



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ Y RUIDO COMPARÁNDOLO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES, EN CALERA JUAN DE DIOS I”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero ambiental

Autores:

Oscar Roylander Loconi Cerquera

Lenin Rigoberto Saldaña Castillo

Asesor:

Ing. Julian Ricardo Diaz Ruiz

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi madre, ya que ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación. Este trabajo ha sido posible con la ayuda de Dios, por otorgarme sabiduría y salud para poder cumplir con los objetivos planteados.

Lenin Saldaña.

A mis padres por brindarme la fuerza y los consejos necesarios para seguir avanzando con mis metas profesionales, a mis hermanos por apoyarme en los momentos que más los necesito.

Oscar Loconi.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirnos estar presentes, a nuestras familias porque estuvieron a nuestro lado ofreciéndonos lo mejor para superarnos.

Expresamos nuestro especial agradecimiento a la empresa Juan de Dios I, por permitirnos realizar esta investigación, a la señora Julia Urrutia Cubas y al ingeniero José Siveroni Morales por darnos todas las facilidades para el cumplimiento de esta meta.

Lenin Saldaña y Oscar Loconi.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	32
1.3. Objetivos.....	32
1.4. Hipótesis	32
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	34
2.1. Tipo de investigación	34
2.2. Población y muestra	34
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	39
2.4. Procedimiento.....	41
2.5. Aspectos éticos	47
CAPÍTULO III. RESULTADOS	48
3.1. Descripción de monitoreo	48
3.2. Promedios de concentraciones	58
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	61
4.1. Discusión	61
4.2. Conclusiones.....	63
REFERENCIAS	65
ANEXOS	75
ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia.....	76
ANEXO n.º 2. Fotografías	77
ANEXO n.º 3. Certificado de calibración.....	91
ANEXO n.º 4. Licencia de funcionamiento del laboratorio.....	97
ANEXO n.º 5. Plano de distribución y de monitoreos	98
ANEXO n.º 6. Instrumentos para recolectar mediciones de PM, gases y ruido.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Coordenadas de la cantera Juan de Dios I.	16
Tabla 2 Tipos de partículas según su tamaño.	29
Tabla 3 Límites máximos permisibles para calidad de aire	30
Tabla 4 Frecuencia de monitoreo.	34
Tabla 5 Ubicación Política de la Concesión Juan de Dios I.	41
Tabla 6 Coordenadas de la concesión Juan de Dios I.	43
Tabla 7 Velocidad del viento medidas en el monitoreo.	44
Tabla 8 Promedios concentraciones comparadas con estándares de calidad ambiental ...	46
Tabla 9 Concentración de Partículas en Suspensión PM ₁₀	48
Tabla 10 Concentración de Partículas en Suspensión PM _{2.5}	50
Tabla 11 Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂).	52
Tabla 12 Concentración de Monóxido de Carbono (CO).	53
Tabla 13 Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)-12h.	55
Tabla 14 Nivel de Ruido-12h.	57
Tabla 15 Promedios concentraciones comparadas con los límites máximos permisibles.	58
Tabla 16 Matriz de consistencia	76
Tabla 17 Concentración de Partículas en Suspensión PM ₁₀	99
Tabla 18 Concentración de Partículas en Suspensión PM _{2.5}	99
Tabla 19 Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂).	100
Tabla 20 Concentración de Monóxido de Carbono (CO).	100
Tabla 21 Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)-12h.	101
Tabla 22 Nivel de Ruido-12h.	101
Tabla 23 Promedios concentraciones comparadas con los límites máximos permisibles.	102

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Etapas de la producción de óxido de calcio.....	15
Figura 2. Extracción de caliza en una cantera	28
Figura 3. Plantilla de SPSS.....	40
Figura 4. Ubicación de la concesión Juan de Dios I.....	42
Figura 5. Ubicación de los puntos de monitoreo.....	44
Figura 6. Velocidad del viento E-1 (21/10/2019).....	45
Figura 7. Rosa de los vientos E-1 (21/10/2019).....	45
Figura 8: Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM ₁₀ (µg/m ³)... 49	49
Figura 9. Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM _{2.5} (µg/m ³)... 51	51
Figura 10. Comparación de concentraciones de SO ₂ (µg/m ³).....	52
Figura 11: Comparación de concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) (µg/m ³)..... 54	54
Figura 12. Comparación de concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) (µg/m ³)..... 56	56
Figura 13. Comparación de niveles de ruido dBA	57
Figura 14. Concentraciones de material particulado y ECA	59
Figura 15. Concentraciones de gases y ECA.....	59
Figura 16. Niveles de ruido y ECA	60
Figura 17. Zona de chancado de carbón.....	77
Figura 18. Zona de chancado de caliza.....	77
Figura 19. Hornos de calcinación.....	78
Figura 20. Caliza chancada lista para calcinar.....	78
Figura 21. Zona de carguío.....	79
Figura 22: Silo actual	79
Figura 23. Desmontera en la cantera	80
Figura 24. Talud de la desmontera	80
Figura 25. Zona de almacenaje de residuos sólidos	81
Figura 26. Extensión del acceso principal.....	81
Figura 27. Extensión de la vía alterna 1 de cantera.....	82
Figura 28. Acceso al talud 2.....	82
Figura 29. Patio de maniobras	83
Figura 30. Container de almacén de combustible.....	83

Figura 31. Zona de parqueo.....	84
Figura 32. Oficina.....	84
Figura 33. Almacén de herramientas.....	85
Figura 34. Polvorín.....	85
Figura 35. Cocina	86
Figura 36. Comedor.....	86
Figura 37. Baños de los trabajadores.....	87
Figura 38. Ducha	88
Figura 39. Equipo de monitoreo de partículas Handheld 3016.....	88
Figura 40. Equipo de monitoreo de gases S200.....	89
Figura 41. Sonómetro para medir niveles de ruido.....	89
Figura 42. Zona de residuos	90

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue evaluar la calidad de aire (PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ y ruido) generado por la producción de óxido de calcio en la calera Juan de Dios I. El tipo de investigación fue cuantitativa, porque se analizó la concentración de partículas en suspensión, gases y generación de ruido para luego compararlos con los límites máximos permisibles. Se realizó el monitoreo el día lunes, un día de alta producción, que es día no laborable en la calera. Se utilizó la técnica automática para determinar la concentración de gases y el método de espectrometría para determinar el tiempo de monitoreo para gases, material particulado y ruido durante 12 horas. Se determinó que la concentración de partículas en suspensión PM_{2.5} en promedio fue 3.06 µg/m³ y para PM₁₀ en promedio fue 4.20 µg/m³. La concentración de SO₂ fue en promedio 1.61 µg/m³, para CO fue 2529.16 µg/m³ y para NO₂ fue 69.34 µg/m³. El nivel de ruido en promedio fue 50.90 dBA, en ninguno de los casos sobrepasan o se acercan a los estándares de calidad ambiental. Las fuentes principales de contaminación del aire son el chancado, la voladura, el quemado de caliza, el quemado de carbón, el transporte y el chancado.

Palabras clave: calidad, aire, partículas en suspensión, gases, aire, ECA.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the air quality (PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ and noise) generated by the production of calcium oxide in the Juan de Dios I calera. The type of research was quantitative, because the concentration of particles in suspension, gases and generation noise was analyzed and then compared with the maximum permissible limits. The monitoring was carried out on Monday, the day of high production, which is a non-working day in the calera. The automatic method technique was used to determine the gas concentration and the spectrometry method to determine the noise concentration. It was determined that the concentration of particles in suspension PM_{2.5} on average was 3.06 µg/m³ and for PM₁₀ on average it was 4.20 µg/m³. The SO₂ concentration was on average 1.61 µg/m³, for CO it was 2529.16 µg/m³ and for NO₂ it was 69.34 µg/m³. The noise level on average was 50.90 Dba, in none of the cases exceed or approach the environmental quality standard. The main sources of air pollution are crushing, blasting, burning limestone, burning coal, transport and crushing.

Key words: quality, air, suspended particles, gases, air, ECA.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La extracción y tratamiento de minerales de caleras producen emisiones significativas como resultado de actividades, tales como perforación, voladura, transporte, carga primaria, trituración y almacenamiento. Emisiones de polvo fugitivo no controladas pueden producir impactos sobre el medio ambiente, la salud humana, la seguridad y productividad de una mina; cuestiones que afectan tanto al personal que trabaja en el sitio como a la comunidad en general (Paez, Cogliati y Giacosa, 2017, p. 18).

Las consecuencias del desarrollo industrial que experimenta a diario la humanidad traen consigo una serie de eventos que involucran de una u otra forma el medio ambiente, y con ello, la calidad del aire, entre otros aspectos. Por tal razón, cada vez es más frecuente el interés por conocer e identificar el estado actual del aire, con el fin de evaluar las causas y establecer medidas que minimicen y contribuyan a solucionar el problema (Arenas, 2017, p. 31).

Según la Organización Mundial de la Salud (2014), existe cuatro contaminantes comunes en el aire que son: material particulado PM₁₀, PM_{2.5}, dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), estos se agudizan cuando intervienen actividades mineras (Barrera, 2013, p. 22).

La producción de cal es una industria que, inevitablemente, produce polvo y gases, ya que en ella se trata material seco y caliente o intervienen materiales que contiene cierta proporción de partículas finas secas. En los hornos rotatorios se producen gases como SO₂ y NO₂, debido al uso de carbón antracita (Coronado y Mederos, 2015, p. 46).

Conocer las concentraciones de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}, SO₂ y NO₂ y ruido en la calera Juan de Dios I, servirá para tomar las debidas medidas de corrección y prevención, por una posible contaminación de la industria cementera.

En cuanto al ruido es necesario ser evaluado la calidad de aire en la calera Juan de Dios I, es de suma importancia, ya que algunos trabajadores han reportado inicios de sorderas por los altos niveles de ruido. En el año 2017 se reportó la muerte de un trabajador en la calera Nube Blanca, Apán Bajo, Bambamarca; por excesiva inhalación de gases ya que se quedó dormido al costado de los hornos de calcinación (Valdivia, 2017, p. 9).

En la calera Juan de Dios se extrae roca caliza óptima para producir oxido de calcio, esta actividad genera partículas de suspensión PM_{2.5} y PM₁₀, producto de la perforación, voladura, chancado y transporte de las rocas de interés. Igualmente se generan gases tóxicos por los explosivos detonados al momento de la voladura y por la calcinación, ya que se usa carbón antracita en cual al quemarse emite CO, SO₂ y NO₂. Otro factor que altera la calidad de aire es el ruido, generados por todos los equipos de línea amarilla empleados en la calera y por la voladura (Bartra y Virhuez, 2015).

Arcón (2016), en su investigación en la Universidad de la Costa CUC –Colombia, determinó que el foco de emisión con mayor concentración de PM₁₀ es el área con alta actividad de trituración en la cantera. La generación y transporte de PM₁₀ de la cantera impacta negativamente áreas de influencia directa e indirecta. El área de influencia indirecta que resulta más afectada por la contaminación es el centro bíblico y el colegio, su ubicación no es favorable teniendo en cuenta la dirección del viento y que supera el 10% del Límite Máximo Permisible.

Gómez (2017), en su investigación en la Universidad Militar Nueva Granada – Colombia, explica que la contaminación de aire está asociada con los porcentajes de emisión anual y 24 horas de contaminantes como óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃), gas carbónico (CO₂), material particulado respirables (PM₁₀), material particulado de fracción fina (PM_{2.5}) generados a nivel industrial y por el parque automotor. Para tal efecto, el presente artículo se centra en la evaluación del PM₁₀, centrándose en PM_{2.5} al generar alerta roja y naranja en los meses de marzo y abril de 2016 y marzo de 2017 al ser las partículas de mayor afectación a la salud de la población causando restricciones en la movilidad vehicular y actividades en las zonas industriales, los cuales superan los límites máximos permisibles en 15%.

Gutiérrez (2015), en su investigación doctoral en la Universidad Autónoma De San Luis Potosí – México, identificó que las emisiones de CO₂ son producto de procesos industriales, generadas por la transformación de las materias primas, así como por el uso de combustibles como fuentes de energía. El 30% de emisiones fueron liberadas, principalmente, por el uso de carbonatos como materias primas en los procesos, mientras que las restantes, fueron producto de la quema de los diferentes combustibles utilizados en los procesos de este sector, superando los límites máximos permisibles en promedio 18%. Las subcategorías de mayor contribución, en términos absolutos de emisiones, fueron: cal y cemento con un 39%, hierro y acero con un 26%, alimentos y bebidas con el 19%, cal con el 6%, y las subcategorías de uso de piedra caliza, vidrio y papel participaron cada una con un 3%.

Valdivia (2017), en su investigación a la Universidad Nacional San Agustín – Arequipa, logró identificar una cantera de material de agregados, que es utilizado para la construcción de carreteras, e hizo monitoreos donde se pudo observar que la

concentración de material particulado (PM₁₀) están por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental, tanto para el D.S. N° 074- 2001-PCM (antiguo ECA's) y D.S. N° 003-2017-MINAM (actual ECA's). El resultado para dióxido de azufre (SO₂), está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental, tanto para el D.S. N° 003-2008-MINAM (antiguo ECA's) y D.S. N° 003-2017-MINAM (actual ECA's). El resultado para monóxido de carbono (CO), está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental, tanto para el D.S. N° 074-2001-PCM (antiguo ECA's) y D.S. N° 003-2017-MINAM (actual ECA's).

Sagástegui (2014), en su investigación en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Lima, expresa que el proceso productivo de una cementera tiene causa problemas dañinos en la salud por los efectos respiratorios que ocasionan en los trabajadores, el autor propone la implementación de domos que tiene la función de mantener casi al 100% el desprendimiento de polvo y filtrarlo para poder direccionarlo al proceso productivo, el tiempo de vida de un domo supera los 50 años. Al saber que se cuenta con materia prima por 40 años, se llega a la conclusión que la concentración de partículas en suspensión PM_{2.5} es en promedio 5.22 µg/m³ y para PM₁₀ es en promedio 6.98 µg/m³.

Bartra y Virhuez (2014), en su investigación en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, analiza la calidad de aire en la Concesión Minera Jehová Jhiré 1, que produce diariamente 25 TM de mineral no metálico caliza. La etapa de extracción - operación obtuvo la mayor calificación promedio negativa en cuanto a emisiones de material particulado y ruido, con - 4.19 en Magnitud y 4.91 en Importancia, proceso que viene impactando los componentes ambientales como el suelo, geomorfología, geología, capacidad de uso mayor, geodinámica interna y externa, cobertura vegetal,

fauna y socioeconómico; se sugiere el seguimiento respectivo a través de del monitoreo y cierre de la cantera, priorizando para ello la calidad del suelo, calidad del aire, calidad del medio biológico y socio económico. Concluyó que para ruido el promedio encontrado es de 70.56 dBA acercándose al límite máximo permisible que es de 80 dBA.

Arango (2013), en su investigación doctoral en la Universidad Nacional de Trujillo, determina el método para reducir los impactos sonoros en la explotación de caliza en la mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca, que consistió en la instalación de silenciadores a los volquetes y tractores, y la disminución del factor de carga de explosivos lo cual originó la voladura silenciosa con carguío de taladros en “deck”, y disminuyó el ruido y la vibración en las áreas críticas. Se identificó que los equipos y maquinarias que generan mayor ruido fueron el martillo neumático IR con un valor de 108 dB y rock drill IR 354 con un valor de 105 dB.

García (2016), en su investigación en la Universidad Privada del Norte - Cajamarca, realiza la medición de la calidad del aire teniendo en cuenta PM₁₀, PM_{2.5}, CO, SO₂ y NO₂; los cuales no pasan los límites máximos permisibles. Concluyó que la calidad del aire en la ventilación natural en el socavón Mi Grimaldina es buena, pero es necesario mejorarla mediante más cámaras que lleguen a la superficie, por tanto, no es necesaria la ventilación superficial. Recomendó que la optimización del sistema de ventilación de acuerdo a la topografía, a los monitoreos y al caudal es abrir más cámaras a la superficie ya que la explotación se considera en avance. Para SO₂ obtuvo 11.38 µg/m³ y el límite máximo permisible es 80 µg/m³, para CO el promedio es 10 532.45 µg/m³ y el límite máximo permisibles es 30 000 µg/m³; para NO₂ el promedio es 123.85 µg/m³ y el límite máximo permisible es de 200 µg/m³.

Casquico y Chavarry (2016), en su investigación en la Universidad Privada del Norte - Cajamarca, analiza los impactos ambientales en la concesión ITALO, que modifican el ambiente físico, biológico y el socio económico. Establecieron el plan de estrategia, el plan de manejo ambiental y social según la Norma ISO 14001: 2004, donde comprenden los monitoreos de taludes, de aguas superficiales, de calidad de aire y emisiones, plan de prevención de mitigación y mejoramiento, plan de residuos sólidos, plan de contingencia y plan de cierre, también se ha incluido cronogramas y costos de cierre. Este antecedente, así como la presente investigación realizaron monitoreos de calidad de aire y en ninguno de los casos se superan los LMP.

En la figura 1, se muestran las etapas de la producción de óxido de calcio.

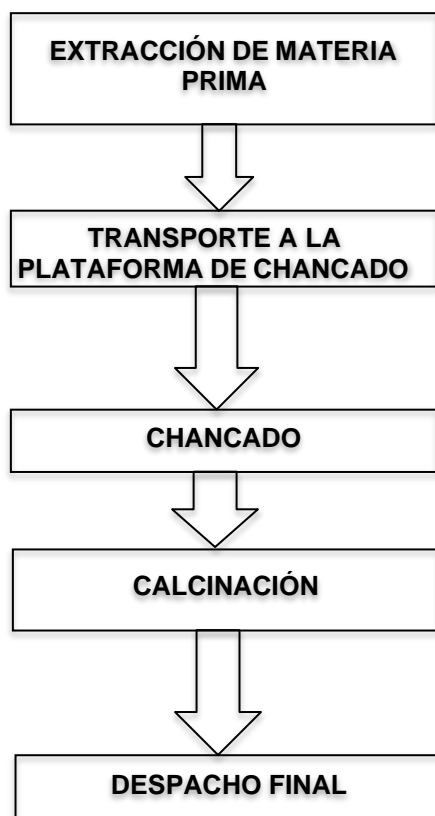


Figura 1: Etapas de la producción de óxido de calcio.

Nota: Proceso artesanal, realizado por la comprensión de investigaciones.

Componentes mineros y fuentes de emisión en la Calera Juan de Dios I:

Cantera

Las explotaciones mineras en la concesión Juan de Dios I, se desarrollan en la superficie del terreno.

Para la explotación de esta mina a cielo abierto, es necesario excavar, con medios mecánicos y con explosivos.

Tabla 1

Coordenadas de la cantera Juan de Dios I.

COORDENADAS UTM (WGS84)		
NORTE	ESTE	COTA
9 201 980	766 915	3430

La cantera de la concesión Juan de Dios 1, está compuesta de estratos potentes de roca caliza, donde los bancos se consideran de 2.6 metros cada uno, de acuerdo al avance de explotación se irá dando forma y medidas a los bancos.

Plataforma de Chancado de Carbón Antracita

El proceso de calcinación es artesanal por ello aún se chanca el carbón antracita las herramientas utilizadas son: Comba, cincel, martillos, rastrillos, zarandas, palanas y EPPs. Este componente comprende un área de 200 metros cuadrados (ver Figura 12 en anexos).

Plataforma de Chancado de Caliza

La caliza es extraída de la cantera y trasladada en volquetes a la zona de chancado, que es colindante a la zona de chancado de carbón y a los hornos de calcinación (ver Figura 13 en anexos).

Hornos de Calcinación

En total son cuatro hornos, todos los hornos de calcinación de calizas son parecidos, son tipo cuba, cilíndricos y tienen 8.0 m de altura, dos hornos de 3.0 y dos hornos de

3.5 m de diámetro. Su construcción se realiza usando ladrillo de arcilla tipo king kong; estos hornos son verticales continuos (Ver Figura 14 en anexos).

Se enciende el horno elevando la temperatura gradualmente, hasta que las piedras se presenten porosas, por los gases de combustión que circulan entre ellas y provocan su descomposición. Se deja enfriar y se extrae la cal formada corriendo la reja metálica de la parte inferior. La operación dura aproximadamente 24 horas (datos obtenidos del plan de minado de la concesión Juan de Dios I) (ver Figura 15 en anexos).

Estos hornos tienen un aislamiento interior con ladrillo rojo de construcción denominado King-Kong, siendo más adecuado un revestimiento interior con ladrillo refractario que no es el caso. En ese sentido, la altura más adecuada para un horno vertical es por lo menos 6 veces el diámetro interior del horno vertical, sin embargo, para mayores eficiencias se usa una relación de 9 veces el diámetro del horno vertical, funcionan por cargas de llenando de trozos de caliza y procediendo a su calcinación utilizando como combustible carbón de piedra antracítico de alto contenido de poder calórico (7,500 kilo calorías) (datos obtenidos del plan de minado de la concesión Juan de Dios I).

En nuestro caso, el ratio entre el diámetro y la altura de los hornos está en un promedio de 2.5, es decir 2.5 veces el diámetro del horno.

Normalmente se colocan los trozos de caliza más grandes sobre la parrilla de rieles de 60 libras, si se sigue cargando hasta llenar el horno, momento en que se inicia la cocción. Eventualmente puede mezclarse la caliza con parte del combustible para acelerar el proceso (datos obtenidos del plan de minado de la concesión Juan de Dios I).

El óxido de calcio descargado de los hornos de calcinación, será manipulado por personal con su EPP completo para ser pulverizado en el molino de martillos con una capacidad de 3-4 TM/Hora para luego ser ensacado y despachado en camiones (datos obtenidos del plan de minado de la concesión Juan de Dios I).

Almacén de Cal Granada

La producción ha aumentado en los últimos años, lo cual ha sido necesario ampliar la zona de carguío e implementar el techo de esta zona, ya que las frecuentes lluvias apagan la cal (ver Figura 16 en anexos) (datos obtenidos del plan de minado de la concesión Juan de Dios I).

Silo

El silo es donde se carga la cal en bombonas (ver Figura 17 en anexos).

Desmontera de Cantera

Aquí se coloca los desperdicios de la cantera referentes al ripio generado en la extracción de roca caliza (ver Figura 18 en anexos).

De acuerdo al estudio de suelos adjuntado a este plan de cierre, se evidencia que no hay generación de acidez.

Su diseño va a ser 2H:1 (ver Figura 19 en anexos).

Almacén de Residuos Sólidos

En la planta de procesamiento Juan de Dios I, se ha construido una zona adecuada para reciclaje y almacenamiento de residuos sólidos. Anteriormente los desechos se almacenaban temporalmente hasta que la Empresa EMICONSA llevaba, actualmente no se cuenta con empresa certificada para manejo de residuos sólidos, para ello la empresa minera Juan de Dios I, solicitará con urgencia otra empresa que les preste este

servicio, a su favor se evidencia la poca generación de residuos (ver Figura 20 en anexos).

Vía Principal hacia la Planta

Esta vía se extiende desde el cruce de la carretera a San Cristóbal hasta la zona de parqueo de la planta de producción Juan de Dios I, por esta vía pasan todas las unidades vehiculares que desean acceder a la planta desde visitas de estudio hasta carguío de cal. es una trocha afirmada que actualmente se encuentra en la implementación de mejoras, como creación de cunetas, reforestación a los extremos y constante compactación con ripio generado en la cantera. Su extensión es de 253 metros (ver Figura 21 en anexos).

Vía de Acceso de la Planta a la Calera (Talud 1)

Esta vía es usada principalmente por la excavadora y los volquetes que trasladan la caliza desde cantera hasta la plataforma de chancado. Su extensión es de 93 metros (ver Figura 22 en anexos).

Vía de Acceso de la Planta a la Calera (Talud 2)

Esta vía se ha creado con la finalidad de acceder al talud 2 de la cantera Juan de Dios I, de perforación, combustible, excavadora y volquetes que trasladan la caliza hasta la plataforma de chancado.

Tiene una extensión de 210 metros de manera serpenteante, también se le acondicionará una entrada para el polvorín que se encuentra a pocos metros.

Su forma de cierre será a partir del año 2046, de acuerdo a su plan de minado en ese año se terminará su perfilado y se empezará su cierre progresivo (ver Figura 23 en anexos).

Patio de Maniobras

Se cuenta con una excavadora PC200, un minicargador New Holland L218 y un volquete. Este componente se implementó dentro del área directa para el arreglo de la maquinaria ya descrita (ver Figura 24 en anexos).

COORDENADAS UTM WSG 84		
NORTE	ESTE	COTA
9201942	767038	3428

Almacén de Combustible

Está compuesto por un container con calamina industrial, con adecuada iluminación y ventilación, se almacena el combustible en grandes tanques y es necesario para abastecer a la excavadora y los volquetes (ver Figura 25 en anexos).

Zona de Parqueo

Esta zona está adecuada para albergar 6 unidades vehiculares incluyendo volquetes, constantemente se le atribuye mejoras con ripio generado en la misma cantera (ver Figura 26 en anexos).

Este componente al final del proyecto permanecerá para ser donado junto a la infraestructura.

Oficina

La oficina está construida de material noble y será donada junto a toda la infraestructura a los pobladores (ver Figura 27 en anexos).

Almacén de Herramientas

En este lugar se procede a guardar herramientas manuales de los trabajadores, será donado para los pobladores al finalizar las operaciones mineras (ver Figura 28 en anexos).

Polvorín

El polvorín se ha construido para guardar los explosivos requeridos durante la etapa de extracción de roca caliza (ver Figura 29 en anexos).

Cocina

La cocina es pequeña diseñada de unos 20 metros cuadrados con cocina mejorada (ver Figura 30 en anexos).

Comedor

Con el crecimiento minero en esta concesión se requiere mano de obra calificada y profesional, los cuales no son de la zona de influencia e ingieren sus alimentos en el campamento. Este componente se construyó de acuerdo al número de trabajadores (ver Figura 31 en anexos).

COORDENADAS UTM WSG 84		
NORTE	ESTE	COTA
9201962	767054	3433

Baños

Los servicios higiénicos están implementados para comodidad del trabajador (ver Figura 32 en anexos).

Ducha

Debido a que las tareas realizadas en mina son tediosas y expuestas a polvos, los trabajadores necesitan un lugar acondicionado para su limpieza general (ver Figura 33 en anexos).

Evaluación de gases (NO₂, SO₂ y CO) en caleras

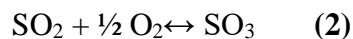
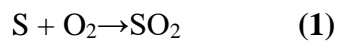
La composición de los contaminantes químicos atmosféricos en las caleras es muy variada. Los gases de contaminación al quemar las rocas calizas con carbón antracita

generan sustancias vertidas a la atmósfera, entre los que se encuentran las partículas en suspensión, los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno y el monóxido de carbono (Valdivia, 2017, p. 18).

– **Consecuencias ambientales del óxido de azufre (SO_x) en la calera**

En las caleras, se utiliza el carbón antracita para quemar la roca caliza y convertirla en cal, este carbón contiene azufre, generando dióxido de azufre (SO₂) como contaminante primario. El ácido sulfúrico (H₂SO₄) se produce por la oxidación catalítica de los óxidos de azufre en las gotas de agua de lluvia (Gutiérrez, 2015, p. 23).

Los óxidos de azufre en la combustión se forman por las siguientes reacciones:



En el equilibrio se favorece la formación de SO₃ a bajas temperaturas y a la formación de SO₂ a altas temperaturas (Valdivia, 2017, p. 42).

Las consecuencias ambientales provocados por este gas son la lluvia ácida y el calentamiento global afectando principalmente a la vegetación y a los animales; pero la salud humana también se resiente, la inhalación de este gas induce el aumento de los problemas respiratorios y cardiovasculares (Sagástegui, 2014).

El SO₂ se genera en las caleras en el proceso de calcinación, en los hornos se introduce roca caliza chancada mezclada con carbón antracita, que al exponerse a temperaturas de 800-1.000°C que son las necesarias en la producción de cal, el carbón quemado emite este gas (Arango, 2013, p. 27).

Este gas produce efectos nocivos en los seres vivos, ya que contiene azufre, se espera que antes y después de la evaluación no superen los límites máximos permisibles.

– **Consecuencias ambientales del óxido de nitrógeno (NO_x) en la calera**

Este gas se forma como contaminante primario en los procesos de combustión de carbón antracita. La oxidación posterior del NO da lugar al dióxido de nitrógeno (NO₂) y posteriormente al ácido nítrico (HNO₃), como contaminantes secundarios (Aguiló, 2013, p. 9).

En forma macro las reacciones son explicadas en las siguientes ecuaciones:



Este gas produce efectos adversos que son de muy diversa naturaleza, y se pueden producir sobre la salud humana (inflamación de las vías aéreas, afecciones de órganos, como hígado o bazo, o de sistemas, como el sistema circulatorio o el inmunitario, que propician a su vez infecciones pulmonares e insuficiencias respiratorias) y sobre el medio ambiente (acidificación y eutrofización de ecosistemas, afecciones metabólicas, limitación del crecimiento vegetal). Los procesos de acidificación pueden también afectar a las edificaciones (Gómez, 2017, p. 18).

En las caleras, este gas se forma en dos etapas, la primera en la etapa de calcinación ya que el carbón al ser quemado emite este gas tóxico, la segunda en la etapa de voladura ya que se usan dinamita y Anfo, estos explosivos contienen nitratos que se liberan en forma de gas al ser explotados (Estrella, 2015, p. 11).

Para minimizar este gas se tendría que cambiar la configuración de carga de voladura, lo cual implica aumentar los costos de voladura. Por lo tanto, se espera que la concentración no supere los límites máximos permisibles (Delgado y Zamora, 2012, p. 36).

– **Consecuencias ambientales del monóxido de carbono (CO) en la calera**

El monóxido de carbono (CO) en caleras tiene su origen antropogénico debido a la combustión de las calizas y del carbón antracita. Al oxidarse en la atmósfera genera dióxido de carbono (CO₂) (Aguiló, 2013, p. 18).

Este gas posee consecuencias sobre el clima, ya que contribuye a la formación de gases de efecto invernadero: su vida media en la atmósfera es de unos tres meses, lo que permite su lenta oxidación para formar CO₂, proceso durante el cual también se genera O₃ (Barrera, 2013, p. 35).

El CO penetra en el organismo a través de los pulmones, y puede provocar una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, con el consecuente detrimento de oxigenación de órganos y tejidos, así como disfunciones cardíacas, daños en el sistema nervioso, dolor de cabeza, mareos y fatiga; estos efectos pueden producirse tanto sobre el ser humano como sobre la fauna silvestre (Coronado y Mederos, 2015, p. 13).

El CO se genera en las caleras en tres etapas, la primera es en la etapa de calcinación, este gas se genera al quemar el carbón antracita; la segunda es en la etapa de voladura, este gas se libera al volar los explosivos; y la tercera es en la etapa de carguío y transporte, los equipos como excavadoras, retroexcavadoras, bobcats y volquetes liberan este gas en su proceso de combustión (Arenas, 2017, p. 36).

Se espera que este gas no supere los límites máximos permisibles ya que no hay manera de minimizarlos dentro de las operaciones de una calera.

Consecuencias ambientales del ruido en caleras

El ruido es una perturbación sonora indeseable, ya sea por su intensidad, frecuencia o duración. Diversos estudios han mostrado los adversos efectos fisiológicos que produce en todos los seres vivos, por eso, tanto la legislación peruana como la internacional regulan su producción en base a los niveles de exposición del ser humano (Arenas, 2017, p. 18). Desde el punto de vista físico, el ruido es una perturbación mecánica longitudinal (vibración) que se propaga en el aire a unos 340 m/s (dependiendo de su densidad) y que transmite a esa misma velocidad (Plasencia y Cabrera, 2013, p. 22).

El ruido tiene efectos negativos en la naturaleza, donde altera la distribución y el comportamiento de especies clave, puede tener efectos en cascada sobre la integridad de los ecosistemas (Coronado y Mederos, 2015, p. 8). Un ejemplo de estos efectos en cascada son los que sufren algunas plantas, que pese a no percibir el sonido son víctimas colaterales de la contaminación acústica. El ruido afecta en primer lugar al comportamiento de animales (Cedrón, 2013, p. 42). Lo puede hacer asustándolos, como en el caso de las aves que evitan volver al nido donde están sus huevos o sus crías, lo que afecta a su tasa de reproducción. O puede hacerlo interfiriendo en la capacidad de oír a presas o a depredadores, como en el caso de los felinos que dependen del oído para cazar, lo que afecta a su capacidad de supervivencia (Araujo, 2016, p. 26).

– Fuentes de ruido

Muchos mineros están expuestos no sólo a los niveles de ruido alto pero sostenido. La mayor parte del equipo de excavación de gran utilizado en minas a cielo abierto, no se dice que son responsables de los niveles excesivos de ruido, ya que

son en su mayoría equipados con cabinas de operario de ruido protegido. Sin embargo, las excavadoras con capacidad inferior y máquinas diésel móviles han sido aceptadas como las fuentes principales de ruido en actividades de minería a cielo abierto (Bartra y Virhuez, 2015, p. 29)

En las caleras se genera ruido en las siguientes etapas: en la voladura se producen por la explosión que se produce, en el chancado de roca caliza y de carbón por el uso de equipos artesanales y en la operación de los equipos mineros. Se espera que las concentraciones no superen los límites máximos permisibles (Yana, 2012, p. 16).

– **Efectos auditivos del ruido**

El trabajador expuesto a ambientes ruidosos nota, los primeros días, que oye menos al salir del trabajo; este fenómeno de mayor o menor duración, se llama disminución temporal de la capacidad auditiva y se produce por fatiga del oído, recuperando poco a poco la audición al cesar el ruido (Ortíz, 2014, p. 27).

– **Métodos de reducción de ruido**

Los esfuerzos realizados para reducir los ruidos excesivos de cualquier fuente a niveles tolerables cambiando las características acústicas y disminuir el tiempo de exposición pueden ser cubiertos como los principios de control de ruido.

Debe tenerse en cuenta que los controles de ruido y los actos administrativos deben ser la primera línea de defensas, Estos métodos se pueden clasificar en tres grupos (Palma, 2017, p. 27):

- La práctica de equipo: Esta práctica se relaciona directamente con la selección y la utilización de maquinaria para la minería para obtener niveles de ruido reducidos (Coronado y Mederos, 2015).

- La práctica operativa y administrativa: Esta práctica también se relaciona con el diseño y la ejecución de la operación minera, para obtener la exposición al ruido reducido (Coronado y Mederos, 2015, p. 41).
- Ruido técnicas: Extracción de ruido peligroso del lugar de trabajo por medio de los controles de ingeniería es la forma más eficaz de prevenir la pérdida de audición por ruido inducida (Gómez, 2017, p. 32).

Evaluación de PM_{2.5} y PM₁₀ en caleras

Las minas de explotación a cielo abierto tienen diferentes operaciones que pueden influir en las tasas de emisión de polvo fugitivo, las operaciones básicas incluyen: voladura, transporte en camiones de carga y operación de equipos de minería. Todas las operaciones que impliquen movimientos de tierra, o la exposición de las superficies erosionables, generan una cierta cantidad de polvo fugitivo (Arenas, 2017, p. 38).

La operación inicial es la eliminación de la capa superior del suelo con maquinaria, con la caliza expuesta se procede a realizar perforaciones, para luego hacer la voladura. Dichas perforaciones son realizadas con martillos neumáticos, que, dependiendo de la empresa y sus necesidades particulares, se realizan con diferentes diámetros, a diferentes profundidades y espaciamientos. El explosivo normalmente utilizado en las minas de la zona para las voladuras es anfo y la frecuencia a la cual se lleva a cabo varía de una empresa a otra. Todos estos datos son importantes al momento de calcular las emisiones provenientes de esta etapa. Después de la voladura, el material fragmentado es seleccionado por tamaño y calidad y después es reducido de tamaño ya sea manual o mecánicamente. Posteriormente, con una pala o cargadora frontal se recoge y se alimenta los camiones de carga a las plantas procesadoras (Gutiérrez, 2015, p. 31).

En las caleras se producen estas partículas en las etapas de voladura, desquinche de la roca con excavadora y chancado tanto de la caliza como del carbón



Figura 2. Extracción de caliza en una cantera.

Nota: Tomado de (Arenas, 2017, p. 26).

- **Efectos sobre la salud humana**

La atmósfera es la parte del medio ambiente con la cual el ser humano está permanentemente en contacto. Aunque pueda parecer que la principal vía de exposición de las personas al material particulado presente en el aire es la inhalación, no menos importante es la exposición por ingesta o por contacto dérmico. Muchas partículas de polvo se pueden depositar sobre la piel y penetrar a través de los poros de la misma, causando efectos locales o sistémicos (Arango, 2013, p. 37).

- **Efectos sobre el medio ambiente**

Las partículas atmosféricas alteran la cantidad de radiación solar transmitida a través de la atmósfera terrestre, además influyen en la formación de las nubes y su vida media. La absorción de radiación solar por partículas atmosféricas junto a la captura de radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre por parte de

ciertos gases, intensifica el calentamiento de la superficie terrestre y la baja atmósfera, es el conocido efecto invernadero. De este modo, la presencia de material particulado influye en la alteración de la cantidad de radiación ultravioleta procedente del sol que llega a alcanzar la superficie terrestre lo que puede ejercer efectos en la salud humana y otros componentes ambientales (Estrella, 2015, p. 36).

La consecuencia de la deposición de partículas en los ecosistemas alcanza a los seres vivos, los suelos o las aguas dulces. Las emisiones de partículas tienen su mayor impacto en los ecosistemas terrestres situados en las inmediaciones de las fuentes de emisión. Las alteraciones ecológicas pueden ser el resultado de las emisiones de partículas que incluyen elementos tóxicos (Sagástegui, 2014, p. 21). El diámetro aerodinámico está en función de los procesos de formación de las partículas; frecuentemente se utiliza una clasificación que constituye una combinación de los procesos de formación y del tamaño de las partículas, y las distingue en diversas “modas” (Gómez, 2017, p. 18).

Tabla 2
Tipos de partículas según su tamaño.

Tipo de partículas		
Ultrafinas (PM_{0.1})	Finas (\leq PM_{2.5})	Gruesas (PM_{2.5}-PM₁₀)
<ul style="list-style-type: none"> - Nucleación de gases atmosféricos, incluidos H₂ SO₄, NH₃ y algunos compuestos orgánicos - Condensación de gases. 	<ul style="list-style-type: none"> - Condensación de gases - Coagulación de partículas pequeñas - Reacción de gases en o sobre las partículas - Evaporación de neblina y gotas de agua en las que los gases se han disuelto y reaccionado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos mecánicos (prensado, molienda, abrasión, rompimiento de sólidos/gotas). - Evaporación de aerosoles. - Suspensión de polvos. - Reacción de gases en o sobre partículas.

Nota: Tomado de (Gómez, 2017, p. 56).

Límites máximos permisibles (LMP) en minería

Los LMP de agentes químicos (DS 046 – 2006 EM Art.86) Aseguran que las emisiones gaseosas que emitan las empresas no excedan ciertos niveles de concentración que se consideran dañinos a la salud, al bienestar humano y al ambiente (Estrella, 2015, p. 18).

Tabla 3
Límites máximos permisibles para calidad de aire.

AGENTE QUÍMICO	LMP
Polvo Inhalable	10 mg/ m ³ (1)
Polvo Respirable	3 mg/ m ³ (1)
Oxígeno (O ₂)	Mínimo 19.5 %
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Máx. 9000 mg/m ³ ó 5000 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	Máx. 29 mg/ m ³ ó 25 ppm.
Metano (NH ₄)	5000 ppm
Hidrogeno Sulfurado (H ₂ S)	Máx. 14 g/ m ³ ó 10 ppm
Gases nitrosos (NOx)	Máx.7mg/ m ³ ó 5 ppm
Anhídrido Sulfuroso (SO ₂)	Máx. 5 ppm
Aldehídos	Máx. 5 ppm
Hidrogeno (H)	Máx. 5000 ppm
Ozono (O ₃)	Máx. 0.1 ppm

(1) este valor es para la materia particulada Inhalable (total) que no contenga amianto y con menos del 1 % de sílice cristalina.

Nota: Tomado de Estrella, 2015 (p. 21).

Contaminación, la contaminación se produce cuando los niveles de concentración de desperdicios son tales, que comienzan a ocasionar efectos nocivos para los organismos vivos (Delgado, 2014, p. 18).

Contaminación por ruido, cualquier emisión de sonido que afecte adversamente la salud o seguridad de los seres humanos, la propiedad o el disfrute de la misma (Bartra y Virhuez, 2015, p. 23).

Decibel (dB), la unidad de sonido que expresa la relación entre las presiones de un sonido cualquiera y un sonido de referencia en escala logarítmica. Equivale a 20 veces el logaritmo de base 10 del cociente de las dos presiones (Yucra, 2016, p. 31).

Dióxido de azufre (SO₂), son gases incoloros que se forman al quemar azufre. La fuente primaria de óxidos de azufre es la quema de combustibles fósiles. Particularmente, carbón que se ha encontrado que los óxidos de azufre perjudican el sistema respiratorio (Plasencia y Cabrera, 2013, p. 17).

Partículas en suspensión, son partículas en fase sólida o líquida que están dispersos en el aire. Se originan por fuentes naturales, como polvos arrastrados por el viento, cenizas volcánicas, incendios forestales, sal marina y polen, y por fuentes antropogénicas como plantas de generación de energía térmica, la industria, las instalaciones comerciales y residenciales y los vehículos automotores que utilizan combustibles fósiles (Paez *et al.*, 2017, p. 23).

Monitoreo, seguimiento periódico al ruido, o cualquier aspecto que se desea investigar (Fernández, 2016, p. 43).

Monóxido de carbono (CO), es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones altas puede ser letal. En la naturaleza se forma mediante la oxidación del metano, que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La principal fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles como la gasolina, en la generación de óxido de calcio se genera por combustión de los equipos mineros y por la calcinación de rocas (Estrella, 2015, p. 23).

Óxidos de nitrógeno (NO_x), están constituidos por un grupo de gases, que, a su vez, están conformados por nitrógeno y oxígeno. Los óxidos de nitrógeno incluyen compuestos como óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). El término NO_x se refiere a la combinación de estas dos sustancias. Las fuentes principales de emisión antropogénica son los tubos de escape de los vehículos y la quema de combustibles fósiles, dentro de las actividades mineras también se presenta en la calcinación de

rocas. Para monitorear este gas se utiliza el método automático para determinar la concentración de gases (Gómez, 2017, p. 31).

1.2. Formulación del problema

¿Las concentraciones de PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ y ruido superan los límites máximos permisibles identificados en la calera Juan de Dios I?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar las concentraciones de PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ y ruido comparando con los límites máximos permisibles, en la calera Juan de Dios I, Cajamarca, en el año 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de partículas en suspensión (PM_{2.5} y PM₁₀), generadas por la explotación minera de la calera Juan de Dios I, Cajamarca, 2019.
- Determinar la concentración de gases (SO₂, CO y NO₂), generadas por la explotación minera de la calera Juan de Dios I, Cajamarca, 2019.
- Determinar si la generación de ruido producto de las actividades generadas en la explotación minera sobrepasa los Límites Máximos Permisibles.
- Comparar los resultados de concentración de partículas en suspensión, gases y ruido con los Límites Máximos Permisibles.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El análisis de las concentraciones en la calera Juan de Dios I, determina que, si superan límites máximos permisibles, Cajamarca, en el año 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La concentración de partículas en suspensión ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), se generan principalmente por la voladura y chancado de caliza y carbón en la calera Juan de Dios I, y superan los límites máximos permisibles.
- La concentración de gases (SO_2 , CO y NO_2), se genera principalmente por los gases de voladura y por los gases de calcinación, lo cual genera impactos negativos en la salud de los trabajadores de la calera Juan de Dios I.
- La generación de ruido se produce por la perforación, voladura, transporte y chancado en la calera Juan de Dios I, y genera inicios de sordera en los trabajadores y conduciéndolos al estrés.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es cuantitativa, debido a que el proceso consistirá en observar y analizar los datos estadísticos de niveles de concentración de partículas en suspensión, gases y ruido para luego compararlos con los límites máximos permisibles. (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p. 20).

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Hernández Fernández y Baptista, (2014) denomina a la población como el grupo de elementos que tienen características establecidas que los delimitan y distinguen, y estos representan objeto de estudio que se desea analizar.

La población son los 2 monitoreos anuales que realiza la calera Juan de Dios I, para emisiones de gases, material particulado y ruido.

2.2.2. Muestra

Hernández *et al.*, (2014), la muestra es una parte de la población que estudia los resultados que se obtengan.

Se consideró la muestra el segundo monitoreo del año, que se realiza en el mes de octubre, por ser la temporada de mayor viento. Los monitoreos se realizaron desde las 7 a.m. hasta las 6 p.m.

Tabla 4
Frecuencia de monitoreo.

Hora de control de muestreo	Ubicación
07:00 a.m.	Hornos – Calera
08:00 a.m.	Hornos – Calera
09:00 a.m.	Hornos – Calera
10:00 a.m.	Hornos – Calera
11:00 a.m.	Hornos – Calera

12:00 a.m.	Hornos – Calera
01:00 p.m.	Hornos – Calera
02:00 p.m.	Hornos – Calera
03:00 p.m.	Hornos – Calera
04:00 p.m.	Hornos – Calera
05:00 p.m.	Hornos – Calera
06:00 p.m.	Hornos – Calera

2.2.3. Materiales

a. Equipos

- Contador de partículas HANDHELD 3016: con este equipo se medirán las partículas en suspensión (PM_{2.5} y PM₁₀) (ver Figura 39 en anexos).
- Medidor de Gases modelo S200: con este equipo se va a medir Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Monóxido de Carbono (CO) (ver Figura 40 en anexos).
- Sonómetro C-100: con este equipo se va a medir el ruido en decibeles (ver Figura 41 en anexos).

b. Material humano

En esta investigación se trabajó con las siguientes personas:

- Bachilleres Loconi Cerquera Oscar y Saldaña Castillo Lenin.
- 15 trabajadores de la empresa S.M.R.L. Juan de Dios I.
- Pobladores del sector Pungurume (25 pobladores), que son los que pertenecen al área de influencia directa.

2.2.4. Instrumentos

- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Trípode para colocar los equipos.
- Libreta de notas.
- Lapiceros y lápices.

- Plano de ubicación.

2.2.5. Métodos

Método automático para determinar PM_{2.5} y PM₁₀

Consiste en el uso de equipos automáticos de partículas (HANDHELD 3016) que se utilizan en el control de la contaminación atmosférica. La difracción láser utiliza la teoría Mie de la dispersión de la luz para calcular la distribución de tamaño de partícula, suponiendo un modelo de esfera equivalente al volumen (Aguiló, 2013). El Lighthouse Handheld 3016 IAQ, es el contador de partículas portátil más nuevo y avanzado del mercado, con el modo de concentración de masa que se aproxima a la densidad en $\mu\text{g} / \text{m}^3$. Al proporcionar hasta 6 canales de conteo simultáneo de tamaño de partículas, los contadores de partículas portátiles Lighthouse pueden mostrar datos de conteo de partículas acumulativos y diferenciales, así como datos de temperatura / humedad relativa en la pantalla táctil a color rápida y fácil de leer. Lighthouse Handheld 3016 IAQ puede almacenar hasta 3000 registros de datos de partículas y la base de datos de recetas configurable puede almacenar hasta 50 recetas para muestreo e informes. El Handheld 3016 IAQ monitorea los niveles de partículas de manera precisa y confiable, incluso en áreas de "difícil acceso" donde la operación con las dos manos no es segura.

Método automático para determinar CO, SO₂ y NO₂

Este método es el mejor en términos de la alta resolución de sus mediciones, permitiéndonos la realización de un monitoreo continuo para concentraciones horarias hasta menores. El espectro de contaminantes determina los contaminantes (CO, SO₂, NO₂). Las muestras colectadas se analizan utilizando una variedad de métodos los cuales incluyen la espectroscopia y cromatografía

de gases. Además, estos métodos tienen la ventaja de que una vez que se carga la muestra al sistema nos da las lecturas de las concentraciones de manera automática y en tiempo real (Llacma, 2017, p. 25).

Características:

- Tienen una alta resolución, permitiendo mediciones de forma continua para concentraciones horarias y menores.
- Miden material particulado (PM₁₀- PM_{2,5}), CO, SO₂, NO₂, O₃ y tóxicos en el aire como Mercurio y algunos compuestos orgánicos volátiles. ◊Se clasifican en analizadores automáticos y monitores de partículas.
- Se basan en propiedades físicas o químicas del gas que va a ser detectado, utilizando métodos optoeléctricos.
- El aire muestreado entra en una cámara de reacción donde por una propiedad óptica del gas o por una reacción química que produzca quimioluminiscencia o luz fluorescente, se mide esta luz con un detector que produce una señal eléctrica proporcional a la concentración del contaminante.

Ventajas

- Valores en tiempo real.
- Alta resolución.
- Concentraciones máximas y mínimas en tiempo real permiten establecer situaciones de alerta.

Desventajas

- Elevado costo de adquisición y operación.
- Requieren personal capacitado para su manejo.
- Mantenimiento y calibración constantes

Método espectrometría para determinar la generación de ruido

Antes de emprender una medición para determinar la emisión de ruido proveniente de una fuente fija, es necesario verificar las condiciones meteorológicas (García, 2016, p. 23). La separación que debe haber entre el técnico (y las demás personas, si las hubiere en el momento de la medición) y el sonómetro debe ser de por lo menos 0.50 m. Las mediciones deben realizarse con respuesta temporal rápida (F) y con el filtro de ponderación frecuencial A. La medición debe realizarse en el día, horario y condiciones de funcionamiento donde la intensidad de la emisión de ruido por parte de la fuente sea mayor. Las mediciones se efectúan sin modificar las posiciones habituales de operación de abierto o cerrado de puertas y ventanas, y con las fuentes de emisión de ruido en operación habitual. Si las puertas y ventanas pudieran estar indistintamente abiertas o cerradas, las mediciones se realizarán en la condición más exigente, es decir, con ellas abiertas (Zorrilla, 2017, p. 18).

Se deben hacer dos (2) procesos de medición, uno con la(s) fuente(s) de emisión de ruido funcionando durante el período de tiempo de mayor emisión o incidencia, para obtener el nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A, LAeq,1h, y otro sin la(s) fuente(s) funcionando, para determinar el ruido residual, LAeq,1h,Residual (Cedrón, 2013, p. 32). Las mediciones deben efectuarse en el horario diurno o nocturno, según sea requerido, determinando en cada una como mínimo los parámetros de medición. El nivel de ruido residual (nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A, LAeq,1h, Residual) se mide con la(s) fuente(s) específica(s) apagada(s) y en el mismo sitio de la medición anterior, manteniendo invariables

los condicionantes del entorno y durante el tiempo y forma (Vilela, 2014, p. 56).

Por la naturaleza de la operación de los establecimientos abiertos al público (bares, discotecas, restaurantes, etc.) y con el propósito de evitar situaciones anómalas en la medición del ruido residual, éste se estimará a partir del nivel de permanencia L90. Se hace referencia a que la fuente de ruido es el establecimiento completo y no sólo los equipos de sonido. Por consiguiente, sólo se podrá evaluar el ruido residual en estas fuentes, si se garantiza que el local está completamente apagado, lo que quiere decir que no debe haber clientes en él, y los equipos de sonido, aire acondicionado o cualquier otro dispositivo que emita ruido deben estar apagados en su totalidad (Ortíz, 2014, p. 32).

Si durante las mediciones se presentan ruidos ocasionales que no pertenecen a la fuente objeto de evaluación, como por ejemplo sirenas, altavoces, etc., éstos no deben ser tenidos en cuenta. En caso de que los ruidos ocasionales abarquen una duración significativa en relación con el tiempo que dura la medición, se deberá incrementar el intervalo de tiempo de las mediciones con el fin de aumentar la representatividad de la medición; esta información debe quedar incorporada en el respectivo informe técnico (Palma, 2017, p. 21).

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica

a. Observación

Mediante esta técnica, se identificaron las fuentes de contaminación dentro de la calera Juan de Dios I. asimismo se evidenció el impacto generado en el paisaje, vegetación y en la fauna.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados para recolectar datos son las fichas para PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, NO₂, ruido y el resumen de concentraciones (ver anexo 6).

2.3.3. Análisis de datos

Para analizar los datos tomados en campo se utilizó el siguiente software:

- **SPSS:** Se utilizó esta herramienta estadística para trabajar los registros estadísticos de variación de concentración de gases, partículas y ruido, además se utilizó para realizar la prueba Anova, que analiza la variación en el nivel de ruido, concentración de gases y material particulado cada cinco minutos de monitoreo y su promedio aritmético, en el programa se representa como frecuencia, mediante la plantilla de la figura 3. Además, con este software se realizaron las gráficas y tablas de concentración comparadas con los ECA.

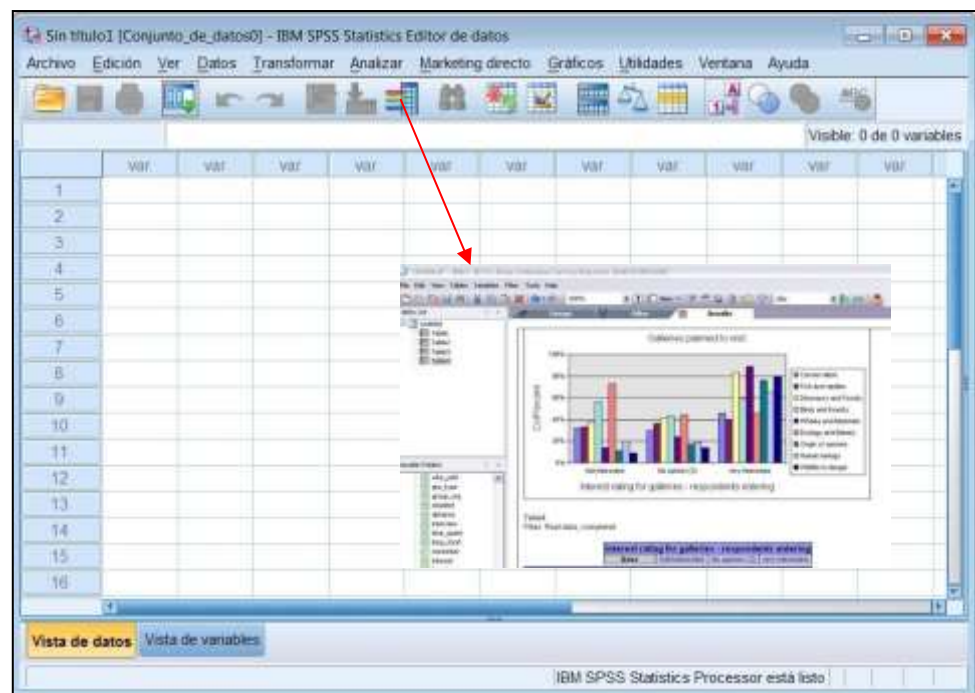


Figura 3. Plantilla del Formato SPSS.

NOTA: Tomado de Fernández, 2016 (p. 18).

2.4. Procedimiento

Primero: Ubicación de la zona de estudio

Se buscó una empresa que nos de las facilidades de trabajo, la cual fue Juan de Dios I, su gerente general la señora Julia Urrutia Cubas, brindó los permisos necesarios para la realización de la tesis en su concesión minera Juan de Dios I.

Políticamente el área se describe en el siguiente cuadro:

Tabla 5
Ubicación Política de la Concesión Juan de Dios I.

Región	Cajamarca
Provincia	Cajamarca
Distrito	Magdalena
Caserío	Ventanillas
Sector	Pungurume

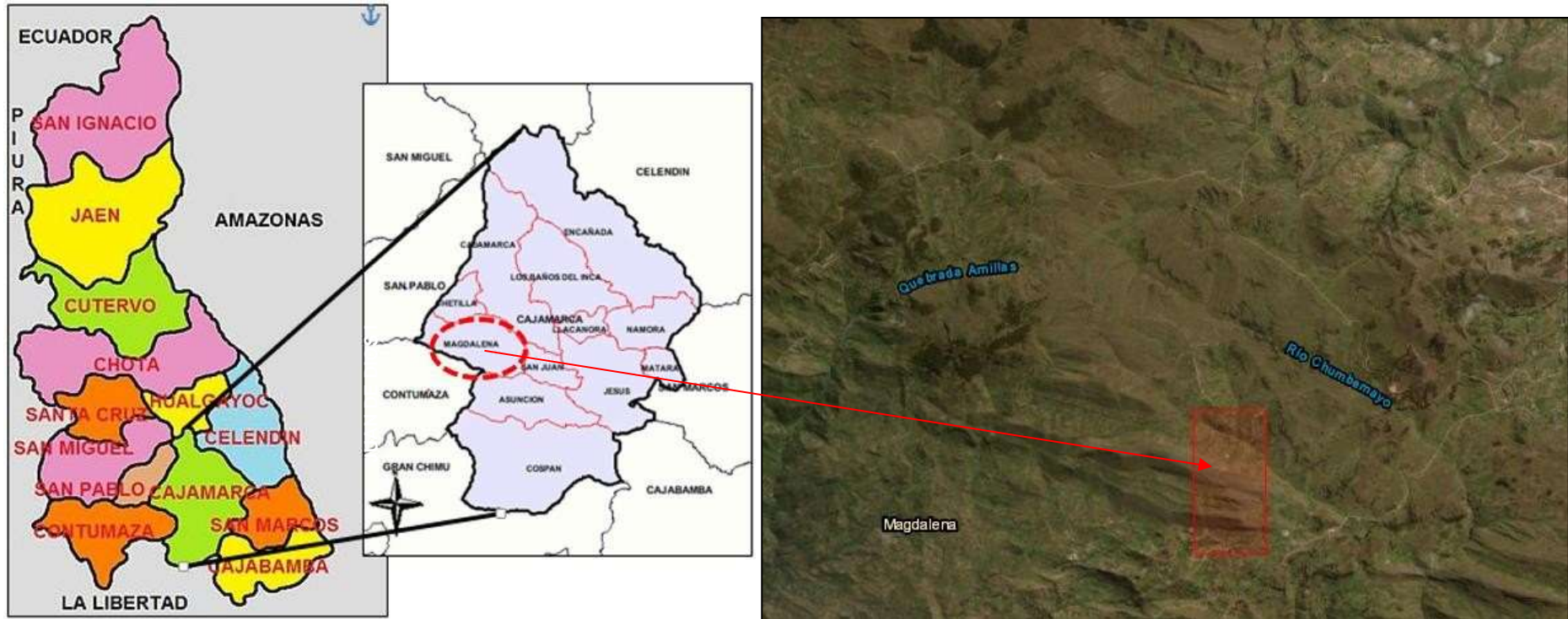


Figura 4. Ubicación de la concesión Juan de Dios I.
Nota: Tomado de Geocatmin, 2019.

En el siguiente cuadro se muestran las cuatro coordenadas UTM de la concesión Juan de Dios I, en PSAD-56, perteneciente a la zona 17.

Tabla 6
Coordenadas de la concesión Juan de Dios I.

VÉRTICES	NORTE	ESTE
1	9'204,000.00	766,000.00
2	9'204,000.00	767,000.00
3	9'202,000.00	767,000.00
4	9'202,000.00	766,000.00

Nota: 1, 2, 3 y 4 son vértices de la concesión.

Segundo: Identificar las zonas de monitoreo

Se identificaron puntos de monitoreo; **los hornos de calcinación**, debido a que se eliminan los gases tóxicos y es importante conocer sus niveles de emisión. El OTRO punto de monitoreo es la **plataforma de chancado**, donde se genera la mayor cantidad de partículas en suspensión, porque usan herramientas artesanales y el contacto de los trabajadores con los polvos es directo (Ver anexo 5: Plano de monitoreos). Se eligió la intersección de estos puntos de monitoreo por lo que se encuentran a 10m de distancia los hornos y plataforma de chancado se eligió el punto de monitoreo a la dirección del viento es de Norte a Nor-Este, donde se ubica la población del sector Pungurume y son los más expuestos a ruido, gases y partículas, además en estos puntos se concentran la mayor cantidad de etapas contaminantes.



Figura 5. Ubicación de los puntos de monitoreo.

Nota: Tomado de Geocatmin, 2019.

Para ubicar los puntos de monitoreo se determinó la velocidad y dirección de viento Según el último reporte del SENAMHI (enero - 2019), en la estación meteorológica Magdalena de tipo convencional ubicada en distrito de Magdalena en el departamento y provincia de Cajamarca, el viento de calma es predominante. La velocidad mensual del viento varía entre 0 m/s y 8 m/s, presentándose el valor más alto de velocidad de viento el día 11 de enero.

Del monitoreo de parámetros meteorológicos realizado en octubre del 2019, los valores de velocidad se encuentran en el rango de 0 - 63,7 m/s y la dirección predominante del viento proviene del Norte Noreste. Que se muestran en detalle a continuación:

Tabla 7

Velocidad del viento medidas en el monitoreo.

Velocidad del Viento, m/s	
21 de octubre 2019	
Mínimo	Máximo
0	4,9

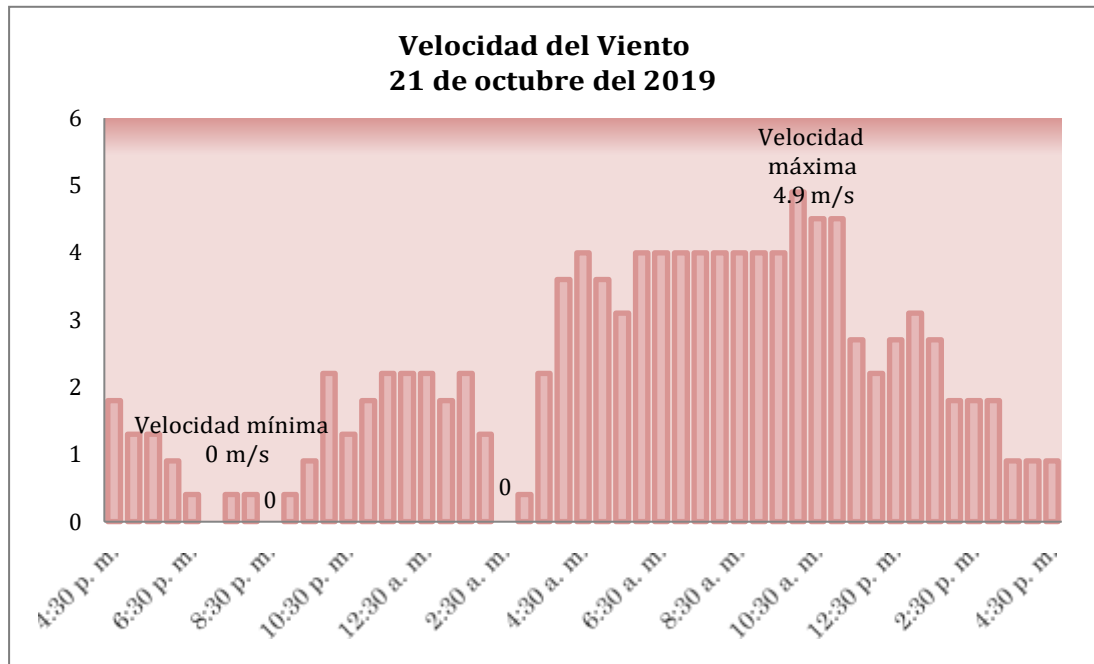


Figura 6. Velocidad del viento E-1 (21/10/2019).

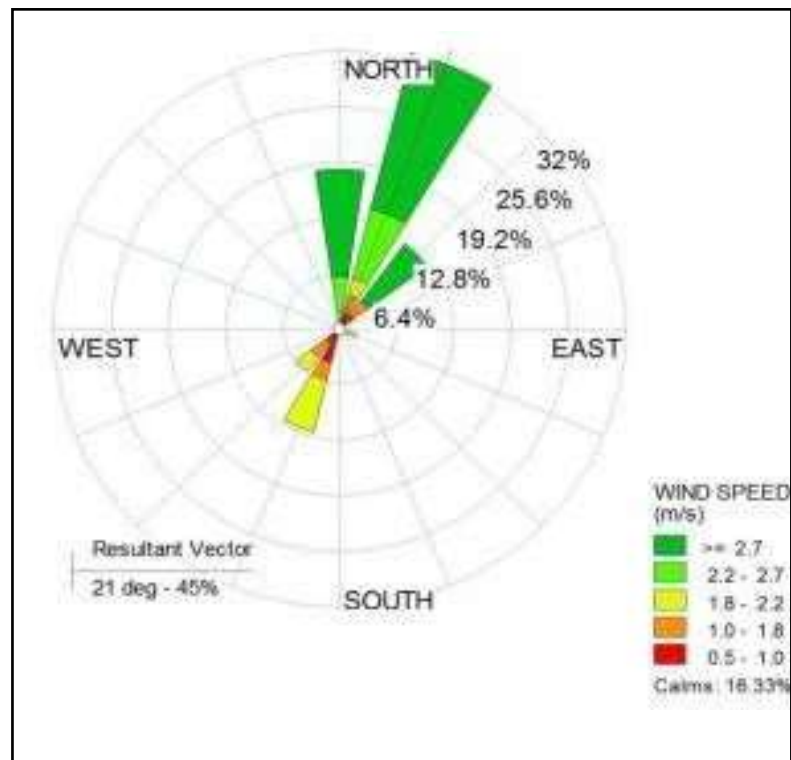


Figura 7. Rosa de los vientos E-1 (21/10/2019).

Tercero: Determinar los días de muestreo

Se determinó de acuerdo a la dirección del viento, para una mejor evaluación se van a realizar el monitoreo en día de semana ya que el trabajo es uniforme y su producción es la normal diaria (21 de octubre del 2019). Contrastando el primer día laboral se analizará mejor el impacto de las actividades mineras en la calera Juan de Dios I.

Cuarto: Medición de partículas, gases y ruido

Una vez determinado el punto y el día de muestreo se realiza la toma de datos con los equipos detallados en ítem 2.3.3. este procedimiento se realizará a partir de las 6 am hasta las 6 pm, completando las 12 horas de análisis por cada monitoreo. Los equipos serán apoyados en un trípode para su mayor estabilidad durante las 12 horas del monitoreo. Se considera las 12 horas ya que las jornadas laborales van de 8 a.m. hasta 5 p.m., y porque Digesa sugiere realizar monitoreos semestrales de 12 horas en mineras no metálicas.

Quinto: Análisis de datos del monitoreo

Este análisis se realizará tomando en cuenta los monitoreos efectuados y comparándolos con los límites máximos permisibles mediante la tabla siguiente:

Tabla 8

Promedios de concentraciones comparadas con los estándares de calidad ambiental.

Hora de medición	Lugar de monitoreo	Parámetros medidos				
		Ruido	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	SO ₂
Estándares de calidad ambiental						
6:00 am - 7:00am						
7:00 am - 8:00am						
8:00 am - 9:00am						
9:00 am - 10:00am						
10:00 am - 11:00am						
11:00 am - 12:00pm						
12:00 pm - 1:00pm						
1:00 pm - 2:00pm						

2:00 pm - 3:00pm

3:00 pm - 4:00pm

4:00 pm - 5:00pm

5:00 pm - 6:00pm

Nota: PM_{2.5} (material particulado 2.5), PM₁₀ (material particulado 10), CO (Monóxido de carbono), SO₂ (Dióxido de azufre) y NO₂ (Dióxido de nitrógeno).

2.5. Aspectos éticos

Se tuvo en cuenta la veracidad de los resultados comparando con los reportes emitidos por la empresa, el respeto a la propiedad intelectual, se han reconocido las autorías de las investigaciones citadas, respeto a la privacidad y trabajar con honestidad.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Descripción de monitoreo

El monitoreo se realizó en la concesión Juan de Dios I (Turno Diurno), realizando el muestreo de gases de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido Azufre (SO₂) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂), así como el material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}. Los equipos utilizados la medición de estos parámetros fueron calibrados por la empresa Enviroequip utilizando el método volumétrico (ver anexo 3).

3.1.1. Partículas en suspensión PM₁₀

Al realizar el estudio de las partículas PM₁₀ por el equipo Contador de partículas HANDHELD 3016, se comprobó que en dicha zona existe una escasa actividad de movimiento de partículas.

En la tabla 9 se muestra las concentraciones de partículas PM₁₀ medidos en los puntos de control medido, y son comparados con Límites Máximos Permisibles del Aire.

Tabla 9
Concentración de Partículas en Suspensión PM₁₀.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM ₁₀ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	5.95
08:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	3.23
09:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	4.75
10:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	3.72
11:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	2.72
12:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	2.44
01:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	2.88
02:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	9.56
03:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	6.86
04:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	3.23
05:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	2.61
06:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	2.42

Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM ₁₀ (12 horas)	4.20 µg/m ³
Límite Máximo Permissible del Aire PM ₁₀	150 µg/m ³

Nota: PM₁₀ (material particulado 10) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

Las concentraciones de partículas PM₁₀ medido en el punto de control están por debajo del valor establecido por Límites Máximos Permisibles del Aire Aire para PM₁₀ fijado en 150 µg/m³.

La máxima concentración (9.56 µg/m³) se obtuvo en la hora 2:00 p.m.; mientras que la mínima concentración se obtuvo en la hora 6:00 p.m. (2.42 µg/m³).

La figura 8 muestra las concentraciones de partículas obtenidas en las horas de control.

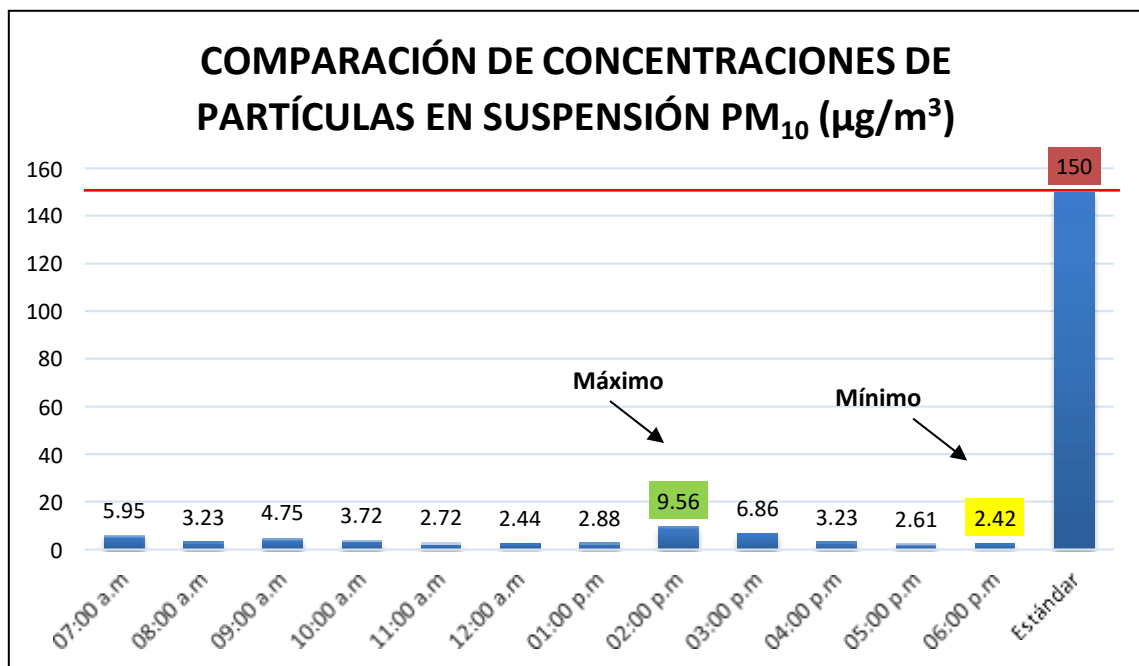


Figura 8. Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM₁₀ (µg/m³).

Nota: PM₁₀ (material particulado 10) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

3.1.2. Partículas en suspensión PM_{2.5}

Al determinar las partículas PM_{2.5} por el equipo Contador de partículas HANDHELD 3016, con un flujo de 0.1 CFM y un interfaz “Pantalla Táctil”,

La tabla 10 muestra las concentraciones de partículas PM_{2.5} medidas en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. y comparadas con el Límites Máximos Permisibles del Aire.

Tabla 10
Concentración de partículas en suspensión PM_{2.5}.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM _{2.5} (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	2.35
08:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	2.86
09:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	2.92
10:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	2.40
11:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	2.14
12:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	2.00
01:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	2.25
02:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	2.11
03:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	3.12
04:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	5.13
05:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	5.02
06:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	06/05/2019	4.44
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM_{2.5} (12 horas)						3.06 µg/m³
Límite Máximo Permissible del Aire PM_{2.5}						50 µg/m³

Nota: PM_{2.5} (material particulado 2.5). – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

Las concentraciones de partículas PM_{2.5} medidas en las horas de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. están por debajo del valor establecido por el Límites Máximos Permisibles del Aire para PM_{2.5} fijado en 50 µg/m³, mediante el DS-003-2008-MINAM.

La máxima concentración (5.13 µg/m³) se obtuvo a las 4:00 p.m., mientras que la mínima concentración (2.00 µg/m³) se obtuvo a las 12:00 p.m.

La figura 9, muestra la concentración de partículas obtenidas en las horas de control.

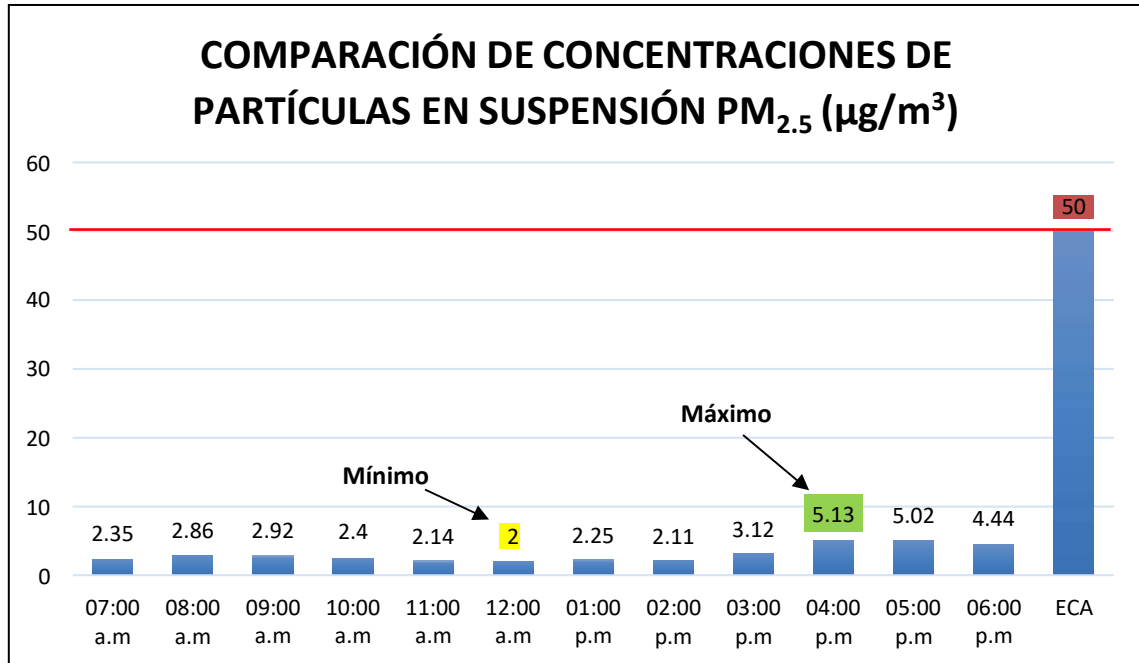


Figura 9. Comparación de concentraciones de Partículas en Suspensión PM_{2.5} (µg/m³).

Nota: PM_{2.5} (material particulado 2.5) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

3.1.3. Dióxido de azufre (SO₂)

La presencia de este gas es mínima debido a que no existe un comportamiento ácido tanto de las aguas como de algunos minerales presentes en las canteras para que puedan mezclarse. Así mismo al utilizar el equipo sensor de gases nos indica la baja concentración en los datos obtenidos lo que demuestra que es un gas mínimo en su obtención por las propiedades antes mencionadas.

La tabla 11 muestra las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂) (g) medidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con los Límites Máximos Permisibles del Aire del Aire.

Tabla 11

Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.33
08:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.41
09:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.58
10:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.79
11:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.63
12:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.71
01:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.71
02:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.96
03:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.75
04:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.63
05:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.71
06:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	1.08
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Azufre(SO₂) (12 horas)						1.61 µg/m³
Límite Máximo Permissible del Aire SO₂						80 µg/m³

Nota: SO₂ (Dióxido de azufre) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

Los niveles de concentración de SO₂ obtenidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Límite Máximo Permissible del Aire fijado en 80 µg/m³ según DS-003-2008-MINAM.

La máxima concentración (1.96 µg/m³) se obtuvo a las 2:00 pm., mientras que la mínima concentración (1.08 µg/m³) se obtuvo en el punto de 6:00 p.m.

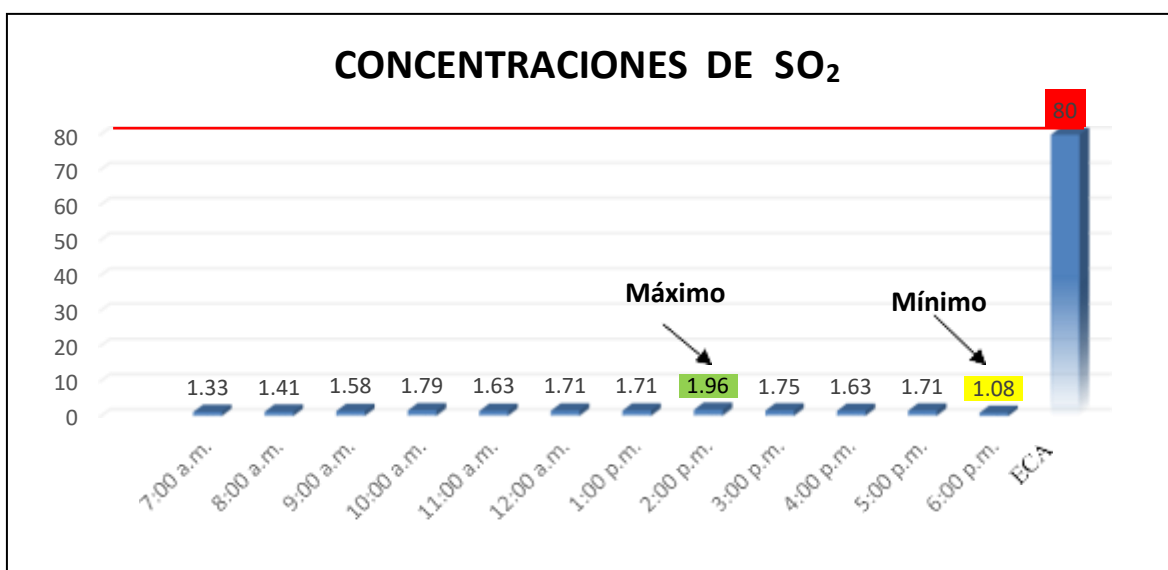


Figura 10. Comparación de concentraciones de SO₂ (µg/m³).

Nota: SO₂ (Dióxido de azufre) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

3.1.4. Monóxido de carbono (CO)

La concentración de gas en esta zona es baja, debido a que la zona es muy vulnerable a los vientos, que son muy fuertes, de esta manera este gas se dispersa y no se puede concentrar, por ello el sensor de gases arroja resultados muy bajos.

La tabla 12 muestra las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) medidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con Límites Máximos Permisibles.

Tabla 12
Concentración de Monóxido de Carbono (CO).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	98.71
08:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	108.29
09:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	129.38
10:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	519.42
11:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	2311.50
12:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	2514.67
01:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	3134.71
02:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	5261.25
03:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	5639.58
04:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	2677.25
05:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	4732.25
06:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	3222.88
Promedio aritmético de concentración de Monóxido de Carbono (CO) (12 horas)						2529.16 µg/m³
Límite Máximo Permissible del Aire CO						30 000 µg/m³

Nota: CO (Monóxido de carbono) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

Los niveles de concentración de Monóxido de Carbono (CO) obtenidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Límites Máximos Permisibles del Aire del Aire fijado en 30000 µg/m³ según la norma 074-2001-pcm-ECA para aire.

La máxima concentración (5639.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 3:00 p.m., mientras que la mínima concentración (98.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en el punto de 7:00 a.m. debido a que a esta hora las labores en la chancadora están iniciando.

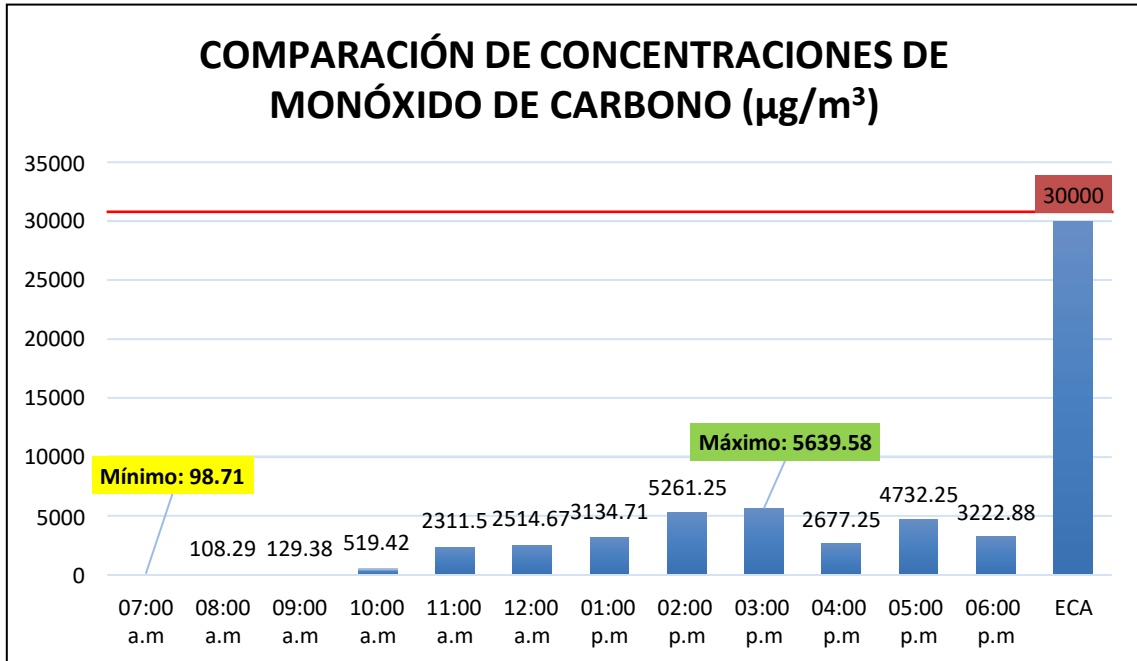


Figura 11. Comparación de concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nota: CO (Monóxido de carbono) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

3.1.5. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En esta zona la presencia del gas Dióxido de Nitrógeno (NO₂) es mínima ya que se presentan vientos fuertes, esto hace que este gas no se concentre ni tenga valores altos, sino que tenga valores mínimos como los que se muestran en el sensor de gases en esta zona.

La tabla 13 muestra las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) medidos en los puntos de control de 7.00 a.m. a 6.00 pm y son comparados con el Límites Máximos Permisibles.

Tabla 13

Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	58.65
08:00 a.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	60.76
09:00 a.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	66.99
10:00 a.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	66.89
11:00 a.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	65.07
12:00 a.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	63.54
01:00 p.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	73.60
02:00 p.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	79.93
03:00 p.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	74.65
04:00 p.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	78.49
05:00 p.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	75.80
06:00 p.m.	Hornos-Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	67.75
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (12 horas)						69.34 µg/m³
Límite Máximo Permissible del Aire NO₂						200 µg/m³

Nota: NO₂ (Dióxido de nitrógeno) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

Los niveles de concentración de NO₂ obtenido en el punto de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Límites Máximos Permisibles del Aire del Aire fijado en 200 µg/m³ según la norma 074-2001-pcm para aire.

La máxima concentración (79.93 µg/m³) se obtuvo a las 2:00 p.m., mientras que la mínima concentración (58.65 µg/m³) se obtuvo a las 7:00 a.m.

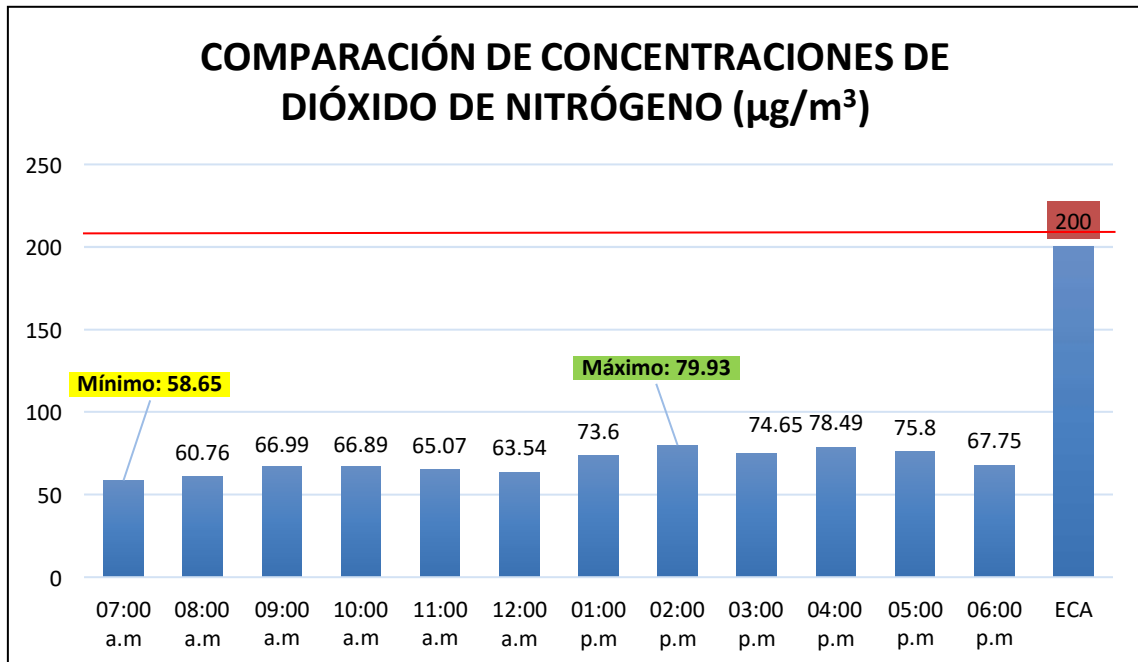


Figura 122. Comparación de concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nota: NO_2 (Dióxido de nitrógeno) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

3.1.6. Ruido - 12h

Los resultados encontrados indican que en la zona de monitoreo no superan los Límites Máximos Permisibles. El ruido de existente mayoritariamente producido por el proceso de extracción, en la voladura y traslado de la roca caliza, para la generación de óxido de calcio, llegando a picos de 68.59 dBA.

Tabla 14
Nivel de ruido-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Nivel de ruido equivalente (dBA)
		Este	Norte			
07:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	38.79
08:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	41.55
09:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	49.19
10:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	68.59
11:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	64.58
12:00 a.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	45.69
01:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	58.16
02:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	41.58
03:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	50.50
04:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	56.23
05:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	61.25
06:00 p.m.	Hornos–Chancado	769708	9255494	3059	21/10/2019	34.65
Promedio aritmético de nivel de ruido (12 horas)						50.90 dBA
Límite Máximo Permisible del Ruido						80 dBA

Nota: dBA (Decibeles) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

El promedio aritmético en los niveles de ruido realizado de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., es de 50.90 dBA, el cual no supera el límite máximo permisible fijado en 80 dBA El personal de turno cuenta con los EPPs correspondientes.

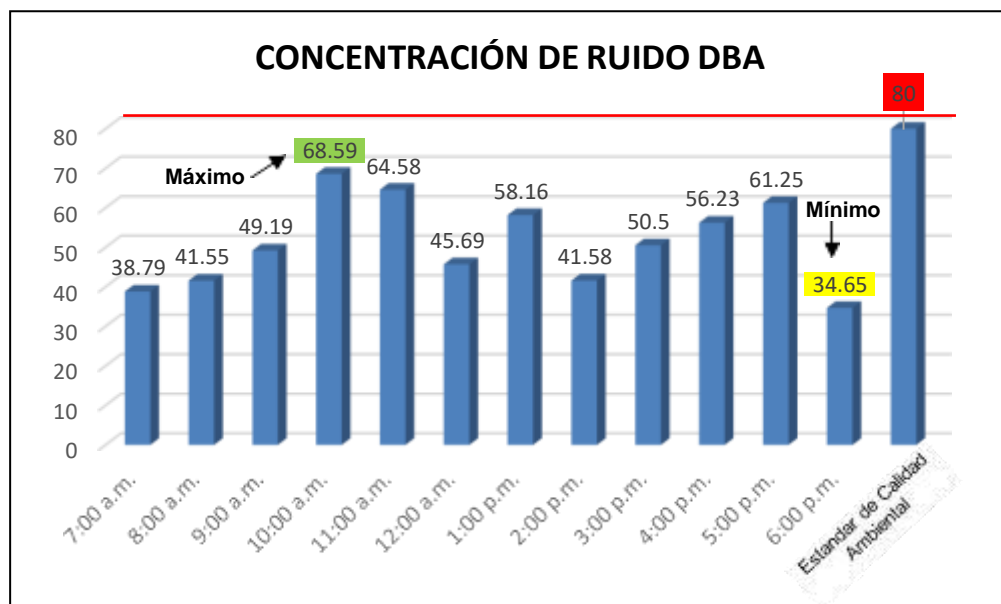


Figura 13. Comparación de niveles de ruido dBA.

Nota: dBA (Decibeles) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

3.2. Promedios de concentraciones

Tabla 15

Promedios de concentraciones comparadas con los límites máximos permisibles.

Hora de medición	Lugar de monitoreo	Parámetros medidos					
		Ruido	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	SO ₂	NO ₂
Límite Máximo Permissible		80 dBA	50 µg/m ³	150 µg/m ³	30 000 µg/m ³	80 µg/m ³	200 µg/m ³
6:00 am - 7:00am	Hornos–Chancado	38.79	2.35	5.95	98.71	1.33	58.65
7:00 am - 8:00am	Hornos–Chancado	41.55	2.86	3.23	108.29	1.41	60.76
8:00 am - 9:00am	Hornos–Chancado	49.19	2.92	4.75	129.38	1.58	66.99
9:00 am - 10:00am	Hornos–Chancado	68.59	2.40	3.72	519.42	1.79	66.89
10:00 am - 11:00am	Hornos–Chancado	64.58	2.14	2.72	2311.50	1.63	65.07
11:00 am - 12:00pm	Hornos–Chancado	45.69	2.00	2.44	2514.67	1.71	63.54
12:00 pm - 1:00pm	Hornos–Chancado	58.16	2.25	2.88	3134.71	1.71	73.60
1:00 pm - 2:00pm	Hornos–Chancado	41.58	2.11	9.56	5261.25	1.96	79.93
2:00 pm - 3:00pm	Hornos–Chancado	50.50	3.12	6.86	5639.58	1.75	74.65
3:00 pm - 4:00pm	Hornos–Chancado	56.23	5.13	3.23	2677.25	1.63	78.49
4:00 pm - 5:00pm	Hornos–Chancado	61.25	5.02	2.61	4732.25	1.71	75.80
5:00 pm - 6:00pm	Hornos–Chancado	34.65	4.44	2.42	3222.88	1.08	67.75
PROMEDIO		50.90 dBA	3.06 µg/m ³	4.20 µg/m ³	2529.16 µg/m ³	1.61 µg/m ³	69.34 µg/m ³

Nota: PM_{2.5} (material particulado 2.5), PM₁₀ (material particulado 10), CO (Monóxido de carbono), SO₂ (Dióxido de azufre) y NO₂ (Dióxido de nitrógeno) – Resultados de laboratorio Geomax E.I.R.L.

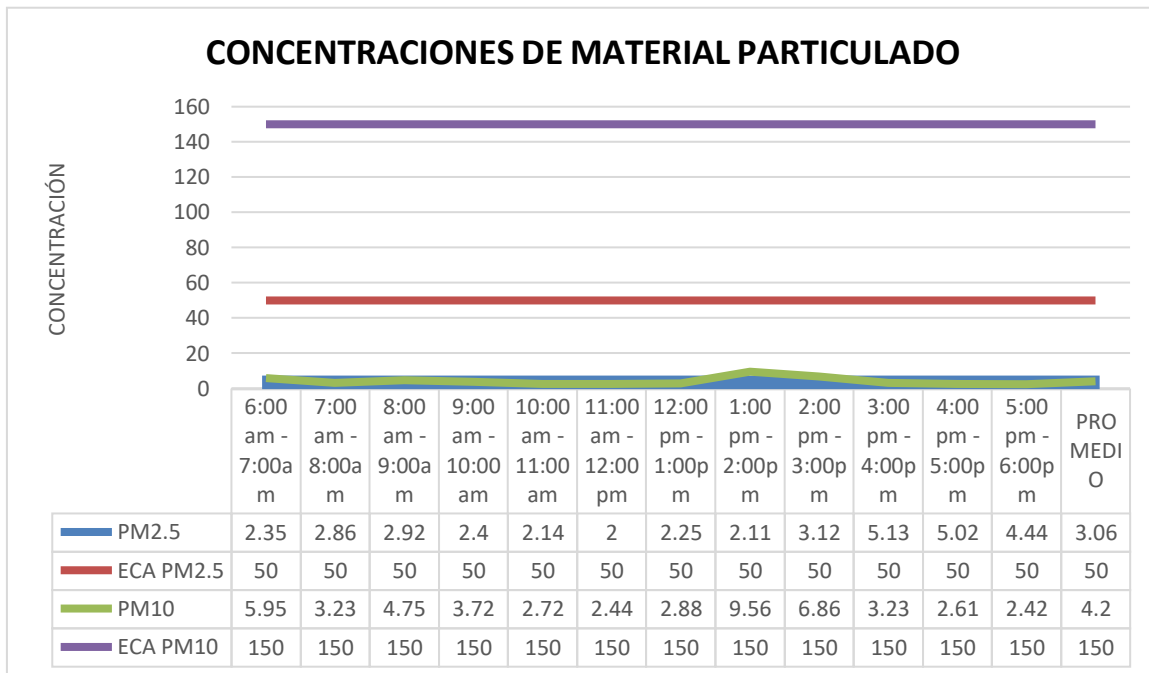


Figura 14. Concentraciones de material particulado y ECA.

Nota: PM_{2.5} (material particulado 2.5), PM₁₀ (material particulado 10).

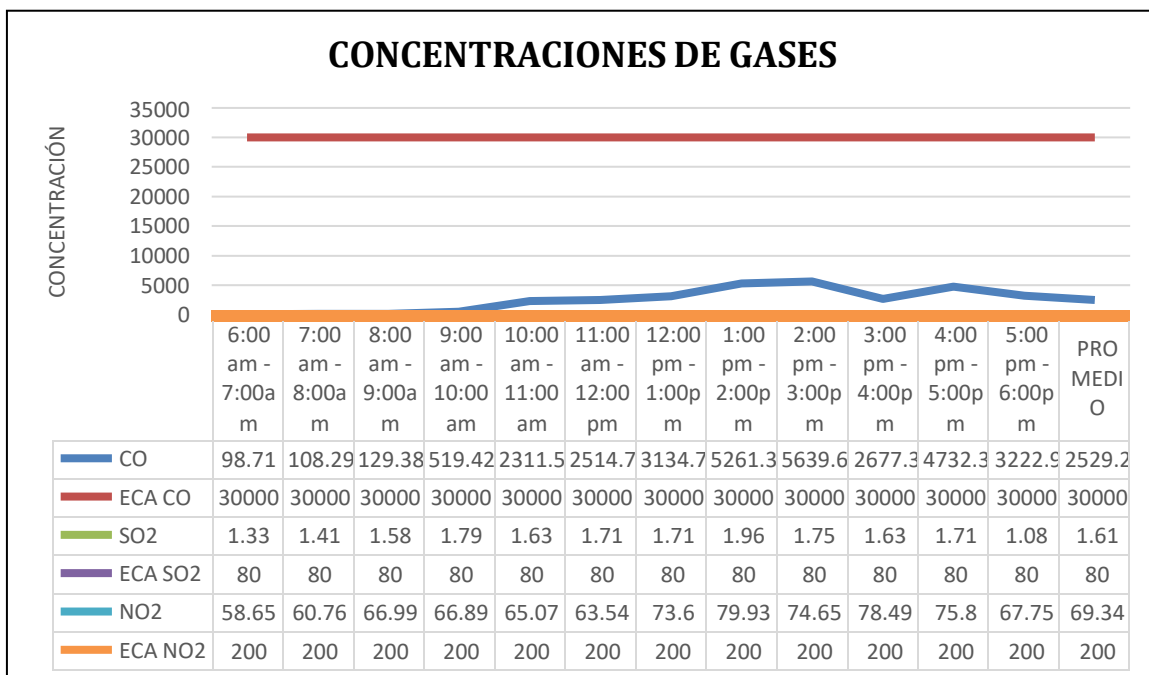


Figura 15. Concentraciones de gases y ECA.

Nota: PM_{2.5} (material particulado 2.5), PM₁₀ (material particulado 10), CO (Monóxido de carbono), SO₂ (Dióxido de azufre) y NO₂ (Dióxido de nitrógeno).

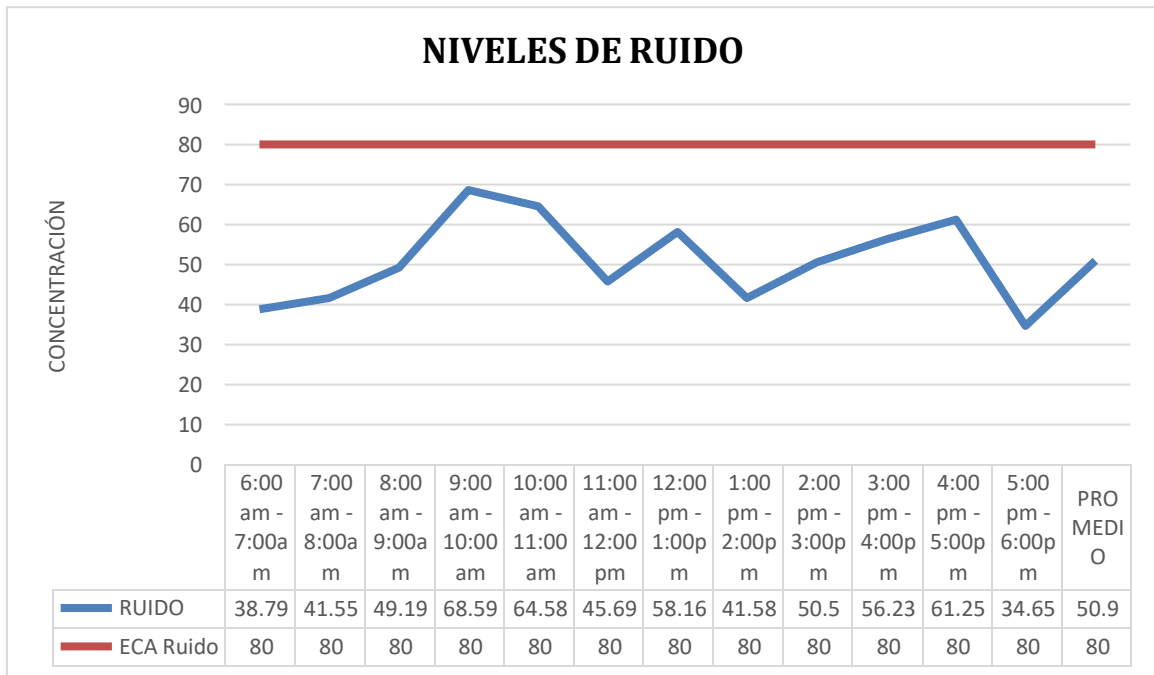


Figura 16. Niveles de ruido y ECA.

Nota: dBA (Decibeles).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En la calera Juan de Dios I, el punto máximo de PM₁₀ se da a la hora de chancado y a la hora de voladura, el punto mínimo es antes de iniciar las operaciones y a la hora del almuerzo. Las concentraciones de material particulado no supera los límites máximos permisibles, ya que en el chancado se usan herramientas artesanales y la voladura solo se da dos veces por semana. Barrera (2013) explica que la exposición prolongada o repetitiva a las PM₁₀ puede provocar efectos nocivos en el sistema respiratorio de la persona, no obstante, son menos perjudiciales que las PM_{2.5} ya que, al tener un mayor tamaño, no logran atravesar los alveolos pulmonares, quedando retenidas en la mucosa que recubre las vías respiratorias superiores en esta investigación sólo se llegó a 15.16 microgramos. Asimismo, Estrella (2015) explica que no pueden superarse los 50 microgramos por metro cúbico durante 24 horas más de 35 veces por año, en su investigación llegó a 5 microgramos.

El Dióxido de azufre (SO₂), es un irritante de moderado a fuerte. Araujo (2016) explica que la mayor inhalación de SO₂ sólo penetra hasta la nariz y la garganta con cantidades mínimas que contactan los pulmones a menos que la persona esté respirando fuertemente, respirando sólo por la boca o que la concentración de SO₂ sea alta. En esta investigación se encontraron 1.65 µg/m³ cantidad superior a la de esta tesis y en ambos casos no se superan los ECAs. Sagástegui (2014) determina que la exposición de 20 minutos a en espacio cerrado produjo enrojecimiento de la garganta e irritación media de la nariz y la garganta, en esta investigación se encontraron valores de 2.36 µg/m³, menor a la encontrada en esta tesis y en los ECAs.

Chavarry y Casquino (2016) explica que el envenenamiento por monóxido de carbono causa multitud de efectos debido a la inhibición de la oxidación celular, produciendo

hipoxia en el tejido y envenenamiento celular en su investigación se reportó en promedio 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ cantidad menor a la encontrada en esta investigación y menor a los ECAs. Por otro lado, Estrella (2015) los síntomas clínicos de un envenenamiento leve no son específicos y pueden imitar a los de una enfermedad viral no específica, con vómitos, dolor de cabeza, malestar, debilidad, fatiga y falta de respiración; las horas de exposición a concentraciones de 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no debe sobrepasar las 8 horas, en su investigación se encontraron valores de 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ cantidad superior a los encontrados en esta tesis pero menor a los ECAs. En esta investigación no se sobrepasa los límites máximos permisibles y la mayor concentración es de 5639.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, esto se debe a que se trabaja en ambientes abiertos, los puntos máximos se dan al momento de quemar la roca caliza, pero no son significativos.

Los óxidos de nitrógeno en el aire pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones, y posiblemente causar tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. Bartra y Virhuez (2015) explica que la exposición a bajos niveles también puede producir acumulación de líquido en los pulmones 1 ó 2 días luego de la exposición. Respirar altos niveles de óxidos de nitrógeno puede rápidamente producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y la muerte. En esta investigación no supera los límites máximos permisibles porque este gas se encuentra principalmente cuando se hace voladura, y en Juan de Dios I, sólo se hace voladura dos veces a la semana y el viento ayuda a disiparlos.

La exposición durante 8 horas del día a ruidos por encima de 85-90 dB es potencialmente peligrosa. Aguiló (2013) dice que al principio el oído es capaz de recuperarse después de unas horas lejos de esos niveles sonoros, pero después de un

tiempo (6-12 meses), la recuperación no llega a ser completa y el daño es permanente.

Además, la aparición de zumbidos transitorios es un síntoma bastante común en este tipo de personas. Este zumbido debe ser considerado como una advertencia de la exposición excesiva al ruido. En las instalaciones de Juan de Dios I el promedio del nivel de ruido es de 50.90 dBA, por lo tanto no representa peligro alguno, el punto máximo se da al momento de la voladura pero no es constante.

Para esta investigación, una limitación fue el costo elevado de los monitoreos, por ello se coordinó que el financiamiento sea por parte de la empresa Juan de Dios I.

4.2. Conclusiones

- El análisis de las concentraciones de PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ utilizando el software SPSS como herramienta estadística de variación, demuestra que en ninguno de los casos se superan los límites máximos permisibles, por lo cual se estima que la calera Juan de Dios I Cajamarca, cumple con el cuidado del medio ambiente y protección de su personal.
- La concentración de partículas en suspensión PM_{2.5} determinada en el monitoreo de doce horas en la calera Juan de Dios I, fue en promedio 3.06 µg/m³ y para PM₁₀ generadas fue en promedio 4.20 µg/m³ siendo las fuentes principales el chancado y la voladura, sin embargo, no se supera los Límites Máximos Permisibles.
- La concentración de SO₂ fue en promedio 1.61 µg/m³, para CO fue 2529.16 µg/m³ y para NO₂ fue 69.34 µg/m³, las principales fuentes de generación de este gas fue el quemado de la caliza y del carbón y la voladura que desprende estos gases de los explosivos, para gases tampoco se ha superado los Límites Máximos permisibles.
- El nivel de ruido en la calera Juan de Dios I, fue en promedio 50.90 dBA, y las fuentes principales fueron la voladura, el transporte y el chancado, no se superaron los Límites Máximos Permisibles.

- La concentración de PM 2.5 fue en promedio 3.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisible fue 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para PM₁₀ el promedio fue 4.20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisible fue 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para SO₂ el promedio fue 1.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisible fue 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para CO el promedio fue 2529.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisibles fue 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; para NO₂ el promedio fue 69.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite máximo permisible fue de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente, para ruido el promedio encontrado fue de 50.90 dBA y el límite máximo permisible fue de 80 dBA. Se puede evidenciar que en ningún caso se sobrepasa los límites máximos permisibles, por lo cual no representa riesgo alto de contaminación.

REFERENCIAS

- Acevedo, H., & Guerra, R. (2013). Factibilidad técnica y económica de la explotación de un yacimiento de Caliza en la Región Metropolitana. *Tesis profesional*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111195/tesis%20caliza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilar, L. (2013). Plan Cierre de Mina en U.E.A. San Andrés – Mina San Juan de la Compañía Minera Caraveli S.A.C. *Tesis Profesional de Ingeniería de Minas*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/683>
- Aguiló, I. (2013). Integración de la Calidad del Aire en la Planificación Física. (*Tesis doctoral*). Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Obtenido de http://oa.upm.es/21835/1/IRENE_AGUILO_VIDAL.pdf
- Arango, S. (2013). Reducción de los impactos sonoros en la explotación de caliza en la Mina Coimolache, Bambamarca, Cajamarca. (*Tesis doctoral*). Hualgayoc, Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5104/Tesis%20doctoral_Solito%20Arango%20Retamozo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Araujo, C. (2016). Costos Externos de la Contaminación Ambiental del Aire en la Ciudad de Cajamarca. (*Tesis doctoral*). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1361/COSTOS%20EXTERNO%20DE%20LA%20CONTAMINACION%20AMBIENTAL%20DEL%20AIRE>

[%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20CAJAMARCA%20.pdf?sequence=1&is](#)

Allowed=y

Arenas, J. (2017). Determinación del Material Particulado PM₁₀ y PM 2.5, Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno en el Distrito Yura – Arequipa. (*Tesis de pregrado*).

Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5311/AMarpaj.pdf?sequence>

=1

Barrera, D. (2013). Análisis de Impacto Ambiental en la Cantera El Muelle. (*Tesis de pregrado*). Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de

[https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3279/2/BarreraOsorioDianaCar](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3279/2/BarreraOsorioDianaCarolina2010.pdf)

olina2010.pdf

Bartra, R., & Virhuez, J. (2015). Propuesta de estudio ambiental para desarrollar la actividad de pequeña minería no metálica caliza, en el Distrito de Japelacio, Provincia de Moyobamba- 2014. (*Tesis de pregrado*). Tarapoto, San Martín, Perú: Universidad

Nacional de San Martín. Obtenido de

<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/158/6050914.pdf?sequence>

=1&isAllowed=y

Cedrón, M. (2013). Elaboración de Criterios para la Transformación de Pasivos Mineros en Activos Socio - Ambientales Sostenibles. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú:

Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de

<http://repositorioacademico.ucp.edu.pe/upc/bitstream/2>

Chavarry, D., & Casquino, D. (2016). Implementación del Sistema ISO 14001: 2004 para Mejorar la Gestión Ambiental en la Concesión Ítalo, Empresa Minera Phuyu Yuraq

E.I.R.L, Cajamarca, 2016. (*Tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad

- Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7580/Chavarry%20Valladares%20Diana%20Marilu%20Casquino%20Bernedo%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chugá, A. (2017). Análisis comparativo entre el método convencional y gasificada utilizada en la mina Cuajone – Southern Perú. *Tesis Profesional*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10417>
- Condori, S. (2015). Estandarización del explosivo Me – Quantex, reducción de costos operativos y eliminación de gases contaminantes mediante el análisis de parámetros de voladura en mina Cuajone. *Tesis de Grado*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Obtenido de http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_1818b59856228446b51bbf22005de914
- Coronado, C., & Mederos, C. (2015). Análisis y diagnóstico del nivel de ruido en las operaciones mineras a cielo abierto, mina El Suspiro. (*Tesis de pregrado*). Santander, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de <https://letrujil.files.wordpress.com/2015/07/anc3a1lisis-y-diagnostico-del-nivel-de-ruido-de-las-operaciones-mineras-a-cielo-abierto-mina-el-suspiro.pdf>
- Delgado, G. (2014). Evaluación Ambiental de Extracción de Caliza, Minería Artesanal No Metálica, en Zona de Amortiguamiento – Bosque de Protección Alto Mayo, Rioja – 2014. *Tesis Profesional de Ingeniería Ambiental*. Tarapoto, San Martín, Perú: Universidad Nacional de San Martín. Obtenido de <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/294/1/Gianina>.

Delgado, R., & Zamora, J. (2012). Impacto Ambiental de la Minera Yanacocha. Lima, Perú:

Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1/munoz_bm.pdf

Díaz, J. (2013). Indicadores de Desempeño Ambiental en la Mediana Minería Caso Unidad

Minera Atacocha de la Compañía Minera Atacocha S.A.A. *Tesis Magistral en Ciencias*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de
<http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/>

DREM - CAJ, D. R. (2017). Asuntos Ambientales. *Oficina Ambiental*. Cajamarca, Perú:

Energía y Minas. Obtenido de
<http://www.regioncajamarca.gob.pe/unidades%20regionales/direccion-regional-de-energia-y-minas>

Estrella, M. (2015). Identificación de la Contaminación Ambiental Generados por las

Emisiones Gaseosas del Laboratorio Analítico de Doe Run Perú – La Oroya. (*Tesis de maestría*). Cerro de Pasco, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Obtenido de
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1358/TESIS%20ESTRELLA%20MARTINEZ%20MARLENY%20-%20POSGRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

EXSA. (2016). Tecnología Quantex. *Investigación en Voladura*. Lima, Perú: EXSA

Solutions. Obtenido de <http://www.exsasoluciones.pe/exsa-y-la-tecnologia-quantex-en-el-pdac-2016/>

Fernández, S. (2016). Implicancias de la Actualización de los Planes de Cierre de Faenas e

Instalaciones Mineras de Codelco, en el Contexto de la Ley N°20.551, desde un Enfoque Económico Ambiental. *Tesis Magistral en Gestión y Dirección de*

- Empresas*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140961/Implicancias-de-la-actualizacion-de-los-planes-de-cierre-de-faenas-e-instalaciones-mineras-de-Codelco>.
- García, E. (2016). Evaluación de la Situación Actual del Sistema de Ventilación y Propuesta para su Optimización en Mina Subterránea Carbonífera Mi Grimaldina I - Cajamarca - 2016. (*Tesis de pregrado*). Hualgayoc, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7582/GARCIA%20AGAMA%20EDWIN%20EDUARDO.pdf?sequence=1>
- García, S. (2013). Modelación del Potencial de Drenaje Ácido de Botaderos”,. *Tesis para optar el título de Geólogo*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113400/cf-garcia_sc.pdf?sequence=1
- Gómez, C. (2017). Contaminación del Aire en Medellín por PM₁₀ y PM_{2.5} y sus Efectos en la Salud. (*Tesis de pregrado*). Medellín, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de [https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/17019/1/G%C3%B3mezComb aCieloAmparo2017.pdf](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/17019/1/G%C3%B3mezComb%20aCieloAmparo2017.pdf)
- Gutiérrez, M. (2015). Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Sector Industrial de San Luis Potosí: Proyección al 2020 y Propuesta de Mitigación. (*Tesis doctoral*). San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Obtenido de <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/3931/3/DCA1INE01501.pdf>

- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://www.esup.edu.pe>
- Hernández, R., Fernández, L., & Baptista, E. (2014). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México: Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://www.esup.edu.pe>
- Llacma, O. (2017). Evaluación técnico económica con el uso de emulsión gasificada en voladura mina Cuajone. *Tesis de Grado*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2988>
- López, J. (2013). Tratamiento de Aguas Ácidas Provenientes del Pad de Lixiviación con Naoh-Almidon; En CIA Minera Sipán SAC, Durante Cierre Ambiental. Distrito de Llapa, Cajamarca, Perú, 2011-2012. *Tesis Doctoral en Ciencias Ambientales*. Trujillo, La Libertad, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5011>.
- Luque, J. (2017). Estudio de Factibilidad en un Proyecto de Explotación de Rocas y Minerales Industriales en una Mina de Perlita. *Tesis profesional*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3439/Milutaj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, J., & Pinto, L. (2015). Evaluación del Impacto en Calidad del Aire, Asociado a Resuspensión de Material Particulado por la Pavimentación de la Vía Principal de Caracolí – Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. (*Tesis de pregrado*). Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle. Obtenido de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17998/41101095_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAM, M. (2017). Legislación Minera. Lima, Perú: Gobierno Peruano. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/>

Ortíz, S. (2014). Impacto Ambiental Producido por los Botaderos de Desmonte y Pads de Lixiviación en la Mina Santa Rosa de Puno. *Tesis Magistral en Ciencias*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Obtenido de <http://tesis.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/702/TM0008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Oyarzún, J. (2013). Planes de Cierre Mineros. *Tesis Doctoral*. Santiago, Chile: Universidad de La Serena. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Cierres%20mineros%20-%20Jorge%20Oyarz%C3%BAn.pdf>

Paez, P., Cogliati, M., & Giacosa, R. (2017). Estudio de Calidad de Aire en Canteras a Cielo Abierto en General Roca, Argentina. (*Artículo científico*). Neuquén, Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Comahue. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/321885449_ESTUDIO_DE_CALIDAD_DEL_AIRE_EN_CANTERAS_A_CIELO_ABIERTO_EN_GENERAL_ROCA_ARGENTINA

Palma, M. (2017). Cuantificación Económica de Demoras Operacionales en el Proyecto Minero Chuquicamata Subterráneo, Macro Bloques N1- S1 Codelco. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Perú: Universidad Andrés Bello. Obtenido de http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/5724/a121556_Palma_M_Cuantificacion_economica_de_demoras_operacionales_2017_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Paucar, G. (2015). Diseño y Estabilidad de Botaderos de Desmonte para la Remediación de Pasivos Ambientales de la Mina Recuperada Huancavelica. *Tesis para optar el grado*

de *Ingeniero Civil*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Obtenido de

http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/402/TCIV_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Plasencia, E., & Cabrera, C. (2013). El ruido en las operaciones mineras: El caso de Yanacocha Oeste. (*Artículo científico*). Cajamarca, Perú: Instituto de Investigaciones. Obtenido de

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v12_n24/pdf/a15v12n24.pdf

Raymondi, J. (2013). Implementación de Sistema de Monitoreo para Reducir el Costo de Carguío. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/10591/1/raymondi_qj.pdf

Rodríguez, M. (2017). Evaluación de Costos de Carguío y de Emisión de Dióxido de Carbono (Co₂), al Reducir el Tiempo de Limpieza de Piso de Pala Gigante en Minera Yanacocha, 2017. (*Tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11352/Rodriguez%20Mercado%2c%20Manuel%20Elisar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rueda, E. (2013). Mitos y Realidades de los Planes de Cierre de Minas. *Tesis Profesional*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1076/1/guzman_ac.pdf

Sagástegui, A. (2014). Propuesta para reducir las emisiones de polvo fugitivo en el proceso productivo de una empresa cementera. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/322410/Sagastegui_DA.pdf?sequence=2

Saguay, C. (2016). Factibilidad Técnica Económica Minera de la Explotación de Feldespato en la Concesión Minera Rosario II Código 100217.1. *Tesis profesional*. Macas, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5413/1/53T0023.pdf>

Valdivia, F. (2017). Determinación del Material Particulado, Dióxido de Azufre y Monóxido de Carbono en el Centro Poblado El Arenal – Islay. (*Tesis de pregrado*). Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2432/AMvaarfr.pdf?sequence=1>

Valenzuela, P. (2015). Sistema de medición de la estabilidad de depósitos mineros de relave frente a la acción eólica, para su recuperación como espacio urbano sostenible. El caso de la ciudad de Copiapó en Chile. *Tesis Doctoral*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/42873/1/PAMELA_VALENZUELA_TORO_01.pdf

Velásquez, L. (2018). Estudio de factibilidad económica del sistema de extracción de mineral en el proyecto de profundización de la compañía Minera Río Chicama – Unidad Bumerang, la Libertad 2018. *Tesis profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13346/Vel%C3%A1squez%20Rosales%20Lizabeth%20Araceli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vilela, W. (2014). Análisis de factibilidad para el uso de Anfo pesado a base de emulsión gasificable en Minera Yanacocha. *Tesis Profesional*. Lima, Perú: Pontificia

Universidad Católica del Perú. Obtenido de

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5950>

Yana, F. (2012). Evaluación del agente explosivo Quantex en los resultados de fragmentación para la reducción de costos de voladura en el Tajo de la Mina Toquepala. *Tesis de Grado*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5616>

Yucra, L. (2016). Diseño de Botadero de la Explotación de Magnetita Cuerpo 2 Mecaminas E.I.R.L. – Santa Lucía. *Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3009/Yucra_Quispe_Luis_Francisco.pdf?sequence=20

Zegarra, A. (2015). Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Explotación y Transformación de Mármol. *Tesis profesional*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1300/1/zegarra_am.pdf

Zorrilla, S. (2017). Aplicación de la Geoquímica al Estudio del Vertedero de Duquesa, en Santo Domingo, República Dominicana, y Propuesta de Tratamiento Pasivo de los Lixiviados. *Tesis de maestría*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madris. Obtenido de http://oa.upm.es/48285/1/TFM_Stanly_Zorrilla_Fernandez.pdf

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia.

Tabla 16

Matriz de consistencia.

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y = f(x)	Indicadores	Diseño de la investigación
Análisis de concentraciones de PM _{2.5} , PM ₁₀ , CO, SO ₂ , NO ₂ y ruido comparándolo con los Límites Máximos Permisibles, en calera Juan de Dios I.	¿El análisis de concentraciones de PM _{2.5} , PM ₁₀ , CO, SO ₂ , NO ₂ y ruido superan los límites máximos permisibles, en calera Juan de Dios?	<p>Evaluar la calidad de aire (PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ y ruido) generado por la producción de óxido de calcio en la calera Juan de Dios I, Cajamarca, en el año 2019.</p> <p>- Determinar la concentración de partículas en suspensión (PM_{2.5} y PM₁₀), generadas por la explotación minera de la calera Juan de Dios I, Cajamarca, 2019.</p> <p>- Determinar la concentración de gases (SO₂, CO y NO₂), generadas por la explotación minera de la calera Juan de Dios I, Cajamarca, 2019.</p> <p>- Determinar si la generación de ruido producto de las actividades generadas en la explotación minera sobrepasa los Límites Máximos Permisibles.</p> <p>- Comparar los resultados de concentración de partículas en suspensión, gases y ruido con los Límites Máximos Permisibles.</p>	<p>La evaluación de la calidad de aire generado por la producción de óxido de calcio en la calera Juan de Dios I, determina que, si superan límites máximos permisibles, Cajamarca, en el año 2019.</p> <p>- La concentración de partículas en suspensión (PM_{2.5} y PM₁₀), se generan principalmente por la voladura y chancado de caliza y carbón en la calera Juan de Dios I, y superan los límites máximos permisibles.</p> <p>- La concentración de gases (SO₂, CO y NO₂), se genera principalmente por los gases de voladura y por los gases de calcinación, lo cual genera impactos negativos en la salud de los trabajadores de la calera Juan de Dios I.</p> <p>- La generación de ruido se produce por la perforación, voladura, transporte y chancado en la calera Juan de Dios I, y genera inicios de sordera en los trabajadores y conduciéndolos al estrés.</p>	<p>Variable dependiente (y): Límites Máximos Permisibles.</p> <p>Variable independiente (x): Concentraciones de PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ y ruido.</p>	<p>- Nivel de concentración de partículas.</p> <p>- Nivel de concentración de gases.</p> <p>- Nivel de concentración de ruido.</p> <p>- Límites máximos permisibles.</p>	<p>El tipo de investigación es cuantitativa, debido a que el proceso consistirá en observar y analizar los datos estadísticos de niveles de concentración de partículas en suspensión, gases y ruido para luego compararlos con los límites máximos permisibles.</p>

ANEXO n.º 2. Fotografías.



Figura 17. Zona de chancado de carbón.



Figura 18. Zona de chancado de caliza.



Figura 19. Hornos de calcinación.



Figura 20. Caliza chancada lista para calcinar.



Figura 21. Zona de carguío.



Figura 22: Silo actual.



Figura 23. Desmontera en la cantera.

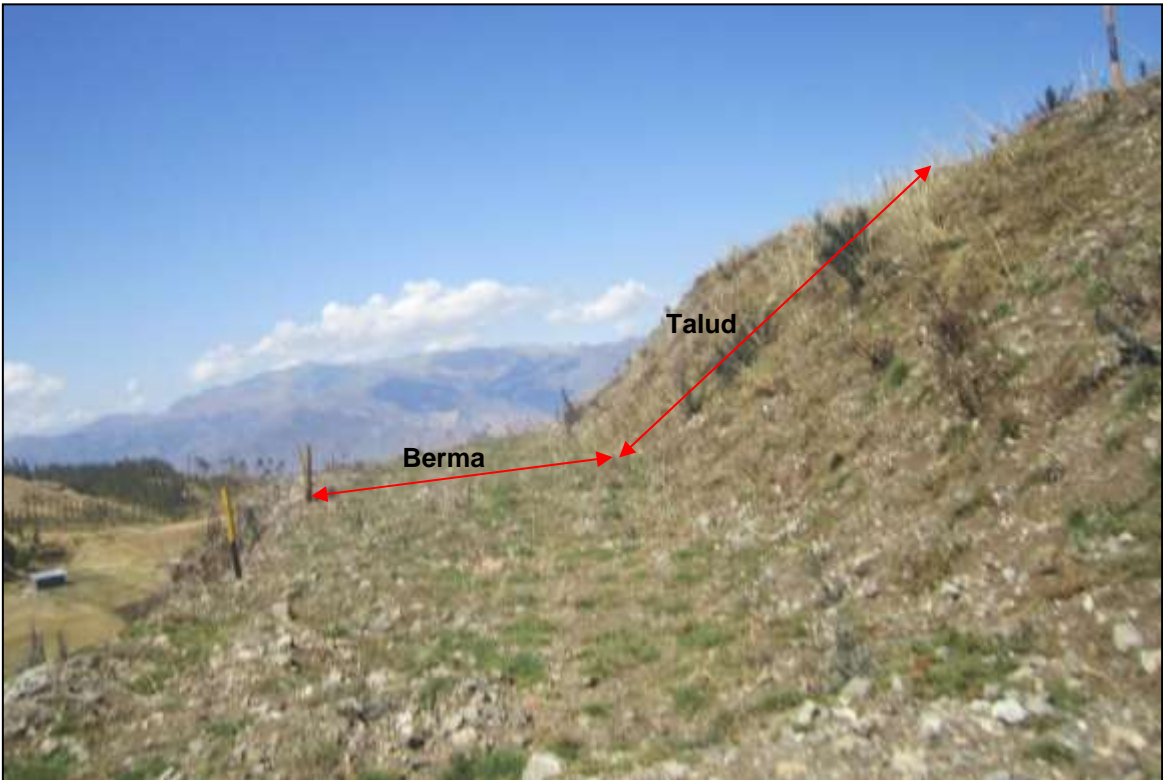


Figura 24. Talud de la desmontera.



Figura 25. Zona de almacenaje de residuos sólidos.



Figura 26. Extensión del acceso principal.



Figura 27. Extensión de la vía alterna 1 de cantera.



Figura 28. Acceso al talud 2.



Figura 29. Patio de maniobras.



Figura 30. Contenedor de almacén de combustible.



Figura 31. Zona de parqueo.



Figura 32. Oficina.



Figura 33. Almacén de herramientas.



Figura 34. Polvorín.



Figura 35. Cocina.



Figura 36. Comedor.



Figura 37. Baños de los trabajadores.



Figura 38. Ducha.



Figura 39. Equipo de monitoreo de partículas Handheld 3016.



Figura 40. Equipo de monitoreo de gases S200.




Figura 41. Sonómetro para medir niveles de ruido.



Figura 42. Zona de residuos.

ANEXO n.º 3. Certificado de calibración.



Compromiso Social y Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Nombre Compañía:	GEOMAX INGENIEROS S.R.L.	Número Serie:	P9435X
Fabricante:	THERMO SCIENTIFIC	Procedencia:	Estados Unidos
Modelo:	G10557	Día de Calibración:	20/07/2020
Certificado Calibración:	1. 12041. 27.05.16	Lugar de Calibración:	ENVIROEQUIP SAC

Revisión Instrumento	Entrega Instrumento
En Tolerancia: SI	Procedimiento Usado: EPA VOLUMETRICO
Fuera de Tolerancia: NO	Calibrado Por: Ing. Edward De La Cruz C

ESTADO DEL CUMPLIMIENTO DE LA CERTIFICACION CALIBRACION


ENVIROEQUIP S.A.C. certifica que este instrumento ha sido inspeccionado y calibrado por nuestros técnicos calificados y cumple o excede las especificaciones de calidad para la Norma EPA Método de Referencia Numero RPPS 1287-063, cuyos archivos y registros son mantenidos por la Empresa GEOMAX INGENIEROS S.R.L. y una copia en nuestra compañía en Lima.

Este documento es la Certificación que el Tubo Venturi se encuentra dentro del Cumplimiento de la Norma ASTM EPA RPPS 1287-063 cuyo valor diferencial es 0.412% < 3%


DATOS CALIBRACIÓN

TRAZABILIDAD
Se ha usado el Calibrador Modelo TE-5028A, con numero de serie 3139, trazable NIST y calibrado el 15/diciembre/2020

Calibrado Por:	Aprobado por:
----------------	---------------



Ing. Edward De La Cruz C
ENVIROEQUIP/S.A.C.



Ing. Alexander Céspedes Zúñiga.
ENVIROEQUIP S.A.C.

T. (511) 200 - 4700
Ca. Mariano de los Santos N°192
Urb. Corpac, San Isidro, Lima 27, Peru
info@enviroequip.pe

www.enviroequip.pe

Calibración Muestreador de Alto Volumen (HIVol)

DATOS GENERALES		VARIABLES		CONDICIONES	
FECHA	18/dic/2020	m _a	1.01871	T _a	298.00
OPERADOR	Edwin De La Cruz C	b _a	-0.02601	P _a	751.00
MODEL CAL	TE-5025A	m _{act}	1.52665	T _{act}	298.18
S/N	3139	b _{act}	-0.04486	P _{act}	760.00
FLOW CONTROL		MODELO	G10557	S/N	P9435X

mH ₂ O Calibrador	Q _a (m ³ /min) (1/min) (P=Q _a)(T _a /P _a) ^{1.4}	(mH ₂ O) Muestreador	Pf (mmHg) 25.4(mH ₂ O/13.8)	Po/Pa = 1-(Pf/Pa)	Q _a Look flow rate	%Diff (Look up-Q _a)/100/Q _a
3.52	1.190	10.65	19.890	0.974	1.196	0.540
3.49	1.185	14	26.147	0.965	1.184	0.052
3.43	1.175	17.8	33.244	0.956	1.172	0.223
3.37	1.165	19.27	35.990	0.952	1.167	0.211
3.21	1.137	24.85	40.411	0.938	1.149	1.035
Promedio						0.412

X=Q _a /(T _a)	Y=Po/Pa
0.069	0.974
0.068	0.965
0.068	0.956
0.067	0.952
0.066	0.938

Por Correlación	
r	0.9998
m	13.052
b	0.0711

Diff H ₂ O	Pf(mmHg)	Q _{ac} =[(1-Pf/Pa)-b] ^{1.4} /(T _a)/m
16	29.890	1.178

La EPA establece que el promedio de diferencia porcentual (%Diff), debe ser $\pm 3\%$.

Si el %Diff fuera mayor quiere decir que una fuga puede haber estado presente durante la calibración y se debería calibrar nuevamente.

PASOS A SEGUIR

- 1) Colocar la base (Top plate)
- 2) Colocar el tubo de orificios (Vari flow)
- 3) Encender el Muestreador Hi Vol.
- 4) Instalar el Manómetro al tubo de orificios y el otro a la cuerpo del Hi Vol.
- 5) Tomar 5 lecturas variando el orificio del vari flow o cambiando los discos de orificios.

NOMENCLATURA

m_a: Pendiente de la relación de calibración del orificio del Gactual (Hoja del calibrador)

b_a: Intercepción de la relación de calibración del orificio del Gactual

T_a: Temperatura ambiental °K (°K=273+°C)

P_a: Presión barométrica mmHg (1atm= 760mmHg)

H₂O: Lecturas del manómetro mH₂O en el tubo de calibración

Q_a: Régimen de flujo actual m³/min

Q_{ac}: Flujo Calculado, usando parámetros "b" y "m" hallados por correlación de la calibración.

Pf: Diferencia de presión en mmHg

Po/Pa: Relación P inicial y P ambiental

% Diff: Diferencia porcentual entre los regímenes del flujo del calibrador

veburi serial No: P5435X ebasol serial No: 166025
MUESTREADOR DE PARTICULAS HÍVOL

ITEMS	LIST PARTS	PART NUMBER	SAP CODE	COMMENT	IMAGE
1	CHARTS FOR RECORDER	TE-106		OK	
2	INSTRUCTION FOR DIGITAL TIMER C39	T		OK	
3	ANODIZED ALUMINUM SHELTER	TE-001		OK	
4	CHARTS RECORDER	TE-904XZ		OK	
5	DIGITAL TIMER	TE-305		OK	
6	SHELTER BASE PAN, ALUMINUM PAN	TE-001-33		OK	
7	SHELTER BASE PAN CATCH W/ BOLT	TE-001-07		OK	
8	PLASTIC THUMB NUT	TE-900-0-3		OK	
9	FILTER HOLDER BRASS BOLT, RIVET, WASHER, AND PLASTIC NUT SET	TE-500-0		OK	
10	LOOK UP TABLE			OK	
11	MOTOR FOR VOLUMETRIC FLOW CONTROLLED	TE-116-11		OK	
12	VOLUMETRIC FLOW CONTROLLER	TE-105T		OK	
13	MANGUERA TRANSPARENTE CON CONECTOR METALICO			OK	
14	BLACK TUFF MANDRETEE			OK	
15	DOW SILICONE 314 GREASE			OK	
16	FILTER HOLDERS	TE-600V		OK	
17	ALUMINUM HOLD DOWN FRAME 8" x 10"	TE-309-2		OK	
18	SNAP COVER	TE-300-1		OK	
19	ALUMINUM FILLER WITH STAINLESS STEEL SCREEN	TE-300-0		OK	
20	GASKET FOR FILTER HOLDER 4" X 10"	TE-4018		OK	
21	FILTER HOLDER GASKET	TE-500-0		OK	
22	BRUSH STYLE MOTOR ASSEMBLY FOR VOLUMETRIC FLOW CONTROLLED	TE-5070X		OK	
23	MOTOR BRUSHES	TE-333X		OK	
24	TUBING 3 FT. PIECE	TE-400-6		OK	
25	RECORDER PEN POINTS RED	TE-190		OK	
26	INLET HOOD	TE-600-1		OK	
27	WOOD SPACERS	TE-600-45		OK	
28	INSTRUCTION MANUAL	10003-00		OK	
29	SECOND STAGE PLATE WITH 16 VENT TUBES	TE-600-22		OK	
30	SPHM PLATE	TE-600-74		OK	
31	TOP TUB HOUSING	TE-600-5		OK	
32	TOP TUB HOUSING HINGE	TE-600-7		OK	
33	ACCELERATION NOZZLE PLATE WITH NOZZLES	TE-600-2		OK	
34	TSP-HIGH VOLUME AIR SAMPLER			N/A	



TISCH ENVIRONMENTAL, INC.
145 SOUTH MIAMI AVE
VILLAGE OF CLEVELAND, OH
46002
513.467.9000
877.263.7610 TOLL FREE
513.467.9009 FAX

ORIFICE TRANSFER STANDARD CERTIFICATION WORKSHEET TE-5028A

Operator Tisch Rootsmeter S/N 0438320 Ta (K) - 294
Orifice I.D. - 3139 Pa (mm) - 751.84

PLATE OR VDC #	VOLUME START (m3)	VOLUME STOP (m3)	DIFF VOLUME (m3)	DIFF TIME (min)	METER DIFF Hg (mm)	ORFICE DIFF H2O (in.)
1	NA	NA	1.00	1.2700	4.2	1.50
2	NA	NA	1.00	0.9950	6.9	2.50
3	NA	NA	1.00	0.9110	8.2	3.00
4	NA	NA	1.00	0.8380	9.7	3.50
5	NA	NA	1.00	0.6380	16.6	6.00

DATA TABULATION

Vstd	(x axis) Qstd	(y axis)	Va	(x axis) Qa	(y axis)
0.9971	0.7851	1.2264	0.9944	0.7830	0.7659
0.9935	0.9984	1.5833	0.9908	0.9957	0.9887
0.9917	1.0886	1.7344	0.9890	1.0856	1.0831
0.9897	1.1811	1.8734	0.9870	1.1779	1.1699
0.9805	1.5369	2.4528	0.9778	1.5327	1.5317
Qstd slope (m) = 1.62685			Qa slope (m) = 1.01871		
intercept (b) = -0.04486			intercept (b) = -0.02801		
coefficient (r) = 0.99983			coefficient (r) = 0.99983		
y axis = SQRT [H2O (Pa/760) (298/Ta)]			y axis = SQRT [H2O (Ta/Pa)]		

CALCULATIONS

$$Vstd = \text{Diff. Vol} [(Pa - \text{Diff. Hg}) / 760] (298/Ta)$$

$$Qstd = Vstd/Time$$

$$Va = \text{Diff Vol} [(Pa - \text{Diff Hg}) / Pa]$$

$$Qa = Va/Time$$

For subsequent flow rate calculations:

$$Qstd = 1/m \{ [\text{SQRT} (H2O (Pa/760) (298/Ta))] - b \}$$

$$Qa = 1/m \{ [\text{SQRT} H2O (Ta/Pa)] - b \}$$



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
NF 8000173034

Cliente:	GEO MAX INGENIEROS S.R.L.		
Dirección:	JL. JIRON DOS DE MAYO #1230		

Descripción Instrumental:	Tree de Muestreo	Especificaciones del Instrumento:
Marca:	Green Group	Control de flujo con regulación
Modelo:	TMD	Muestreo de gases CO, SO ₂ , NO ₂ , H ₂ S y O ₃
Serie:	221124	
Identificación Interna:	No aplica	
Condición:	Nuevo	

Lugar Calibración: Green Group	Fecha de Calibración: 15-ene-2020
--------------------------------	-----------------------------------

Condiciones Ambientales		
Temperatura: 24 - 25 °C	Humedad: 63 a 64 %	Presión: 096 - 098 mb

Patrones Utilizados:		
Descripción	Marca/Modelo	Serie o Lote
Patrón primario de flujo de rango bajo	BIOS / 520 L	119246
Patrón primario de flujo de rango alto	BIOS / 520 H	118988
Barómetro / Termómetro	Control Company / 4195	101853853

Procedimientos Utilizados:
Calibración de flujos por comparación contra patrón primario con carga de vacío.

Resultados:

	Gases	Teórica	Flujo Min	Flujo Max
Flujos (lpm)	SO ₂	0.2	0.193	0.215
	H ₂ S	0.2	0.188	0.209
	CO	0.5	0.486	0.513
	O ₃	0.5	0.492	0.501
	NO ₂	0.4	0.398	0.405




Notas u Observaciones:
1) Flujos son verificados en campo mediante uso de rotámetro, conectados al impinger burbujeado con carga.

Realizado por:	 Renzo Andrade	 Juan Carlos Saldaña Castillo Jefe de Servicio Técnico Green Group PE S.A.C.
----------------	--	---

Av. El Soler 99 - Surquillo
 Central: 011 - 6154 / 771 - 3570
 www.greengrup.com.pe

Pág. 1 de 1



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° NE0262014

Cliente: GEOMAX
Dirección: Jiron Dos de Mayo #1232

Descripción Instrumento: Sonómetro	Especificaciones del Instrumento:	
Marca: Wensn	Rango: 40 a 140 dB	
Modelo: WS1361		
Serie: No Indica	Serie Pre-amplificador: No Indica	
Identificación Interna: No Indica	Serie Microfono: No Indica	
Condición: Usado		

Lugar Calibración: Green Group **Fecha de Calibración:** 15-ene-2020

Condiciones Ambientales
Temperatura: 25 °C **Humedad :** 60 a 62 % **Presión:** 996 - 997 mb

Patrones Utilizados	Marca/Modelo	Serie ó Lote
Descripción		
Generador de frecuencias acústico	GenRad / 1562-A	6138
Barómetro / Termómetro	Control Company / 4247	122277812

Procedimientos Utilizados:
Calibración fue realizada por comparación y ajuste con patrones utilizados de acuerdo a lo establecido en manual de fabricante.


Resultados:


REPORTE DE PRUEBAS A 114 dB @ 1 KHz

	P	Lectura Inicial	Lectura Final	Error (dB)	En Tolerancia
dB	114.0	115.2	114.0	0.00	SI
		115.3	114.1	0.10	SI
		115.3	114.1	0.10	SI



Notas u Observaciones:
 1) El instrumento fue ajustado para alcanzar las tolerancias permitidas.
 2) La exactitud declarado en el manual del fabricante es ± 1.5dB.

Realizado por 
 Jose Hinojosa


Enzo Navarro
 Jefe de Soporte Técnico
 Green Group PE S.A.C.

Este documento es propiedad de Green Group, su liberación parcial o total sin la aprobación escrita de Green Group.

Av. El Sauce N° 556 - Surquillo
 Central: 550 - 6134 / 273 - 3550
 www.greengroup.com.pe

ANEXO n.º 4. Licencia de funcionamiento del laboratorio.



CAJAMARCA...
DONDE TODO
EMPEZÓ

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
DE CAJAMARCA

Nº 003797

**LICENCIA DE APERTURA
DE ESTABLECIMIENTO**

ORDINARIA
AÑO 2017

**GEOMAX LABORATORIO AMBIENTAL, AIRE, AGUA Y SUELO E INGENIERIA
E.I.R.L.**

LICENCIA N°	: L000462017
MOTIVO	: APERTURA DE ESTABLECIMIENTO
NOMBRE COMERCIAL	: GEOMAX LABORATORIO AMBIENTAL, AIRE, AGUA Y SUELO E INGENIERIA E.I.R.L.
RUC	: 20601811112
REP. LEGAL / PROPIETARIO	: RODRIGUEZ SILVA LUPITA HAYDEE
DOCUMENTO DE IDENTIDAD	: 27048518
TIPO DE ESTABLECIMIENTO	: PRINCIPAL
DIRECCIÓN DEL ESTAB.	: JR. LOS TOPACIOS 484 URB. VILLA UNIVERSITARIA
EXPEDIENTE	: 5710
COMPROBANTE DE PAGO N°	: 08553
VÁLIDA HASTA	: INDETERMINADA
RESUMEN ACT. COMERCIAL	: VÁLIDA PARA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - TRABAJOS EN MEDIO AMBIENTE E INGENIERIA.
OBSERVACIONES	: VÁLIDA DESDE LAS 07:00 HASTA LAS 23:00 HORAS. ÁREA DEL ESTABLECIMIENTO 80 M². ESTABLECIMIENTO SUJETO A FISCALIZACIÓN POSTERIOR PARA VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD EN EDIFICACIONES. SE EMITE LA PRESENTE LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO EN VIRTUD A LA RESOLUCIÓN DE SUBGERENCIA N° 108-2017-SPCPM-GDE-MPC. CUENTA CON OPINIÓN FAVORABLE DEL FISCALIZADOR ARPI MAMANI ZACARIAS CON INFORME N° 045-2017-ZAM-SPCPM-GDE-MPC.
GIRO(S) DEL NEGOCIO	:
CIIU	ACTIVIDAD ECONÓMICA
4520 - 34	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO*
7310 - 02	TRABAJOS EN MEDIO AMBIENTE E INGENIERIA

De conformidad con la Ley N° 27972 Ley Orgánica de las Municipalidades concordante con la Ley N° 28976, se expide la presente licencia de Apertura del Establecimiento para los fines pertinentes.

Cajamarca, 26 de Enero del 2017.

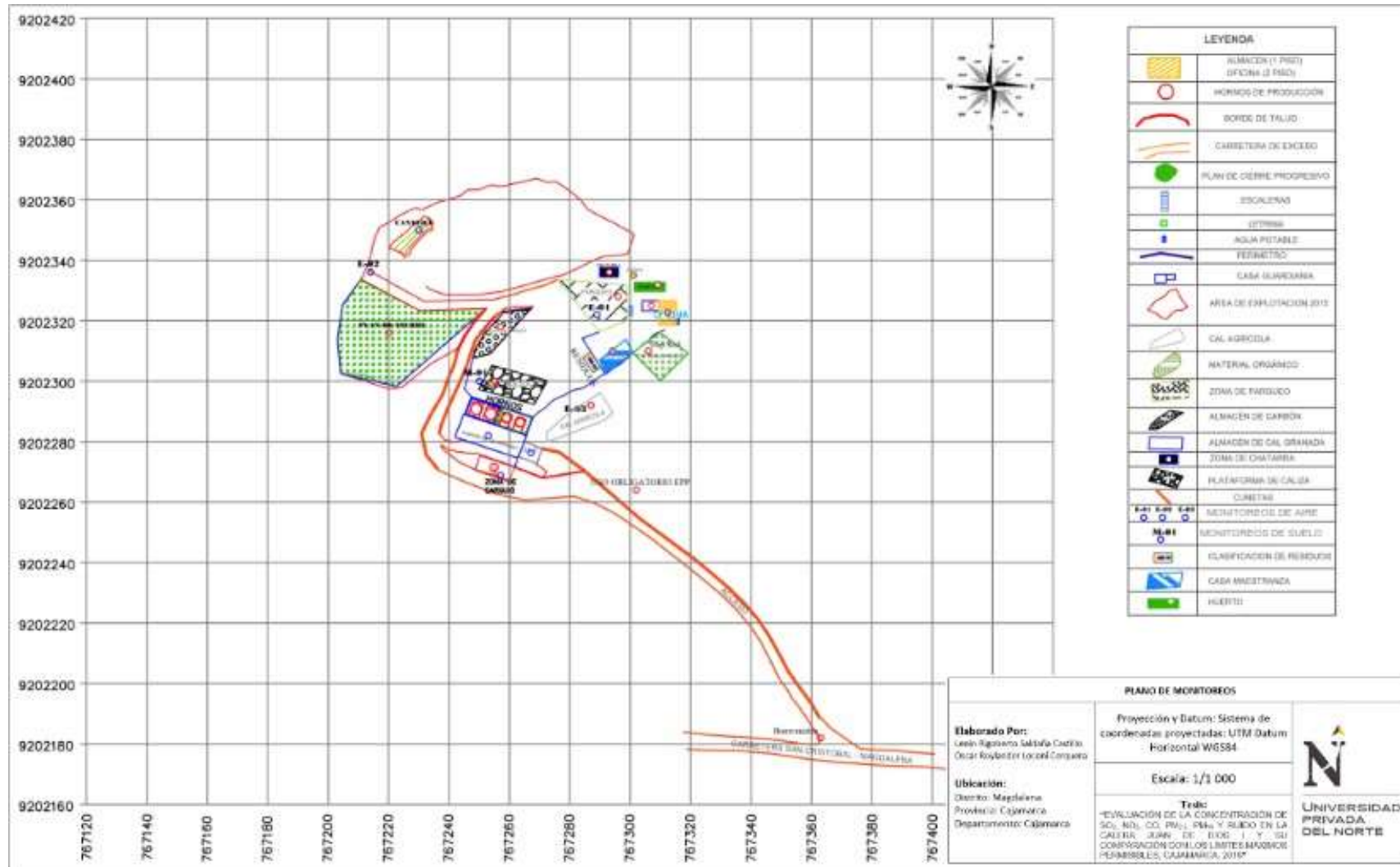


LO00462017



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA
OFICINA DE REGISTRO ECONOMICO
REGISTRO MUNICIPAL DE EMPRESAS
Judith de los Millosos Alza Abanto
SUB GERENTE

ANEXO n.º 5. Plano de distribución y de monitoreos.



ANEXO n.º 6. Instrumentos para recolectar mediciones de PM, gases y ruido.

Para PM₁₀

Tabla 17

Concentración de Partículas en Suspensión PM₁₀.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM ₁₀ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM₁₀ (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para PM₁₀						150 µg/m³

Para PM_{2.5}

Tabla 18

Concentración de Partículas en Suspensión PM_{2.5}.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM _{2.5} (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión PM_{2.5} (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para PM_{2.5}						50 µg/m³

Para SO₂

Tabla 19

Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Azufre (SO₂) (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para SO₂						80 µg/m³

Para CO

Tabla 20

Concentración de Monóxido de Carbono (CO).

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de Monóxido de Carbono (CO) (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para CO						30 000 µg/m³

Para NO₂

Tabla 21

Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO ₂ (µg/m ³)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (12 horas)						µg/m³
Límite Máximo Permisible para NO₂						200 µg/m³

Para ruido

Tabla 22

Niveles de ruido-12h.

Hora de control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Nivel de equivalencia (dBA)
		Este	Norte			
07:00 a.m.						
08:00 a.m.						
09:00 a.m.						
10:00 a.m.						
11:00 a.m.						
12:00 a.m.						
01:00 p.m.						
02:00 p.m.						
03:00 p.m.						
04:00 p.m.						
05:00 p.m.						
06:00 p.m.						
Promedio aritmético del nivel de ruido equivalente (12 horas)						dBA
Límite Máximo Permisible para ruido						80 dBA

Resumen de concentraciones

Tabla 23

Promedios de concentraciones comparadas con los límites máximos permisibles.

Hora de medición	Lugar de monitoreo	Parámetros medidos				
		Ruido	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	SO ₂
Límite Máximo Permisible						
6:00 am - 7:00am						
7:00 am - 8:00am						
8:00 am - 9:00am						
9:00 am - 10:00am						
10:00 am - 11:00am						
11:00 am - 12:00pm						
12:00 pm - 1:00pm						
1:00 pm - 2:00pm						
2:00 pm - 3:00pm						
3:00 pm - 4:00pm						
4:00 pm - 5:00pm						
5:00 pm - 6:00pm						

ANEXO n.º 7. Reporte de laboratorio.




TITULAR: **JUAN DE DIOS I
S.M.R.L.**


PARA **CANTERA ITALO**

UBICACIÓN:

Caserío	: Ventanillas
Distrito	: Cajamarca
Provincia	: Cajamarca
Región	: Cajamarca

ELABORADO POR: **GEOMAX**
Laboratorio Ambiental EIRL


2019

 PERCY LUDENA PEREYRA
INGENIERO AMBIENTAL
C.V. N° 50834

Contenido

I. GENERALIDADES	3
1.1. Introducción.....	3
1.2. Descripción del Proyecto y Ubicación.....	4
1.3. Alcances.....	4
1.4. Metodología de Trabajo.....	4
1.4.1. En Gabinete.....	4
1.4.2. En Campo.....	4
1.5. Normas Legales.....	5
1.6. Estándares y Límites de comparación de Calidad del aire y ruido.....	5
II. ESTACION DE MONITOREO	6
2.1. Puntos de Monitoreo Ambiental de Calidad de Aire y ruido.....	6
III. PARAMETROS Y METODOS DE MUESTREO	7
3.1. Monitoreo Ambiental de Calidad del Aire y ruido.....	7
IV. RESULTADOS OBTENIDOS	8
4.1. CALIDAD DEL AIRE.....	8
4.2. RUIDO.....	13
V. CONCLUSIONES	14
VI. ANEXOS	14



PERCY LUDENA PEREYRA
INGENIERO AMBIENTAL
CIP. N° 90814

