with\\_PM10\\_and\\_Meteorology\\_in\\_the\\_Arid\\_Climate\\_of\\_Makkah\\_Saudi\\_Arabia](https://www.researchgate.net/publication/307869232_Analysing_PM25_and_its_Association_with_PM10_and_Meteorology_in_the_Arid_Climate_of_Makkah_Saudi_Arabia)

DEXTRE, Edita. Comportamiento de las variables meteorológicas y su relación con la calidad de aire por material particulado PM2.5, San Juan de Lurigancho – 2016. Lima Perú, Universidad César Vallejo. Escuela de Ingeniería. 2016, p.113. [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/8956>

ECHEVERRI, C.A. y G.J. Maya, Relación entre las partículas finas (PM2.5) y respirables (PM10) en la ciudad de Medellín, Revista de Ingenierías Universidad de Medellín: 7(12), 23-42; 2008 [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/198>

ESPINOZA, José. Evaluación Espacial y Temporal del material particulado pm10 y pm2,5 en lima metropolitana para el periodo 2015-2017. Lima Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 2018 [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3739/espinoza-quillen-jose-abel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fine particulate matter estimated by mathematical model and hospitalizations for pneumonia and asthma in childrenMaterial particulado fino estimado por modelo matemático e internações por pneumonia e asma em crianças por GOBBO CÉSAR, Ana [ et al.]. Brazil. Sao Paulo. 2016 [fecha de consulta: 25 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0103058215001136?token=FF4DB44D0>

184BF75CAFC681C17037543B3305041EA91FE52EF33B603E54E7A60680A4B32EEFA36A871E22FB75A89531C

GROLL. Trujillo contará con 3 estaciones para vigilancia de Calidad del Aire.2017 [fecha de consulta: 25 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.regionlalibertad.gob.pe/noticias/locales/7870-trujillo-contara-con-3-estaciones-para-vigilancia-de-calidad-del-aire> .

MINAM. Decreto Supremo N° 003-2017 [fecha de consulta: 25 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2017-minam/>

MINAM. Gestión de Calidad del aire [fecha de consulta: 25 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/zonas-de-atencion-prioritaria/>

MORABET, Rachida. Effects of Outdoor Air Pollution on Human Health. Marruecos,2018 [fecha de consulta: 25 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489110127>

MURRIEL, Federico. Determinación del nivel de contaminación atmosférica por pm2,5 en el campus de la universidad nacional agraria la molina,2017 [fecha de consulta: 27 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3124/murriel-gonzales-federico-augusto.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

NEIRA, Leila; PÉREZ, Eliexer. Temperatura y Calor. Conceptos básicos en los textos de física en la educación media general,2015 [fecha de consulta: 27 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://arje.bc.uc.edu.ve/arj19/art03.pdf>

OMS. Calidad del aire y salud. (En línea) Perú 2017 [fecha de consulta : 27 de setiembre del 2019].Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).



ORTIZ, Rosario. La influencia de las variables meteorológicas en la contaminación por material particulado fino (PM 2.5) en Ate en abril de 2015. Tesis (Título para Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2015. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/8956/Dextre\\_EED.pdf?sequence=1](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/8956/Dextre_EED.pdf?sequence=1)

Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs por M. Williams [ et al.]. 2015 [fecha de consulta: 27 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.atmos-chem-phys.net/15/8217/2015/acp-15-8217-2015.html>

RAMIRO, Hugo. Instrumentos básicos para la fiscalización Ambiental OEFA, Perú, 2015 [fecha de consulta: 27 de setiembre de 2019]. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13978](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978)

Relación entre el material particulado PM10 y variables meteorológicas en la ciudad por Villalba, D . [ et al.]. Bucaramanga, Colombia. 2018 [fecha de consulta: 27 de setiembre de 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/329155299\\_Relacion\\_entre\\_el\\_material\\_particulado\\_PM10\\_y\\_variables\\_meteorologicas\\_en\\_la\\_ciudad\\_de\\_Bucaramanga\\_-\\_Colombia\\_Una\\_aplicacion\\_del\\_analisis\\_de\\_datos\\_longitudinal](https://www.researchgate.net/publication/329155299_Relacion_entre_el_material_particulado_PM10_y_variables_meteorologicas_en_la_ciudad_de_Bucaramanga_-_Colombia_Una_aplicacion_del_analisis_de_datos_longitudinal)

Short-Term Effects of Fine Particulate Matter and Temperature on Lung Function among Healthy College Students in Wuhan, China por Yunquan Zhang, [ et al.]. 2015 [fecha de consulta: 30 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4515690/>

Temperature and Humidity Effects on Particulate Matter Concentrations in a Sub-Tropical Climate During Winter por HERNANDEZ German [ et al.]. Singapore. 2017 [fecha de consulta: 30 de setiembre de 2019]. Disponible en: [http://www.ipcbee.com/vol102/rp010\\_ICECB2017-J0005.pdf](http://www.ipcbee.com/vol102/rp010_ICECB2017-J0005.pdf)

ULBILLA, Carlos; YOHANNESSEN, Karla. Contaminación Atmosférica efectos en la Salud respiratoria en el niño. Las Condes, Chile. 2017 [fecha de consulta: 30 de

setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-contaminacion-atmosferica-efectos-en-la-S0716864017300214>.

WARK, W.; WARNER, C. [et.al] Air Pollution: its origin and control. Pearson, 1998. Citador por ROJAS CHÁVEZ, Freddy. Modelación numérica del transporte de contaminantes atmosféricos y su relación con las condiciones meteorológicas en Lima Metropolitana, Perú. 2017 [fecha de consulta: 30 de setiembre de 2019]. Disponible en: [\[http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3809/rojas-chavez-freddy-jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y\]](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3809/rojas-chavez-freddy-jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de variables.

| Variables                                   | Definición conceptual  | Definición operacional   | Indicador | Escala                 |
|---|--|--|-----------|------------------------|
| Temperatura del aire                        | La temperatura es una medida del movimiento de las partículas del medio (SENAMHI,2001).                            | Utilizando el sensor (SDS011) se efectuará la medición de la temperatura del aire durante 1 hora en los turnos de mañana, tarde y noche. | °C        | Cuantitativa de escala |
| Concentración de material particulado PM10  | Las PM10 o partículas gruesas también llamadas partículas inhalables, son las partículas menores a 10 micrómetros. | Utilizando el sensor (SDS011) se efectuará la medición de la concentración de material particulado PM10 durante 1 hora.                  | ppm       | Cuantitativa de escala |
| Concentración de material particulado PM2.5 | Son partículas muy pequeñas en el aire que tiene un diámetro de 2.5 micrómetros                                    | Utilizando el sensor (SDS001) se efectuará la medición de la concentración de material particulado PM2.5 durante 1 hora.                 | ppm       | Cuantitativa de escala |

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 2.** Estándares de Calidad Ambiental del Aire para PM 10 y PM 2.5.

| <b>Parámetro</b>   | <b>Periodo</b>        | <b>Valor ( Ug /M3 )</b> | <b>Criterios de evaluación</b>                               | <b>Método de análisis</b>                           |
|--|-----------------------|-------------------------|--|---|
| Material<br>Particulado con<br>diámetro menor<br>a 10 micras<br>(PM10)   | 24 horas<br><br>Anual | 100<br><br>50           | NE más de 7<br>veces al año<br><br>Media aritmética<br>anual | Separación<br>inercial/filtración<br>(Gravimetría)  |
| Material<br>particulado con<br>diámetro menor<br>a 2.5 micras<br>(PM2.5) | 24 horas<br><br>Anual | 50<br><br>25            | NE más de 7<br>veces al año<br><br>Media aritmética<br>anual | Separación<br>inercial/ filtración<br>(Gravimetría) |

Fuente: D.S. N°003-2017-MINAM.