

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE CO Y PM<sub>10</sub> EN LA PLANTA DE CONCRETO Y DEPÓSITO DE  
MATERIAL EXCEDENTE DE LA EMPRESA CONSORCIO CARRETERO  
YANTALO MOYOBAMBA-SAN MARTIN - 2024**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**JUAN ARMANDO FLORES USHÑAHUA**

**Tingo María – Perú**

**2026**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°037-2026-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 25 de febrero de 2026, a horas 09:30 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:


**“EVALUACIÓN DE CO Y PM<sub>10</sub> EN LA PLANTA DE CONCRETO Y DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE DE LA EMPRESA CONSORCIO CARRETERO YANTALO MOYOBAMBA-SAN MARTIN-2024”**


Presentado por el Bachiller: **FLORES USHÑAHUA, JUAN ARMANDO** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

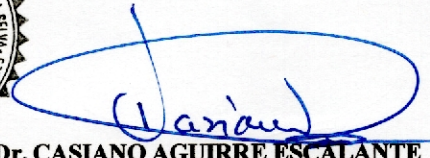
Tingo María, 06 de abril de 2026

  
Ing. MSc. **ABBY SOLANGE DA CRUZ RODRIGUEZ**  
**PRESIDENTE**

  
Ing. MSc. **SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO**  
**MIEMBRO**

  
Dra. **ANGIE TATYANA FERNANDEZ ESCOBAR**  
**MIEMBRO**



  
Dr. **CASIANO AGUIRRE ESCALANTE**  
**ASESOR**

  
Ing. M. Sc. **ALBERTO FRANCO CERNA CUEVA**  
**ASESOR**



UNAS

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 141 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis X Trabajo de Suficiencia Profesional

Table with 4 columns: TÍTULO, AUTOR, SIMILITUD, and CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Row 1: EVALUACIÓN DE CO Y PM10 EN LA PLANTA DE CONCRETO... JUAN ARMANDO FLORES USHÍÑAHUA, 09 % Nueve, 0 % Cero.

Tingo María, 08 de mayo de 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE CO Y PM<sub>10</sub> EN LA PLANTA DE CONCRETO Y DEPÓSITO DE  
MATERIAL EXCEDENTE DE LA EMPRESA CONSORCIO CARRETERO  
YANTALO MOYOBAMBA-SAN MARTIN - 2024**

<b>Autor</b>	: Juan Armando Flores Ushiñahua
<b>Asesores</b>	: Dr. Casiano Aguirre Escalante Ing. M. Sc. Alberto Franco, Cerna Cueva
<b>Área de investigación</b>	: Gestión Ambiental - PICSDS
<b>Grupo de investigación</b>	: Gestión Ambiental
<b>Línea de investigación:</b>	: Gestión de la contaminación.
<b>Lugar de ejecución</b>	: Moyobamba
<b>Duración</b>	: 06 meses
<b>Financiamiento</b>	: S/. 4 833,40
<b>FEDU</b>	: No
<b>Propio</b>	: Si
<b>Otros</b>	: No

**Tingo María – Perú, 2026**

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien es mi guía y fortaleza en cada etapa mi vida. Su infinito amor me ha permitido superar los desafíos e ir logrando mis metas.

A mis queridos padres: Jesús Flores Matías que en paz descansa y Gilma Ushinahua Rengifo, por darme la vida, ser mi apoyo constante y fuente de inspiración. Su amor incondicional, enseñanzas y sacrificios me han permitido este logro profesional, sin ellos nada de esto hubiera sido posible. Los amo con mi vida.

A mis hermanos, Aldo, Ericka y Susan por su apoyo, amor y respaldo constante. Este logro también es de ustedes por ser parte fundamental de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero manifestar mi honesto agradecimiento a Dios por brindarme salud, fortaleza y perseverancia para culminar esta etapa importante de mi vida.

A mi alma mater, la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por proporcionarme una sólida formación académica que fue clave para afrontar los desafíos surgidos durante el desarrollo de esta investigación.

A mis asesores, al Dr. Casiano Aguirre Escalante, y al Ing. M.Sc. Alberto Franco Cerna Cueva, expreso mi agradecimiento por su orientación, así como por su disposición para compartir sus conocimientos y experiencias durante el desarrollo de esta investigación.

A mis jurados: Ing. MSc. Abby Solange Da Cruz Rodríguez, Ing. MSc. Sandra Lorena Zavala Guerrero, Dra. Angie Tatyana Fernández Escobar; les agradezco el tiempo, la dedicación y las valiosas observaciones brindadas para el mejoramiento de la presente investigación.

A mis amigos(as) y compañeros, les agradezco por su apoyo constante y sus palabras de aliento a lo largo de toda mi etapa académica, por acompañarme en las noches de desvelo, exposiciones, trabajos y más. Gracias de todo corazón.

A la empresa Consorcio Carretero Yantalo, por darme el espacio y las facilidades para la ejecución de mi tesis en sus establecimientos dentro de la obra que tuve la oportunidad de trabajar como asistente de seguridad y salud en el trabajo.

Mi agradecimiento a mis amigos: Jerson, Randy y Lizeth por su apoyo y su colaboración en la etapa de ejecución de esta tesis.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.1.1. Internacional .....	4
2.1.2. Nacional.....	5
2.1.3. Local .....	7
2.2. Marco teórico.....	7
2.2.1. Depósito de material excedente .....	7
2.2.2. Planta de concreto.....	8
2.2.3. Monóxido de carbono (CO).....	8
2.2.4. Material particulado.....	8
2.2.4.1. Tipos de material.....	9
2.2.5. Tren de muestreo .....	9
2.2.6. Laboratorio acreditado.....	9
2.2.7. Impactos a la salud .....	10
2.2.8. Composición de los materiales particulados .....	10
2.2.9. Fuentes de emisiones de los materiales particulados.....	11
2.2.10. Estándar de calidad ambiental (ECA) aire .....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1. Lugar de ejecución.....	13
3.1.1. Ubicación política.....	13
3.1.2. Ubicación geográfica .....	13
3.1.3. Características generales.....	14
3.1.3.1. Accesibilidad.....	14
3.1.3.2. Relieve .....	15
3.1.3.3. Geología.....	15
3.1.3.4. Hidrología .....	15
3.1.3.5. Suelos.....	16

3.1.3.6. Topografía.....	16
3.2. Materiales y equipos.....	16
3.2.1. Materiales .....	16
3.2.2. Equipos .....	17
3.2.3. Software.....	17
3.3. Criterios de investigación .....	17
3.3.1. Nivel de investigación .....	17
3.3.2. Tipo de investigación .....	17
3.3.3. Diseño de investigación.....	17
3.3.4. Población .....	17
3.3.5. Muestra .....	18
3.3.6. Técnica de investigación .....	18
3.3.7. Instrumento de investigación.....	18
3.3.8. Variables de investigación.....	18
3.3.9. Validación y confiabilidad de los instrumentos .....	18
3.3.10. Análisis estadístico .....	19
3.4. Metodología.....	19
3.4.1. Descripción de los procesos de las actividades específicas que generan las emisiones del PM <sub>10</sub> y CO en las dos áreas auxiliares.....	19
3.4.2. Evaluación de las concentraciones del PM <sub>10</sub> y CO en la planta de concreto y depósito de material excedente de la empresa Consorcio Carretero Yantaló ..	19
3.4.3. Comparación de las concentraciones de material particulado del PM <sub>10</sub> y CO con el ECA aire del MINAM .....	21
3.4.4. Propuesta de estrategias y/o acciones para la mejora de la gestión ambiental de las actividades de las obras arte en construcción para minimizar las concentraciones de PM <sub>10</sub> y CO de la empresa Consorcio Carretero Yantaló .....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Descripción de los procesos de las actividades específicas que generan las emisiones del PM <sub>10</sub> y CO en la planta de concreto y el DME <sub>2</sub> .....	22
4.1.1. Proceso de la actividad de la planta de concreto .....	22
4.1.2. Proceso de la actividad del depósito de material excedente (DME) .....	24
4.2. Evaluación de las concentraciones del PM <sub>10</sub> y CO en la planta de concreto y el DME <sub>2</sub> .....	26

4.2.1. Análisis de laboratorio de las muestras tomadas .....	26
4.3. Comparación de las concentraciones del PM <sub>10</sub> y CO con el ECA aire del MINAM27	
4.4. Propuesta de estrategias y/o acciones para la mejora de la gestión ambiental y para minimizar las concentraciones de PM <sub>10</sub> y CO de la empresa Consorcio Carretero Yantaló .....	28
4.4.1. Control de emisiones de PM <sub>10</sub> y CO en la planta de concreto .....	28
4.4.2. Control de emisiones de PM <sub>10</sub> y CO en el Depósito de Material Excedente DME <sub>2</sub> .....	31
V. CONCLUSIONES .....	35
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	36
VII. REFERENCIAS .....	37
ANEXOS .....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pagina
1. Tipos de residuos inertes en material particulado .....	11
2. Georreferencia de la planta de concreto y el DME .....	13
3. Datos de campo obtenido en el proceso de muestreo de calidad del aire.....	20
4. Reporte del PM <sub>10</sub> en los puntos de muestreo en el tiempo.....	26
5. Reporte del CO en los puntos de muestreo en el tiempo.....	26
6. Reporte del PM <sub>10</sub> en los puntos de muestreo en el tiempo.....	27
7. Reporte del CO en los puntos de muestreo en el tiempo.....	27
8. Procedimientos de las actividades, efectos y medidas de mitigación para la planta de concreto .....	29
9. Medidas de mitigación representativas en la planta de concreto .....	30
10. Procedimientos de las actividades, efectos y medidas de mitigación para el Depósito de Material Excedente (DME <sub>2</sub> ) .....	32
11. Medidas de mitigación representativas en el depósito de material excedente (DME <sub>2</sub> ).....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pagina
1. Ubicación de la planta de cemento y el DME <sub>2</sub> .....	14
2. Mapa de relieve de la ubicación de la planta de concreto y el DME <sub>2</sub> .....	15
3. Mapa hidrológico de la ubicación de la planta de concreto y el DME <sub>2</sub> .....	16
4. Actividades y componentes de la planta de concreto.....	23
5. Flujograma del procedimiento de las actividades de la planta de concreto.....	23
6. Actividades del Depósito de Material Excedente (DME <sub>2</sub> ).....	24
7. Flujograma del procedimiento de las actividades del Depósito de Material Excedente (DME <sub>2</sub> ).....	25
8. Punto de muestreo de la planta de concreto.....	59
9. Planta de concreto.....	59
10. Abastecimiento de agua a los tanques de la planta de concreto.....	60
11. Tolvas de grava y arena.....	60
12. Abastecimiento de cemento para el procedimiento de mezcla en los mixers.....	61
13. Personal implementado para el abastecimiento de cemento.....	61
14. Instalación del Tecora para la medición del material particulado PM <sub>10</sub> en la planta de concreto.....	62
15. Colocación del filtro PM <sub>10</sub> en el equipo Tecora para la medición del PM <sub>10</sub> en la planta de concreto.....	62
16. Instalación del tren de muestreo para la medición del gas CO en la planta de concreto....	63
17. Punto de muestreo del DME <sub>2</sub> .....	63
18. Extracción de material por la excavadora del DME <sub>2</sub> .....	64
19. Carguío del material a los volquetes al DME <sub>2</sub> .....	64
20. Transporte de material excedente al DME <sub>2</sub> .....	65
21. Descargue del material excedente.....	65
22. Instalación completa de los equipos de muestreo del PM <sub>10</sub> y CO en el DME <sub>2</sub> .....	66
23. Operatividad de los equipos de muestreo del PM <sub>10</sub> y CO en el DME <sub>2</sub> .....	66

## RESUMEN

El objetivo fue analizar la concentración de  $PM_{10}$  y CO generados por las actividades de construcción en la obra. Teniendo como métodos el muestreador de bajo volumen (Ter Tecora) y el método dinámico (tren de muestreo). Encontrándose como resultado concentraciones de  $14,03 -76,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{10}$ ) y  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en el periodo de evaluación de agosto y octubre en la planta de concreto, mientras, se reportó concentraciones de  $12,89 -14,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{10}$ ) y  $300-560 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en el periodo de evaluación de agosto y octubre en el depósito de material excedente, además, se describieron las actividades que se desarrollaron en ambas áreas auxiliares, como también se propuso estrategias para minimizar el impacto ambiental ocasionado por ambos contaminantes. Concluyéndose que los valores reportados no superaron la normativa ambiental vigente, asimismo, se propuso estrategias para mitigar los impactos ambientales generadas en ambas áreas auxiliares.

**Palabras clave:**  $PM_{10}$ , CO, planta de concreto, DME y estrategias.

## ABSTRACT

The objective was to analyze the concentration of PM<sub>10</sub> and CO generated by construction activities at the site. The methods used were the low volume sampler (Ter Tecora) and the dynamic method (sampling train). As a result, concentrations of 14,03 -76,20 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>) and 300 µg/m<sup>3</sup> (CO) were found in the evaluation period of August and October in the concrete plant, while concentrations of 12,89 -14,18 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>) and 300-560 µg/m<sup>3</sup> (CO) in the evaluation period of August and October in the excess material deposit, in addition, the activities that were developed in both auxiliary areas were described, as well as strategies to minimize the environmental impact caused by both pollutants were proposed. It was concluded that the values reported did not exceed current environmental regulations, and strategies were proposed to mitigate the environmental impacts generated in both auxiliary areas.

**Keywords:** PM<sub>10</sub>, CO, concrete plant, DME and strategies.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la creciente preocupación por la contaminación atmosférica derivada de las obras de construcción a nivel mundial exige una reflexión profunda sobre la urgencia de abordar este fenómeno. En tal escenario, la emisión de gases de dióxido de carbono se presenta como uno de los principales catalizadores del calentamiento global, siendo responsable del 38 % de este gas contaminante asociado con la energía y los procesos, relacionadas con las actividades de construcción, que abarcan desde las operaciones en obra, hasta el transporte y la producción de materiales constructivos (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2019). Del mismo modo, la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC, 2019) detalla que otro contaminante asociado a este sector es el polvo ( $PM_{10}$ ), derivado de elementos como el cemento, la arena, la madera o la piedra, que contribuye con un 8,3 % de las emisiones de partículas en la atmósfera, que al dispersarse a grandes distancias y persistir en el tiempo puede acarrear serios problemas de salud tanto para seres humanos como para animales.

En el Perú las empresas de construcción dedicadas a las actividades de obra de arte y carretera, conlleva al uso del cemento y transporte de material excedente respectivamente, estos a su vez generan emisiones de material particulado ( $PM_{10}$ ) y monóxido de carbono (CO). En el Perú las evaluaciones de calidad de aire han constatado que uno de los principales contaminantes atmosféricos es el  $PM_{10}$ . En la ciudad de Lima, se estima que cada año se pueden atribuir alrededor de 2 300 muertes a causa de este contaminante (Bendezu et al., 2019). La existencia de partículas microscópicas  $PM_{10}$  en el entorno da lugar a impactos adversos en la salud, especialmente relacionados con enfermedades respiratorias, afecciones cardíacas así como la posibilidad de desarrollar cáncer, ello debido a que las partículas en suspensión presentes en el aire superan el ECA y los niveles máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que ha resultado en un aumento en las tasas de enfermedad y muerte en las últimas dos décadas (Betetta, 2019). En la ciudad de Moyobamba capital de la región San Martín, el gobierno regional viene ejecutando diversos proyectos de construcción civil entre ellos destacando los proyectos de mejoramientos de carretera y obras de arte tales como veredas, cunetas, sardineles etc. Los trabajadores que vienen ejecutando estas obras son los que mayormente están expuestos a estas emisiones de las cuales no sabemos la cantidad que se generan diariamente, muchas de las empresas constructoras que ejecutan estos proyectos no cuentan con una evaluación completa de gases y material particulado dentro de su plan de manejo ambiental.

En el presente trabajo de investigación se ha calculado los niveles de material particulado ( $PM_{10}$ ) y Monóxido de carbono (CO) presente en la planta de concreto y el depósito de material excedente ( $DME_2$ ) de la empresa Consorcio Carretero Yantaló. Los monitoreos se realizaron durante la ejecución de la obra, se tomó estas dos áreas, por motivo que en estas zonas tenemos mayores actividades tanto humanas como maquinaria. En la planta de concreto se realizan actividades como descarga de cemento, así como también la carga de este y a su vez la preparación de mezcla para concreto. Por otro lado, en el depósito de material excedente ( $DME_2$ ), se observó un flujo constante de movilización de volquetes, los cuales descargan el material sobrante proveniente de la carretera.

El monitoreo se realizó siguiendo el protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire así también nuestros resultados se compararon con el ECA aire – D.S. N° 003-2017-MINAM. Con referencia a la problemática lo que se buscó saber, si durante el procedimiento del preparado del concreto existió una alta concentración de emisiones de  $PM_{10}$  y CO, así también durante el transporte y descarga del material excedente, por lo cual, nos hacemos la siguiente interrogante: ¿Las emisiones de  $PM_{10}$  y CO generado en la planta de concreto y el  $DME_2$  por las actividades de las obras de arte y movimiento de tierra de la empresa Consorcio Carretero Yantaló sobrepasan el ECA del aire? Suponiendo la siguiente hipótesis: Las emisiones de material particulado  $PM_{10}$  y Monóxido de carbono CO generados por las actividades mencionadas no sobrepasan el ECA del aire. El aporte de esta investigación sirvió para conocer los niveles de emisiones generados por estas actividades constructivas realizados y a su vez se tomó medidas correctivas en caso de que sobrepasen los estándares de calidad ambiental, mejorando un ambiente saludable en el trabajo tanto para los trabajadores como para el medio ambiente.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Evaluar las concentraciones de monóxido de carbono (CO) y material particulado ( $PM_{10}$ ) en la Planta de concreto y depósito de material excedente de la empresa Consorcio Carretero Yantaló, Moyobamba-San Martín.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Describir el proceso de las actividades específicas en las cuales se generan las emisiones del  $PM_{10}$  y CO en las dos áreas auxiliares.

- Evaluar las concentraciones del material particulado  $PM_{10}$  y las concentraciones de CO en la planta de concreto y depósito de material excedente de la empresa Consorcio Carretero Yantaló.
- Comparar las concentraciones de material particulado del  $PM_{10}$  y CO con el ECA aire del MINAM.
- Proponer estrategias y/o acciones que puedan mejorar la gestión ambiental de las actividades de las obras de arte en construcción para minimizar las concentraciones de  $PM_{10}$  Y CO de la empresa Consorcio Carretero Yantaló.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Internacional

Tirado (2022) evaluó la concentración de  $PM_{10}$  en el barrio Ciudad Salitre Localidad de Fontibón, donde evaluó las concentraciones de la calidad del aire durante 27 días, además, analizó las enfermedades respiratorias-cardiovasculares y su relación. Los resultados reportaron un promedio de medición de  $24,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$ , con ello cumplió la normativa ambiental la resolución 2254 de 2017. El autor concluyó que las estaciones de Fontibón como Móvil Fontibón reportó mayores concentraciones en agosto del 2022, además, la rosa de viento señala la dirección noreste a una velocidad entre 5 y 7 m/s.

Reinoso y Tello (2021) evaluaron la calidad del aire ambiente de las bloqueras artesanales del área urbana del cantón Cuenca mediante el  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y nivel de presión sonora. La medición de la presión sonora y material particulado evaluaron en seis ciudades, para ello utilizaron el método gravimétrico y posteriormente llevaron al laboratorio para su análisis. El resultado que encontraron concentraciones elevadas de  $PM_{10}$  desde 163,06 a  $242,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  además de un nivel de ruido de 86,21 dB en la producción de bloques de cemento. Los autores concluyeron que para el nivel de ruido y la concentración de  $PM_{10}$  superaron la normativa establecida debido a la alta producción de bloques de cemento y al tráfico vehicular que transportan los materiales requeridos para la producción del cemento.

Sánchez y Taguada (2021) identificaron los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes fijas en la elaboración de bloques de cemento. Siguió la metodología relacionada con la calidad del aire y los límites máximos de emisión de ruido para instalaciones fijas, usaron el equipo E-BAM, con una periodicidad de 10 min durante 48 h por cada punto unas 24 h para  $PM_{10}$ . El resultado reportado en Guápulo con un valor de  $33,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $PM_{10}$ , mientras que en Patután tuvo un valor de  $34,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{10}$ ), además en Santo Samana con un valor de  $22,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{10}$ ) y para La Calera con un valor de  $19,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{10}$ ). Los autores concluyeron que en los puntos de monitoreo ninguno superaron el LMP del aire en una evaluación de 24 h.

Paguay (2020) determinó y caracterizó las concentraciones de material particulado sedimentable en la comunidad de Gatazo Grande cantón Colta por incidencia industrial. Para ello empleó una metodología que implicó la instalación de equipos de monitoreo

in-situ y sedimentadores para el material particulado sedimentable (MPS), las cuales colocaron en varios puntos de muestreo, donde evaluaron la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, por 10 días de monitoreo. El resultado reportado de la concentración de PM<sub>10</sub> cercano a la fuente de emisión fue de 0,5072 mg/cm<sup>2</sup>/mes. El autor concluyó que supera el LMP por la OMS, pero no el LMP por el TULSMA al comparar el PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>.

Mora (2022) analizó la calidad del aire influenciada por obra civil en la parroquia Tarqui de la ciudad de Guayaquil. El método empleado fue la utilización del muestreador de alto volumen y el método óptico. Encontró como resultado valores de PM<sub>10</sub> de 68,9 µg/m<sup>3</sup> en la etapa de construcción y de 13,25 µg/m<sup>3</sup> en la etapa de post-construcción. El autor concluyó que en la obra de la zona A y B no superaron el Acuerdo Ministerial 097-A.

### **2.1.2. Nacional**

Flores (2020) determinaron los efectos del aislamiento covid-19 en la calidad de aire. Para ello consideró cinco puntos de muestreo en la provincia de Lima donde midió las concentraciones de CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>. El resultado reportado fue 73,42 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> en la ciudad de Carabayllo, 28,13 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> en la ciudad de Carabayllo, 100,30 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> en la ciudad de Carabayllo, 23,59 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> en la ciudad de Carabayllo y 28,62 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> en la ciudad de Carabayllo. El autor concluyó que existió una disminución relevante al O<sub>3</sub>, también hubo una disminución del CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> pero no de manera relevante.

Fernández y Potenciano (2021) determinaron la contaminación en el aire por PM<sub>10</sub> en la zona urbana de la ciudad de Chiclayo. El monitoreo del PM<sub>10</sub> lo realizó en el cercado de la ciudad de Chiclayo. El resultado reportado fue de 68,0865 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>) en 24 h de medición. El autor concluyó que no se superó el límite y con ello cumplió con lo estipulado en el ECA aire.

Chomba y Valerio (2020) evaluaron la calidad del aire en escenarios de congestión vehicular provenientes del parque automotor del distrito de San Borja. Los autores tomaron de muestra en las estaciones N° 1 (San Borja Centro) y N° 2 (San Borja Norte) en la estación de monitoreo CA-SB-01. El resultado que reportaron para el PM<sub>10</sub> fue de 37,5 µg/m<sup>3</sup>, mientras que la estación de monitoreo CA-SB-02 el PM<sub>10</sub> fue de 12,3 µg/m<sup>3</sup>. Los autores

concluyeron que ambas estaciones de monitoreo ninguna superaron supera la normativa ambiental vigente, reportando una calidad del aire aceptable.

Alva (2019) determinaron la concentración  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , CO,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , que se genera en la planta de producción de CaO en Puylucana. Para ello empleó el método de monitoreo donde registró las emisiones atmosféricas a través de un contador de partículas HANDHELD 3016 IAQ y un sensor de gases AEROQUAL S200. Los resultados del estudio indicaron una concentración media  $PM_{10}$  de  $12,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que, para el  $PM_{2,5}$  fue de  $18,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , asimismo, para el CO fue de  $9\ 968,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para el  $SO_2$  fue de  $17,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y para el  $NO_2$  fue de  $93,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El autor concluyó que las concentraciones de emisiones atmosféricas no superan el ECA aire en la zona de estudio.

Carbajal (2022) evaluó la calidad de aire en la comunidad de Sacsamarca por la emisión del material particulado suspendido en Huancavelica. Se eligió siete puntos de monitoreo mediante un muestreo no probabilístico. Los resultados fueron entre  $29,2$ - $163,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{10}$ ) y entre  $11,7$  a  $93,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{2,5}$ ). El autor concluyó que la calidad del aire está categorizada como moderada, no saludable e insalubre, debido a la presencia de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ .

Dalens y Macdo (2022) evaluaron la calidad del aire por emisiones de CO,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$  generado por la industria ladrillera en Cusco. Para ello lo desarrollaron en las zonas de Sucso Aycaylle y Pícol Orcompujio, instalaron dos equipos para el monitoreo de calidad de aire. Los resultados mostraron que el primer monitoreo (mayo) las concentraciones fueron de  $30,3$  y  $16,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{2,5}$ ), asimismo, fue de  $85,4$  y  $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{10}$ ) y fue de  $738 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en ambos puntos, asimismo, para el segundo monitoreo (junio) se encontró de  $49,4$  y  $38,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{2,5}$ ), mientras que para el  $PM_{10}$  fue de  $115,4$  y  $57,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y para el CO fue de  $5\ 382$  y  $4\ 939 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los autores concluyeron que el estado de la calidad del aire en la zona de la ladrillera de San Jerónimo en Cusco se considera moderada con una calidad del aire tolerable.

Grattelli (2022) determinó las emisiones de  $PM_{10}$ , CO y ruido industrial que generaron las empresas de “Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza SAC” y “Cerámicas Jupiter” de Pucallpa. Se utilizó el Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad del aire (MINAM, 2019), y la metodología del Protocolo Nacional de Monitoreo de ruido (MINAM, 2013). Los resultados encontrados fueron de  $8\ 290,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) y  $162,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $PM_{10}$ ) para

la empresa “Fortaleza” y mientras que,  $5\,731,2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) y  $73,2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) para la empresa “Júpiter”. El autor concluyó que solo en la empresa “Fortaleza” existe contaminación debido a que superan la normativa ambiental vigente.

Nájar (2021) determinó la relación entre la calidad del aire y la construcción de un centro de almacenamiento. Se utilizó un muestreador de aire de bajo flujo para el PM<sub>10</sub> y un analizador de gases para el CO. Encontró como resultado que encontró  $152,4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) y  $117,6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>), mientras que  $600\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) y  $1\,150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en la localidad de Barlovento. El autor concluyó que superó el ECA de aire en el PM<sub>10</sub> pero no superó en el CO, asimismo, propuso medidas rigurosas de manejo ambiental para proteger la calidad del aire y la salud de la población.

### **2.1.3. Local**

Quiroz (2019) comparó la concentración del polvo atmosférico sedimentable entre vías pavimentadas respecto a las vías no pavimentadas de la ciudad de Uchiza. Instaló dieciséis estaciones en la Avenida Atahualpa (vía pavimentada) y Avenida Ricardo Palma (vía no pavimentada) en Uchiza. Los resultados promedio de concentración del Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en vías pavimentadas fueron  $0,6187$ ,  $0,5938$  y  $0,6658\ \text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$  en octubre, noviembre y diciembre. El autor concluyó que el PAS superaron el ECA aire en los puntos de muestreo.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Depósito de material excedente**

Condori (2018) menciona que el depósito de material excedente es un lugar designado para almacenar o depositar materiales que no se están siendo utilizados en un momento determinado, ya sea porque son sobrantes generados durante la ejecución de un proyecto o porque se consideran innecesarios en ese momento, pero que se consideran excedentes o adicionales a las necesidades inmediatas.

Espacio destinado para el almacenamiento del material de corte, y una vez que se haya compactado adecuadamente capa por capa, se procederá a colocar la capa de materia orgánica (Top soil). Sobre esta capa se llevará a cabo la revegetación utilizando las especies vegetales autóctonas correspondientes, ya sean herbáceas, arbóreas, arbustivas o una combinación de ellas (MTC, 2005).

### **2.2.2. Planta de concreto**

Palacio (2019) menciona que la planta de concreto es una instalación industrial diseñada para producir concreto en grandes cantidades de manera eficiente y controlada, las cuales se utilizan en proyectos de construcción, infraestructura y obras civiles. En ella se incluyen equipos y maquinaria especializada para la dosificación precisa de los materiales que componen el concreto, como cemento, agregados (arena, grava), agua y aditivos.

Dane (2019) señala que el concreto es uno de los materiales esenciales para el sector de la construcción, tanto en obras civiles realizadas en el país como en las etapas iniciales de construcción de edificaciones. Por ello, el indicador de producción de concreto se considera un indicador líder con gran potencial para este sector.

### **2.2.3. Monóxido de carbono (CO)**

Figuerola et al. (2022) señalan que el CO es un gas que carece de color, olor y sabor, generado como resultado de la combustión incompleta de diversos materiales orgánicos que contienen carbono. La exposición a este gas, puede provocar en las personas enfermedades neurológicas (cefaleas, problemas de memoria, disfunción cognitiva, ansiedad, entre otros.) y afectación cardiaca.

Es un gas sin presencia de las propiedades organolépticas. La mayor parte del CO presente en la atmósfera proviene de fuentes naturales. Entre las fuentes humanas de CO se encuentra principalmente el parque automotor, y otras (OEFA, 2015).

### **2.2.4. Material particulado**

Alencar et al. (2022) menciona que el material particulado son partículas microscópicas suspendidas en el aire (polvo, ceniza, hollín, partículas metálicas, compuestos orgánicos y otros materiales) las cuales varían en tamaño y composición. La presencia de estas partículas en la atmosfera puede ocasionar diversos efectos en la salud humana, como problemas respiratorios y cardiovasculares y además en el medio ambiente puede afectar la calidad del aire, contribuyendo a la formación de niebla y afectar la visibilidad.

La EPA (2017) señala que el PM es una combinación de partículas sólidas y gotas líquidas presentes en el aire. Las partículas con un tamaño inferior a 10  $\mu\text{m}$

suelen mantenerse suspendidas de manera estable en la atmósfera durante largos periodos y pueden ser transportadas a grandes distancias gracias al viento (Carciner, 2007).

#### **2.2.4.1. Tipos de material**

Franco-Salinas et al. (2023) señalan los tipos de materiales particulados los cuales son:

##### **A. Partículas sólidas**

**Polvo:** partículas sólidas finas de diversos orígenes como minerales, metales, cenizas, etc.

**Humo:** partículas sólidas finas producidas por la combustión incompleta de materiales orgánicos.

**Fibras:** partículas sólidas alargadas como el asbesto o las fibras de vidrio.

##### **B. Partículas líquidas**

**Niebla:** gotas líquidas suspendidas en el aire, como el rocío o la neblina.

**Aerosoles:** partículas líquidas muy finas dispersas en un gas, como el spray de pintura o los pesticidas.

##### **C. Partículas mixtas**

**Smog:** mezcla de partículas sólidas y líquidas, como las producidas por la contaminación industrial y vehicular.

#### **2.2.5. Tren de muestreo**

Se trata de un método utilizado para recolectar y medir gases, capaz de determinar la concentración de NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, O<sub>3</sub> y benceno (OEFA, 2015). Es una técnica configurada específicamente para la captura de gases, diseñada según los elementos a analizar y siguiendo la metodología correspondiente (OEFA, 2004).

#### **2.2.6. Laboratorio acreditado**

Un laboratorio acreditado es un Organismo de Evaluación de la Conformidad (OEC) que posee la competencia técnica certificada por el INDECOPI para

realizar tareas específicas de evaluación de conformidad. Por esta razón, sus resultados son más confiables, no solo en cuanto a los análisis realizados, sino también respecto al sistema de gestión que debe estar implementado en todo laboratorio acreditado (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2015).

### **2.2.7. Impactos a la salud**

Rodríguez (2019) señala la exposición del ser humano al CO les produce cefaleas, náuseas, vómitos, también les causa síntomas más graves como parálisis y adormecimiento de las piernas, visión borrosa, tinnitus (percepción de ruidos o zumbidos anormales en los oídos). Asimismo, Fernández et al. (2007) mencionan que el gas de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) ocasiona mareos, vómito, diarrea y fatiga crónica, enfermedades neurológicas (cerebeloso y cognitivo) causando en las personas trastorno de conducta, dificultad y alteración en el habla. Por otra parte, Alcalá et al. (2013) consideran que la intoxicación por el gas de dióxido de azufre ( $SO_2$ ) origina debilidad, lo que disminuye las defensas pulmonares y ocasiona infección a las vías respiratorias que provoca asma bronquial, además provoca afecciones cardiovasculares y en última instancia la muerte, del mismo modo, la exposición al dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) irrita los pulmones generándoles bronquitis y neumonía.

Por otro lado, Galvis et al. (2021) señala que la exposición por  $PM_{10}$  produce enfermedades degenerativas en las personas, debido a las altas aglomeraciones de partículas contaminantes en el medio ocasionan afecciones al sistema cardiovascular causándoles riesgo de hipertensión arterial, de igual forma afecta al sistema pulmonar provocando trastornos inflamatorios como tos, bronquitis, asma, rinosinusitis y enfisema pulmonar (dificultad para respirar). Poma (2008) señala que la exposición al plomo desencadena enfermedades como anemia, hipertensión arterial, disfunción renal, cansancio y efectos neurológicos como la encefalopatía (pérdida de la función cerebral), somnolencia, irritabilidad, cefalea, entre otras.

### **2.2.8. Composición de los materiales particulados**

El material particulado consiste en partículas sólidas o líquidas, tanto inertes como vivas, excluyendo el agua no combinada, que se encuentran en la atmósfera bajo condiciones normales. Las partículas inertes están compuestas por residuos orgánicos e inorgánicos. Además, el material particulado interactúa con diversas sustancias atmosféricas, originando compuestos químicos tanto orgánicos como inorgánicos (Maldonado, 2012).

García (2002) señala que el material particulado presenta una gran variedad en cuanto a tamaño, forma y composición, por lo cual su identificación se realiza según su diámetro aerodinámico. Este parámetro se define como el diámetro de una esfera con densidad uniforme que cae a la misma velocidad terminal que la partícula en cuestión, considerando su forma y densidad. Con base en este criterio, las partículas pueden clasificarse en finas y gruesas. Además, el material particulado está vinculado a la presencia de compuestos con efectos genotóxicos, mutagénicos o cancerígenos conocidos.

**Tabla 1.** Tipos de residuos inertes en material particulado

<b>Residuos orgánicos</b>		<b>Residuos inorgánicos</b>
<b>Origen vegetal</b>	<b>Origen animal</b>	
Fragmentos de madera, algodón, almidón, fibras diversas.	Lana, seda, epidermis, plumas, escamas.	Carbonatos, cloruros, sílice, sulfatos, arcilla, yeso, hollín, alquitrán, carbón, metales y minerales.

Fuente: Maldonado (2012)

### **2.2.9. Fuentes de emisiones de los materiales particulados**

#### **A. Según el tipo de fuente generadora**

Las partículas se dividen en naturales y antropogénicas. Entre las naturales se encuentran partículas sólidas originadas por el rocío del agua de mar, polen, polvo, entre otros. Estas suelen ser partículas grandes y permanecen poco tiempo en la atmósfera. Por otro lado, las fuentes antropogénicas incluyen actividades como procesos industriales de extracción, la quema de combustibles fósiles y otros (Maldonado, 2012).

#### **B. Según la naturaleza de las partículas emitidas**

De acuerdo con la naturaleza de las partículas emitidas, estas se clasifican en fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias incluyen áreas geológicas como el polvo de caminos y procesos agrícolas. Por otro lado, las fuentes secundarias pueden ser inorgánicas, como los  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$  que provienen de fertilizantes usados en la agricultura, el transporte, los suelos y otros (Maldonado, 2012).

### **2.2.10. Estándar de calidad ambiental (ECA) aire**

Es un instrumento normativo que establece los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes en el aire, con el objetivo principal de proteger la salud humana y la integridad del ambiente. Estos estándares se fijan considerando evidencia científica sobre los efectos de la contaminación atmosférica y forman parte fundamental de la gestión ambiental (Tirado et al., 2023).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El lugar de ejecución del trabajo de investigación se encuentra en la ciudad de Moyobamba, capital de la región San Martín, donde se está ejecutando la obra “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL RUTA SM-113, TRAMO MOYOBAMBA-YANTALO-NUEVO SAN IGNACIO DEL DISTRITO DE YANTALO-PROVINCIA DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”, y dentro de esta obra en ejecución se ha tomado dos puntos estratégicos en consideración donde se realizaron el monitoreo de las emisiones de PM<sub>10</sub> y CO que se vienen generado durante las actividades realizadas en la planta de concreto y depósito de material excedente (DME<sub>2</sub>).

##### 3.1.1. Ubicación política

Región : San Martín  
Provincia : Moyobamba  
Distritos : Moyobamba y Yantaló

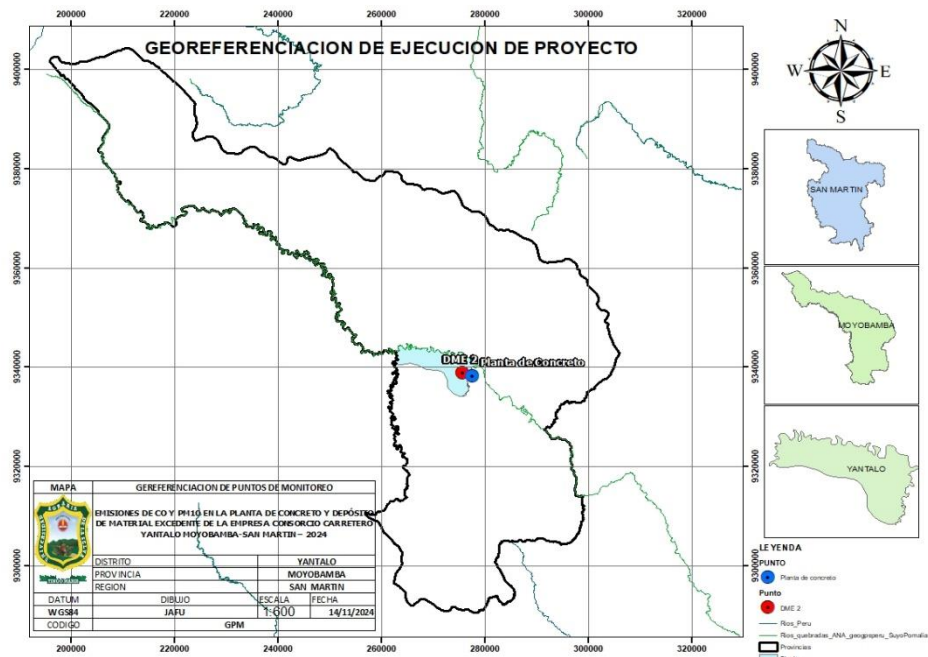
##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente la planta de concreto y DME<sub>2</sub> (Depósito de Material Excedente) se encuentra ubicado en los distritos de Moyobamba y Yantaló, cuyas coordenadas UTM WGS84 se mencionan en la Tabla 2, además se puede visualizar en la Figura 1.

**Tabla 2.** Georreferencia de la planta de concreto y el DME

Áreas auxiliares	Estación de monitoreo	Coordenadas UTM (WGS84-18S)	Altitud (m s.n.m)
Planta de concreto	CA01	0277700	9338412
DME <sub>2</sub>	CA02	0275685	9338960

Nota: CA01 y CA02, son códigos de ambas áreas auxiliares



**Figura 1.** Ubicación de la planta de cemento y el DME<sub>2</sub>

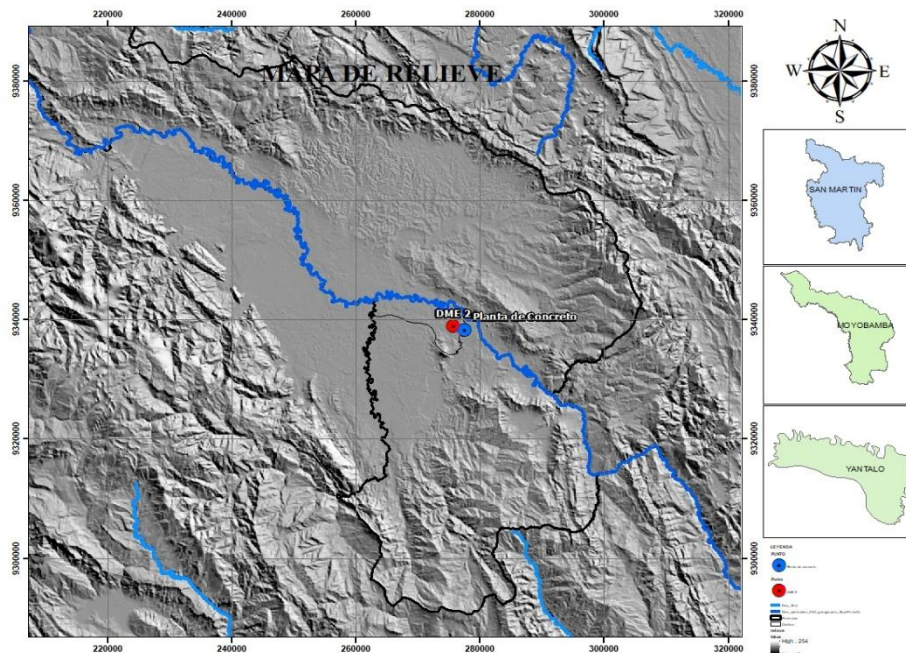
### 3.1.3. Características generales

#### 3.1.3.1. Accesibilidad

Es por vía terrestre cuya movilidad se da por bus, realizando el siguiente recorrido: iniciando desde la ciudad de Lima hasta Moyobamba (Electro Oriente), recorriendo 990 km en un tiempo de 23 horas de recorrido aproximadamente, seguidamente, desde Moyobamba (Electro Oriente km 0) hasta la planta de concreto CA-01 en la localidad de Yantaló (progresiva km 4+500) por vía terrestre con Motokar en un tiempo de 5 minutos aproximadamente, de igual manera, partiendo desde (Electro Oriente km 0) hasta el DME<sub>2</sub> (CA-02) que está en la localidad de San Ignacio (progresiva km 10+200) por vía terrestre cuya movilidad es por Motokar a 15 minutos aproximadamente.

### 3.1.3.2. Relieve

El relieve que presenta la zona de estudio es plano con colinas bajas fuertemente disectadas, en su mayoría el proyecto presenta pendientes mínimas



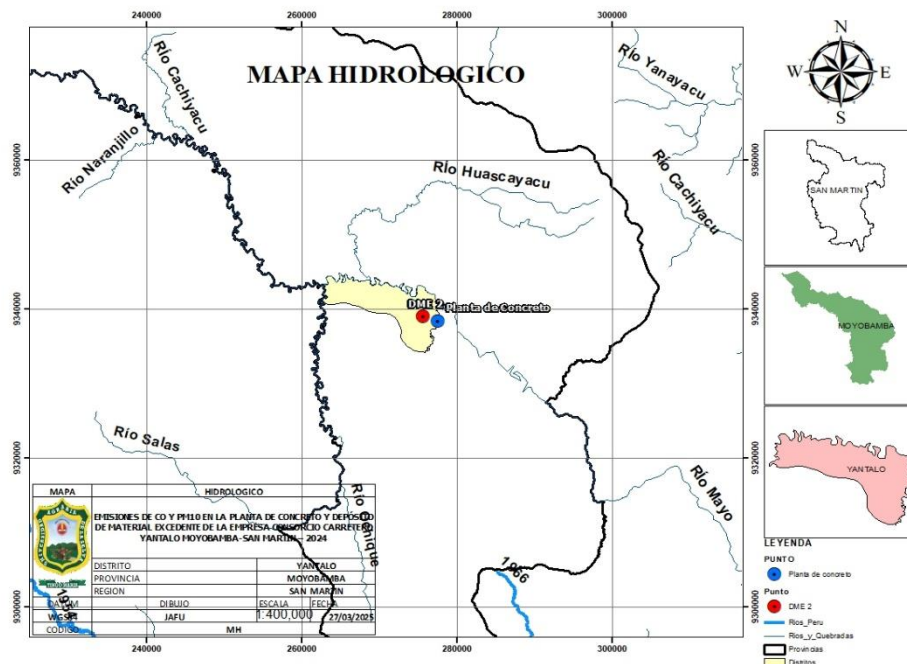
**Figura 2.** Mapa de relieve de la ubicación de la planta de concreto y el DME<sub>2</sub>

### 3.1.3.3. Geología

La geología que presenta la zona de estudio perteneció a la Formación Sarayaquillo, Vivian e Ipururo.

### 3.1.3.4. Hidrología

La hidrología que recorren la zona de estudio fueron el río Tónchima, el río Indoche y el río Mayo (Figura 3).



**Figura 3.** Mapa hidrológico de la ubicación de la planta de concreto y el DME<sub>2</sub>

### 3.1.3.5. Suelos

Los rasgos geomorfológicos de Yantalo, presentan procesos tectónicos recientes, el tipo de rocas y la intensidad con que actúan los fenómenos geológicos - climáticos. Formándose lomadas y que en su mayoría son rocas sedimentarias (areniscas, limoarcillitas y lodolitas), estas se encuentran en el flanco este de la cordillera oriental hasta el flanco amazónico.

### 3.1.3.6. Topografía

Presenta pendientes transversales de la vía, cuya clasificación es un terreno con predominancia ondulado (Tipo 02) y tramos cortos de terreno accidentado con alturas de 800 a 806 m.s.n.m.

## 3.2. Materiales y equipos

### 3.2.1. Materiales

Los materiales empleados fueron los siguientes: cable eléctrico, cinta aislante, plástico, cinta adhesiva, plumón indeleble, filtros circulares de teflón, pizeta, casco, chaleco de seguridad, zapatos de seguridad, mascarillas descartables y chalecos con cinta reflectiva.

### **3.2.2. Equipos**

Los equipos empleados fueron los siguientes: equipo muestreador de partículas de bajo volumen (Tcr Tecora), Tren de muestreo de gases TM100D5G, GPS para la identificación de los puntos de muestreo, estabilizador, cámara fotográfica, generador de luz, laptop HP y cables de energía (extensión).

### **3.2.3. Software**

Los softwares que se usaron fueron: Arcmap v. 10.4, Google Earth Pro y el Microsoft Excel 2016.

## **3.3. Criterios de investigación**

### **3.3.1. Nivel de investigación**

Fue descriptivo, ya que se analizó e interpretaron en relación con el D.S. N° 003-2017-MINAM las concentraciones reportadas iniciales y finales del PM<sub>10</sub> y CO en el monitoreo de la calidad del aire en la planta de concreto y en el DME<sub>2</sub> de la zona de estudio (De Canales et al, 1994).

### **3.3.2. Tipo de investigación**

Fue aplicada, ya que se realizó el monitoreo de la calidad del aire en la planta de concreto y en el DME<sub>2</sub> para reportar las concentraciones del PM<sub>10</sub> y CO y así comprender el impacto ambiental de estas actividades proponiendo medidas para mitigar cualquier efecto adverso en la calidad del aire y la salud pública (Camirra y Cartaya, 2009).

### **3.3.3. Diseño de investigación**

Tuvo un diseño no experimental, tomando dos puntos de monitoreos para evaluar la calidad del aire del PM<sub>10</sub> y CO en la planta de concreto y en el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>), la cual no hubo una variable control, y por último, se comparó con el ECA aire (Hernández et al., 2014).

### **3.3.4. Población**

Estuvo conformada por el volumen de aire de la cuenca atmosférica, delimitada por dos puntos de muestreo, tomando como referencia la fuente de emisiones de la planta de concreto y el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>) de la empresa Consorcio Carretero Yantaló.

### **3.3.5. Muestra**

La muestra de estudio estuvo compuesta por 4 muestras (2 muestras en cada punto de muestreo) que fue el volumen de aire recolectado por el medidor de bajo volumen para la determinación del PM<sub>10</sub> y CO en cada uno de los dos puntos de muestreo (planta de concreto y el Depósito de Material Excedente-DME<sub>2</sub>).

### **3.3.6. Técnica de investigación**

La técnica de investigación fue observacional, dado que se analizaron las concentraciones en agosto y octubre de los parámetros (PM<sub>10</sub> y CO) y se compararon con el ECA aire para conocer si superaron o no el estándar y con ello se propusieron medidas para la minimización y mitigación de los impactos ambientales (Hernández, 2011).

### **3.3.7. Instrumento de investigación**

Se utilizó la ficha de observación (cuaderno de campo y ficha de análisis de resultado), la cual permitió registrar las concentraciones iniciales y finales (PM<sub>10</sub> y CO) en el monitoreo de la calidad del aire en la planta de concreto y el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>) (Arias, 2020).

### **3.3.8. Variables de investigación**

#### **Variable independiente (X)**

- Actividades que se desarrollan en la planta de concreto y el DME<sub>2</sub>.

#### **Variable dependiente (Y)**

- La concentración de material particulado (PM<sub>10</sub>) y la concentración de monóxido de carbono (CO).

### **3.3.9. Validación y confiabilidad de los instrumentos**

Para la recolección de los datos, dichos instrumentos fueron calibrados por el laboratorio acreditado (SOMALAB) y certificado por el INACAL, quien calibró los equipos de medición del PM<sub>10</sub> y CO, cuya validación y confiabilidad del reporte de los datos.

### **3.3.10. Análisis estadístico**

Fue mediante la estadística descriptiva, donde se aplicaron cuadros comparativos para la evaluación de las muestras como también se utilizó imágenes descriptivas para explicar el procedimiento de cada área muestreada.

## **3.4. Metodología**

### **3.4.1. Descripción de los procesos de las actividades específicas que generan las emisiones del PM<sub>10</sub> y CO en las dos áreas auxiliares**

Se determinaron las actividades específicas que generaron las emisiones del PM<sub>10</sub> y CO en las áreas auxiliares, asimismo, se siguió lo dispuesto en el D.S. N° 010-2019-MINAM, según su clasificación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire por su finalidad será una estación industrial, teniendo una clasificación de su escala en una estación de escala local, además, se tuvo dos estaciones de monitoreo, donde se dispuso de una estación en cada área auxiliar de estudio para el monitoreo de la calidad ambiental del aire de la planta de concreto y el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>) (MINAM, 2019).

### **3.4.2. Evaluación de las concentraciones del PM<sub>10</sub> y CO en la planta de concreto y depósito de material excedente de la empresa Consorcio Carretero Yantaló**

Las evaluaciones de las concentraciones del material particulado PM<sub>10</sub> y CO en los puntos de muestreo de las áreas auxiliares (planta de concreto y depósito de material excedente - DME<sub>2</sub>) en cada punto de muestreo se realizaron 4 muestras (2 en cada punto de muestreo) con 2 repeticiones, asimismo, los puntos de muestreo estuvieron distribuidos uno en la planta de concreto y otra en el depósito de material excedente - DME<sub>2</sub>, estas repeticiones comprenden a los meses de muestreo que fueron el 02/08/2024 y 08/10/2024, estos meses fueron donde hubo mayor actividad en la construcción de las obras de arte (carretera, cunetas y muro de concreto armado (mca)), es por ello que estos muestreos se realizaron por el método de monitoreo de sistema automático (método automático para material particulado y gases ambientales) propuesto por el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire del Ministerio del Ambiente, además se empleó el método de referencia y método equivalente para la determinación de material particulado (PM<sub>10</sub>) y monóxido de carbono (CO), asimismo, se tuvo como criterio la instalación de las estaciones de monitoreo en relación a que usaron el equipo de sistema automático que fueron calibrados previamente, además, la estación estuvo aclimatado de 20 – 30 °C, las muestras estuvieron compuestas de materiales inertes (vidrio de borosilicato) (MINAM, 2019). Seguidamente, se evaluó el cumplimiento del ECA

aire de las concentraciones de PM<sub>10</sub> y CO en concordancia al D.S. N° 003-2017-MINAM (MINAM, 2017).

### A. Muestreo de material particulado PM<sub>10</sub>

Para medir el PM<sub>10</sub> se utilizó un muestreador de bajo volumen (Ter Tecora) que succionó el aire del ambiente a un flujo constante a través de una abertura especialmente diseñada. En este proceso, el material particulado en suspensión fue separado por efecto inercial en fracciones que van desde una micra hasta menos de 10 micras. Tras 24 horas, cada fracción correspondiente al rango establecido para PM<sub>10</sub> fue recogida en un filtro. Es importante destacar que el filtro fue pesado antes y después del muestreo para calcular la masa neta de PM<sub>10</sub> acumulada. El volumen total de aire muestreado se ajustó a condiciones normales de 25 °C y 101,3 kPa, calculándose a partir del flujo medido y el tiempo de muestreo.

### B. Método de muestreo de monóxido de gases (CO)

Para el muestreo de este gas se empleó trenes de muestreo (método dinámico) donde se atrapa el gas en solución captadora (solución de P-SABA + Solución de nitrato de plata + solución de hidróxido de sodio) en 50 mL. El flujo de muestreo es de 0,5 L/min por 8 horas, finalizado el tiempo la solución captadora se envasó en un frasco de plástico y se envió al laboratorio. El análisis se realizó por turbidimetría y los resultados se expresan en microgramos por metro cúbico (µg/m<sup>3</sup>). En la Tabla 3, se observa la información del proceso de muestreo de los monitoreos de los puntos seleccionados.

**Tabla 3.** Datos de campo obtenido en el proceso de muestreo de calidad del aire

N° estación	Descripción del punto de muestreo	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha y Hora	Coordenadas X Y	
<b>Primer monitoreo (Agosto)</b>							
CA01	Planta de concreto	Yantaló	Moyobamba	San Martín	02/08/2024 07:30 a.m.	277694	9338434
CA02	DME <sub>2</sub>	Yantaló	Moyobamba	San Martín	02/08/2024 08:00 a.m.	275697	9338971
<b>Segundo monitoreo (Octubre)</b>							
CA01	Planta de concreto	Yantaló	Moyobamba	San Martín	08/10/2024 07:30 a.m.	277694	9338434
CA02	DME <sub>2</sub>	Yantaló	Moyobamba	San Martín	08/10/2024 08:00 a.m.	275697	9338971

### **3.4.3. Comparación de las concentraciones de material particulado del PM<sub>10</sub> y CO con el ECA aire del MINAM**

Asimismo, una vez obtenida las concentraciones del PM<sub>10</sub> y el CO en los puntos de muestreo de las áreas auxiliares (planta de concreto y depósito de material excedente - DME<sub>2</sub>) se procedió a compararlo con el D.S. N° 003-2017-MINAM, cuyo valor referente para el PM<sub>10</sub> fue por 24 horas de evaluación que fue obtenido del equipo muestreador de partículas de bajo volumen (Tcr Tecora), mientras, que el referente para el CO fue por 8 horas de evaluación, que fue obtenido del equipo de tren de muestreo de gases TM100D5G (MINAM, 2017).

### **3.4.4. Propuesta de estrategias y/o acciones para la mejora de la gestión ambiental de las actividades de las obras arte en construcción para minimizar las concentraciones de PM<sub>10</sub> y CO de la empresa Consorcio Carretero Yantaló**

Para la propuesta de las estrategias de mitigación de las concentraciones del PM<sub>10</sub> y CO, se aplicó lo descrito por (Dios, 2013), donde se realizaron tablas de las actividades realizadas en la obra de arte en construcción, asimismo, se eligió las mejores estrategias para la disminución de las emisiones contaminantes, y se propuso mejoras en la gestión de las actividades que se desarrollaron en la planta de concreto y el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>), además se empleó lo descrito por (Funk et al., 2001) donde se aplicó los procedimientos del control de calidad (CC) durante la realización del inventario de las actividades con el enfoque bottom-up, para tener mayor certeza en que actividad se generó mayor contaminación y así poder tratarlo.

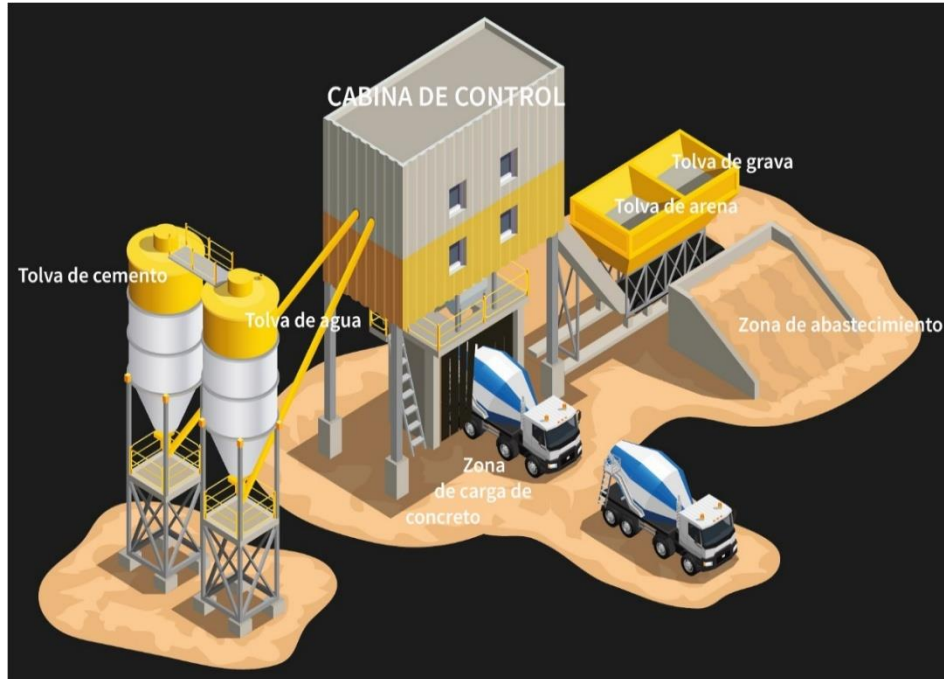
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción de los procesos de las actividades específicas que generan las emisiones del PM<sub>10</sub> y CO en la planta de concreto y el DME<sub>2</sub>

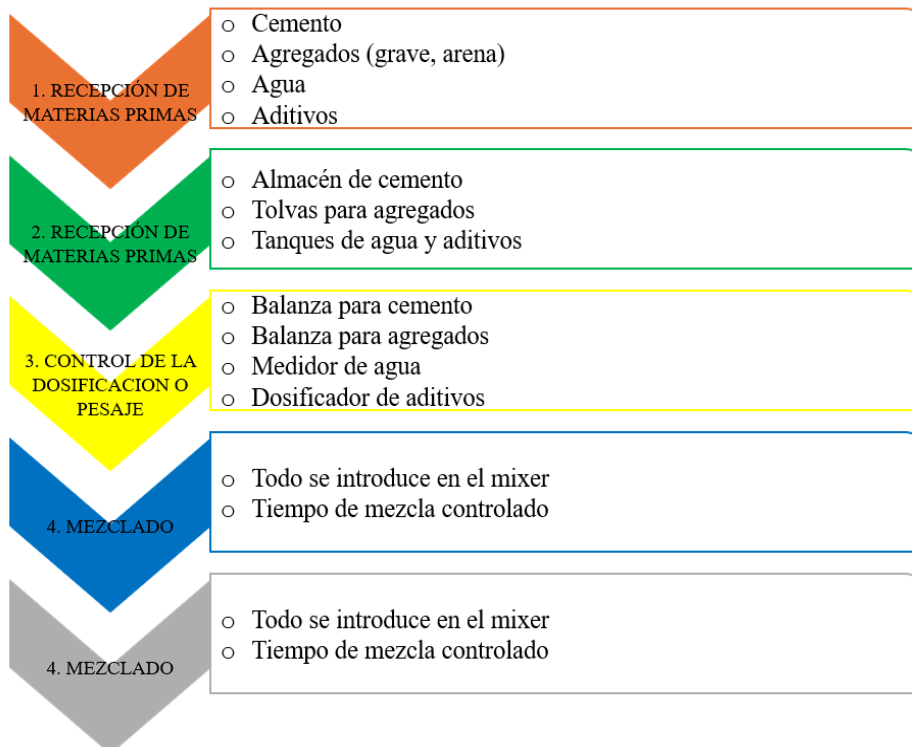
#### 4.1.1. Proceso de la actividad de la planta de concreto

En la Figura 4, se muestra el esquema singulativo de la planta de concreto, en la cual cuenta con diferentes procesos, iniciando con el **proceso de la recepción de las materias primas**, donde es la zona de abastecimiento cuenta con una cargador frontal donde hace el abastecimiento de arena y grava, seguidamente, en el **proceso del almacenamiento** cuenta en total de 4 tolvas de abastecimiento, entre ellas tenemos: tolva de agua, cemento, arena y grava; en la tolva de arena y grava se abastece por cargador frontal, además, se generaron las emisiones de partículas de PM<sub>10</sub>, mientras que en la tolva de cemento y agua se abastece por el personal obrero, luego en el **proceso del control de la dosificación o pesaje** en este proceso existe un ambiente de control donde se monitorea el control del pesaje de la cantidad de cemento que ingresa a la mezcladora, asimismo, en el **proceso de mezclado** se realiza dentro de los mixers donde se realiza el mezclado por la adición de los cementos, agua, grava y la arena agitándose y mezclando homogéneamente, finalmente, en el **proceso de transporte** el mixer realiza la espera y la orden de los responsables para el desplazamiento de la mezcla de concreto hacia los diferentes puntos de trabajo en la obra, asimismo, para mayor detalle de las actividades de los procesos que comprende la planta de concreto se puede observar en la Figura 5.

Es por ello, que lo reportado muestra una similitud con lo mencionado por Palacios (2019) quien describió los procesos y efectos de las actividades realizadas en la instalación y operación de una planta de concreto, existiendo procesos tales como: abastecimiento de agua, equipamiento, zona de laboratorio, suministro del cemento, aditivos, arenas y gravillas, preparación del concreto, y el lavado de la cuba. Esto se debe a que el funcionamiento de la planta de concreto tuvo una perspectiva integral del desarrollo industrial, considerando no solo el componente económico, sino también los posibles riesgos que estas actividades representan para el medio ambiente, también se propongan acciones de mitigación, existe una alta probabilidad de que la calidad del aire en la zona se vea afectada si no se aplican controles rigurosos y monitoreos continuos.



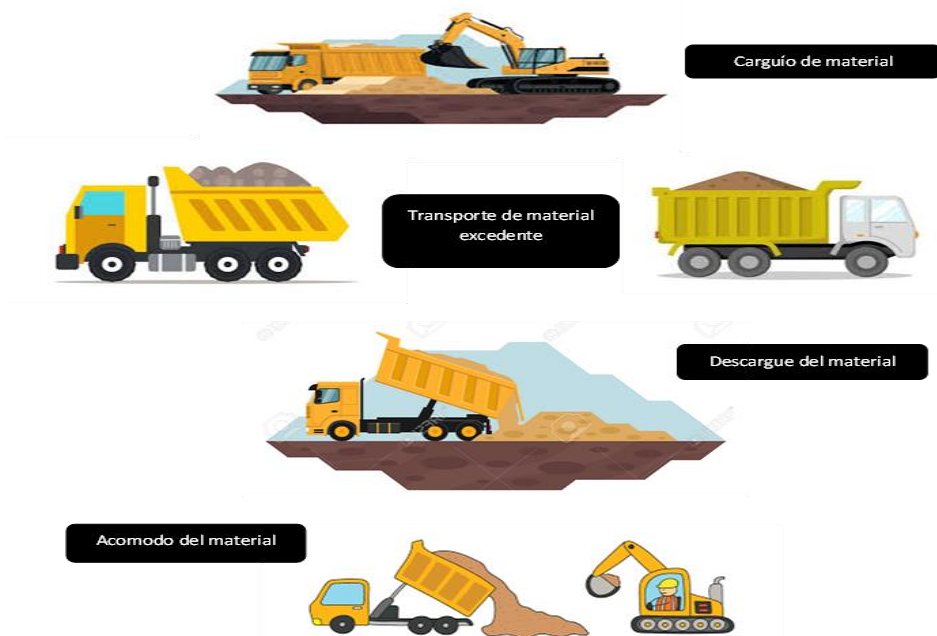
**Figura 4.** Actividades y componentes de la planta de concreto



**Figura 5.** Flujograma del procedimiento de las actividades de la planta de concreto

#### 4.1.2. Proceso de la actividad del depósito de material excedente (DME)

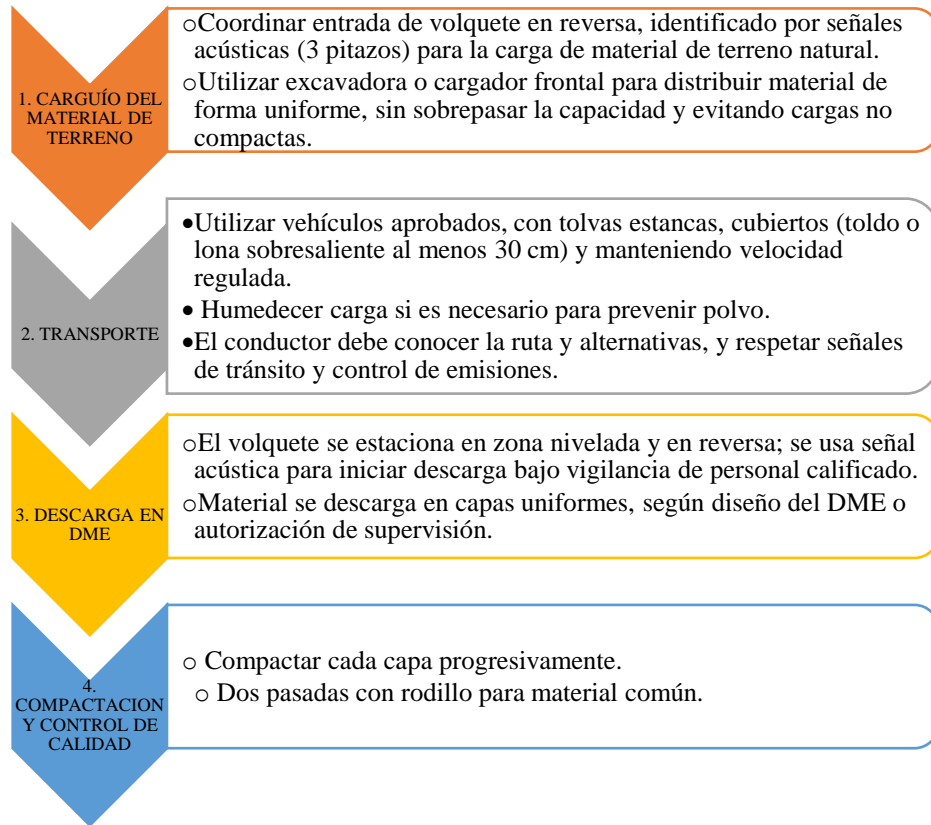
En la Figura 6, se muestra la simulación del carguío, traslado y depósito de material excedente en el área del DME, donde los volquetes son cargados con material extraído del terreno por una excavadora, para luego ser transportados por los mismos volquetes al DME, una vez allí, los volquetes descargan el material extraído, y una retroexcavadora se encarga de acomodar el material descargado por los volquetes dentro del DME, posteriormente un rodillo compactó el material acomodado para evitar que estos ocupen grandes dimensiones dentro del área, y es justamente en este tipo de actividad es donde se generaron las emisiones de monóxido de carbono (CO).



**Figura 6.** Actividades del Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>)

En la Figura 6, se muestra el esquema de las actividades que comprende el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>), en la cual cuenta con diferentes procesos, iniciando con el **proceso de carguío del material de terreno**, donde una excavadora recoge el material excedente y lo vierte a un volquete de 15 m<sup>3</sup>, seguidamente, en el **proceso transporte** realiza el transporte al DME para posteriormente realizar su descarga, luego en el **proceso de la descarga del DME** una vez llegado al DME se realizó el descarte del material excedente, finalmente, en el **proceso de compactación y control de calidad** del material excedente descargado fue compactado y se realizó el control de calidad por un rodillo y una

retroexcavadora, asimismo, para mayor detalle de las actividades de los procesos que comprende el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>), se observa en la Figura 7.



**Figura 7.** Flujograma del procedimiento de las actividades del Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>)

Es por ello, que lo reportado muestra una similitud con lo mencionado por Angulo (2019) quien describió los procesos y efectos en la operación de un depósito de material excedente, existiendo los procesos de movimiento de tierras, transporte del material de excedente y compactación del DME, esto es debido a que existe una gran emisión del material particulado y gases contaminantes, afectando a los trabajadores y pobladores aledaños, asimismo, humedeció adecuadamente el material transportado y depositado para disminuir los efectos, también, aplicó medidas sistemáticas estableciendo frecuencias y tipo de control ambiental donde evaluó la efectividad de las acciones implementadas.

## 4.2. Evaluación de las concentraciones del PM<sub>10</sub> y CO en la planta de concreto y el DME<sub>2</sub>

### 4.2.1. Análisis de laboratorio de las muestras tomadas

Los valores de PM<sub>10</sub> y CO de la planta de concreto y del depósito de material excedente se detalla en la Tabla 4 y 5, que se muestra a continuación:

**Tabla 4.** Reporte del PM<sub>10</sub> en los puntos de muestreo en el tiempo

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Planta de concreto (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Depósito de material excedente (DME<sub>2</sub>) (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
<b>Tiempo de evaluación</b>		
Agosto	14,03	14,18
Octubre	76,20	12,89

**Tabla 5.** Reporte del CO en los puntos de muestreo en el tiempo

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Planta de concreto (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Depósito de material excedente (DME<sub>2</sub>) (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
<b>Tiempo de evaluación</b>		
Agosto	300	300
Octubre	300	560

Es por ello, que el presente estudio es respaldado por Becerra (2024) quien encontró  $73,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) en una planta de concreto en setiembre (otoño), esto debido a que trabajó en un equipo automático de flujo de absorción del equipo de alto volumen de 1 130 L/min, tiempo de muestreo de 1 440 min, brindando un resultado de laboratorio de 0,1200 g, cuyo monitoreo lo realizó de frecuencia semestral. Asimismo, es reafirmado lo encontrado por Luna (2023) quien encontró  $66,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en una planta de concreto y  $90,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en una planta chancadora de piedras, esto debido a que utilizó el método automático modelo PCE FWS20N cuya marca fue PC INSTRUMENTS, cuyo monitoreo de julio a octubre del 2021 por una vez a la semana, asimismo, desarrolló un programa de prevención y/o amortiguamiento en la mejora de la calidad del aire del distrito de la Banda de Shilcayo – San Martín. Finalmente, fue respaldado lo encontrado por Santy (2025) quien encontró  $34,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) y  $<1 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) del depósito de material excedente (DME) Socospata, esto debido a que utilizó la metodología de bajo volumen para el PM<sub>10</sub>, mientras que para el CO utilizó el sistema dinámico tren de muestreo (Analysis of Air Pollutants - ALAB-LAB-06. Basado por Peter O. Warner) perteneciente al proyecto “Túnel Ollachea tramo 4 Azángaro - Puente Inambari del corredor Vial Interoceánico Sur Perú – Brasil.

#### 4.3. Comparación de las concentraciones del PM<sub>10</sub> y CO con el ECA aire del MINAM

En la Tabla 6, se reporta las concentraciones del PM<sub>10</sub>, mientras que en la Tabla 7, se reporta las concentraciones del CO, obtenidos de la planta de concreto y el depósito de material excedente (DME<sub>2</sub>), asimismo, se comparó con el ECA aire del D.S. N° 003-2017-MINAM.

**Tabla 6.** Reporte del PM<sub>10</sub> en los puntos de muestreo en el tiempo

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Planta de concreto</b>	<b>Depósito de material excedente</b>	<b>ECA – aire</b>	<b>Cumple/No cumple</b>
<b>Tiempo de evaluación</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>(DME<sub>2</sub>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	
		<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		
Agosto	14,03	14,18	100	Cumple
Octubre	76,20	12,89	100	Cumple

El presente estudio es respaldado y a la vez refutado en lo mencionado por Grattelli (2022) quien encontró 162,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) en la ladrillera "Fortaleza", mientras que 72,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) en la ladrillera "Jupiter" cumpliendo y no con lo dispuesto en el ECA aire, esto se debió que no existió una relación directa entre la producción diaria (tn/día) y el material particulado (PM<sub>10</sub>), asimismo, encontró maquinaria pesada en operación, con una duración de trabajo de 8 horas diarias cuyos procesos fueron el mezclado, secado, cocción y descarga de ladrillos con muestras tomadas en el horario de 8 a.m., 10 a.m. y 12 p.m. Asimismo, se evidenció una opinión favorable por Becerra (2024) quien encontró 73,75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) en una planta de concreto de pre mezclado en el mes de setiembre (otoño), esto debido a que trabajó en un equipo automático de flujo de absorción del equipo de alto volumen de 1 130 L/min, tiempo de muestreo de 1 440 min, brindando un resultado de laboratorio de 0,1200 g, cuyo monitoreo lo realizó de frecuencia semestral.

**Tabla 7.** Reporte del CO en los puntos de muestreo en el tiempo

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Planta de concreto</b>	<b>Depósito de material excedente</b>	<b>ECA – aire</b>	<b>Cumple/No cumple</b>
<b>Tiempo de evaluación</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>(DME<sub>2</sub>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	
		<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		
Agosto	300	300	10 000	Cumple
Octubre	300	560	10 000	Cumple

El presente estudio es respaldado en lo mencionado por Grattelli (2022) quien encontró  $8\,290\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en la ladrillera "Fortaleza", mientras que  $5\,731,2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en la ladrillera "Jupiter" no superando el ECA aire, esto se debió que existió una relación directa entre la producción diaria (tn/día) y la emisión del CO, asimismo, encontró maquinaria pesada en operación, con una duración de trabajo de 8 horas diarias cuyos procesos fueron el mezclado, secado, cocción y descarga de ladrillos con muestras tomadas en el horario de 8 a.m., 10 a.m. y 12 p.m. Asimismo, se encontró una investigación favorable señalado por Luna (2023) encontró  $66,2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en una planta de concreto y  $90,5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en una planta chancadora de piedras, esto debido a que utilizó el método automático modelo PCE FWS20N cuya marca fue PC INSTRUMENTS, cuyo monitoreo fue de julio a octubre del 2021 por una vez cada semana, asimismo, desarrolló un programa de prevención y/o amortiguamiento en la mejora de la calidad del aire del distrito de la Banda de Shilcayo – San Martín.

#### **4.4. Propuesta de estrategias y/o acciones para la mejora de la gestión ambiental y para minimizar las concentraciones de PM<sub>10</sub> y CO de la empresa Consorcio Carretero Yantaló**

##### **4.4.1. Control de emisiones de PM<sub>10</sub> y CO en la planta de concreto**

La presencia de PM<sub>10</sub> y CO en las zonas de almacenamiento no solo afecta la calidad del concreto, sino que representa un serio riesgo para la salud ocupacional y la eficiencia del proceso. Una correcta gestión ambiental y de seguridad puede prevenir estos efectos y asegurar la sostenibilidad operativa de la planta de concreto, es por ello que se desarrolló medidas de mitigación para las actividades que contempla la planta de concreto (Tabla 8).

**Tabla 8.** Procedimientos de las actividades, efectos y medidas de mitigación para la planta de concreto

<b>PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACION DEL PM<sub>10</sub></b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACION DEL CO</b>
<b>RECEPCION DE MATERIAS PRIMAS</b>	Contaminación por polvo atmosférico	Cobertura y protección de materiales (toldos, silos cerrados, depósitos techados).	Monitoreo continuo de CO con alarmas de seguridad.
	Presencia de gases contaminantes	Sistema de filtrado de aire y recolección de polvo en zonas de descarga.	
	Vientos cargados de partículas o residuos.	Monitoreo periódico del aire y agua usada en la planta.	Mantenimiento de las maquinarias.
	Afectación al proceso y equipos	Capacitación constante al personal sobre manejo adecuado y detección de contaminación ambiental.	Control de emisiones de vehículos y maquinaria que operan cerca del área de recepción.
	Irritación respiratoria mareos, fatiga, náuseas.		Motor en pausa
<b>ALMACENAMIENTO</b>	Mayor desgaste de equipos de almacenamiento	Cubrir agregados, usar silos cerrados, realizar limpieza periódica de acumulación de polvo.	
	Riesgo ocupacional elevado	Uso obligatorio de EPP (mascarillas, sensores personales de PM <sub>10</sub> ), rotación de turnos en zonas cerradas.	Instalar extractores de aire, filtros de polvo y monitores de CO.
	Reducción de visibilidad y calidad del aire en la zona de almacenamiento	Monitoreo constante de calidad del aire, revisión de equipos de combustión y ventilación.	
<b>CONTROL DE LA DOSIFICACION O PESAJE</b>	Descalibración de los equipos de control automático		Instalación de sistemas de extracción de polvo, ventilación forzada en salas de control, monitoreo ambiental.
	Imprecisión de los cálculos obtenidos por los equipos automáticos	Limpieza frecuente de celdas de carga, mantenimiento preventivo, sellado de sensores.	
	Déficit de la calidad de los tableros de control o los paneles de dosificación		Uso de EPP.

**Tabla 8.** Procedimientos de las actividades, efectos y medidas de mitigación para la planta de concreto (continuación...)

<b>PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACION DEL PM<sub>10</sub></b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACION DEL CO</b>
DESCARGA EN DEPOSITO	Alteración de la relación agua/cemento	Limpieza constante de la mezcladora, protección de motores, uso de sistemas cerrados o con filtros.	Instalación de extractores de polvo y sensores de CO en áreas de mezclado.
	Problemas respiratorios, fatiga y pérdida de la conciencia	Capacitación, rotación de turnos, uso de mascarillas y monitores personales de gases.	Capacitación, rotación de turnos, uso de mascarillas y monitores personales de gases.
TRANSPORTE	Daño al tambor, ejes, compuertas y otros del sistema mecánico del vehículo	Inspecciones periódicas de las emisiones.	Mantener en buen estado el sistema de cierre del tambor, filtros antipartículas, revisión de emisiones y limpieza externa.

**Tabla 9.** Medidas de mitigación representativas en la planta de concreto

<b>Área auxiliar</b>	<b>Jerarquía de controles de la SST</b>	<b>Medidas de mitigación para el PM<sub>10</sub></b>	<b>Medidas de mitigación para el CO</b>
Planta de concreto	Eliminación	- Reducir el uso de equipos a combustión en zonas cerradas. - Evitar reboses y/o derrames en el pesaje y depósito de materiales.	- Evitar tiempos prolongados de camiones encendidos en espera.
	Sustitución	- Empleo de materiales premezclados o húmedos para reducir polvo.	- Uso de equipos eléctricos en lugar de diésel.
	Control de ingeniería	- Implementación de áreas abiertas.	- Mantenimiento de las maquinarias.
	Control administrativo	- Supervisión de la operación y mantenimiento de los equipos y maquinarias. - Inspección de sellos y fugas de polvo.	- Programación de montaje y descargas. - Política de no relantí (apagar los equipos y maquinarias).
	Equipos de protección personal	- Uso de respiradores para material particulado 3M.	- Protección respiratoria en caso de acumulación de CO.

En la Tabla 8 y 9, se observan las actividades que contemplan la planta de concreto en la emisión del  $PM_{10}$  y CO evidenciando la presencia de estos contaminantes en los procesos de la construcción de las obras de arte. Es por ello, que el presente estudio es respaldado en lo mencionado por Ludeña (2019) quien propone como estrategia para la mitigación ambiental por la contaminación del aire la incorporación de una ficha de campo que permita registrar detalles de las observaciones realizadas, esto debido a que no está contemplada en el protocolo oficial de monitoreo, su uso no contradice la normativa, sino que más bien ofrece un complemento útil para comprender mejor los datos recolectados. Asimismo, Andrade et al. (2018) quienes propusieron realizar el control de las emisiones en fuente optimizando la combustión en hornos y quemadores para minimizar la producción de CO mediante mantenimiento y ajuste adecuado de equipos, también los sistemas de captura y filtración, la mejora en la ventilación y extracción localizada, la automatización y control de procesos y las prácticas sostenibles y reducción de polvo, esto debido a que pretendió atrapar partículas  $PM_{10}$  generadas durante la manipulación y procesamiento del cemento y agregados y la aplicación de sistemas automatizados para optimizar las mezclas y dosificación, lo que puede reducir tiempos de exposición y emisiones fugitivas en la planta de concreto.

#### **4.4.2. Control de emisiones de $PM_{10}$ y CO en el Depósito de Material Excedente $DME_2$**

Los resultados del monitoreo de las emisiones de monóxido de carbono evidencian un impacto negativo por las actividades de movimiento de tierras, carguío, transporte y traslado del material a los DME. El carguío de material natural expone a los trabajadores y al entorno a la contaminación por  $PM_{10}$  y CO, generando riesgos para la salud, pérdidas en calidad del material y daños en equipos. Una gestión ambiental preventiva y un plan de seguridad ocupacional eficaz son fundamentales para garantizar una operación segura y eficiente (Tabla 10 y 11).

**Tabla 10.** Procedimientos de las actividades, efectos y medidas de mitigación para el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>)

PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES	EFFECTOS	MEDIDAS DE MITIGACION DEL PM <sub>10</sub>	MEDIDAS DE MITIGACION DEL CO
CARGÍO DEL MATERIAL DE TERRENO	Levantamiento de polvo	Mantenimiento regular de los filtros, motores calibrados, uso de maquinaria moderna con bajas emisiones.	Monitoreo continuo de CO con alarmas de seguridad. Control de emisiones de vehículos y maquinaria que operan cerca del área de recepción.
	Reflejos lentos, mayor probabilidad de error o accidentes.	Humedecer el material o terreno antes del recojo para reducir el polvo.	Programas de mantenimiento preventivo para equipos de combustión interna, sistema de escape y filtros.
	Mareos, fatiga y nauseas.	Delimitar zonas de trabajo con barreras cortaviento.	Medición periódica de la calidad del aire en zonas de trabajo y emisión de gases de las máquinas.
		Medición periódica de calidad del aire en zonas de trabajo y emisión de gases de las máquinas.	
TRANSPORTE	Levantamiento de polvo	Mantenimiento regular, uso de lonas para cubrir el material, limpieza de filtros, motores calibrados.	Riego de vías sin pavimentar, planificación de rutas fuera de zonas pobladas, control de velocidad.
	Contaminación del aire	Riego de vías sin pavimentar, planificación de rutas fuera de zonas pobladas, control de velocidad.	Monitoreo de calidad del aire en rutas críticas, cumplimiento de límites de emisión.
	Generación de CO por vehículos antiguos o en deterioro		
DESCARGA DEL MATERIAL EN DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	Levantamiento de polvo	Humedecer el área de descarga periódicamente, cubrir el material durante el transporte, compactar el material descargado para evitar dispersión.	Mantener los vehículos y maquinaria en óptimas condiciones, instalar sensores de CO en zonas profundas o cerradas.
	Contaminación del aire		
	Riesgo de accidentes en el descargue	Supervisión continua de emisiones, ubicación estratégica del depósito para evitar impactos poblacionales o ecológicos.	Supervisión continua de emisiones, ubicación estratégica del depósito para evitar impactos poblacionales o ecológicos.
	Generación de CO por vehículos antiguos o en deterioro		

**Tabla 10.** Procedimientos de las actividades, efectos y medidas de mitigación para el Depósito de Material Excedente (DME<sub>2</sub>) (continuación...)

PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES	EFFECTOS	MEDIDAS DE MITIGACION DEL PM <sub>10</sub>	MEDIDAS DE MITIGACION DEL CO
COMPACTACION Y CONTROL DE CALIDAD		Humedecer el terreno antes y durante la compactación.	-Mantenimiento periódico de maquinaria.
	Levantamiento de las partículas finas	Delimitar el área con barreras de viento o cercos antipolvo.	-Uso de equipos con baja emisión. -Monitoreo de CO en zonas cerradas.
	Contaminación del aire	Control de humedad del material antes de compactar.	-Uso de cabinas cerradas y presurizadas. -Implementación de mascarillas con filtro para polvo fino y gases.
	Compactación de los suelos	Registro de condiciones ambientales.  Verificación de visibilidad adecuada.	-Pausas activas. Monitoreo de la salud ocupacional.

**Tabla 11.** Medidas de mitigación representativas en el depósito de material excedente (DME<sub>2</sub>)

Área auxiliar	Jerarquía de controles de la SST	Medidas de mitigación para el PM <sub>10</sub>	Medidas de mitigación para el CO
Depósito de material excedente (DME <sub>2</sub> )	Eliminación	- Evitar manipulación innecesaria del material (menor carguío repetitivo). - Evitar reboses y/o derrames en el pesaje y depósito de materiales.	- Eliminar tiempos de espera con maquinaria encendida. - Diseñar rutas directas entre zona de descarga y salida.
	Sustitución	- Humectación del material excedente antes del carguío.	- Uso de maquinaria con menor emisión.
	Control de ingeniería	- Afirmado o estabilización del suelo. - Uso de cabinas selladas con ventilación adecuada.	- Mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria.
	Control administrativo	- Programación del carguío del material excedente.	- Política de no ralentí (apagado de motores en espera).
	Equipos de protección personal	- Uso de respiradores para material particulado 3M.	- Protección respiratoria en caso de acumulación de CO.

Esta investigación fue avalada por Ramírez et al. (2024) propusieron como estrategias la aplicación de control del polvo, instalación de sensores IoT, optimización del espacio para la ventilación natural, evitar procesos de combustión abiertos y humedecer regularmente el material almacenado, esto se debió para minimizar la generación de polvo por acción del viento o por la manipulación, también para reducir la dispersión del material particulado y para detectar aumentos y reaccionar con medidas de mitigación en el incremento del PM<sub>10</sub> y CO para mejorar la salud de los trabajadores y las comunidades cercanas teniendo una buena calidad del aire generados por el DME. De igual manera, la investigación es avalada por Collado et al. (2024) quien propuso como estrategias el monitoreo constante del CO y PM<sub>10</sub>, implementación de un sistema de aireación, regularización y control de la vida útil de vehículos motorizados, esto se debe a que los propietarios cuenten con un carnet que indique las especificaciones sobre la vida útil del vehículo, además de fomentar el uso de vehículos que funcionen con combustibles alternativos, y evitar la aglomeración de vehículos y la no generación del CO de forma acumulativa en un depósito de material excedente.

## V. CONCLUSIONES

1. Las actividades de la planta de concreto fueron: recepción de materias primas, almacenamiento, control de dosificación o pesaje, descarga en depósito y transporte; mientras que del depósito de material excedente (DME<sub>2</sub>) fueron: carguío del material de terreno, transporte, descarga del material en depósito de material excedente y compactación y control de calidad.
2. Las concentraciones en la planta de concreto fueron de 14,03-76,20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) y en el depósito de material excedente de 12,89-14,18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>); mientras que se encontraron de 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en la planta de concreto y en el depósito de material excedente de 300-560  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO) en la obra de arte ejecutada por el Consorcio Carretero Yantaló
3. Las concentraciones en la planta de concreto fueron de 14,03-76,20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) y 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO), mientras que para el DME<sub>2</sub> de 12,89-14,18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PM<sub>10</sub>) y 300-560  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO), estando por debajo del estándar de calidad ambiental del aire vigente, no obstante, se observó un incremento en la evaluación del PM<sub>10</sub> en octubre acercándose al límite permitido en la planta de concreto.
4. Las estrategias más relevantes para la instauración en la planta de concreto fueron la instalación de sistemas de extracción de polvo, filtros de polvo y monitores de CO, mientras, que para el depósito de material excedente (DME<sub>2</sub>) las estrategias más relevantes fueron el humedecimiento de las vías sin pavimentar y el mantenimiento de las maquinarias en óptimas condiciones con la instalación de sensores de CO, para el cumplimiento de la normativa ambiental y la protección de la salud ocupación de los trabajadores.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Se sugiere que las actividades realizadas en la planta de concreto y el depósito de material excedente sean supervisadas por la Municipalidad Distrital de Yantaló.
2. Se sugiere a la Municipalidad Distrital de Yantaló que en la elaboración de los expedientes técnicos para la realización de obras de arte se consideren la implementación y/o adquisición de vehículos, maquinarias y equipos que generen una menor emisión de PM<sub>10</sub> y CO.
3. Se sugiere la elaboración de un diseño de distribución del PM<sub>10</sub> y CO por la rosa de viento en las obras de arte.
4. Se recomienda la obligatoriedad a las empresas que construyan una obra de arte en la adquisición de EPP y EPI de acuerdo a la función del personal que opere en la obra de arte.
5. Se propone la sinergia de la empresa y la Municipalidad Distrital de Yantaló para el monitoreo constante para llevar un mejor control de calidad ambiental en toda la zona del proyecto ejecutado antes, durante y después del término de cada obra.
6. Se recomienda que las empresas deben realizar un plan de manejo ambiental que incluya con mayor énfasis y presupuesto los costos unitarios del plan de monitoreo y seguimiento, plan de manejo de residuos peligrosos, plan de contingencias y plan de rehabilitación de áreas afectadas.

## VII. REFERENCIAS

- Alcalá, J., García, M., García, O., Meulenert, Á., Ramírez, H. y Ulloa, H. (2013). Concentración de contaminantes SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y correlación con H<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> durante la temporada de lluvias en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 29(2), 81–88. <https://lc.cx/010Nz4>
- Alencar, K., Mera. E., Pacheco. P. y Parodi. M. (2022). Estudio comparativo de factores de emisión en relaves abandonados e inactivos y su contribución al inventario de PM<sub>10</sub>: el caso andacollo, región de coquimbo, Chile. *Revista Información Tecnológica*, 33(2), 129-144. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200129>
- Alva, D. A. (2019). *Concentración de material particulado, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en la planta de producción de óxido de calcio Puyucana, Cajamarca 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3523/CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO%2C MONOXIDO DE CARBONO%2C DIOXIDO DE AZUFRE Y DIOXIDO DE NITRÓG.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3523/CONCENTRACION%20DE%20MATERIAL%20PARTICULADO%20MONOXIDO%20DE%20CARBONO%20DIOXIDO%20DE%20AZUFRE%20Y%20DIOXIDO%20DE%20NITROGENO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Andrade, B., AGUIAR, M. y SARTIM, R. (23 al 28 de setiembre de 2018). Eficiência de meios filtrantes na coleta de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> E PM<sub>1</sub> proveniente do Despoeiramento Secundário da Aciaria. XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/28474>
- Angulo, K., Huayamis J. (2019). *Creación de la vía de acceso Cascabamba, anexo La Cruz – anexo El Paccho, distrito y provincia de Contumazá, región Cajamarca, 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio institucional. <https://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/2053>
- Becerra, K. D. (2024). *Desarrollo de un plan integral de monitoreo ambiental para la evaluación y control de la calidad del aire en la planta de fabricación de concreto pre mezclado quintana 2024* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/39991>

- Bendezu, Y., Lizarraga, I., Pomalaya, J. y Suarez, L. (2019). Dispersión de material particulado 2.5 emitido por pollerías usando el modelo AERMOD en Huancayo Metropolitano, Perú. *Revista DYNA*, 86(211), 346–353. <https://repositorio.igp.gob.pe/items/c518f6bb-319b-4bd8-b353-8ecb6f64a2e1>
- Betetta, J. L. (2019). *Los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate* [Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio institucional. [http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5283/TESIS\\_BETETTA\\_GÓMEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5283/TESIS_BETETTA_GÓMEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cámara Chilena de la Construcción (CCHC). (2019). El sector de la construcción ante el desafío climático global. [https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Fundamenta\\_45.pdf](https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Fundamenta_45.pdf)
- Carbajal, M. (2022). *Calidad del aire por la emisión de material particulado en la comunidad de Sacsamarca, Huancavelica – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Huancavelica]. Repositorio institucional. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fd0fab4-fbda-44ef-a18e-b1bad3e628d3/content>
- Carciner, J. (2007). *Contaminación atmosférica. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua*. Escuela de Negocios de Colombia.
- Chomba, C. A. y Valerio, M. G. (2020). *Evaluación de la Calidad de aire en escenarios de congestión vehicular provenientes del parque automotor - distrito de San Borja, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86068/Chomba\\_NCA-Valerio\\_MMG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86068/Chomba_NCA-Valerio_MMG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Collado, E., Calderón, S., Cedeño, B., De León, O., Centella, M., García, A. y Sáez, Y. (2024). Open-source Internet of Things (IoT)-based air pollution monitoring system with protective case for tropical environments. *HardwareX*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2024.e00560>

- Dalens, Z. E. y Macdo, T. (2022). *Evaluación de la calidad del aire por emisiones de CO, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> generado por la industria ladrillera en Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99877/Dalens\\_RZE-Macedo\\_GT-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99877/Dalens_RZE-Macedo_GT-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – Dane (2019). Estadísticas de Concreto Premezclado. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-portema/construccion/estadisticas-de-concreto-premezclado>
- De Canales, F. H., De Alvarado, E. L. y Pineda, E. B. (1994). Manual para el desarrollo de personal de salud. Organización Panamericana de la Salud. [https://hdcsudg.files.wordpress.com/2019/03/metodologc3ada\\_investigacion\\_canales\\_alvarado\\_pineda.pdf](https://hdcsudg.files.wordpress.com/2019/03/metodologc3ada_investigacion_canales_alvarado_pineda.pdf).
- Dios, M. (2013). *Estimación, análisis y evaluación de inventarios de emisiones atmosféricas antropogénicas a escala local, regional y continental* [Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela]. Repositorio institucional. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/8862>
- Fernández, J. M. A. y Potenciano, A. (2021). *Evaluación de la contaminación en el aire por material particulado PM<sub>10</sub> en el cercado de la ciudad de Chiclayo* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75934/Fernandez\\_TJMA\\_Potenciano\\_FA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75934/Fernandez_TJMA_Potenciano_FA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Figuroa, A., Hernández, C. y Hernández, J. (2022). Asfixiantes bioquímicos: monóxido de carbono y cianuro. *Revista Facultad de Medicina Humana*, 22(3), 614-624. [https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-05312022000300614](https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-05312022000300614)

Flores, C. G. (2020). *Efectos del aislamiento COVID-19 en la calidad de aire en la provincia de Lima - Perú en el año 2020* [Tesis de doctorado, Universidad Continental]. Repositorio institucional.

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10758/1/IV\\_FIN\\_107\\_TI\\_Flores\\_Llanto\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10758/1/IV_FIN_107_TI_Flores_Llanto_2020.pdf)

Franco-Salinas, C., Castillo-Acosta, C., Monroy-Pantaleón, G., Montaña-Contreras, M., Villamil-Contreras, O. y Villamil-Contreras, U. (2023). Combustión, combustibles y tipos de combustibles. *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 10(20), 23-25. <https://doi.org/10.29057/estr.v10i20.10738>

Funk, T. H., Chinkin, L. R., Roberts, P. T., Saeger, M., Mulligan, S., Páramo Figueroa, V. H. y Yarbrough, J. (2001). Compilation and evaluation of a Paso del Norte emission inventory. *The Science of the Total Environment*, 276, (1-3), 135-151. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00776-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00776-8)

Galvis, S. A., León, I. R., Padilla, K. del S., Pombo, M. Y., Rada, M. B., Rebolledo, R. C. y Vera, J. (2021). Material particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas: una revisión narrativa. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 30(3), 362-372. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S3020-11602021000300011&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602021000300011&lng=es&tlng=es).

García, R., Francisco, A. G., Rubén, A. y Jiménez J. K. M. (2006). Distribución espacial y temporal de la concentración de material particulado en Santa Marta, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 24(2), 73-82. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-386X2006000200008&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2006000200008&lng=en&tlng=es).

Gorman, D., Drewry, A., Huang, Y. L. y Sames, C. (2003). The clinical toxicology of carbon monoxide. *Toxicology*, 187(1), 25-38. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(03\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(03)00005-2)

- Grattelli, S. (2022). *Cuantificación de emisiones de monóxido de carbono (CO), material particulado (PM<sub>10</sub>) y ruido asociado al sistema productivo de dos empresas ladrilleras de Pucallpa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional.  
[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5939/B12\\_2022\\_UNU\\_AMBIENT\\_AL\\_T\\_2022\\_SCARLETH\\_GRATTELLI\\_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5939/B12_2022_UNU_AMBIENT_AL_T_2022_SCARLETH_GRATTELLI_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=)
- Huarhua, R. (2018). *Implementación de un plan de manejo y monitoreo ambiental en la zona de influencia del proyecto central hidroeléctrica santa teresa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6204c708-0e52-4087-acab-d1f3c21dad27/content>
- Ludeña, E. (2019). *Material particulado PM<sub>10</sub> en el aire de la ciudad de Cajamarca y valoración del impacto en la salud humana* [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional  
<http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/6874/Tesis%20Percy%20Lude%203%20B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Luna, B.(2023). *Determinación de la concentración de monóxido de carbono aplicando método automático, Banda de Shilcayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/bd6e2488-e33e-4763-8293-dc61a0ced511/content>
- Maldonado, M. (2012). *Caracterización del material particulado suspendido PM<sub>10</sub> de la Red de Monitoreo de Aire de la Ciudad de Quito de los años 2009 y 2010 por Espectroscopía de Absorción Atómica* [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio institucional.  
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2963302?show=full>

- Mayorga, L. (2018). *Exposición a Monóxido de Carbono, alteraciones clínicas y funcionamiento neuropsicológico en trabajadores de minas de carbón subterráneas en Cundinamarca* [Tesis magistral, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75588/1022327168.2019.pdf?sequence=1>
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2017). DS-003-2017-MINAM prueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2019). DS- 010-2019-MINAM aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2005). Manual de Gestión Socio Ambiental para Proyectos Viales Departamentales. <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/socioambientales/documentos/MGSAPVD.pdf>
- Mora-Solis, A. S. (2022). Análisis de la calidad de aire (PM<sub>10</sub>) influenciada por la obra civil en la parroquia Tarqui de Guayaquil, 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MORA%20SOLIS%20ANDRES%20STEVEN.pdf>
- Nájar, S. (2021). Calidad del aire y construcción de un centro de almacenamiento ubicado en el Centro poblado Santa María de Huachipa [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88892>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2004). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2015). Instrumentos Básicos Para Fiscalización Ambiental. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). Lima Perú.  
<https://centroderecursos.cultura.pe/es/registrobibliografico/instrumentosbásicos-para-la-fiscalización-ambiental>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2019). Emisiones del sector de los edificios alcanzaron nivel récord en 2019: informe de la ONU. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/emisiones-del-sector-de-los-edificios-alcanzaron-nivel>
- Paguay, F. M. (2020). *Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable en la comunidad de Gatazo Grande Cantón Colta por incidencia industrial* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio institucional. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7694>
- Palacios, S. V. (2019). *Estudio de prefactibilidad para el montaje de una planta de concreto premezclado en las instalaciones de la cantera de Combia, en el municipio de Pereira* [Tesis magistral, Universidad EAFIT]. Repositorio institucional. <https://repository.eafit.edu.co/items/77dd679d-58b4-4ecb-ac83-324863b5280d>
- Pando, D. L. (2021). *Evaluación e interpretación de la dinámica del monóxido de carbono en el aire de Lima Este 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio institucional. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10050>
- Poma, P. A. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de La Facultad de Medicina*, 69(2), 120–126. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832008000200011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011&lng=es&tlng=es).
- Quiroz, E. N. (2019). *Comparación de la concentración del polvo atmosférico sedimentable de vías pavimentadas Respecto a las vías no pavimentadas de la ciudad De Uchiza, provincia de Tocache y departamento de San Martín en el periodo de octubre a diciembre del 2018* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1666>

- Ramírez, J. L., Bustos, M. E., Gomez, J. A. y Jimenez, B. N. (2024). Análisis de Contaminantes Atmosféricos como Indicadores de la Calidad del Aire en Comercios de Insumos Químicos Agrícolas en el Cantón Quevedo, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1291-1307. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.13552](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13552)
- Reinoso, N. G. y Tello, K. V. (2021). *Determinación de los niveles de presión sonora y material particulado (PM10, PM2,5 Y sedimentable) en el aire ambiente de bloqueras artesanales presentes en el área urbana del Cantón Cuenca* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/22b88108-e645-406a-add9-50a26087b3d2>
- Rodríguez-Izquierdo, A. (2019). Bocio multinodular tóxico por intoxicación con monóxido de carbono. *Revista Cubana de Endocrinología*, 30(3), 8. <https://revendocrinologia.sld.cu/index.php/endocrinologia/article/view/122>
- Sánchez, M. J. y Taguada, G. G. (2021). *Identificación de los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes fijas en la elaboración de bloques de cemento en la parroquia Eloy Alfaro del Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, durante el período 2020-2021* [Tesis de pregrado, Universidad técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/3c5d0efa-1afa-4478-99fd-73f35ab794e9>
- Santy, J. C. (2025). *Estudio sobre ubicación del material excedente en la construcción del túnel Ollachea Tramo 4 Azángaro – Puente Inambari del Corredor Vial Interoceánico Sur Perú - Brasil* [Tesis de pregrado, Universidad técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/1330>
- Taguada, J. (2019). *Evaluación de la concentración de material particulado PM10 y PM2,5 en la Parroquia Ignacio Flores de la Provincia de Cotopaxi en el periodo 2018–2019* [Tesis de pregrado, Universidad técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/92a1f6aa-e356-44dd-a931-0d309edd7c03/content>.
- Tirado, L. U. M., Tirado, E. D., Tirado, I. A., Mena, F. y Montánchez, E. G. (2021). Análisis y evaluación de los niveles de CO y CO<sub>2</sub> en la ciudad de Tacna en relación con el parque automotor y los estándares de calidad ambiental del aire. *Arquitek*, 20, 21-33. <https://doi.org/10.47796/ra.2021i20.549>

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Estándar de Calidad ambiental del aire (D.S. N° 003-2017-MINAM)

Parámetros	Periodo	Valor [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Criterios de evaluación	Método de análisis <sup>[1]</sup>
Benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ( $\text{PM}_{2,5}$ )	Anual	100	Media aritmética anual	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ )	Anual	25	Media aritmética anual	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	
	Anual	50	Media aritmética anual	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Mercurio Gaseoso Total (Hg) <sup>[2]</sup>	24 horas	2	No exceder	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30 000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10 000	Media aritmética móvil	
Ozono ( $\text{O}_3$ )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en $\text{PM}_{10}$	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para $\text{PM}_{10}$ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

**Nota.** NE: No Exceder.

[1] o método equivalente aprobado.

[2] El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

## Anexo 2. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Problemática	Hipótesis	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable dependiente</b>					
Planta de concreto y el DME <sub>2</sub>	Son las áreas de preparación de la mezcla de cemento para las obras de arte y depósito de material excedente de obra.	¿En la planta de concreto y DME <sub>2</sub> los niveles de concentraciones de PM <sub>10</sub> y CO superan el ECA aire?	H <sub>0</sub> : En la planta de concreto y DME <sub>2</sub> los niveles de concentraciones de PM <sub>10</sub> y CO no superan el ECA aire.	Buena, razonablemente buena, regular, desfavorable, muy desfavorable, y extremadamente desfavorable.	Cualitativa ordinal
<b>Variable independiente</b>					
Concentración de material particulado (PM <sub>10</sub> )	Se define como la cantidad en miligramos de material particulado por metro cúbico de muestra de aire ambiente.	¿El nivel de concentración de PM <sub>10</sub> en las áreas auxiliares supera el ECA aire?	H <sub>0</sub> : Las concentraciones de PM <sub>10</sub> en las áreas auxiliares no cumple con el ECA aire. H <sub>1</sub> : Las concentraciones de PM <sub>10</sub> en las áreas auxiliares cumple el ECA aire.	μg/m <sup>3</sup>	Cuantitativa continua
Concentración de monóxido de carbono (CO)	El monóxido de carbono es un gas incoloro no irritante sin olor o sabor.	¿El nivel de concentración de CO en las áreas auxiliares supera el ECA aire?	H <sub>0</sub> : Las concentraciones de CO en las áreas auxiliares no cumple con el ECA aire. H <sub>1</sub> : Las concentraciones de CO en las áreas auxiliares cumple con el ECA aire.		





#### Anexo 4. Análisis de laboratorio de las muestras recolectada

##### Material Particulado (PM<sub>10</sub>) - Agosto

Se tiene el cálculo de concentración de material particulado (PM<sub>10</sub>), obtenido a partir del volumen de aire absorbido por el PQ-200, durante un periodo de muestreo de 24 horas.

##### Datos:

Flujo del aire = 16,7 L/Min

Tiempo = 24 horas = 1 440 Min

##### Volumen de aire = Flujo \* Tiempo

Volumen de aire =  $16,7 \frac{L}{Min} * 1\ 440\ Min$

Volumen de aire = 24 048 L

Volumen en m<sup>3</sup> =  $24\ 048\ L * \frac{m^3}{1000\ L}$

Volumen de aire = 24,048 m<sup>3</sup>

##### Cálculo de la concentración de PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup> en el punto CA-01

Masa total de PM<sub>10</sub> = 337,5 µg

Volumen = 24,048 m<sup>3</sup>

Concentración = peso (µg)/volumen (m<sup>3</sup>)

Concentración =  $337,5\ \mu g / 24,048\ m^3$

**Concentración = 14,03 µg/m<sup>3</sup>**

##### Cálculo de la concentración de PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup> en el punto CA-02

Masa total de PM<sub>10</sub> = 341,0 µg

Volumen = 24,048 m<sup>3</sup>

Concentración = peso (µg)/volumen (m<sup>3</sup>)

Concentración =  $341,0\ \mu g / 24,048\ m^3$

**Concentración = 14,18 µg/m<sup>3</sup>**

### Material Particulado (PM<sub>10</sub>) - Octubre

Se tiene el cálculo de concentración de material particulado (PM<sub>10</sub>), obtenido a partir del volumen de aire absorbido por el PQ-200, durante un periodo de muestreo de 24 horas.

#### Datos:

Flujo del aire = 16.7 L/Min

Tiempo = 24 horas = 1 440 Min

Volumen de aire = Flujo \* Tiempo

Volumen de aire =  $16,7 \frac{\text{L}}{\text{Min}} * 1\ 440 \text{ Min}$

Volumen de aire = 24 048 L

Volumen en m<sup>3</sup> =  $24\ 048 \text{ L} * \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ L}}$

Volumen de aire = 24,048 m<sup>3</sup>

#### Cálculo de la concentración de PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup> en el punto CA-01

Masa total de PM<sub>10</sub> = 1 832,5 µg

Volumen = 24,048 m<sup>3</sup>

Concentración = peso (µg)/volumen (m<sup>3</sup>)

Concentración =  $1\ 832,5 \text{ µg} / 24,048 \text{ m}^3$

**Concentración = 76,20 µg/m<sup>3</sup>**

#### Cálculo de la concentración de PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup> en el punto CA-02

Masa total de PM<sub>10</sub> = 310,0 µg

Volumen = 24,048 m<sup>3</sup>

Concentración = peso (µg)/volumen (m<sup>3</sup>)

Concentración =  $310,0 \text{ µg} / 24,048 \text{ m}^3$

**Concentración = 12,89 µg/m<sup>3</sup>**

**Gas de Monóxido de carbono (CO) - Agosto****Datos:**

Flujo del aire = 0.5 L/Min

Tiempo = 8 horas = 480 Min

**Volumen de aire = Flujo \* Tiempo**

Volumen de aire =  $0,5 \frac{\text{L}}{\text{Min}} * 480 \text{ Min}$

Volumen de aire = 240 L

Volumen en  $\text{m}^3 = 240 \text{ L} * \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ L}}$

Volumen de aire =  $0,24 \text{ m}^3$

**Cálculo de la concentración de CO en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto CA-01**

Concentración = peso ( $\mu\text{g}$ )/volumen ( $\text{m}^3$ )

Concentración =  $72 \mu\text{g}/0,24 \text{ m}^3$

**Concentración =  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

**Cálculo de la concentración de CO en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto CA-02**

Concentración = peso ( $\mu\text{g}$ )/volumen ( $\text{m}^3$ )

Concentración =  $72 \mu\text{g}/0,24 \text{ m}^3$

**Concentración =  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

**Gas de Monóxido de carbono (CO) - Octubre**

Cálculo de concentración de Monóxido de Carbono (CO) durante el periodo de muestreo (8 horas).

**Datos:**

Flujo del aire = 0.5 L/Min

Tiempo = 8 horas = 480 Min

**Volumen de aire = Flujo \* Tiempo**

Volumen de aire =  $0,5 \frac{\text{L}}{\text{Min}} * 480 \text{ Min}$

Volumen de aire = 240 L

$$\text{Volumen en m}^3 = 240 \text{ L} * \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ L}}$$

$$\text{Volumen de aire} = 0,24 \text{ m}^3$$

### **Cálculo de la concentración de CO en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto CA-01**

$$\text{Concentración} = \text{peso } (\mu\text{g})/\text{volumen } (\text{m}^3)$$

$$\text{Concentración} = 72 \mu\text{g}/0,24 \text{ m}^3$$

$$\text{Concentración} = 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

### **Cálculo de la concentración de CO en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto CA-02**

$$\text{Concentración} = \text{peso } (\mu\text{g})/\text{volumen } (\text{m}^3)$$

$$\text{Concentración} = 134,40 \mu\text{g}/0,24 \text{ m}^3$$

$$\text{Concentración} = 560 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

### **Composición de la solución captadora para la determinación del CO (50 mL)**

#### **1. Solución de P-Saba (Sol. A): extraer 20 mL de la mezcla**

20 g de 4-Sulfamoilbenzoico

En 1 fiola de 1 L con NaOH (0.1 N)

Nota: Añadir perlas de NaOH si la solución continua de color blanco

#### **2. Solución de Nitrato de Plata (Sol. B): extraer 20 mL de la mezcla**

17 g  $\text{AgNO}_3$  (Nitrato de plata) (1/2)

En 1 fiola de 1 L con agua desionizada

#### **3. Solución de Hidróxido de sodio (Sol. C): extraer 10 mL de la mezcla**

40 g NaOH (Hidróxido de sodio)

En 1 fiola de 1 L con agua desionizada

**Anexo 5.** Reporte metereológico del lugar de estudio

<b>2024</b>			
<b>MESES</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm/día)</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA (%)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
<b>ENERO</b>	1,81	74,74	23,97
<b>FEBRERO</b>	2,71	77,63	23,79
<b>MARZO</b>	1,12	73,02	24,54
<b>ABRIL</b>	1,36	73,26	24,53
<b>MAYO</b>	1,15	73,06	24,36
<b>JUNIO</b>	0,29	65,40	24,26
<b>JULIO</b>	0,85	66,11	23,67
<b>AGOSTO</b>	0,39	59,58	25,1
<b>SEPTIEMBRE</b>	1,04	61,84	25,53
<b>OCTUBRE</b>	1,74	62,43	25,66
<b>NOVIEMBRE</b>	2,85	71,05	23,93
<b>DICIEMBRE</b>	0,79	70,82	24,29
<b>ANUAL</b>	1,33	69,04	24,47

Fuente: NASA POWER | Data Access Viewer (DAV)

## Anexo 6. Informe de los ensayos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-177



## INFORME DE ENSAYO IE-24-508

Pag 1 de 2  
LAB-F-2.3

**Dirección legal del cliente** : Psj. Callao cdr. 5 - Moyobamba  
**Solicitado por** : Juan Armando Flores Ushiñaua  
**N° de Cotización** : P-2024-461  
**N° de Orden de Servicio** : OS-24-280  
**Muestra(s) declarada(s)** : AIRE (SÓLO ANÁLISIS)  
**Procedencia de la Muestra** : **Nombre del Proyecto:** MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL RUTA SM - 113, TRAMO: MOYOBAMBA - YANTALO - NUEVO SAN IGNACIO DEL DISTRITO YANTALO - PROVINCIA DE MOYOBAMBA - SAN MARTÍN  
**Lugar de Proyecto:** DISTRITO YANTALO  
**Muestreado por** : EL CLIENTE  
**Cantidad de Muestra(s)** : 2  
**Fecha de recepción de muestras:** : 2024-08-03  
**Plan de monitoreo** : NO APLICA  
**Fecha de Inicio del Análisis** : 2024-08-03  
**Fecha de Emisión de Informe** : 2024-08-15

Código de Cliente		CA-01	CA-02	
Descripción del Punto de Muestreo		PLANTA DE CONCRETO	DME - 02	
Código de Laboratorio		M-24-835	M-24-836	
Coordenadas UTM WGS 84		N: 9338365	N: 9338960	
		E: 277626	E: 275715	
		822 m.s.n.m	835 m.s.n.m	
Instructivo de muestreo		NO APLICA	NO APLICA	
Matriz		AIRE (SÓLO ANÁLISIS)	AIRE (SÓLO ANÁLISIS)	
Muestreo	Inicio	Fecha	2024-08-02	2024-08-02
		Hora	07:30 hrs	08:00 hrs
	Fin	Fecha	2024-08-03	2024-08-03
		Hora	07:30 hrs	08:00 hrs
PARÁMETROS				
Parámetro de Ensayo	Unidades	L.C.M.	Resultados	Resultados
Determinación de Peso. Filtros PM10 Bajo Volumen	ug/filtro	15	337.5	341.0
Determinación de Peso. Filtros PM2.5 Bajo Volumen	ug/filtro	0	95.5	97.0
Dióxido de Nitrogeno	ug/muestra	0.16	<0.16	<0.16
Monóxido de Carbono	ug/muestra	300	<300	<300
Dióxido de Azufre	ug/muestra	3.60	<3.60	<3.60

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por INACAL-DA

El informe de ensayo sólo es válido para las muestra referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si SOMALAB S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal como fueron recepcionadas. SOMALAB S.A.C. Deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de SOMALAB S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-177



## INFORME DE ENSAYO IE-24-508

Pag. 2 de 2  
LAB-F-2.3

### Metodologías:

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Determinación de Peso. Filtros PM10 Bajo Volumen	NTP 900.069:2017 (Item 10) (No Incluye Muestreo) (VALIDADO - Modificado). Determinación de Peso: Filtro PM 10 y PM 2.5 Bajo Volumen
Determinación de Peso. Filtros PM2.5 Bajo Volumen	NTP 900.069:2017 (Item 10) (No Incluye Muestreo) (VALIDADO - Modificado). Determinación de Peso: Filtro PM 10 y PM 2.5 Bajo Volumen
Dióxido de Nitrogeno	ASTM D1607 - 91(2018). Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)
Monóxido de Carbono	Peter O. Warner (Validado-Modificado) 2018. Determinación de Monóxido de Carbono en la atmósfera. Método 4: Carboxibenceno sulfonamida.
Dióxido de Azufre	EPA CFR 40. Appendix A-2 to part 50. 2019. Reference method for the determination of sulfur dioxide in the atmosphere. (Pararosaniline method).

**Observación:**  
NO APLICA



*[Firma]*  
Quím. Luis Anicama Chura  
**Director Técnico**  
CQP. 1358

FIN DE DOCUMENTO

El informe de ensayo sólo es válido para las muestra referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si SOMALAB S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo fueron recepcionadas. SOMALAB S.A.C. Deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de SOMALAB S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-177



## INFORME DE ENSAYO IE-24-670

Pág. 1 de 2  
LAB-F23

<b>Dirección legal del cliente</b>	:	Psj. Callao cdr. 5 - Moyobamba
<b>Solicitado por</b>	:	Juan Armando Flores Ushiñaúa
<b>N° de Cotización</b>	:	P-2024-621
<b>N° de Orden de Servicio</b>	:	OS-24-363
<b>Muestra(s) declarada(s)</b>	:	AIRE (SÓLO ANÁLISIS)
<b>Procedencia de la Muestra</b>	:	<b>Nombre del Proyecto:</b> MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL RUTA SM - 113, TRAMO: MOYOBAMBA - YANTALO - NUEVO SAN IGNACIO DEL DISTRITO YANTALO - PROVINCIA DE MOYOBAMBA - SAN MARTÍN <b>Lugar de Proyecto:</b> DISTRITO YANTALO
<b>Muestreado por</b>	:	EL CLIENTE
<b>Cantidad de Muestra(s)</b>	:	2
<b>Fecha de recepción de muestras:</b>	:	2024-10-10
<b>Plan de monitoreo</b>	:	NO APLICA
<b>Fecha de Inicio del Análisis</b>	:	2024-10-10
<b>Fecha de Emisión de Informe</b>	:	2024-10-21

Código de Cliente		CA-01	CA-02	
Descripción del Punto de Muestreo		PLANTA DE CONCRETO	DME - 02	
Código de Laboratorio		M-24-1059	M-24-1060	
Coordenadas UTM WGS 84		N: 9338365	N: 9338960	
		E: 277626	E: 275715	
		822 m.s.n.m	835 m.s.n.m	
Instructivo de muestreo		NO APLICA	NO APLICA	
Matriz		AIRE (SÓLO ANÁLISIS)	AIRE (SÓLO ANÁLISIS)	
Muestreo	Inicio	Fecha	2024-10-08	2024-10-08
		Hora	07:30 hrs	08:00 hrs
	Fin	Fecha	2024-10-09	2024-10-09
		Hora	07:30 hrs	08:00 hrs
PARÁMETROS				
Parámetro de Ensayo	Unidades	L.C.M.	Resultados	Resultados
Determinación de Peso. Filtros PM10 Bajo Volumen	ug/filtro	15	1832.5	310.0
Determinación de Peso. Filtros PM2.5 Bajo Volumen	ug/filtro	0	388.0	90.5
Dióxido de Nitrogeno	ug/muestra	0.16	<0.16	<0.16
Monóxido de Carbono	ug/muestra	300	<300	560
Dióxido de Azufre	ug/muestra	3.60	<3.60	<3.60

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por INACAL-DA

El informe de ensayo sólo es válido para las muestra referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si SOMALAB S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal como fueron recepcionadas SOMALAB S.A.C. Deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de SOMALAB S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-177



Registro N° LE - 177

## INFORME DE ENSAYO IE-24-670

Pág. 2 de 2  
LAB-F-23

### Metodologías:

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Determinación de Peso. Filtros PM10 Bajo Volumen	NTP 900.069:2017 (Item 10) (No Incluye Muestreo) (VALIDADO - Modificado). Determinación de Peso. Filtro PM 10 y PM 2.5 Bajo Volumen
Determinación de Peso. Filtros PM2.5 Bajo Volumen	NTP 900.069:2017 (Item 10) (No Incluye Muestreo) (VALIDADO - Modificado). Determinación de Peso. Filtro PM 10 y PM 2.5 Bajo Volumen
Dióxido de Nitrogeno	ASTM D1607 - 91(2018). Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)
Monóxido de Carbono	Peter O. Warner (Validado-Modificado) 2018. Determinación de Monóxido de Carbono en la atmósfera. Método 4: Carboxibenceno sulfonamida.
Dióxido de Azufre	EPA CFR 40. Appendix A-2 to part 50. 2019. Reference method for the determination of sulfur dioxide in the atmosphere. (Pararosaniline method).

Observación:  
NO APLICA

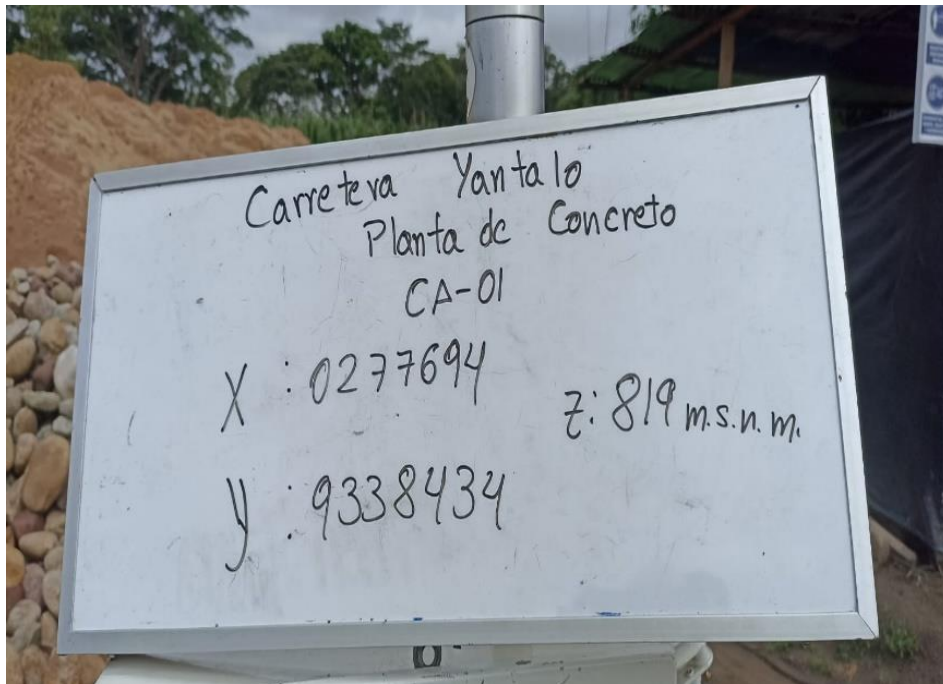


  
Quím. Luis Anicama Chura  
**Director Técnico**  
CQP. 1358

FIN DE DOCUMENTO

El informe de ensayo sólo es válido para las muestra referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si SOMALAB S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal como fueron recepcionadas SOMALAB S.A.C. Deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de SOMALAB S.A.C.

## PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 8.** Punto de muestreo de la planta de concreto



**Figura 9.** Planta de concreto



**Figura 10.** Abastecimiento de agua a los tanques de la planta de concreto



**Figura 11.** Tolvas de grava y arena



**Figura 12.** Abastecimiento de cemento para el procedimiento de mezcla en los mixers



**Figura 13.** Personal implementado para el abastecimiento de cemento



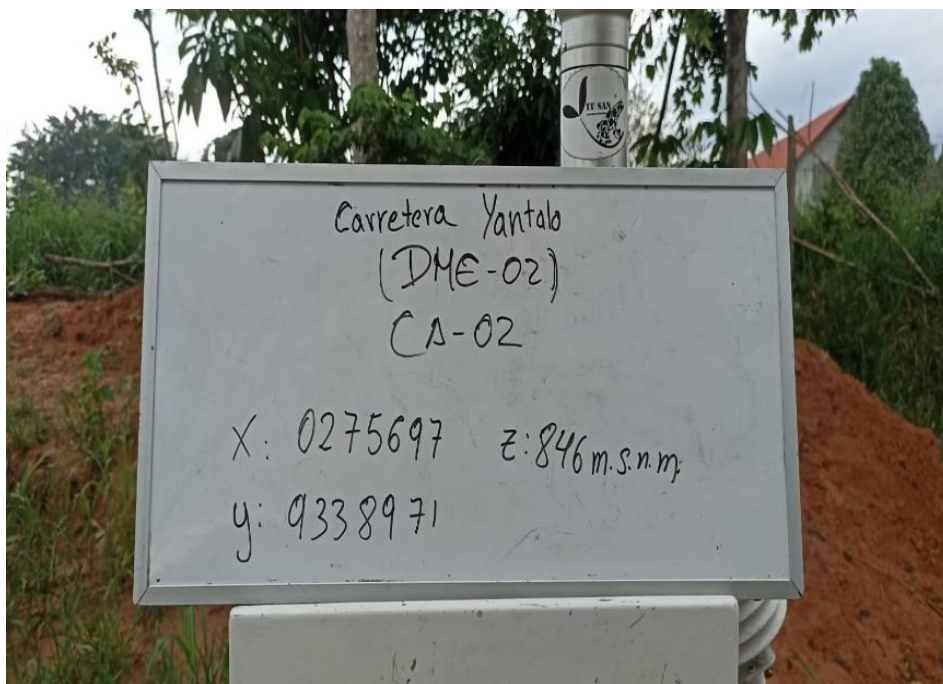
**Figura 14.** Instalación del Tecora para la medición del material particulado  $PM_{10}$  en la planta de concreto



**Figura 15.** Colocación del filtro  $PM_{10}$  en el equipo Tecora para la medición del  $PM_{10}$  en la planta de concreto



**Figura 16.** Instalación del tren de muestreo para la medición del gas CO en la planta de concreto



**Figura 17.** Punto de muestreo del DME<sub>2</sub>



**Figura 18.** Extracción de material por la excavadora del DME<sub>2</sub>



**Figura 19.** Carguío del material a los volquetes al DME<sub>2</sub>



**Figura 20.** Transporte de material excedente al DME<sub>2</sub>



**Figura 21.** Descargue del material excedente



**Figura 22.** Instalación completa de los equipos de muestreo del PM<sub>10</sub> y CO en el DME<sub>2</sub>



**Figura 23.** Operatividad de los equipos de muestreo del PM<sub>10</sub> y CO en el DME<sub>2</sub>