

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Influencia de las variables meteorológicas en la dispersión del
PM10 de una industria cerámica**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:

Jhersón Obet Díaz Torres

Silvana Rubí Cuesta Ríos

Asesor:

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Tarapoto, junio de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, *Betsabeth Teresa Padilla Macedo* la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “INFLUENCIA DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA DISPERSIÓN DEL PM10 DE UNA INDUSTRIA CERÁMICA” constituye la memoria que presentan los Bachilleres Cuesta Ríos, Silvana Rubí y Díaz Torres, Jhersón Obet; para aspirar al título profesional de Ingeniero de Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 28 días del mes de junio del año 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Betsabeth', is placed over a light gray rectangular background.

Asesor

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a. 14..... día(s) del mes de.....junio.....del año 20..21. siendo las....10:40..horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Juana Eliabeth Vásquez Vásquez....., el (la) secretario(a): Mtra. Kátherin Jina Luz Pinedo Gómez..... y los demás miembros: Mg. Gelner Archenti Curitima.....

..... y el (la) asesor(a) Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:..... Influencia de las variables meteorológicas en la dispersión del PM10 de una industria cerámica.....

..... del(los) bachiller(es): a) Silvana Rubí Cuestas Ríos.....

..... b)..... Jhersón Obet Díaz Torres.....

..... c).....

..... conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Silvana Rubí Cuesta Ríos.....

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|---------------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| Aprobado | 18 | A- | Muy bueno | Sobresaliente |

Bachiller -(b): Jhersón Obet Díaz Torres.....

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|---------------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| Aprobado | 18 | A- | Muy bueno | Sobresaliente |

Bachiller -(c):

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|--------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| | | | | |

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Resumen

Este artículo tuvo el propósito de analizar el transporte del material particulado PM10 debido a los parámetros meteorológicos, en una industria cerámica. La medición de las variables, se realizó en tres puntos dentro de la industria cerámica por un periodo de tres días. Para determinar el PM10, se consideró un tiempo de muestreo de 24 h y un caudal de 16.7 L/min. Mientras que las variables meteorológicas, se midieron cada hora, con una estación portátil. Se encontró que, las variables meteorológicas influyen en la dispersión del PM10, ya que, a mayores valores de las variables meteorológicas, la concentración de PM10 se reduce. Mientras que, a mayor humedad relativa, el PM10 aumenta. Asimismo, se observa una mayor concentración de PM10 en el punto 3, con una dirección sur oeste.

Palabras claves: Cerámica; industria ladrillera; PM10; material particulado.

Abstract

This article had the purpose of analyzing the transport of the particulate material PM10 due to the meteorological parameters, in a ceramic industry. The measurement of the variables was carried out at three points within the ceramic industry for a period of three days. To determine the PM10, a sampling time of 24 h and a flow of 16.7 L / min were considered. While the meteorological variables were measured every hour, with a portable station. It was found that the meteorological variables influence the dispersion of PM10, since, at higher values of the meteorological variables, the concentration of PM10 is reduced. While, at higher relative humidity, PM10 increases. Likewise, a higher concentration of PM10 is observed at point 3, with a south-west direction.

Keywords: Ceramics; brick industry; PM10; particulate matter.

1. Introducción

Las actividades industriales, entre ellas la industria cerámica, generan partículas contaminantes, contribuyendo con un 12% a la contaminación atmosférica por PM10 (Jacomino et al., 2009). Asimismo, en las empresas del rubro cerámico la quema (horno), es la operación en la cual se genera más emisiones atmosféricas. Para un área densamente industrializada, la concentración de material particulado es aproximadamente 0.703 t.año-1.km-2 (Camara et al., 2015).

Por otro lado, la emisión difusa de material particulado en la industria cerámica, ocurre principalmente en la fase de preparación de materias primas, como la fabricación del gránulo atomizado (Monfort et al., 2006).

Es sumamente importante realizar mediciones del material particulado, analizando su comportamiento en el espacio y el tiempo, relacionándolo con las variables meteorológicas (Arciniégas, 2012). Asimismo, la concentración de PM10, está correlacionado con las variables meteorológicas (Soares et al., 2018).

Asimismo, la humedad relativa, la temperatura y la dirección del viento, son las variables meteorológicas que explican mejor el comportamiento del transporte espacial del material particulado PM10 (Ramos, Bautista and Valdez, 2010).

El objetivo del estudio fue analizar el efecto que tienen las variables meteorológicas en el desplazamiento del PM10 en una industria del sector cerámico de la ciudad e Rioja, Perú.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

2.1.1. Equipos

- Medidor de caudal (Bajo Volumen) – Marca BGI, modelo PQ200
- Estación Meteorológica portátil - Marca DAVIS, modelo Vantage Pro 2
- GPS

2.1.2. Materiales de campo:

- Cable eléctrico
- Cinta aislante
- Cinta de peligro
- Plástico
- Casco
- Chaleco de seguridad
- Estabilizador
- Laptop

2.1.3. Softwares

- Softward Argis, versión 10.4
- Google Earth
- SPSS 24
- Microsoft Excel versión 2016.

2.2. Métodos

2.2.1. Etapa I. Revisión de Literatura

- En primer lugar, se recopilará y revisará la información bibliográfica de tesis, artículos científicos, revistas y libros sobre dispersión de PM10 y su relación con las variables meteorológicas (velocidad, dirección del viento, presión atmosférica, temperatura y humedad relativa).
- Luego se revisará el marco normativo ambiental aplicable para calidad de aire.
- Asimismo, se inspeccionará la zona de estudio y se registrará la información relevante.
- Luego se procederá a la elaboración de fichas de recolección de datos.

2.2.2. Etapa II. Proceso de la Investigación

2.2.2.1. Determinación de partículas (PM₁₀)

En gabinete

- Análisis de estudio previo en la zona a evaluar.
- Identificación de áreas potenciales para la localización de las estaciones de muestreo, teniendo en cuenta algunos criterios como: distancia entre el sitio y lugares de interferencia, altura, disponibilidad de energía eléctrica, disponibilidad de líneas telefónicas para transmisión de datos y comunicación, accesibilidad y seguridad, ausencia de árboles u obstáculos, duración y horario de medición.
- Calibración del equipo de muestreo según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire – Decreto Supremo N°010-2019- MINAM.

En campo

- Reconocimiento de las instalaciones y facilidades de operación.
- Ubicación de la estación de muestreo.

- Selección del parámetro de muestreo: PM10

Tabla 1:

Datos del parámetro PM10

| N° | Sección | Parámetro | Tipo de método | Denominación genérica del método | Norma Técnica correspondiente |
|----|---------|------------------|----------------------|---|---|
| 1 | E.1.1.1 | PM ₁₀ | Método de referencia | Separación inercial/ filtración (gravimetría) | Norma Técnica Peruana: NPT 900.030.2003 |

Fuente: MINAM (2019)

- Frecuencia de muestreo: La frecuencia de muestreo en el área de estudio será una sola vez (24 horas) en los tres puntos de muestreo, indicados en la sección población y muestra.
- Tiempo de toma de muestras para Material Particulado PM10: El tiempo de toma de muestra será de 24 horas continuas, de acuerdo con el MINAM (2017).
- Selección del equipo de muestreo: Se utilizará un Medidor de caudal (Bajo Volumen) – Marca BGI, modelo PQ200

Tabla 2:

Estándares de Calidad Ambiental para Aire – PM10

| Parámetro | Periodo | Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Criterios de evaluación | Método de análisis |
|---|----------|------------------------------------|--------------------------|---|
| Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀) | 24 horas | 100 | NE más de 7 veces al año | Separación inercial/ filtración (gravimetría) |

Nota: NE (No Exceder)

Fuente: MINAM (2017)

2.2.2.2. Material Particulado (PM10)

Para la determinación de Material Particulado PM_{10} se empleará un muestreador de bajo volumen, el cual aspira aire del medio ambiente a flujo constante dentro de un orificio de forma especial, y en donde el material particulado en suspensión es separado inicialmente en fracciones de uno o más tamaños dentro del rango menor a 10 micras para el PM_{10} . El tiempo de muestreo para el PM_{10} fue de 24 h y un caudal de 16.7 L/min. Culminado el período de monitoreo, la muestra se retirará cuidadosamente para luego ser colocada en un lugar limpio y cerrado, lo cual nos permitirá asegurar que las muestras recolectadas no sufran modificaciones, pérdidas o alteraciones. Posteriormente, la muestra será trasladada a un laboratorio acreditado por el INACAL.

2.2.2.3. *Determinación de las variables meteorológicas de la zona de estudio*

- Los datos meteorológicos de medición se obtendrán mediante una estación portátil marca DAVIS, la cual se ubicará en cada uno de los tres puntos de muestreo.
- Asimismo, se considerará las siguientes variables meteorológicas: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, dirección del viento y presión atmosférica.

2.2.3. Etapa III. Análisis de los Resultados

2.2.3.1. *Procesamiento de los resultados*

Se realizará un análisis descriptivo de las variables en estudio (concentración de material particulado PM_{10} y variables meteorológicas), utilizando el Software SPSS 24 con la prueba estadística normalidad. Asimismo, se realizará en análisis de correlación entre las variables en estudio, mediante el coeficiente de correlación R de Pearson.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados 1: Análisis de normalidad

En la tabla 3, se muestra la prueba de normalidad para las variables PM10, temperatura, presión atmosférica, humedad relativa y velocidad del viento. Se obtuvo un p-valor mayor que 0.05; el cual indica que las variables presentan distribución normal. Por ello, procedió a utilizar una prueba paramétrica como R de Pearson.

Tabla 3:

Prueba de normalidad para las variables y dimensiones

| VARIABLE | ESTADÍSTICO | GRADOS DE LIBERTAD | P-VALOR |
|----------------------|-------------|--------------------|---------|
| PM10 | .949 | 3 | .567 |
| Temperatura | .962 | 3 | .623 |
| Presión atmosférica | .852 | 3 | .246 |
| Humedad relativa | .929 | 3 | .485 |
| Velocidad del viento | .993 | 3 | .843 |

3.2. Resultado 2: Análisis de relación entre las variables meteorológicas y el PM10

En la figura 1 se muestra la relación entre la concentración de PM10 y la temperatura. Se observa una relación lineal negativa, con un valor del coeficiente de correlación de -0.81 . Por otro lado, el coeficiente de determinación es 0.66; es decir la temperatura explica el 66% de la dispersión del contaminante.

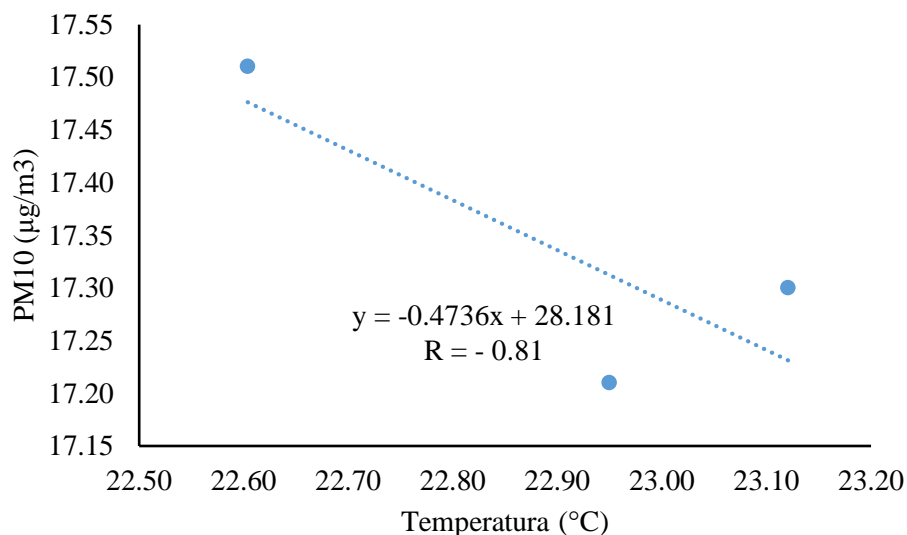


Figura 1: Relación entre la concentración de PM10 y temperatura

Asimismo, en la figura 2 se muestra la relación entre la concentración de PM10 y la presión atmosférica. Se observa una relación lineal negativa; con un valor del coeficiente de correlación de -0.81 . Por otro lado, el coeficiente de determinación es 0.66; es decir la presión atmosférica explica el 66% de la dispersión del contaminante.

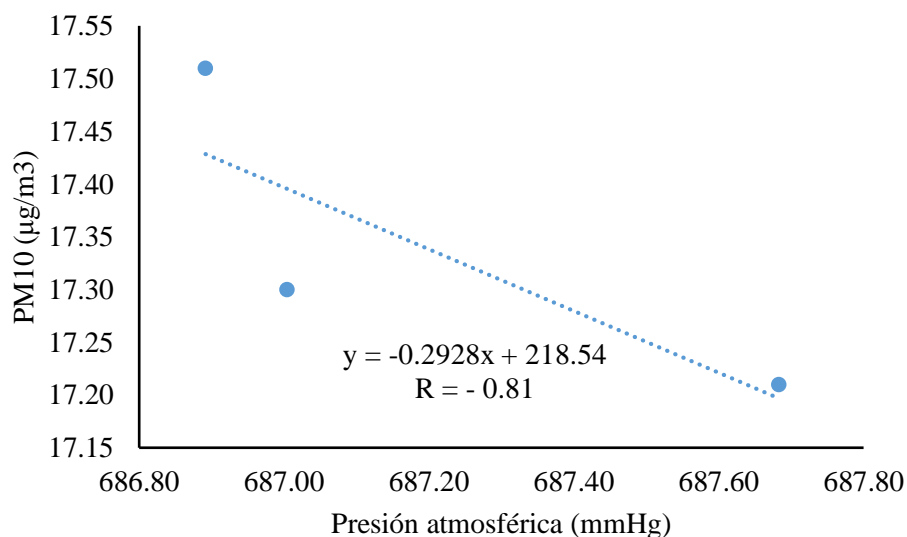


Figura 2: Relación entre la concentración de PM10 y la presión atmosférica

Por otro lado, en la figura 3 se muestra la relación entre la concentración de PM10 y la humedad relativa. Se observa una relación no lineal positiva, con un valor del coeficiente

de correlación de 0.46. Por otro lado, el coeficiente de determinación es 0.21; es decir la humedad relativa explica el 21% de la dispersión del contaminante.

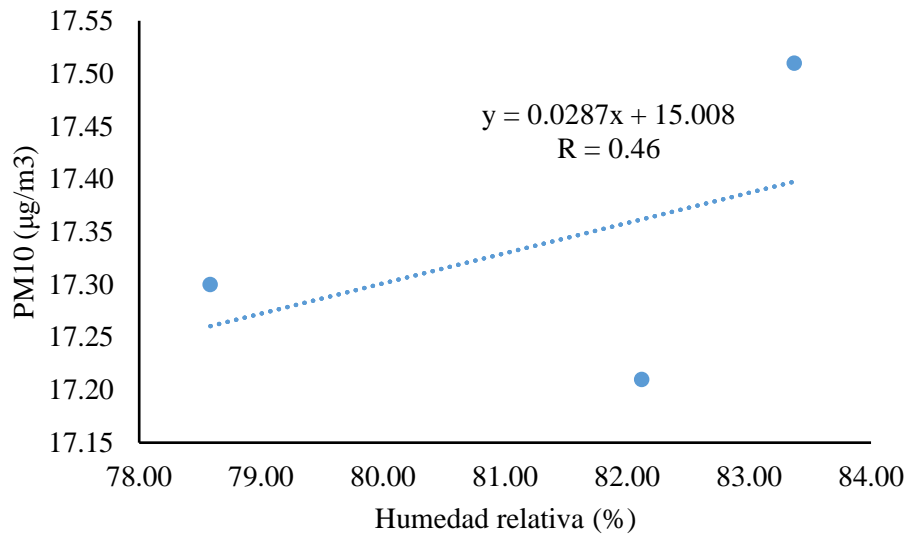


Figura 3: Relación entre la concentración de PM10 y humedad relativa

Asimismo, en la figura 4 se muestra la relación entre la concentración de PM10 y la velocidad del viento. Se observa una relación lineal negativa, con un valor del coeficiente de correlación de -0.62 . Por otro lado, el coeficiente de determinación es 0.38; es decir la velocidad del viento explica el 38% de la dispersión del contaminante.

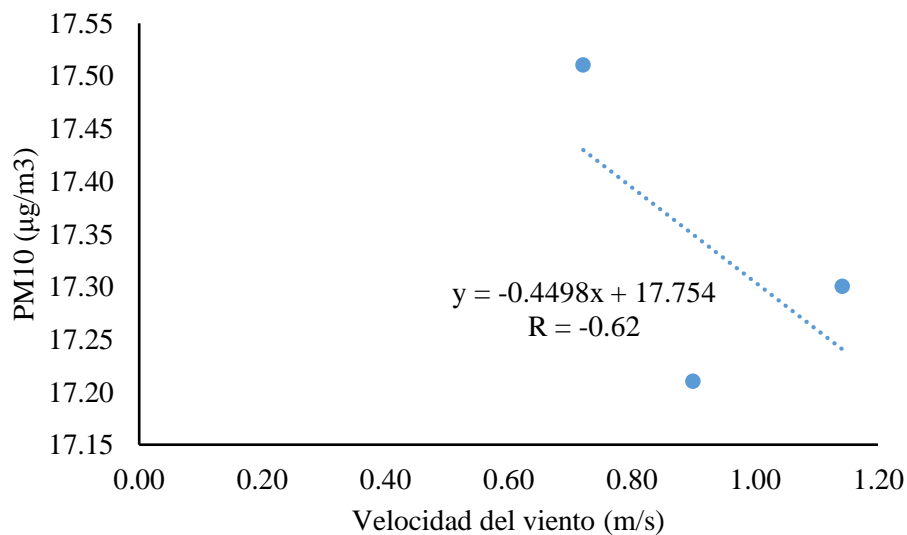


Figura 4: Relación entre la concentración de PM10 y velocidad del viento

Por otro lado, en la tabla 2 se muestra la relación entre la concentración de PM10 y la dirección del viento. Se observa una mayor concentración de PM10 en el punto 3, con una dirección sur oeste. Por ello, se debe tomar cuidado de limitar la presencia de personas en este punto para evitar la inhalación de partículas.

Tabla 4: Relación entre la concentración de PM10 y dirección del viento

| Punto | Dirección del viento | PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------|----------------------|-----------------------------------|
| 1 | SE | 17.21 |
| 2 | WNW | 17.30 |
| 3 | SW | 17.51 |

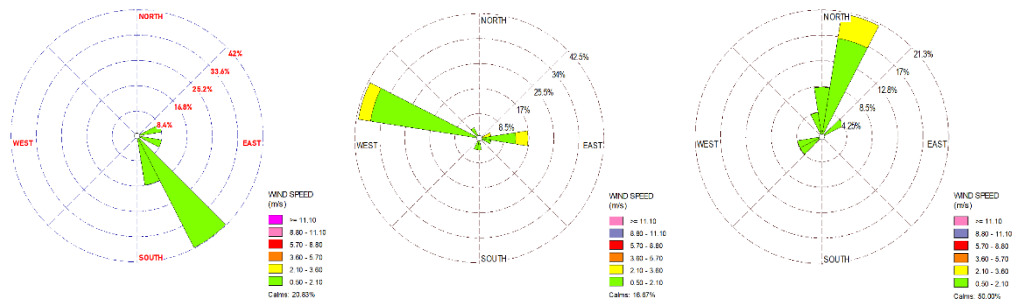


Figura 5: Rosa de viento en los tres puntos de muestreo

4. Discusiones

En el presente estudio se analizó el efecto de las variables meteorológicas en la dispersión del PM10.

Se encontró valores R de Pearson de - 0.62, 0.46, - 0.81 y -0.81, respectivamente para la asociación entre PM10 y las variables meteorológicas velocidad el viento, humedad relativa, presión atmosférica y temperatura. Con respecto a la relación entre PM10 y temperatura, el coeficiente fue negativo, presentando un comportamiento inversamente proporcional, esto quiere decir que a mayor temperatura será menor la concentración de PM10.

Asimismo, entre la presión atmosférica y el PM10 se determinó una correlación de Pearson – 0.81, presentando un comportamiento inversamente proporcional entre las dos variables. Para la ciudad de Santiago, en Chile; se encontró un índice de Pearson de -0.61 (Ramos, Bautista and Valdez, 2010).

Asimismo, una asociación negativa entre el PM10 y la presión atmosférica; lo cual se debe a la fuerza del aire que hace dispersar las partículas menores a 10 micras, disminuyendo con ello su concentración, lo cual se confirma con los hallazgos en una zona industrial de Chiapas, México, donde se encontró un coeficiente de correlación entre el PM10 y la presión atmosférica de -0.509 (Muñoz et al., 2001).

En otro estudio se encontró una relación negativa (r : - 0.75) entre HR y PM10 (Montoya-Rendon, Zapata-saldarriaga and Correa-ochoa, 2013). Esto se debe a que, a mayor humedad relativa, el material particulado tiende a concentrarse en ciertos puntos.

En el presente estudio, se encontró un coeficiente de correlación de 0.46, para la relación entre la humedad relativa y el PM10; mientras que, en otro estudio similar, se encontró un valor de 0.66 para la asociación entre estas variables; este incremento se produce para humedades relativas, superiores al 70% (Rojano et al., 2018). En otro estudio, se encontró un coeficiente de correlación – 0.21; para la asociación entre estas dos variables (Luo et al., 2020).

Por otro lado, el análisis de la dispersión de contaminantes por las variables meteorológicas permite identificar las zonas con mayor concentración de material particulado inhalable (PM10) en la atmósfera (Jacomino et al., 2009).

Con respecto a la correlación entre el PM10 y la velocidad el viento, se encontró un coeficiente R de -0.62 ; este comportamiento se debe a que, a mayor velocidad del viento, las partículas tienden a dispersarse en la cuenca atmosférica. En un estudio similar se encontró un coeficiente de correlación de -0.215 (Rojano, Pérez and Freyle, 2012).

Es importante considerar que, la velocidad del viento es la principal variable meteorológica que contribuye con el transporte y dispersión de las partículas (Chen et al., 2013).

Asimismo, se señala los efectos adversos que tiene la velocidad y dirección del viento y la dispersión del PM10, en un estudio realizado en Beijing, se encontró un coeficiente de correlación de -0.3 para el PM10 y la velocidad el viento (Pacheco et al., 2020), ya que la fuerza del viento, tiende a dispersar las partículas menores a diez micras. Cuando la velocidad del viento, es alta, la cantidad de material particulado, aumenta y proviene del noreste. Esto se debe a que la fuerza del viento, traslada el material contaminante hacia otras zonas, distintas de la fuente. Mientras que, los valores bajos de la velocidad del viento, controlan la calidad del aire, ya que la dispersión de las partículas se vuelve más lenta y por tanto homogénea (Opazo, 2011).

La dinámica de las variables meteorológicas, reducen en gran medida los efectos nocivos del material particulado, es decir, lo dispersan en forma homogénea, en la cuenca atmosférica (Pacheco et al., 2020).

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se encontró que, las variables meteorológicas influyen en la dispersión del PM10, ya que, a mayores valores de temperatura, presión atmosférica y velocidad del viento; la concentración de PM10 se reduce. Mientras que, a mayor humedad relativa, el PM10 aumenta. Asimismo, se observa una mayor concentración de PM10 en el punto 3, con una dirección sur oeste. Se concluye que, las variables meteorológicas influyen en la dispersión del PM10 de la industria cerámica.

5.2. Recomendaciones

Las recomendaciones están dirigidos a la empresa Cerámicos DETT SAC y a las futuras investigaciones:

Seguir profundizando la investigación sobre la relación entre los contaminantes (partículas y gases como NO₂, SO₂, H₂S y CO, etc) y las variables meteorológicas siendo los indicadores para determinar la calidad de aire, también analizar el comportamiento (espacio y tiempo) de los contaminantes después de se emitidos a la atmosfera y como podrían verse afectadas las personas que se encuentran alrededor de la zona de estudio.

Evaluar la calidad del aire periódicamente y que esta información sirva como punto de partida para la empresa.

Proporcionar información al representante legal respecto a los criterios ambientales a cumplir además todo camión que transporte material que pueda generar la emisión de partículas o restos al ambiente por acción del viento, se debería mantendrá cubierto con lona u otro material, a fin de evitar la pérdida y dispersión del material que lleve durante el trayecto., humedecer de acuerdo con la necesidad las vías de desplazamiento de vehículos y maquinarias; así como, realizar el monitoreo de control de humedad en las vías afirmadas.

6. Referencias

- Arciniégas, C. A. (2012) 'Diagnosis and control of particulate material: total suspended particles and respirable fraction, blue moon, 1(34), pp. 195–213. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742012000100012&script=sci_abstract&lng=pt.
- Camara, V. F. et al. (2015) 'Estudio de las emisiones atmosféricas de la industria cerámica en el sur de Brasil, Ceramic, 61(358), pp. 213–218. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00213.pdf>.
- Chen, H. et al. (2013) 'Caracterización de partículas en el ambiente industrial del parque de alta tecnología en Taiwán, Investigación de calidad de aire y aerosoles, 13(1), pp. 699–708. doi: 10.4209/aaqr.2012.06.0155.
- Echabautez, P. (2017). As variáveis meteorológicas e sua influência na dispersão do material sedimentável emitido por olarias. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>.
- Jacomino, V. M. et al. (2009) 'Evaluación de la calidad del aire en un centro industrial de producción de hierro', Sanitary and environmental engineering, 14(4), pp. 511–520. doi: 10.1590/s1413-41522009000400011.
- Luo, H. et al. (2020) 'Variaciones espacio-temporales en material particulado calidad del aire en China: Escala nacional, regional y urbana', atmósfera, 12(1), p. 20. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/1/43/htm>.
- MINAM (2016) 'Evolution of air quality on main urban areas and compliance with regulations', p. 11. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/esda/6-1-3-evolucion-de-la-calidad-del-aire-en-las-principales-areas-urbanas-y-cumplimiento-de-la-normativa-eca/>.
- Monfort, E. et al. (2006) 'Control of diffuse emissions of particulate material at industry', Qualicer, 10(1), pp. 137–150. Recuperado de: <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0062311s.pdf>.
- Montoya-Rendon, M. L., Zapata-saldarriaga, P. M. and Correa-ochoa, M. A. (2013) 'Environmental pollution by MP 10 indoor and inside and outside the home and respiratory capacity in Port Nare', Public Health Journal, 15(1), pp. 103–115. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-00642013000100010&script=sci_abstract&lng=es.
- Muñoz, O. et al. (2001) 'Suspended particles, polycyclic aromatic hydrocarbons and mutagenicity in southwest Mexico City', International of environmental pollution Journal, 17(4). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15416251005>.
- Opazo, D. (2011) Spatial distribution of pollution of particulate material and relationship with high temperature of air on Santiago at 2009. Recuperado de: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/aq-opazo_d/pdfAmont/aq-opazo_d.pdf.

- Pacheco, P. R. et al. (2020) 'Meteorological variables and levels of particulate material MP10 on Andacollo, Chile', *Technological information*, 31(6), pp. 171–182. Available at: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v31n6/0718-0764-infotec-31-06-171.pdf>.
- Ramos, S., Bautista, R. and Valdez, A. (2010) 'Atmospheric and meteorological variables in the north of Chiapas', 26(1), pp. 65–80. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15416251005>.
- Rojano, R. E. et al. (2018) 'Análise e origem das concentrações de TPS e material particulado na mineração a céu aberto com graficos polares', *Informação tecnologica*, 29(6), pp. 131–142. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-07642018000600131&lng=pt&nrm=iso.
- Rojano, R., Pérez, J. and Freyle, E. (2012) 'Efecto de la humedad relativa sobre la dispersión de PM10 in la costa de Colombia', *Engineering Journal*, 35(2), pp. 204–212. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-00642013000100010&script=sci_abstract&tlng=es.
- Soares, G. et al. (2018) 'Influencia de la lluvia en la concentración de PM10.', in *Congreso de ciencia y extensión*. Camboriú, p. 6. Recuperado de: <http://www.camboriu.ifc.edu.br/wp-content/uploads/2018/03/avaliacaoar.pdf>.