



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA

**ESCUELA DE POST – GRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**MENCIÓN EN ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE**



**“CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA TERRESTRE  
POR MATERIAL PARTICULADO Y RELAVES DE  
PLANTAS PROCESADORAS DE LA PEQUEÑA  
MINERIA EN NASCA”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA:  
MENCIÓN: ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE**

**PRESENTADO POR:**

**ING. ANGEL GUSTAVO DÁVALOS CALDERÓN**

**ASESOR: Mag. VICTOR RICARDO APARCANA MOQUILLAZA**

**ICA – PERÚ  
2018**

## **DEDICATORIA**

Al amor de mi vida: mi esposa y a mi hija  
que Dios me dio, con todo cariño.

A mis padres por su amor y sabias  
enseñanzas en valores.

**GUSTAVO.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida y la sabiduría que permitió recorrer por el buen sendero, aun ante las adversidades.

A mis maestros por sus grandes enseñanzas y formidables consejos que han permitido contribuir en mi desarrollo.

A mis padres por darme la vida y educación, por su esfuerzo y sacrificio, muestra de lucha y trabajo por sacar adelante a todos sus hijos, siempre con amor, dignidad y paciencia.

A las empresas por brindar el acceso a sus instalaciones para lograr el estudio.

A mi asesor por sus consejos en la elaboración de esta tesis

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
CARATULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN (Español e Inglés)	vii
CONTRACARATULA	ix
INTRODUCCIÓN	x
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	
1.1. Antecedentes de la investigación	13
1.1.1 Antecedentes Internacionales	13
1.1.2 Antecedentes Nacionales	23
1.1.3 Antecedentes Locales	30
1.2. Bases teóricas	34
1.2.1 Ubicación geográfica de la zona de influencia del estudio.	34
1.2.2 Contaminación	35
1.2.2.1 Clasificación de los contaminantes	36
1.2.2.2 Tipos de contaminación	37
1.2.2.2.1.-Contaminación Atmosférica	37
1.2.2.2.2.- Contaminación de suelo.	45
1.2.3 Metales	46
1.2.3.1 Arsénico	47
1.2.3.2 Cobre	46
1.2.3.3 Cadmio	48
1.2.3.4 Cobalto	49
1.2.3.5 Cromo	49
1.2.3.6 Mercurio	50
1.2.3.7 Plomo	51

1.2.3.8	Zinc	51
1.2.3.9	Plata	51
1.2.4	Ecosistema	53
1.2.4.1	Tipos de Ecosistema	56
1.2.4.1.1.-	Ecosistema Acuático	56
1.2.4.1.2.-	Ecosistema Terrestre	57
1.2.5	Ecosistema terrestre de la región Ica	64
1.2.5.1	Ecosistema terrestre de la zona de influencia de Nasca	64
1.2.6	Estratigrafía de formación Copara-Nasca	67
1.2.7	Geomorfología de la zona de influencia	68
1.2.8	Evaluación de los peligros naturales	71
1.2.9	Ecosistemas Mixtos	74
1.2.10	Ecosistemas Humanizados	74
1.2.11	Material particulado	74
1.2.11.1.-	Clasificación de material particulado	76
1.2.11.2.-	Características del material particulado	77
1.2.11.3.-	Fuentes de material particulado	79
1.2.11.4.-	Efectos nocivos de material particulado	80
1.2.12	Los Estándares de Calidad del Aire (ECA)	82
1.2.13	Los Límites Máximos Permisibles (LMP)	83
1.2.14	Relaves de plantas procesadoras de la pequeña minería en Nasca (San Hilarión)	85
1.2.15	Operaciones unitarias en una planta concentradora de pequeña minería (San Hilarión)	89
1.2.16	Clase de mineral a tratar	97
1.2.17	Pasivos Ambientales Mineros (PAM)	98
1.3.	Marco Conceptual	100
1.4.	Marco Legal	105

## **CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1.	Situación Problemática	108
------	------------------------	-----

2.2. Formulación del problema	109
a).- Problema General	109
b).- Problemas Específicos	110
2.3. Justificación e Importancia de la Investigación	110
2.4. Objetivos de la investigación	112
a).- Objetivo General	112
b).- Objetivos Específicas	112
2.5. Hipótesis de la Investigación	112
a).- Hipótesis general	112
b).- Hipótesis específicas	113
2.6.- Variables de la Investigación	113
a) Identificación de Variables	113
b) Operacionalización de variables	113

### **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1 Tipo, Nivel y Diseño de investigación	115
3.1.1 Tipo de Investigación	115
3.1.2 Nivel de Investigación	116
3.1.3 Diseño de investigación	116
3.2 Población y Muestra	116

### **CAPÍTULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

4.1 Técnicas de Procesamientos de Datos	118
4.2 Instrumentos de Recolección de Datos	118
4.3 Técnicas de Procesamientos, Análisis e Interpretación de Resultados	121

### **CAPÍTULO V: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

5.1 Contrastación de Hipótesis	122
--------------------------------	-----



## **CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

6.1	Presentación e Interpretación de Resultados	130
6.2	Discusión de Resultados	147
	<b>CONCLUSIONES</b>	150
	<b>RECOMENDACIONES</b>	152
	<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	153
	<b>ANEXOS</b>	158

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en determinar el nivel de contaminación del suelo y aire en el ecosistema terrestre, que generan las plantas procesadoras de la pequeña minería en la zona Poroma – Nasca, donde están instalados la mayor cantidad de estas plantas de beneficio.

El problema de investigación es determinar y analizar las propiedades fisicoquímicas de los contenidos que generan contaminación. Esto surge como consecuencia del diagnóstico y la falta de monitoreos; las emisiones de material particulado y polvos finos, generados en el descargue, en tolvas de almacenamiento, en la etapa de chancado y transporte por fajas que al no existir un sistema de colectores de polvo en la mayoría de las plantas procesadoras, estas partículas son transportadas por el viento, al igual que los relaves vertidos producto de los tratamientos y, secados por el sol, erosionado por el viento, son desplazados a la zona agrícola aledaña y suelos.

La metodología de la investigación fue Cuasi Experimental, obteniéndose muestras en puntos críticos de los efluentes sólidos y los suelos adyacentes, en un nivel descriptivo correlacional estableciendo el material particulado y relaves con contenidos de metales pesados acumulados en la superficie del suelo, de barlovento como punto de referencia respecto al cual se va a inferir si la contaminación del ecosistema terrestre son de las plantas metalúrgicas que se pueden establecer en sotavento de la zona.

Llegando a la conclusión que las partículas PM10, se encuentran superando los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire; las muestras de suelos nos indican que los valores de Cobre en todos los puntos muestreados se encuentran sobrepasando dicho límite internacional; ello debido a que la mayoría de las plantas de beneficio asentadas en la zona de estudio procesan cobre, con especial relevancia en las relaveras para el caso de Pb y As.

**Palabras claves:** grado de contaminación, metales pesados, material particulado, relaves, ecosistema terrestre, aire, suelo.

## SUMMARY

The present research work consists in determining the level of soil and air pollution in the terrestrial ecosystem, generated by the processing plants of the small mining in the Poroma - Nasca area, where the largest number of these beneficiation plants are installed.

The research problem is to determine and analyze the physicochemical properties of the contents that generate contamination. This arises as a consequence of the diagnosis and the lack of monitoring; the emissions of particulate material and fine dust, generated in the discharge, in storage hoppers, in the stage of crushing and transport by strips that in the absence of a system of dust collectors in most processing plants, these particles are transported by the wind, like the tailings poured product of the treatments and, dried by the sun, eroded by the wind, they are displaced to the adjacent agricultural area and soils.

The methodology of the research was Quasi Experimental, obtaining samples at critical points of the solid effluents and the adjacent soils, at a correlational descriptive level establishing the particulate material and tailings with heavy metal contents accumulated on the surface of the soil, from windward to point reference to which will be inferred if the contamination of the terrestrial ecosystem are from metallurgical plants that can be established in the lee of the area.

Concluding that the PM10 particles are exceeding the National Environmental Air Quality Standards; the soil samples indicate that the copper values in all the sampled points are exceeding this international limit; this is due to the fact that most of the beneficiation plants located in the study area process copper, with special relevance in the tailings for the case of Pb and As.

**Keywords:** degree of contamination, heavy metals, particulate material, tailings, terrestrial ecosystem, air, soil

**MAESTRÍA EN: INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**MENCIÓN: ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE**

**TÍTULO**

**“CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA TERRESTRE  
POR MATERIAL PARTICULADO Y RELAVES DE  
PLANTAS PROCESADORAS DE LA PEQUEÑA  
MINERIA EN NASCA”**

**AUTOR:**

**ING. ANGEL GUSTAVO DÁVALOS CALDERÓN**

**ASESOR:**

**MAG. VICTOR RICARDO APARCANA MOQUILLAZA**

## INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del incremento del precio de los metales en el mercado internacional y debido a la apertura de dos grandes mercados en el mundo, como China e India se impulsa la explotación y el beneficio de minerales, fundamentalmente de oro, plata y cobre; trayendo consigo la instalación de Plantas de beneficio de estos metales; particularmente en el sur medio del Perú, cuya actividad tradicional de la población era agrícola, sufriendo un cambio diametralmente opuesto y gran parte de la población vuelca sus actividades a la minería, inicialmente como mineros informales y posteriormente visto el problema social, como minería artesanal en algunos casos, sin embargo, estas actividades, así como sirven del gran impulso económico de los pueblos también traen como consecuencia la remoción de grandes masas de mineral de diferentes partes del país, que a diario tratan 3640 TM y en las diversas etapas de desarrollo que generan fuentes de contaminación, como son; materiales particulados, y efluentes o relaves que tienen contenidos metálicos de Pb, As, Cd, Cr total que sobrepasan los ECAS, etc. tanto en la descarga de minerales proveniente de mina en cancha planta, en las tolvas de almacenamiento, así como en el circuito de chancado - clasificación y en el producto final del proceso, como el caso de los relaves en pulpa, que al secarse por evaporación son desplazados por el viento, impactando negativamente el ecosistema terrestre del entorno: aire, suelos, y aguas.

Los efectos de la contaminación derivan en la alteración y generación de enfermedades en los seres vivos, muerte de animales, plantas, así como de seres humanos; perjudicando la calidad del suelo y aire, que es motivo del estudio, degradando el ecosistema.

El estudio denominado: **“CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA TERRESTRE POR MATERIAL PARTICULADO Y RELAVES DE PLANTAS PROCESADORAS DE LA PEQUEÑA MINERÍA EN NASCA”** pretende establecer cuantitativamente la contaminación del ecosistema terrestre de la zona de influencia por material particulado, metales pesados

y sustancias tóxicas que se emiten al medio ambiente durante la operación de las plantas; en particular de la pequeña minería ubicadas en la zona de Poroma - Nasca, por el que se recurre a informaciones pertinentes como referente, y obtención de datos. Para el cual la tesis se divide en siete capítulos:

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO. En la que se consideran tres elementos básicos: Antecedentes Teóricos, en los que se consigna las conclusiones pertinentes a las que han arribado otros investigadores respecto a temas relacionados con la investigación que se realizó; El marco teórico, como sistema de temas ejes estrictamente relacionados con las variables de estudio y la definición de Términos Básicos.

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. En esta parte comprende puntos esenciales para la investigación que involucra la formulación del problema general y específicos, la importancia del problema, se formulan el objetivo e hipótesis general y objetivos específicos que abarca la investigación, aquí se operacionaliza las variables tanto de la independiente como de la dependiente.

CAPÍTULO III: DE LA METODOLOGÍA. En él se trata y analiza todo el aspecto metodológico de la Investigación; se especifica el tipo de investigación, nivel y diseño de investigación, se señala la población y muestra de estudio.

CAPÍTULO IV: DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN. En este capítulo se considera la selección y validación de los instrumentos, como también la descripción de las técnicas de recolección de datos.

CAPÍTULO V: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS. La esencia primordial es de evaluar y determinar la validez de los instrumentos, por medio de la demostración empírica y del razonamiento, se describe el proceso de la prueba de hipótesis.

CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. Aquí se presenta los cuadros y gráficos estadísticos con su respectiva interpretación, la discusión de los resultados y la adopción de las teorías.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Se han revisado diversos trabajos de investigación que guardan relación con el presente estudio, respecto a los principales tipos de contaminación en el ecosistema terrestre como el aire, suelo y agua, la composición de residuos peligrosos, que es una amenaza aguda, acumulativa y crónica para la salud humana y el medioambiente, por tal razón se consideran lo siguiente:

#### 1.1.1.- A NIVEL INTERNACIONAL:

**BAPTISTA LÓPEZ FERREIRA (2005)<sup>1</sup>**; El estudio consistió en determinar las propiedades físico-químicas de tres medios a través de sus materiales particulados: polvo, suelos y sedimentos, cuyo trabajo tuvo como objetivo elaborar la caracterización geoquímica y medioambiental el entorno de la ciudad de Luanda, a partir del conocimiento de las propiedades de los materiales particulados de los distintos medios, estableciendo la relación entre la composición química del polvo y de los sedimentos con la litología y el desarrollo de actividad humana en la región. El autor a través de dicho estudio ha llegado a las conclusiones de que el polvo de la ciudad ha mostrado ser un material con características fundamentalmente carbonatadas - con una fuerte componente y correlación de Ca, Sr y Mg y altos contenidos en carbonatos; Los materiales particulados de la ciudad - como el caso del polvo, se caracterizan por elevadas concentraciones de metales y son por sus características la principal fuente de incremento de estos elementos en los sedimentos de costa. De forma comparativa se pueden considerar los contenidos de

---

<sup>1</sup> **Lopez Ferreira, Baptista** (2005)- Tesis: "Evaluación Geoquímica de las propiedades del material particulado (polvos, suelos y sedimentos) de la ciudad de Luanda (Angola) y su entorno: implicaciones Ambientales".

metales en los materiales particulados de Luanda bajos, es importante considerar que existe un potencial riesgo para las personas y los ecosistemas: ya que se ha demostrado que la exposición al polvo urbano supone un peligro, principalmente para los elementos As y Pb, susceptibles de provocar la aparición de efectos perjudiciales sobre la salud humana, donde la vía de ingestión es la más influyente y la población infantil la más susceptible, del mismo modo, los metales constituyen una amenaza a los ecosistemas costeros ya que algunos elementos particularmente Ag, Hg, Pb y Zn exceden los valores de concentración considerados aceptables en sedimentos marinos y de estuarios, al ser incompatibles con la vida acuática.

**MIRANDA ROMERO KAREN ANETH Y ORTIZ FLOREZ LUZ ADRIANA(2008)<sup>2</sup>** – Estudio para evaluar la relación de la concentración de material particulado (PM10) y la morbilidad por enfermedades respiratorias agudas en niños menores de 14 años en el municipio de Toluviéjo (Sucre) Colombia, cuya tesis ha llegado a las siguientes conclusiones: Según el resultado de correlación de Pearson, el periodo de latencia de mayor impacto, corresponde al décimo día, es decir, que una vez transcurridos diez días se tiene un efecto directo de PM10 a partir de  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sobre los casos reportados con ERA (enfermedad respiratoria aguda). Es importante tener en cuenta que el efecto surge transcurridos los diez días, es debido a que no hay una respuesta rápida y oportuna ante la enfermedad o problemas de comunicación de los hogares ante la identificación y control de los síntomas de ERA identificados en los niños menores de 14 años. Según los resultados del

---

<sup>2</sup> **Miranda Romero, Karen Aneth y Ortiz Florez, Luz Adriana (2008)** – Tesis “Evaluación de la Concentración de material particulado suspendido PM10 y su relación con la morbilidad asociados a ERA’S en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria aguda en el Municipio de Toluviéjo (SUCRE)” –Colombia.



Modelo de Regresión de Poisson, se tiene que por un aumento de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10, se genera un incremento de los casos de ERA en un 1,45% diez días después, que acotado por un intervalo de confianza del 95% corresponde a un incremento entre 0,52% y 2,39%, es decir, que al haber un aumento de PM10 genera un incremento en el número de consultas por ERA. El mapa de riesgo de PM10 evidencio que la mayoría de los niños menores de 14 años se encuentran expuestos a concentraciones entre 60 y  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que demuestra que la población residente del municipio menor a 14 años tiene un mayor riesgo de adquirir ERA. El mapa de riesgo de PM10 indica que la zona más expuesta a este contaminante, en el Municipio de Toluviejo es la parte Central, debido a la incidencia de los vientos, y principalmente a la ubicación de las empresas que se encuentran localizadas sobre el perímetro urbano.

**TORNO LOUGEDO, SUSANA (2008)<sup>3</sup>**, Cuyo estudio se enmarca dentro de una amplia y activa línea de investigación sobre emisiones de material particulado en diversas practicas operativas industriales, que ha llegado a las conclusiones: Aun siendo válidas, se ha visto limitaciones en las metodologías de los criterios convencionales y los de la EPA (Agencia de Protección Ambiental) en la evaluación de la cantidad de material particulado que se pone en suspensión por la acción del viento. Así mismo, dichas metodologías no tienen en cuenta la propagación en el espacio (aunque sea limitado) del polvo emitido. También han visto el papel fundamental que tiene la distribución del viento en la puesta en suspensión y la propagación del material particulado constatando la validez del

---

<sup>3</sup> **Torno Lougedo, Susana (2008)** – “Emisiones de material particulado en almacenamiento de minerales a la intemperie” – Tesis doctoral- Oviedo -España.

software CFD (Computacional Fluid Dynamic) empleado. El CFD es una herramienta potente de cálculo que permite no solo calcular flujos multifase gaseosos, sino también modelizar problemas multifase polvo-aire.

Las modelizaciones mediante métodos numéricos computacionales CFD, resuelven los problemas de las metodologías convencionales: complejidad y rigidez en los cálculos y limitaciones en la geometría y posicionamiento espacial de los apilamientos. Una parte importante de la investigación ha sido la correcta elección y contrastación del modelo de turbulencia empleado (K- $\epsilon$ ), de los existentes en las ecuaciones RANS de los DNS. Además de la importancia de poder variar la geometría y el posicionamiento (cálculo en CFD4D), esta metodología nos permite el estudio de la influencia de las variables operacionales industriales que se deseen. También permite el importante análisis en tiempo real (cálculo en CFD4D), lo cual implica que se puede realizar estudios de diseños iniciales y estudios continuos de optimizaciones de dichos diseños en función de las variables de campo que se aporten.

A partir de las modelizaciones realizadas mediante los métodos numéricos computacionales se pueden implementar programas sencillos de fácil acceso por parte de técnicos de las empresas, diseñadores de apilamientos de minerales a la intemperie. Las herramientas de software desarrolladas HIEPA v1.0 y CAFM v1.0, permiten calcular y localizar las emisiones de forma rápida y sencilla.

El empleo de barreras para la protección de las parvas, puede llegar a reducir la emisión hasta en un 95% para las peores condiciones ambientales y operacionales. La eficacia de las barreras depende de su ubicación en cuanto a distancia a la base del apilamiento. Así mismo la eficacia de las barreras

depende de la relación de su altura con la parva cónica de almacenamiento. Ambos parámetros de diseño, altura de la barrera y distancia a la base de la parva están directamente relacionadas entre sí y con la cantidad de polvo emitido a la atmósfera. Lo anterior redundo en beneficio de las administraciones y de las empresas tanto desde el punto de vista de la minimización del impacto ambiental por polvo, así como una importante menor pérdida de material particulado, en definitiva, del mineral, con la consiguiente mejoría de costos.

#### **ANGULO MONTESDEOCA RIGOBERTO GERARDO (2008)<sup>4</sup>**

En cuya Tesis de grado, del inventario de las industrias de la zona de influencia se concluye que el sector de Fertisa la fuente de mayor emisión de material particulado predominante proviene de las industrias de generación de energía eléctrica (termoeléctrica) y el manejo de productos a granel y el de transporte pesado; y la dirección del viento predominante que viaja con una magnitud de 1,53 hasta 3,0 m/s, Del análisis realizado al número de casos de enfermedades respiratorias en el sector de influencia se concluye que las enfermedades respiratorias mantienen un alto porcentaje de incidencia sobre las personas y el constante aumento anual de las enfermedades respiratorias. Los resultados obtenidos de concentración de material particulado PM10, se encontrarían dentro de los límites máximos permisibles para una exposición de 24 horas y para una exposición anual, de forma similar del PM2,5 producto de los gases de combustión.

---

<sup>4</sup> Angulo Montesdeoca, Rigoberto Gerard – 2008 “Medición y Evaluación de la calidad del aire en Guayaquil debido a la presencia de material particulado menor a 10 y 2,5 micrones” – Ecuador.

**SALINAS VIO, PAULINA ALEJANDRA (2012)<sup>5</sup>** En su tesis, la contaminación del aire es un importante problema de salud ambiental que afecta a países desarrollados y en desarrollo de todo el mundo. La evidencia disponible señala que la contaminación por concentraciones elevadas de MP2.5, MP10 y ácido sulfúrico (gas) producen un riesgo elevado de mortalidad en la población, el que es mayor con el MP2,5; éste contaminante produce un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad asociado especialmente a enfermedades cardiovasculares y respiratorias, principalmente en los más vulnerables, niños y adultos mayores.

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar la asociación entre los índices MP2,5 y MP10 el número de consultas de morbilidad por causas respiratorias de menores de 5 años inscritos en el Consultorio Externo Valdivia (CEV), durante el período de mayo a julio del año 2010. Se planteó un estudio epidemiológico, observacional de enfoque ecológico. Este proyecto propuso evaluar la asociación entre una variable de exposición: *nivel de contaminación por MP* y un desenlace (outcome): *consulta de urgencia por morbilidad respiratoria*. Se recogió información sobre la concentración de MP fino (MP2,5) y grueso (MP10) desagregado por hora. Además, se recopiló información sobre la variable climatológica Temperatura del mismo sistema.

La mediana de niveles de MP2,5 por mes fue de 94,5 mg/m<sup>3</sup> para mayo, 84,3 mg/m<sup>3</sup> para junio y 60,2 mg/m<sup>3</sup> para julio, observándose que no existen diferencias significativas entre estos niveles por mes.

La mediana de niveles de MP10 por mes fue de 85,1 mg/m<sup>3</sup> para mayo, 67,5 mg/m<sup>3</sup> para junio y 62,85 mg/m<sup>3</sup> para julio. Al

---

<sup>5</sup> Salinas Vio, Paulina Alejandra (2012), Tesis "Contaminación atmosférica por material particulado y consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, periodo mayo junio, año 2010" Chile.

evaluar el comportamiento de la concentración de MP10 por mes tampoco se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados indicaron que la hipótesis científica planteada en este estudio no fue comprobada, debido a que el aumento de concentraciones de MP, no se asoció a un incremento de las consultas diarias de morbilidad por causa respiratoria, pero sin duda dada la importancia y trascendencia de éste tipo de estudios, es necesario escatimar esfuerzos en seguir evaluando los efectos de las variables atmosféricas y meteorológicas en la salud de la población en el mundo y principalmente en nuestro país.

**NILO LARA FABIÁN ALFREDO (2012)<sup>6</sup>** En su tesis, el autor estableció que en la temporada de otoño-invierno, la ciudad de Santiago de Chile presenta uno de los más serios problemas de contaminación atmosférica por Material Particulado (MP). Las autoridades conscientes de este problema, establecieron normas rígidas por el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), dentro del cual se estableció la necesidad de contar con un sistema de pronóstico de máximas concentraciones de 24 horas para el MP con el fin de proteger la salud de la población. El estudio de las variables al ser implementada la norma para MP2,5 es de esperar que el número de episodios críticos durante el año oscile entre los 30 y 50 por lo que las autoridades debiesen aplicar normas restrictivas desde este momento con el fin de ir concientizando a la población y sector empresarial acerca del grado de influencia que generan las actividades antropogénicas sobre este tipo de contaminante atmosférico<sup>27</sup>.

---

<sup>6</sup> Nilo Lara, Fabián Alfredo (2012), Tesis "Contaminación atmosférica por Material Particulado fino y su relación con la configuración sinóptica en la región metropolitana" Chile

En cuanto a los episodios tipo BPF su caracterización es más compleja ya que presentan una mayor distribución en tipos de configuraciones puesto que durante casi todo el año predomina en la costa el anticiclón del Pacífico. Esto conlleva a que si el frente polar (característico de un BPF) no trae la suficiente energía como para desplazar el anticiclón este no durará el tiempo suficiente como para que el sistema BPF se estabilice. De modo similar, si el frente frío no viene ocluido o no ha descargado algo de su energía en el camino oceánico, podría cruzar con facilidad el país sin que sean claros sus efectos de bloqueo. Es por esto que es tan necesario caracterizar los episodios con una data continua de calidad, que monitoree las variables meteorológicas en su camino al centro del país. Para el análisis de trazas atmosféricas se observa que en episodios tipo BPF en que la vaguada en altura corresponde a una onda larga (01 y 05 de mayo 2012), tanto el carbono orgánico, el carbono elemental y el amonio lideran el comportamiento del MP2,5 total. Una vez que el frente frío se acerca a la zona central (fase de término del episodio) el cloruro comienza a adquirir protagonismo.

**ÁLVAREZ MENDOZA CÉSAR IVÁN (2014)**<sup>7</sup> El proyecto define la estimación de la calidad de aire y presencia de un contaminante que afecta a la ciudad de Quito como el PM10. En sus conclusiones: El modelo que mejor se ajusta al cálculo de PM10 para Quito es justamente el llamado PM10 calculado basado en una regresión lineal múltiple para los 3 años, donde la significancia de cada una de las 3 bandas que intervienen en la ecuación es importante para su determinación. Además, el PM10 afecta directamente a los valores de radiancia de las imágenes satelitales, es así que se tienen valores de R2 altos

---

<sup>7</sup> **Alvarez Mendoza, César Iván (2014)** Tesis "Estimación de contaminación del aire por PM10 en Quito determinado por índices ambientales obtenidos con Imágenes Satelitales Landsat ETM+ - Ecuador"

al momento de generar el modelo con las diferentes bandas, considerándose así que donde existan problemas de contaminación de aire se podrá analizar estos con imágenes satelitales. A partir de imágenes satelitales se puede obtener valores de contaminantes del aire como PM10 sin la necesidad de tener una gran cantidad de datos, así con esta información muchas ciudades en el país podrán aplicar el modelo solo basándose en realizar ciertas mediciones en diferentes puntos. Dentro de las zonas con mayor cambio en concentración por PM10 se pueden definir que se encontró lugares típicos donde es conocido la presencia de este contaminante como San Antonio de Pichincha con sus canteras, Tabacundo con las diferentes florícolas, Zambiza y el antiguo botadero de basura de la ciudad, entre otros para el año 2005. Para el caso del año 2008 y 2011 la concentración de PM10 en la ciudad se mantiene en niveles aceptables aún, cumpliéndose dentro de la normativa del TULSMA. No obstante, esto se da en Quito, pero vale la pena realizar el estudio en otras ciudades donde no existen estudios o análisis de presencia de PM10 para conocer como es su comportamiento y determinar cómo aplicar una mejor Gestión Ambiental en el aire, adicional a estudios con otros contaminantes del aire e imágenes satelitales.

**ASTUDILLO ALEMÁN, ANA LUCÍA (2014)<sup>8</sup>** en su tesis refiere que las partículas aerodinámicas en suspensión (PM) están constituidas de una variedad de sustancias genotóxicas, capaces de poner en peligro la salud humana. El objetivo de la presente investigación fue determinar las características químicas de la solución acuosa de Material particulado PM10, recolectado en tres sitios de monitoreo de la ciudad de Cuenca,

---

<sup>8</sup> Astudillo Alemán, Ana Lucía (2014) Tesis "Estudio de Genotoxicidad del Material Particulado PM10 de la zona urbana del Cantón Cuenca" - Ecuador

y evaluar su genotoxicidad daño al DNA, mediante el ensayo de electroforesis unicelular en células epiteliales alveolares A549, las concentraciones de material particulado fueron determinadas por análisis gravimétrico de los filtros. Para la determinación de la composición química de la suspensión acuosa del PM10 se analizó la presencia de aniones y metales pesados, mediante las técnicas de cromatografía iónica y espectroscopia de absorción atómica respectivamente. Los cultivos de las células epiteliales A549 fueron donados por el departamento de Biología Molecular y Celular de la Universidad Técnica Particular de Loja, los mismos que fueron expuestos a diferentes concentraciones (0,82; 1,25 y 1,63 m<sup>3</sup>/ml) de la solución acuosoluble de PM10, finalmente gracias al ensayo de electroforesis unicelular se determinó que los extractos acuosolubles de PM10 inducen daño celular bajo ( tipo I) en las células epiteliales alveolares, lo que pudiera constituir un riesgo en la salud de la población expuesta de la ciudad de Cuenca. Llegando a las siguientes conclusiones:

Al analizar la dependencia entre las variables meteorológicas y la concentración del material particulado PM10 en los tres puntos de estudio se tiene un resultado no significativo ( $p > 0,05$ ); por lo tanto, no hay dependencia entre las variables, asumiendo que las concentraciones de PM podrían depender de otras variables como el flujo vehicular, las actividades desarrolladas próximas a cada sitio de estudio y las características propias del área de evaluación. El aire ambiente de la ciudad de Cuenca tiene como parte de su composición metales pesados (Fe, Zn, Mn, Cu, Ni) y aniones (Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; SO<sub>4</sub><sup>=</sup>). La solución acuosoluble de PM10 procedente de los tres sitios de monitoreo del cantón Cuenca indujo genotoxicidad sobre las células epiteliales alveolares A549. La genotoxicidad ocasionada, por los extractos acuosolubles de



PM10 sobre las células A549, podría atribuirse en parte a la presencia de metales y aniones en las muestras de MP, sin embargo, sería necesario ampliar la caracterización del MP de la ciudad de Cuenca, referente a la presencia de HAPs (hidrocarburos aromáticos policíclicos), los mismos que son de interés por su potencial mutagénico.

La genotoxicidad inducida en las células epiteliales A549, en los tres sitios de estudio es de tipo I, es decir baja. La extrapolación de los resultados puede conducir a la hipótesis sobre el riesgo de la exposición de la población a la contaminación del aire de la Ciudad de Cuenca, dado que, en el presente estudio, se demostró que los extractos acuosolubles de PM10 causan o inducen genotoxicidad en concentraciones de 0,82, 1,25 y 1,63 m<sup>3</sup>/ml. Estos resultados concuerdan con otras investigaciones realizadas por otros autores.

#### **1.1.2.- A NIVEL NACIONAL.**

**MARCOS HUATUCO RUBÉN Y VALDERRAMA ROMERO ANDRÉS (2011)<sup>9</sup>** Contaminación del aire por material particulado en el aire de la UNMSM Lima-Perú, se determinó empleando el método de muestreo pasivo para polvo sedimentable; cuyos resultados se comparan con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), siendo la máxima concentración de Material Particulado Sedimentable (MPS) en el aire de 0,5 mg/cm<sup>2</sup>/mes. En el monitoreo ambiental se ubicaron 23 puntos de medición, obteniéndose los resultados siguientes: La velocidad promedio del viento en la estación meteorológica

---

<sup>9</sup> Marcos Huatuco Rubén y Valderrama Romero Andrés (2011), Tesis "Contaminación del aire por material particulado en la ciudad universitaria – UNMSM - Lima - Perú

ubicada en el DAIMF es de 3,25 m/s, la dirección del viento es de N20°E. En cuya investigación los autores llegaron a las conclusiones: Los resultados del monitoreo por semana no supera los valores referenciales establecidos por la OMS; se debe obtener resultados para un mes en forma experimental. El punto de mayor concentración de MPS se ubica en la loza deportiva de la Facultad de Química de la UNMSM (1,45mg/cm<sup>2</sup>/mes). En el comedor provisional de estudiantes, se obtuvo en promedio 0,86 mg/cm<sup>2</sup>/mes, superior al LMP en 172%. En las avenidas Venezuela y Colonial se encontró en promedio 1,45 mg/cm<sup>2</sup>/mes y 0,8 mg/cm<sup>2</sup>/mes; valores superiores al LMP en 290% y 160%, respectivamente. Es posible hacer el estudio de conteo de partículas a través de microfotografías tomadas de un microscopio de 200X, empleando el software libre IMAGE J. La velocidad y dirección predominante del viento de la estación meteorológica EAPIMF, es de 3,25 m/s y de N20°E, respectivamente.

**MATTA ESPILCO, RUDY YONNI (2014)<sup>10</sup>**, en su tesis donde refiere que la minería a tajo abierto produce una serie de emisiones a la atmósfera, en sus diferentes formas, tanto sólidas (polvo durante las voladuras, también durante la carga y transporte), gases (piro metalurgia, escapes de vehículos, gases liberados durante algunos procesos concretos, ruidos (voladuras, maquinaria, lanza térmica) y onda aérea; donde las características de polvo afectan la salud humana, como la composición de minerales que tienen metales de efectos tóxicos y granulometría puesto que las partículas de polvos tamaños inferiores a 10 micras entran en el sistema respiratorio, donde pueden quedar acumuladas y generar

---

<sup>10</sup> **Matta Espilco, Rudy Yonni (2014)**, Tesis “Material Particulado generado por la minería a cielo abierto y su influencia en la contaminación de los suelos agrícolas de la Provincia de Yauli-Región Junín” - Perú

graves daños al sistema respiratorio (e.g. silicosis); las partículas menores a 2,5 micras son más peligrosas ya que se mantienen en suspensión en el aire y se desplazan muy largas distancias. El presente trabajo de investigación es un estudio experimental que ha permitido demostrar que el polvo que se genera en las minas a cielo abierto, contienen sulfuros, los mismos que en presencia de la humedad reaccionan generando ácido sulfúrico, el mismo que disminuye el pH de los suelos afectando los cultivos y generando los drenajes ácidos, los mismos que migran hacia el interior de la tierra disolviendo metales pesados que van a parar en la capa freática afectando también las aguas subterráneas. Concluye que, en la determinación del nivel de emisión de material particulado generado por la minería a cielo abierto del Proyecto Toromocho, es elevado, incluso se puede detectar a más de 1000 m de distancia una concentración mínima de 1,042 mg/m<sup>3</sup> y máxima de 2,611 mg/m<sup>3</sup>. También se ha podido establecer que el nivel de contaminación de los suelos agrícolas de la Provincia de Yauli se encuentra afectados en un índice alto, por el Proyecto Toromocho y que no solo afecta la superficie de estos suelos sino además las capas inferiores del terreno.

**CORCUERA HORNA, CÉSAR AUGUSTO (2015)<sup>11</sup>.** Su investigación fue determinar el impacto de la contaminación por las actividades que desarrolla la minería artesanal informal en el Cerro el Toro y sus áreas adyacentes del Distrito Huamachuco; Provincia de Sánchez Carrión, Región La Libertad. El análisis de investigación indica que en el Cerro el Toro existen 7 concesiones mineras con EIA Aprobado, mientras que una no cuenta con EIA. Hay presencia de pozas

---

<sup>11</sup>Corcuera Horna, César Augusto – Tesis: “Impacto de la contaminación de la minería informal en el Cerro el Toro-Huamachuco” 2015 -Trujillo - Perú.

de cianuración construidas artesanalmente; desmonte producto del tratamiento de minerales arrojados a un costado de las pozas de cianuración, donde no existen muros de contención, canales de coronación, ni sistema de drenaje. Los resultados del Impacto de la contaminación de la actividad de la minería informal en el Cerro el Toro presentan un impacto altamente crítico respecto a los parámetros ambientales: calidad del suelo, calidad de agua, calidad del aire, salud de la población, diversidad de flora y fauna. Concluye que los impactos generados por la minería informal en el cerro el Toro son: negativos a la vida, medio ambiente y Población; el medio ambiente se encuentra en grave peligro, ya que las labores se realizan en zonas adyacentes a las viviendas, afectando las áreas de cultivo, atentando contra la flora y la fauna; y existen pozas de cianuración y labores abandonadas como pasivos ambientales que están deteriorando los suelos, ríos y áreas de cultivo. Como impacto positivo podemos mencionar el incremento del trabajo y mano de obra como medio de sustento para los pobladores y el dinamismo del comercio; realizando un análisis costo-beneficio entre el impacto positivo y negativo se concluye que es mayor el impacto negativo ya que estos daños son irreversibles para la salud y medio ambiente.

**ACHIM CONSTANTIN Y MAYTA COAGUILA, RONALD (2015)**<sup>12</sup> Se realizó un proyecto de investigación en el casco urbano de la población de Chala para identificar potenciales impactos ambientales y para la salud humana, causados por las actividades de la pequeña minería y minería artesanal (PM y MA) que fueron realizados dentro y en zonas adyacentes a la población. El presente informe resume los resultados de la

---

<sup>12</sup> Achim Constantin y Mayta Coaguila, Ronald (2015) Informe final Evaluación de la Contaminación Ambiental causada por la Pequeña Minería y Minería Artesanal en la Zona Urbana del Distrito de Chala-Arequipa.

investigación, incluyendo un catastro de las instalaciones de beneficio y de potenciales pasivos ambientales mineros identificadas en la población de Chala, basándose en resultados de un muestreo ambiental y de una Evaluación semi-cuantitativa de Riesgos para la Salud Humana y el Ambiente. El trabajo de campo se realizó el muestreo ambiental de suelos, sedimentos, aguas y polvo sedimentable para realizar el análisis de metales pesados<sup>1</sup>, cianuro y otros ensayos relevantes como la evaluación de la biodisponibilidad de los contaminantes. Un equipo de Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X (XRF) de la marca Innov-X Systems Alpha Series, fue utilizado para el análisis in-situ de metales pesados en muestras de suelos, sedimentos y polvo sedimentable como un método indicativo para la identificación rápida de potenciales focos de contaminación. Contaminantes de Potencial Preocupación (CPP) por las excedencias de Estándares de Calidad Ambiental (ECA): Una evaluación estadística de los resultados analíticos de As, Cu, Hg y Pb en suelos se presenta que los valores UCL95 de los elementos As, Cu y Hg exceden los ECA y como consecuencia son considerados CPP en suelos; sin embargo, debido a que en 13.5% de las muestras, principalmente en la zona de quimbaletes, la concentración de Pb excedió el ECA suelo, este metal también será considerado como CPP en suelos. En forma general, la mayoría de las excedencias de los ECA se encuentra en las áreas de quimbaletes.

Con respecto a la contaminación atmosférica, se detectaron concentraciones de arsénico en el polvo sedimentable que exceden unas cuatro veces concentraciones considerados seguros para este elemento tóxico según el ECA establecido en la Unión Europea. Cabe afirmar que en los resultados obtenidos durante el monitoreo de material particulado por

debajo de 10 micrones (PM10), que fueron publicados en los instrumentos ambientales revisados, ninguna observación fue superior al ECA de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las Áreas de Potencial interés (API) como fuentes de una contaminación ambiental son el área industrial en el sector “La Aguadita” y el sector de “Chala Norte” con actividades mineras utilizando quimbaletes para la amalgamación de minerales. Así también, existen varios laboratorios químicos y talleres mecánicos, particularmente en la zona llamada “La Aguadita” que ofrecen servicios a la industria minera y que por sus actividades y la falta de una implementación de medidas de prevención y mitigación ambiental también deberían ser considerados API. Esta observación confirma que las actividades mineras.

**PRIETO ZAMBRANO, OSCAR (2016)<sup>13</sup>** En su tesis, refiere que Matarani es un puerto arequipeño ubicado en el distrito de Islay provincia de Islay. Constituye uno de los tres puertos del Pacífico Sur Peruano (Junto con Marcona e Ilo) por donde sale la carretera Interoceánica hacia el sur del Perú y los países vecinos de Brasil y Bolivia interconectando por estas vías al Atlántico brasileño.

Este puerto, logró ubicarse desde el año 2008 como el segundo con mayor tráfico del Perú después del Callao El área de ubicación del distrito de Matarani presenta un clima considerado subtropical influenciado por 3 principales factores ambientales: La Corriente Peruana de Humboldt, el Anticiclón Permanente del Pacífico Sur y la Cordillera de los Andes. Además, ejercen influencia el clima Tropical y el clima templado de la zona templada de la Región Sub-Antártica.

---

<sup>13</sup> Prieto Zambrano, Oscar (2016) Tesis “Caracterización de material particulado, plomo y arsénico para la evaluación de la calidad del aire en el distrito de Islay - Matarani” Arequipa - Perú.

La temperatura de Matarani presenta valores máximos entre enero y marzo, siendo febrero el mes más cálido con temperatura máxima de 29.8 °C. La evaporación presenta mayores valores durante la época de verano y menores valores durante la época de otoño e invierno. En el área a evaluar la dirección predominante del viento caracterizado por los valores de velocidad máxima en verano y mínimos en invierno, con promedios de 5 nudos (9.26 Km/h o 2.57 m/s) y 3 nudos (5.56 Km/h o 1.54 m/s) respectivamente (EIA Logística de Químicos del Sur – 2006)

En el aire existen una serie de contaminantes que pueden ser dañinos para la salud humana de acuerdo a los niveles en los que se encuentren en la atmosfera en especial las emisiones de carácter antropogénico. Estos son el resultado de las emisiones primarias: dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas totales en suspensión (partículas iguales o menores a 10 micras de diámetro, partículas menores de 2.5 micras), monóxido de carbono y sulfuro de hidrogeno, o de la transformación química en la atmosfera de los mismos y que generan contaminantes secundarios como es el caso del ozono. En el área del distrito de Islay - Matarani ha aumentado el flujo vehicular debido principalmente a la construcción de infraestructura nueva como es el caso del Proyecto de Ampliación del Puerto de Matarani y la operación del propio puerto que abastece de insumos a todo tipo de industria a gran parte del sur del país, Bolivia y ciertos estados de Brasil, así como también el tránsito de vehículos mayores que descargan mineral procedente de grandes proyectos mineros de esta parte del país. Entre las fuentes fijas de mayor importancia se tiene a la industria, además de fuentes naturales como áreas extensas de eriazos, que desprenden gran cantidad de polvo a manera de partículas que son dañinas a la salud. Si los niveles

de contaminación superan lo establecido por la normativa nacional se pueden desencadenar problemas de salud en la población más vulnerable (niños y ancianos) o agravar problemas cardiovasculares o respiratorios existentes en la población en general.

### **1.1.3.- A NIVEL LOCAL**

**BENDEZU BENAVIDES, AMADO AUGUSTO (2009 )<sup>14</sup>**, El autor en su investigación, fue determinar el grado de relación entre las prácticas de riesgo y la frecuencia de enfermedades asociadas a la minería artesanal aurífera en Nasca, 2009. En la que se consideraron a mineros artesanales con o sin enfermedad laboral con tiempo de residencia de 6 meses en la que se encontraron con graves secuelas neurológicas que no podían responder a la entrevista, mineros artesanales que habían fallecido y otros emigrados a otras regiones. Además, se concluyó que la característica sociodemográfica de los mineros artesanales auríferos de la Provincia de Nasca presenta un nivel de instrucción en analfabetismo y primaria mayoritariamente, un nivel socio económico bajo y provienen principalmente de Nasca, Changuillo y Palpa. Los riesgos laborales a los cuales están sometidos están relacionados a las condiciones físicas, químicas y biológicas, en tal sentido el 50% presentan un nivel medio riesgo físico, 71% presentan un nivel medio de riesgo químico y 71% presenta un nivel medio de riesgo biológico. Las enfermedades más frecuentes a las que están sometidos los mineros artesanales auríferos de la Provincia de Nasca están relacionados a la sintomatología que presentan y las enfermedades frecuentes, en tal sentido se

---

<sup>14</sup> **Bendezu Benavides, Amado Augusto (2009)**, Tesis "Prácticas de Riesgo y frecuencia de enfermedades asociadas a la Minería Artesanal Aurífera en Nasca, 2009". Ica- Perú.



concluye que el 63% de los mineros presentan un nivel medio de sintomatologías frecuentes y 62% de mineros presentan un nivel medio de enfermedades frecuentes. Los riesgos laborales se relacionan directa y significativamente con la frecuencia de enfermedades producidas por la minería artesanal, esto queda demostrado a través del coeficiente de correlación de Pearson que asciende a 0,870 el cual indica una correlación significativa, es decir a mayor nivel de riesgos laborales le corresponde una mayor frecuencia de enfermedades producida por la minería artesanal aurífera.

**ZANABRIA CONTRERAS, RUBEN (2010)<sup>15</sup>**, su estudio se llevó a cabo en el Distrito de vista Alegre-Nasca, en la Planta Carolina del Sur S.A.C. en la que se trata de determinar los posibles Impactos Ambientales. utilizó el Método de Leopold. El fin fue cumplir con la ejecución del programa de adecuación y manejo ambiental (PAMA), y aplicar el funcionamiento de un sistema efectivo de Gestión Ambiental, porque la minimización de contaminación genera una mejora en la productividad, incrementando la rentabilidad y el rendimiento en el Trabajador.

**CALDERÓN PINO, REYMUNDO (2013)<sup>16</sup>** El autor en su investigación de tipo aplicativo y de diseño experimental, tuvo como objetivo establecer la relación entre las malas prácticas de almacenamiento de los relaves mineros de las plantas concentradoras donde se emplea el método de flotación para minerales sulfurosos de cobre, principalmente la calcopirita, en cuya composición está presente el azufre y la contaminación ambiental en los centros cercanos, a los cuales actualmente

---

<sup>15</sup> **Zanabria Contreras, Rubén (2010)**, TIM: "Estudio de Impacto Ambiental de la Planta Procesadora Carolina del Sur S.A.C. – Nasca" – Perú.

<sup>16</sup> **Calderón Pino, Reymundo (2013)**, Tesis "Relación entre relaves de flotación y la Contaminación Ambiental en la Provincia de Nasca". Ica - Perú.

sufren las consecuencias de una minería no limpia que a diario va contaminando no solo la atmosfera sino el suelo y la capa freática de Nasca, única reserva de agua de la región, con las consiguientes consecuencias para los pobladores y los sembríos que aún subsisten. Para demostrar la hipótesis se tomaron muestras de suelo, de agua de pozo y de aire de las zonas aledañas a donde se encuentran enclavadas las concentradoras de minerales para analizarlos y determinar el grado de contaminación que estos tienen, en comparación con otras muestras alejadas de la zona de influencia minera. El estudio demuestra que tanto el suelo, aire y agua en la zona de influencia minera, presentan una considerable contaminación. Arribando a las siguientes conclusiones: El trabajo de campo ha demostrado que los desechos mineros sulfurosos, producen contaminación agrícola en el valle de San Luis de Pajonal del distrito de Vista Alegre de la provincia de Nasca, contaminándolos, lo que afecta el crecimiento de la producción agrícola. Además, las partículas de mineral sulfuroso, que son arrastrados por el aire desde el circuito de chancado de las plantas concentradoras afectan directamente a los suelos del valle de San Luis de Pajonal. Las partículas sólidas que con la humedad forman ácido, se infiltran a través del terreno, constituyendo los llamados drenajes ácidos que disuelven compuestos tóxicos y que finalmente lo llevan hacia la napa freática, contaminando peligrosamente el agua subterránea.

**FLORES ECHEVARRÍA, HENRY JOSEPH (2015)**<sup>17</sup>, En su tesis, el autor considera determinar los diversos reactivos de flotación usados en la concentración de minerales, tanto en los efluentes líquidos, así como relaves (sólidos) a fin de

---

<sup>17</sup> Flores Echevarría, Henry Joseph (2015), Tesis titulado: "Determinar el grado de contaminación de los reactivos en los relaves de flotación de la Empresa Minera FECMA E.I.R.L. del sector de Poroma en el Distrito de Vista Alegre - Nasca" – Perú.

establecer el grado de contaminación ambiental por colectores aniónicos tipo sulfhídrico como el xantato, los ditiofosfatos aerofloats, espumante éter poliglicól dowfroth 250, cuantificados por el método de espectrofotometría de UV-Visible en un medio alcalino de Na(OH), donde la concentración mayor de una solución estándar del reactivo alcanzó el rango ultravioleta a una longitud de onda de 300,60 nm en la máxima absorbancia obtenido experimentalmente del barrido espectral entre 200 a 400 nm. puesto que la Normativa Peruana para Recursos Hídricos no lo considera (Estándares de Calidad Ambiental - Ley General del Ambiente), en tanto que se vio la necesidad de determinar cuantitativa dado a que puede ayudar a diagnosticar el problema y proponer alternativas de mitigación o minimizar los posibles impactos ambientales. Existe poca información sobre los Límites Máximos Permisibles de los reactivos de flotación por lo que se tomó como fuente de información base, datos estadísticos de pruebas de toxicidad en animales mamíferos y fauna acuática; esto para comparar resultados y poder determinar en qué grado de contaminación de reactivos de flotación se encuentra el relave. En cuanto a las muestras de relave analizadas respecto a los Límites Máximos de Exposición y Niveles de Toxicidad para el ser humano, estas contienen concentraciones de reactivos de flotación, de los cuales se concluye lo siguiente: La concentración del **Xantato Amílico de Potasio (Z-6)** en el relave es superior a la Concentración Letal (LC50) definida para los diferentes tiempos de exposición, lo cual implica que si existiera fauna acuática en aguas subterráneas, la filtración en la capa freática mataría más del 50% de estas. La concentración del **Éter Poliglicólico (D-250)** en el relave es un valor muy inferior para ser perjudicial para fauna acuática pero sus productos de descomposición si son peligrosos y pueden degradar el medio ambiente. La concentración del **Aerofloat 404 (A-404)** en el relave es un valor que puede ser

perjudicial al medio ambiente pero no se puede asegurar en qué grado contaminará porque no existe información al respecto. Sus productos de descomposición si afectaría al medio ambiente. La concentración del **Aerofloat 208 (A-208)** en el relave no sobrepasa el nivel de toxicidad definido en la tabla N° 14.1 por lo que no representa mortalidad en la fauna acuática, aunque para el medio ambiente los productos de su descomposición son peligrosos como desecho. La concentración del **Aerofloat 31 (A-31)** en el relave es superior en más el 40% de la concentración letal (LC50), indicando un potencial peligro a la fauna acuática, si esta entra en contacto. También está clasificado en caso de desperdicio como riesgoso, sobre todo sus componentes. Se determinó que existe contaminación de reactivos en el relave de flotación en un grado moderadamente tóxico para el promedio de humanos (según fuente Agencia de Protección Ambiental de EE UU, EPA) y medio ambiente, el cual no debería exceder el límite de exposición continúa decretado por las TWA y STEL; esto por lo que algunos de los reactivos analizados se encuentran en gran concentración.

## **1.2.- BASES TEÓRICAS:**

### **1.2.1.-Ubicación geográfica de la zona de influencia del estudio.**

El estudio se realizó en la zona de Pajonal, Poroma y Copara, en la que se encuentran instaladas, la mayoría de las plantas procesadoras de la pequeña minería, además ser parte del Valle las Trancas, todos pertenecientes al Distrito de Vista Alegre, Provincia de Nasca, Departamento de Ica, para los puntos de monitoreo. Los mismos que se encuentran entre los paralelos 14°48' y 15°00' de latitud sur y los meridianos 74°45' y 75°04' de longitud Oeste de Greenwich.

**Fig. N° 01.-**Coordenada del área de las plantas Procesadoras de la pequeña minería de Nasca.



**Fuente:** Propio, con uso de Google Earth.

### **1.2.2.-CONTAMINACIÓN**

Cuando se altera la esencia principal de un ecosistema, se está generando una contaminación, alterando la composición normal del aire, suelo y agua o a la presencia de sustancias o formas de energía (como: ruido, vapor, radiaciones, vibraciones, ionizantes, etc.), en el aire, material particulado y polvos que impliquen riesgo, daño, molestia grave o pongan en peligro la salud humana, su bienestar, sus recursos o a la naturaleza, directa o indirectamente, se les denominan contaminantes.

La ley indica que toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes, asegurando particularmente la salud de

las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. Y para los fines de evaluación de la calidad de aire, suelo o agua se harán uso de los ECAs para cada uno, que han sido fijados por el Estado Peruano mediante el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental como el caso del Aire (ECA-Aire), aprobado por el D.S. N° 003-2017- MINAM. donde indica los planes de acción para mejorar la calidad del aire con el fin de establecer las estrategias, políticas y medidas necesarias para alcanzar los estándares primarios de calidad del aire en un plazo determinado<sup>18</sup>.

Mientras tanto, existe una constante contaminación por los procesos de la metalurgia extractiva (mineralurgia, hidrometalurgia, piro metalurgia o electrometalurgia), que altera el ecosistema terrestre, afectando la calidad del aire, suelo y agua.

#### **1.2.2.1.-CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES<sup>19</sup>**

Los contaminantes en general se clasifican en:

Degradables y no degradables.

Contaminantes degradables, porque se descomponen completamente o se reducen a niveles aceptables por procesos naturales físicos, químicos y biológicos. Los contaminantes biodegradables son los contaminantes químicos complejos que por la acción de las bacterias se metabolizan reduciéndose en compuestos químicos más sencillos, como el caso de las aguas residuales humanas vertidas en un río, las que se degradan muy rápidamente por las bacterias, a no ser que los

---

<sup>18</sup> Artículo 1° de la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611, LGA)

<sup>19</sup> Contaminación y Turismo Sostenible – MSc Mauricio Bermúdez - 2010

contaminantes se incorporen con mayor rapidez de lo que lleva el proceso de descomposición.

Contaminantes no degradables: son aquellos contaminantes que no se descomponen por procesos naturales, como el caso del plomo, el mercurio, etc. La forma adecuada de tratar los contaminantes no degradables y los de degradación lenta, es evitando que se arrojen al medio ambiente o reciclando, ya que son muy costosos el tratar de eliminarlos y, a veces imposible. Se denominan contaminantes de degradación lenta o persistente debido a que se encuentran en el medio ambiente y necesitan décadas o incluso a veces más tiempo para degradarse, como la mayor parte de los plásticos que en su mayoría poseen contenidos de toxinas que son agentes cancerígenos.

#### **1.2.2.2.- TIPOS DE CONTAMINACIÓN. –**

Los Tipos de contaminación que existen, son:

1. Contaminación atmosférica o del aire
2. Contaminación del suelo
3. Contaminación del agua.
4. Contaminación lumínica.
5. Contaminación sonora o acústica.
6. Contaminación visual.

De las cuales se va a tratar los tres primeros y son:

##### **1.2.2.2.1.-CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA O DEL AIRE**

Los principales mecanismos de contaminación atmosférica que alteran y

tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los bienes materiales, son generados por los procesos industriales minero metalúrgicos como el caso de esta investigación, que generan polvos o material particulado producto de la voladura en mina, la mineralurgia que involucra: la remoción o transporte de mineral, así como la conminución o reducción de tamaño de partículas de minerales provenientes de mina, en la preparación mecánica de minerales hasta su pulverización a tamaños o grados de liberación de partículas para el proceso óptimo de concentración por flotación en plantas concentradoras y además la emisión de gases tóxicos producto de la combustión en automóviles y maquinarias de carga pesada, la quema de basura, que generan dióxido de carbono y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes, como hidrocarburos que no han realizado combustión completa.

Aunque el aire es un bien precioso, a menudo está contaminado con muchas sustancias que son causas potenciales de enfermedad y deterioro de los materiales, que afectan negativamente el normal desarrollo de las plantas, animales y la salud de los seres humanos, además de microorganismos que transporta el aire y



que contaminan los alimentos y el agua, que vienen siendo causas fundamentales de morbilidad, especialmente en los países en desarrollo.

Existe una gran cantidad de sustancias químicas que pueden contaminar el aire, las más comunes son: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metales pesados, Ozono (O<sub>3</sub>), Material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), etc.

Los contaminantes del aire se produce al dispersarse éstos en la atmósfera, debido a factores climatológicos como la temperatura, la velocidad del viento, el movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y la interacción de éstos con la topografía de la zona (montañas y valles), la temperatura suele decrecer con la altitud, pero cuando una capa de aire frío se asienta bajo una capa de aire caliente produciendo una inversión térmica, la mezcla atmosférica se retarda y los contaminantes se acumulan cerca del suelo por una baja velocidad del viento debido a ciertas inversiones que pueden ser duraderas bajo un sistema estacionario de altas presiones. Un periodo de tan sólo tres días de escasa mezcla atmosférica puede llevar a concentraciones elevadas

de productos peligrosos en ciertas áreas y en casos extremos pueden producir enfermedades e incluso la muerte. Los efectos de la exposición a largo plazo a bajas concentraciones de contaminantes no están bien definidos; no obstante, los grupos de riesgo son: los niños, ancianos, madres gestantes, fumadores, trabajadores expuestos al contacto con materiales tóxicos y quienes padecen enfermedades pulmonares o cardíacas. Otros efectos adversos de la contaminación atmosférica son los daños que pueden sufrir el ganado y las cosechas.

El que una sustancia sea considerada contaminante o no dependerá de los efectos que produzca sobre sus receptores, estos contaminantes presentan la amenaza más significativa a largo plazo para la biósfera.

**Tabla N° 01.** Contaminantes Naturales del Aire.

<b>CONTAMINANTES NATURALES DEL AIRE</b>	
<b>Fuente</b>	<b>Contaminante</b>
Volcanes	Óxidos de azufre, partículas
Fuegos forestales	CO, CO <sub>2</sub> , Óxidos de N, Partículas
Viento fuerte y violento	Polvo
Plantas (vivas)	Hidrocarburos, polen
Plantas en descomposición	Metano, sulfuro de hidrógeno
Suelo	Virus, polvo

**Fuente:** Educación Ambiental y Recursos Naturales. México 2003

#### **1.2.2.2.1.1.- Clasificación de contaminantes del aire**

Una primera clasificación de estas sustancias, atendiendo a cómo se forman, es la que distingue entre contaminantes primarios y contaminantes secundarios.

##### **A).- Contaminantes Primarios**

Son aquellas sustancias contaminantes que son liberados directamente por los focos emisores a la atmósfera. Su naturaleza física y su composición química son muy variadas, se pueden agrupar según sus características, como su estado físico (caso de partículas y metales), o elemento químico común (los contaminantes gaseosos azufrados: principalmente  $\text{SO}_2$ , compuestos inorgánicos de carbono:  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ , contaminantes nitrogenados: principalmente  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$ ), hidrocarburos, compuestos organohalogenados simples, Dioxinas y furanos, compuestos halogenados inorgánicos.

Entre los contaminantes atmosféricos más frecuentes que causan alteraciones en la atmósfera se encuentran: Aerosoles (mezcla heterogénea de partículas sólidas o líquidas suspendidas en un gas, desde 0.002 micras a más de 100 micras, como los que se incluyen las partículas sedimentables y en suspensión y los

humos), Entre otros, se encuentra como más significativos los siguientes: Arsénico y sus derivados, Componentes orgánicos.

**Partículas sólidas en suspensión**, de diámetro aerodinámico menor o igual que  $10\ \mu\text{m}$  (PM10) y las **partículas sólidas sedimentables**, de diámetro mayor que  $10\ \mu\text{m}$ , cuya procedencia y composición es muy variada. (El **diámetro aerodinámico** es el diámetro de una esfera de densidad unitaria que tiene la misma velocidad de sedimentación que la partícula en cuestión, el comportamiento aerodinámico de las partículas se define de un diámetro aerodinámico equivalente como: “El diámetro de una esfera de densidad  $1\ \text{gr}/\text{cm}^3$  con la misma velocidad de depocitación que la partícula real debido a fuerzas gravitacionales en aire estable, bajo las mismas condiciones de presión, temperatura y humedad relativa” (Hind 1982), según este principio, es idéntica la velocidad de caída de cualquier partícula independientemente de su forma es equivalente al diámetro de una esfera de densidad igual a  $1\ \text{gr}/\text{cm}^3$ . El tiempo de residencia en la atmosfera de partículas en el rango de  $0,1$  a  $10\ \mu\text{m}$ , es cercano a una semana, en cambio en

la estratosfera es de meses a años, el incremento de tiempo de duración respecto a la altura, se debe en cierta medida a la distribución de vapor de agua y la cantidad de partículas de ozono y otras especies; estimaciones realizadas por Jainicke (1980) Partículas de metales pesados y ligeros, como el plomo, mercurio, cobre, zinc, etc., partículas de sustancias como el amianto que son diversos minerales fibrosos de tonos claros, que significa "sin mancha", fue acuñado por Dioscórides, por lo que en realidad y etimológicamente se refiere genéricamente al amianto blanco o crisotilo y asbestos que significa "incombustible", a unas fibras minerales que podían tejerse para formar un lienzo resistente al fuego, existen varios tipos de asbestos, los más importantes son el *Crisotilo* y la *Crocidolita*, pero hay otros minerales de menor importancia industrial como la *Tremolita*, la *Actinolita*, la *Amosita* la *Antrofilita*, etc. Las fibras más cortas son las más peligrosas, ya que se respiran y se incrustan en los alvéolos pulmonares. Se enquistan y después de varios años (más de 15) pueden conducir a un

cáncer de pulmón<sup>20</sup> y sustancias radiactivas.

### **B).- Contaminantes secundarios**

Los contaminantes atmosféricos secundarios no se vierten directamente a la atmósfera desde los focos emisores, sino que se producen como consecuencia de las reacciones químicas, transformaciones y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma. La contaminación fotoquímica; contaminantes ácidos o acidificación del medio ( $H_2SO_4$  o  $HNO_3$ ); la disminución del espesor de la capa de ozono.

**Tabla N° 02.** Factores que intervienen en la dispersión de los contaminantes en el aire.

<b>Características del Contaminante</b>	<b>Condiciones Meteorológicas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Velocidad del flujo a la salida.</li><li>• Temperatura</li><li>• Forma</li><li>• Tamaño.</li><li>• Peso</li><li>• Composición química</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Velocidad del viento</li><li>• Temperatura del aire</li><li>• Insolación</li><li>• Humedad</li></ul>

**Fuente:** La Contaminación del Aire, riesgos para la salud. México 1997

Los contaminantes del aire generan riesgo al organismo del ser humano al

<sup>20</sup> Segueiro, Manuel y Gonzáles Barros – “El Amianto: Mineralogía del Riesgo” – DEMOLICIÓN & RECICLAJE / N° 43 / NOVIEMBRE 2008

ser inhalados, produciendo sus principales efectos en las vías respiratorias como el caso de la bronquitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumonía, etc., en el sistema cardiovascular (arritmias, infartos, etc.).

La presencia de agentes infecciosos de desechos industriales: como el polvo de cuarzo o sílice (silicosis), humo, berilio, cadmio, asbesto, partículas muy diversas, productos volátiles; y de contaminantes como NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, sustancias fotoquímicas y de la combustión de hidrocarburos. Todos estos agentes agreden continuamente el aparato respiratorio del ser humano y de otras especies vivientes. Tienen además un impacto ambiental que modifican importantemente la flora y fauna del ecosistema.

#### **1.2.2.2.2.- Contaminación de suelo.**

Los suelos pueden sufrir un impacto por efectos de la contaminación, y la erosión eólica e hídrica. Dichos impactos se originan por los contaminantes provenientes de los pasivos ambientales mineros (PAMs) que llegan al suelo por el viento o el agua, y por la inadecuada disposición de residuos y químicos sobre el suelo, como desmontes de mina, relaves, pilas de lixiviación y otros residuos. La erosión eólica

e hídrica se debe a la destrucción de la capa vegetal protectora de la superficie, zona agrícola, etc.

### 1.2.3.- METALES

Según podemos clasificar de manera sencilla a los elementos metálicos en: los metales pesados y los metales ligeros, de las cuales los primeros tienen sus densidades cinco veces mayores que el agua, o sea cuya densidad es igual o superior a  $5 \text{ gr/cm}^3$  cuando está en estado elemental o cuyo número atómico sea superior a 20 y los segundos más ligeros.

Según Fergusson, 1990, considera que los metales pesados diez de ellos Se, Cd, In, Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi, al basar su clasificación en tres condiciones<sup>22</sup>:

- 1.- Ser relativamente abundante en la corteza,
- 2.- Tóxico para los seres humanos,
- 3.- Que su ciclo biogeoquímico haya tenido que ser significativamente modificado.

Si observamos la lista antes expuesta, no se consideran los elementos metálicos pesados calcófilos de mayor masa atómica, los cuales muchos de ellos son los considerados de interés en geoquímica ambiental como son los: As, Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn que se encuentran como “elemento traza” término que en las distintas disciplinas científicas definen de manera diferente, pero se denomina elemento traza a aquellos elementos cuya abundancia en la corteza terrestre es inferior a  $1000 \mu\text{g g}^{-1}$  (1000 ppm, 0.1%) y que presenta una especial importancia ambiental, ya sea por su toxicidad, por ser nutrientes esenciales de las plantas, o por su capacidad de bioacumulación, etc.

Normalmente se reconocen como elementos esenciales al Fe, Mn, Zn, Cu, Co y Mo, como elementos benéficos al Ni y Cr, y



se considera que no tienen ninguna función biológica elementos como el Cd, Hg, Pb y As (Bowen, 1979; Brady & Weil, 2002). Los metales pesados, ya sean esenciales o no, pueden llegar a ser tóxicos cuando su aporte es excesivo y afectar negativamente al crecimiento y reproducción de los organismos, pudiéndoles causar incluso la muerte. El incremento de metales pesados en los suelos inhibe además la actividad enzimática microbiana y reduce la diversidad de las poblaciones de flora y fauna, provocando **infertilidad** e incrementando los procesos erosivos. La transferencia de metales al hombre puede ocurrir a través del suelo (inhalación e ingestión de polvo), alimentos, agua, aire o piel (resultado de la absorción dérmica de contaminantes del suelo y el agua) (Chang et al., 1993; Ryan & Chaney, 1997). Los efectos toxicológicos de los metales hacia los humanos, particularmente de Cd, Zn, Hg y Pb y de metaloides como el As, que representan algunos de los más peligrosos, han sido bien documentados y existen referencias donde se puede obtener información al respecto (Adriano, C 2001; Rubio et al., 2007).

#### **1.2.3.1.-ARSENICO**

Es un elemento altamente tóxico, aunque es esencial en pequeñas cantidades para muchos organismos, favorece el desarrollo de animales por lo que se usa en granjas avícolas. Pese a su alta toxicidad es necesario determinar las fuentes que puedan ocasionar contaminación del medio ambiente; el Arsénico presenta gran afinidad por el azufre por el que se asocia formando minerales, tales como la arsenopirita (FeSAs), rejalgar ( $As_4S_4$ ), arsenolita ( $As_2O_3$ ), que son constituyentes de los minerales que se procesan en las plantas al que se hace referencia.

Las propiedades tóxicas del arsénico (provoca envenenamientos mortales) son bien conocidas desde la Antigüedad. Sin embargo, se trata de un elemento necesario para el correcto funcionamiento de nuestro organismo, ya que su carencia provoca una inhibición del crecimiento. En la industria se emplea en la elaboración de insecticidas, fungicidas y medicamentos, así como en la elaboración de pinturas, vidrio y aleaciones de metales. En electrónica, para la producción de elementos semiconductores.

#### **1.2.3.2.-COBRE**

Es un elemento esencial para el organismo, siendo solo tóxico a concentraciones elevadas. En la corteza terrestre lo encontramos como minerales: calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), covelina ( $\text{CuS}$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), malaquita ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ), cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), azurita ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ), etc.

El Cobre tiene una tenacidad frágil. Se presenta en muchos yacimientos cupríferos y burbujas de rocas volcánicas. De su origen podríamos decir que el cobre hidrotermal primario se relaciona con rocas ígneas básicas.

#### **1.2.3.3.-CADMIO**

Es un metal pesado de alta toxicidad y presenta una alta peligrosidad por ser bioacumulable en las raíces, la toxicidad es muy perjudicial en la reducción de la producción de suelos a partir de concentraciones de 5 mg/kg; las fuentes de contaminación pueden ser por la presencia mínima como elemento relativamente raro en la corteza terrestre, representa el 1,5x10<sup>-5</sup>% en peso de la corteza terrestre, formando minerales como: greenockita o blenda de cadmio ( $\text{CdS}$ ), otavita ( $\text{CdCO}_3$ ), monteponita ( $\text{CdO}$ ),

Es necesario hacer referencia de las propiedades tóxicas del cadmio en caso de que los trabajadores estén expuestos sin saberlo a largas exposiciones de polvo de cadmio no debe exceder de  $0,01 \text{ mg/m}^3$  (8 horas diarias). La concentración límite (máximo), durante un período de 15 minutos no deberá exceder de  $0,14 \text{ mg/m}^3$ . Para el humo de óxido de cadmio (es tan peligroso como el fósforo), la exposición no debe exceder (8 horas diarias) de  $0,05 \text{ mg/m}^3$ , y la concentración máxima no debe exceder de  $0,05 \text{ mg/m}^3$ . Puede que estos valores sean demasiados altos y haya que rebajar la exposición.

#### **1.2.3.4.-COBALTO**

Es un elemento tóxico para el ser humano cuando las concentraciones por ingesta supera los 25 mg/día, fundamentalmente en polvo, porque se le atribuyen propiedades **cancerígenas**; cuando las concentraciones son inferiores a 5 mg/kg se considera suelos deficientes que afecta el desarrollo de las plantas, sin embargo el exceso de cadmio puede generar deficiencia de elementos de Cu y Fe; las fuentes de minerales como: linneita ( $\text{Co}_3\text{S}_4$ ) 57.96% Co y 42.04%S, cobaltita o cobaltina ( $\text{CoAsS}$ ) 34–41%Co, 19.3%S y 45.2% As, eritrina ( $3\text{CoO} \cdot \text{As}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) hasta el 29% Co, 25% As, arseniato ( $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), saflorita ( $\text{CoAs}_2$ ) 28.23% Co y 71.77% As heterogenita ( $\text{CoO} \cdot \text{Co}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 57-64.1 %

#### **1.2.3.5.-CROMO**

Es un elemento esencial, para el ser humano, al estar en relación el cromo con la insulina, a menudo se emplea para controlar el azúcar en sangre debido a que las personas con Diabetes del tipo II absorben mejor la glucosa en las células;

sin embargo es de cuidado, porque algunos de los compuestos del Cr(VI) son altamente tóxicos debido a su carácter **cancerígeno**, por lo que es necesario realizar controles periódicos si se trabaja en la fabricación de cemento, explosivos, cristales, pulido de muebles, procesamiento de pieles y limpieza de metales o si reparas locomotoras Diésel, ya que a menudo se encuentran niveles muy exagerados de Cromo en estas personas.

Las formas más frecuentes en la naturaleza que son inofensivos se presentan formando compuestos como. cromita ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ), cracoita ( $\text{PbCrO}_4$ ).

#### **1.2.3.6.- MERCURIO**

Es un elemento altamente toxico, en el suelo las formas químicas como:  $\text{Hg}^0$ ,  $\text{Hg}^{+2}$ ,  $\text{Hg}_2^{+2}$ , del cual la actividad biológica que pueden sufrir metilación como el  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  que son mucho más toxico que el mercurio. Los minerales de mercurio que se suelen extraer contienen cerca de 1 % de Hg, aunque los estratos que se explotan contienen generalmente hasta 12 o 14% de mercurio.

El Mineral más importante del mercurio es el cinabrio, cuyas mayores reservas mineras se encuentran en la mina más importante de mercurio fue la mina Santa Bárbara en Huancavelica, ciudad hermanada con Almadén. Durante siglos el cinabrio extraído en Almadén ha suministrado la mayor parte del mercurio consumido en el mundo; en el caso de los minerales tratados en la procesadoras algunos casos son traídos de Huancavelica que podría contener Hg, pero en cantidades poco relevantes.

### 1.2.3.7.-PLOMO

Es un elemento tóxico para organismos del suelo, siendo más tolerantes las plantas, tiene gran afinidad por el azufre. El plomo se presenta en la naturaleza formando minerales tales como: la galena (PbS), la cerusita, (PbCO<sub>3</sub>), anglesita (PbSO<sub>4</sub>), fosfatos la piromorfita (Pb<sub>5</sub>Cl(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), vanadinita (Pb<sub>5</sub>Cl(VO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), mimelita (Pb<sub>5</sub>Cl(AsO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), crocoita (PbCrO<sub>4</sub>) y vulferita (PbMoO<sub>4</sub>), la stolzita (PbWO<sub>4</sub>) son mucho menos abundantes. También se encuentra plomo en varios minerales de uranio y de torio, ya que proviene directamente de la desintegración radiactiva (decaimiento radiactivo).

### 1.2.3.8.-ZINC

Es un elemento esencial para los organismos, su toxicidad es baja, la toxicidad del zinc es muy rara y sólo tiene lugar cuando se administran suplementos de 100 a 300 mg/día. Sin embargo, la administración continua de zinc interfiere con la absorción de cobre y dosis continuas de 50 mg/día han mostrado reducir las concentraciones plasmáticas de HDLs. En dosis muy altas (> 2 g/día) el sulfato de zinc ocasiona irritación intestinal. El síndrome tóxico por exceso de zinc se caracteriza por anemia, fiebre y alteraciones del sistema nervioso central.

### 1.2.3.9.-PLATA

Las mineralizaciones auríferas argentíferas de vetas consisten en filones hidrotermales generalmente acompañados de cuarzo, sulfuros de hierro, cobre, zinc, plomo, antimonio y azufre; La plata no es tóxica pero la mayoría de sus **sales son venenosas** y pueden ser **carcinógenas**. Los compuestos que contienen plata pueden ser absorbidos por el sistema circulatorio y depositarse en

diversos tejidos provocando urticaria, afección consistente en la coloración grisácea de piel y mucosas que no es dañina.

- **Contacto con los ojos:** Puede causar graves daños en la córnea si el líquido se pone en contacto con los ojos.
- **Contacto con la piel:** Puede causar irritación de la piel. Contacto repetido y prolongado con la piel puede causar dermatitis alérgica.
- **Peligros de la inhalación:** Exposición a altas concentraciones del vapor puede causar mareos, dificultades para respirar, dolores de cabeza o irritación respiratoria. Concentraciones extremadamente altas pueden causar somnolencia, espasmos, confusión, inconsciencia, coma o muerte.
- El líquido o el vapor pueden irritar la piel, los ojos, la garganta o los pulmones. El mal uso intencionado consistente en la concentración deliberada de este producto e inhalación de su contenido puede ser dañino o mortal.
- Peligros de la ingestión: Moderadamente tóxico. Puede causar molestias estomacales, náuseas, vómitos, diarrea y narcosis. Si el material se traga y es aspirado en los pulmones o si se produce el vómito, puede causar neumonitis química, que puede ser mortal.
- La sobre-exposición crónica a un componente o varios componentes de la plata tiene los siguientes efectos en los animales de laboratorio:
  - Daños renales, daños oculares, daños pulmonares, daños hepáticos, anemia, daños cerebrales
- La sobre-exposición crónica a un componente o varios componentes de la plata se supone que tiene los siguientes efectos en los humanos, efectos que aún

deben ser corroborados mediante ulteriores investigaciones:

- Anormalidades cardíacas
- Se ha informado de la relación entre sobre-exposiciones repetidas y prolongadas a disolventes y daños cerebrales y del sistema nervioso permanentes.
- La respiración repetida o el contacto con la piel de la metil-etil-cetona puede aumentar la potencia de las neurotoxinas tales como el hexano si la exposición tiene lugar al mismo tiempo.

#### **1.2.4.- ECOSISTEMA**

Los ecosistemas son los lugares habitados por seres vivos (bióticos), como animales, plantas, personas, etc. y todo lo que nos rodea (abiótico), así como la lluvia, luz, rocas, suelos, temperatura, etc.

El ecosistema de mayor tamaño es el planeta tierra, como una unidad funcional y dinámica, en donde interactúan varias partes para el mantenimiento de la vida sobre la tierra.

Entre los factores que influyen sobre los ecosistemas se encuentra: la luz, el agua, el viento y los seres vivos. Estos factores se denominan factores ecológicos y se clasifican en dos grandes grupos: factores bióticos y factores abióticos. Los factores bióticos, son todas las acciones de los seres vivos animales, plantas, microorganismos y el hombre-sobre el medio. Los factores abióticos, son todos aquellos cuyo origen es inorgánico; algunos de ellos y entre los más importantes tenemos: la luz, la temperatura, el suelo y el agua (Castillo, Castro, Pardo & Téllez, 1996:172).

Sin embargo, se delimitan ecosistemas menores, como una laguna, una selva, un desierto o un bosque, un charco formado tras una intensa lluvia, un tronco caído, lleno de arañas, hormigas y hongos, etc. que son pequeños ecosistemas.

Es relevante entender cómo funcionan los seres vivos y las relaciones con su entorno. Sin embargo, en el lenguaje común para referirse a sitios naturales específicos importantes para la sociedad.

**Fig. N°02 .-** El Ecosistema y clasificación



El termino ecosistema fue propuesto por el ecólogo inglés A. G. Tansley (1935) para designar a todo el sistema de organismos asociados, junto con los factores físicos de su entorno. “un ecosistema implica la circulación, transformación y acumulación de energía y materia a través del medio formado por los seres vivos y sus actividades”. Por lo tanto, la fotosíntesis, la descomposición, la herbivoría, la depredación, el parasitismo y las actividades simbióticas son algunos de los procesos biológicos responsables del transporte y almacenamiento de materiales y energía (Mayr, 1998).

El concepto clásico de ecosistema constituye uno de los niveles de organización de la vida, y es el conjunto de organismos de un hábitat particular, como una laguna o un bosque, junto con el ambiente físico en el que viven (Purves et al., 2006)<sup>21 39</sup> o los

<sup>21</sup> Purves-Sadava (2003) Vida “La ciencia de la Biología” Editorial Médica Panamericana (Cap. 56)



organismos de una comunidad más los factores abióticos asociados con los que están en interacción (Curtis y Barnes, Ecosistema “unidades en que se estructura la vida en la tierra”, “sistema dinámico y adaptativo formado por las comunidades biológicas y su ambiente físico no biológico, en el que se manifiestan determinadas y precisas relaciones de interdependencia, en términos de energía y materia”, o “sistemas abiertos que interactúan entre sí a distintas escalas, siendo la biósfera el de mayor escala”. Todos ellos poseen una red alimentaria o trófica caracterizada por la presencia de organismos productores, consumidores y descomponedores, que permite la existencia de los ciclos biogeoquímicos de la materia” (Melendi et. al., 2008).

Para **definir un ecosistema no es tan simple** ajustarse a una definición, en vista que varía un ecosistema a medida que solamente una de sus propiedades cambia, en este caso el área. Es decir, en una charca pequeña encontraríamos mayor cantidad de microorganismos, virus, bacterias, que árboles de una misma especie en igual superficie. El bioma pastizal puede tener tipos de vegetación como la Pradera, la Estepa gramínea; el Bioma sabana puede incluir a la Sabana misma, el Parque y a la Estepa arbustiva. El Bioma Bosque puede incluir al Bosque caducifolio, perennifolio, xerófito, de coníferas, a la Selva subtropical y a la Selva templada (selva andina). Finalmente, el Bioma de desierto puede incluir al tipo de vegetación de Desierto frío y al de Desierto cálido. Las variables con las que se pueden describir a los tipos de vegetación de los biomas pueden ser muy variadas: las formas de vida, las formas de crecimiento, la cobertura, la estratificación, la función del follaje, el tamaño y la función de sus hojas, etc.

#### **1.2.4.1.- TIPOS DE ECOSISTEMA**

Existen diversos sistemas de clasificación de los grandes tipos de ecosistema. En este caso se adopta un sistema basado en los conceptos de biorregión, tipo principal de ecosistemas, tipos principales de hábitats y ecorregiones, que sirve como base para el mapa de ecorregiones terrestres de Latinoamérica y el Caribe (Dinnerstein et al., 1995)<sup>19</sup>; El Perú tiene 84 de los 117 ecosistemas más importantes del planeta.

Existen **cuatro tipos de ecosistemas**:

- Ecosistema acuático
- Ecosistema **terrestre**
- Ecosistemas Mixtos
- Ecosistemas humanizados

##### **1.2.4.1.1.- ECOSISTEMA ACUÁTICO**

Donde los componentes bióticos y abióticos se desarrollan en el agua (agua dulce: manantiales, humedales, ríos, lagunas, lagos, etc.; agua salada: en los mares, océanos).

Se encuentran dentro de cuerpos de agua, como ríos, lagos, lagunas, océanos, mares y quebradas, entre otros. Los ecosistemas acuáticos desempeñan un papel muy importante a nivel global ya que el agua actúa como regulador térmico. Cubren aproximadamente el 70% del planeta. Dentro de los ecosistemas acuáticos hallamos tres grupos: los mares que se caracterizan por la salinidad, los estuarios que se caracterizan por tener agua proveniente del mar y las aguas continentales o de agua

dulce. A este último grupo pertenecen los lagos, los ríos, las **aguas subterráneas** y los pantanos (Castillo, Castro, Pardo & Téllez, 1996:203).

#### **1.2.4.1.2.- ECOSISTEMA TERRESTRE**

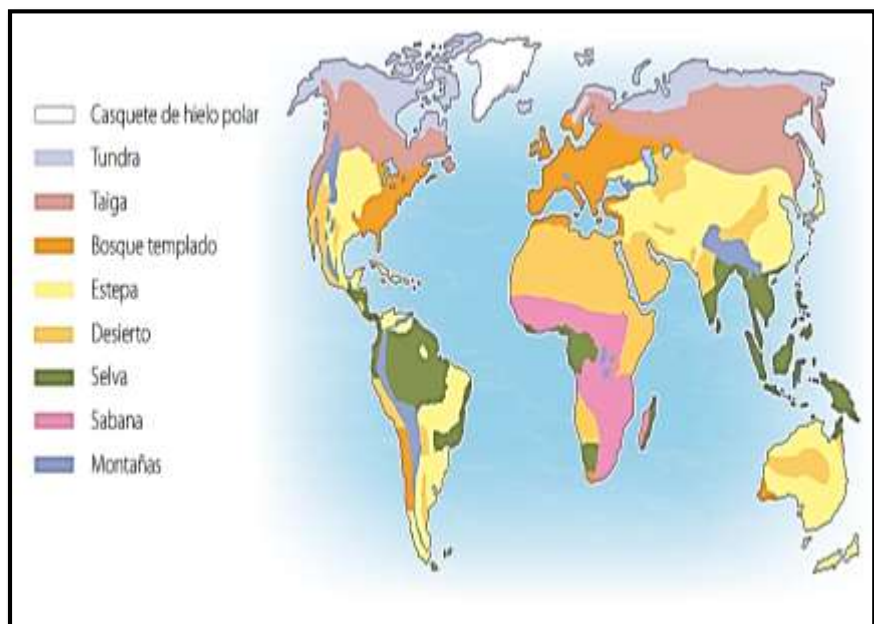
Es la cuarta parte de la superficie terrestre, donde los componentes bióticos y abióticos se desarrollan en el suelo y aire (desiertos, lomas, estepas, bosques, etc.); Los factores abióticos que condicionan la vida en los ecosistemas terrestres son la temperatura y la humedad. Estos factores son los que determinan el clima y la distribución de los organismos. Las principales Ecosistema terrestre o Biomas terrestre son: Casquete de hielo polar, Tundra, Taiga, Bosque templado, Estepa, desierto, Selva, Sabana, Montañas. Los Ecosistema terrestres se pueden diferenciar en: Biomas terrestres y la vida en el bosque.

Biomas Terrestre son aquellos lugares de la Tierra que, a pesar de estar separados geográficamente, tienen un clima semejante, surgen ecosistemas equivalentes; es decir, ecosistemas muy parecidos, aunque con especies distintas.

La vida en el bosque, un bosque es un ecosistema complejo, muy rico en especies animales y vegetales, que se desarrolla en regiones de clima suave. Los vegetales de mayor altura y más importantes son los árboles, de ahí que los bosques reciban distintos nombres según cuál sea el árbol que predomina:

encinar, hayedo, robledal, pinar, etc. Por debajo de las copas de los árboles se encuentran los arbustos y, por debajo de estos, las pequeñas matas y las plantas herbáceas. En los bosques templados viven una gran variedad de animales invertebrados (lombrices, caracoles, insectos y arácnidos) y vertebrados (anfibios, reptiles y especialmente aves y mamíferos). En el suelo abundan los hongos, microorganismos, larvas y pequeños animales que se alimentan de la materia orgánica en descomposición que procede sobre todo de las hojas de los árboles. Los dos tipos principales de bosques que se dan en nuestro país son el robledal y el encinar.

**Fig. N° 03.-** Distribución de los principales Ecosistemas Terrestres del mundo.



En el Perú el Ecosistema Terrestre está constituido generalmente por: Desierto, Selva, Montañas.

## **A).- Ecosistemas terrestres o ecorregiones del Perú**

Según el prestigioso investigador peruano Antonio Brak Egg, 1975 que ha considerado diferentes factores ecológicos, como: tipos de clima, regiones geográficas, hidrografía, flora y fauna ha identificado la existencia de once ecorregiones en el Perú. De las cuales se consideran lo siguientes ecosistemas terrestres:

### **A.1.- El desierto del Pacífico**

Abarca desde los 5° de latitud sur (Piura) hasta los 27° de latitud sur (norte de Chile) en la costa, del cual Nasca está incluido dentro de esta área. Su ancho promedio es de 20 Km. Se caracteriza por la ausencia de lluvias, siendo su terreno desértico. Hay vegetación solo en los valles fluviales y las lomas. Estas últimas se llenan de vegetación en invierno (de mayo a octubre). Este fenómeno solo es posible en las laderas que miran hacia el mar. Por eso solo ocurren en lugares puntuales de la costa. Las lomas son producto de la condensación de las neblinas que avanzan del mar del desierto.

En los ríos de esta ecorregión abundaban los camarones, pero actualmente en casi todos los valles han desaparecido.

### **A.2.- El bosque seco ecuatorial**

Se extiende desde el golfo de Guayaquil (0° 30' de latitud sur) hasta La Libertad (7° 40' de latitud sur). En su parte más ancha llega hasta los 150 kilómetros y alcanza los 1.500 metros de altitud.

Su clima se caracteriza por una prolongada estación seca anual que puede ocupar nueve meses del año.

El bosque seco ecuatorial penetra hacia el interior y se extiende sobre el piso más bajo del valle del

Marañón hasta

los 2.800

m.s.n.m.

La formación

vegetal

principal es el

algarrobal y en



la zona más lluviosa el ceibal, estos árboles a diferencia de los algarrobos dependen directamente de las lluvias.

### **A.3.- El bosque tropical del Pacífico**

Abarca desde el extremo norte de Tumbes hasta la frontera con Ecuador. Está cubierta por bosques siempre verdes, los árboles superan los 30 metros de altura. Es la única zona de la costa del Perú donde hay monos en su ambiente natural. Son dos especies: el mono aullador o coto de Tumbes y el mono blanco.

### **A.4.- La sierra esteparia**

Se extiende desde los 1.000 metros hasta los 3.800 metros. Desde la región de La Libertad (7° 40' de latitud sur) hasta el norte de Chile.

Las temperaturas medias oscilan entre los 6° y 12° C. A mayor altitud las lluvias son más abundantes y la vegetación más densa.

En las partes superiores a los 3.000 metros, el árbol más característico es el aliso.



#### **A.5.- La puna**

Corresponde a las partes altas de los andes, sobre los 3.800 metros. Su clima es frío y la luz solar fuerte.

El ichu es el pasto más extendido en dicha zona. Los vientos que soplan todo el tiempo hacen que la temperatura sea baja y el ambiente seco.

En esta ecorregión

habitan las vicuñas,

vizcachas, el zorro andino y el cuy silvestre. La taruca o ciervo andino es el único cérvido que llega a las partes más altas.



#### **A.6.- El páramo**

Se extiende desde Venezuela, a través de Colombia y Ecuador hasta el norte del Perú. Se ubica en las regiones de Piura y Cajamarca, en las cuencas altas de los ríos Chinchipe, Huancabamba y Quirós. (3.500

metros). Es una zona de muchas neblinas. La temperatura por las noches baja a menos 0° C. En lo que se refiere a su vegetación ésta es muy similar a la de la puna.

#### **A.7.- La selva alta**

Se extiende a lo largo del flanco oriental de la Cordillera de los Andes, desde la frontera con Ecuador hasta la frontera con Bolivia, entre los 500 a 3.500 metros.

Su clima es muy variado, las lluvias pueden superar los 3.000 milímetros anuales. Los árboles son más bajos a medida que aumenta la altitud. Entre los 2.500 a 3.000 – 3.800 metros (Ceja de Selva) los árboles alcanzan sólo unos 15 metros, la humedad permite la abundancia de plantas epífitas o aéreas que crecen no solo en los árboles sino también en el suelo.

#### **A.8.- La selva baja**

Corresponde a los bosques amazónicos ubicados debajo de los 600 metros de altura. Es relativamente llana. Su temperatura promedio es de 24° a 26° C. Las altas temperaturas y humedad ambiental permiten tener la mayor diversidad de especies. Gran parte de la fauna habita en las copas de los árboles y en menor cantidad al nivel del piso donde reina la penumbra.

Son abundantes las lagunas, riachuelos y pantanos. Viven aquí lobos de ríos y el paiche, el pez más grande de la selva. Otros animales típicos son los monos, perezosos, loros y papagayos, el águila arpía y las boas.



### A.9.- La sabana de palmeras

Se ubica en una pequeña área de la región de Madre de Dios, en las pampas del río Heath.

No existen árboles, sólo palmeras, principalmente el aguaje. Esta ecorregión se inunda en épocas de lluvias y son comunes los incendios durante la estación seca.

**Fig. N° 04.-** Distribución de los principales Ecosistemas del Perú



**Fuente:** Ecorregiones del mundo, Eric Dinerstein, 1995

## 1.2.5.- ECOSISTEMA TERRESTRE DE LA REGION ICA

**Desierto:** cubre casi toda la costa, interrumpido por algunos valles, existen dos tipos de desiertos: desiertos de arena y desierto de piedra.

**Desiertos de arena:** Que abundan en Ica y Piura, en algunos lugares se forman dunas por la acción del viento, las plantas son escasas, aunque abundan las tillandsias, también puede haber árboles como sapotes,



algarrobos y huarangos. Su fauna está compuesta por insectos como moscas, arañas y escorpiones. También hay lagartijas y ratones, que son presas de cernícalos y lechuzas. Los depredadores más grandes son los zorros.

**Desierto de Piedras:** Son los más comunes y ocupan gran



parte de la costa sur. Su vegetación está formada por cactus, tillandsias y pequeños arbustos, espinosos. Su fauna es parecida a la de los desiertos de arena.

### 1.2.5.1.-ECOSISTEMA TERRESTRE DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE NASCA

Los ecosistemas terrestres de la zona de influencia son clasificados de acuerdo a los criterios tomados por:

- El Dr. Brack 2000, se considera Desierto Costero,

- Al sistema de provincias biogeográficas utilizadas por el Ing. Carlos Zamora, y descritas en el Centro de Datos para la Conservación (CDC UNALM) 1991 considera Desierto Pacifico Subtropical.
- De acuerdo a la clasificación de zonas de vida estudiadas por Holdridge 1996, Desierto Superárido Subtropical (ds-S)

El desierto del Pacifico se extiende a lo largo de la costa, desde los 5° hasta los 27° latitud sur, su ancho variable, siendo su límite altitudinal promedio los 1000 msnm; según las características fisiográficas, el sector se ubica dentro de la ecorregión del desierto, con características de una comunidad Tillandsial; cuyo suelo se caracteriza por ser desierto resultado de la erosión del viento, dicho ecosistema terrestre son propias de una ecorregión de Desierto del Pacifico, su clima es un verano cálido y un invierno templado. El área se encuentra a una altitud entre de 510 a 530 msnm, presentando un ecosistema terrestre tipo desierto desecado subtropical costanero, con suelos propio del desierto del Pacifico y en forma de terrazas marinas; el relieve configura una topografía predominantemente llana desértica, con pequeñas ondulaciones, alternando con algunas áreas de topografía más suave. Los suelos superficiales son generalmente de clase fluvial éutrico, ubicada en las partes más bajas de las estribaciones del batolito de la costa.

La morfología del área de influencia es el resultado de los efectos degradatorios causados por los agentes de meteorización como la temperatura del medio ambiente y las corrientes eólicas de la zona que han actuado sobre las unidades litológicas constituidas por granodioritas,

andesitas y tonalitas. La fisiografía del área se caracteriza por presentar extensas áreas desérticas, a manera de pampas, en donde el relieve presenta imperceptibles desniveles topográficos. Geológicamente la cuenca se encuentra formado por un variado conjunto de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas extrusivas e intrusivas. Las rocas metamórficas que destacan son la cuarcita, hornfels, esquistos micáceos, pizarras y anfibolitas. Las rocas ígneas extrusivas están representadas por derrames, tufos volcánicos de composición andesítico, aglomeradas y material piroclástico en general, que forman parte de las eras Cenozoica y Mesozoica. Las unidades litoestratigráficas de la zona y alrededor abarcan una cronología amplia, desde el cuaternario reciente hasta el Cretácico inferior. Afloran rocas intrusivas sub volcánicas del complejo Bella Unión compuesto de andesitas y depósitos cuaternarios, estos depósitos corresponden a suelos de naturaleza coluvial y aluvial compuesta por fragmentos gruesos (gravas, guijarros) de textura media gruesa y con presencia en menor porcentaje de limo con arena; de drenaje algo excesivo y de requerimientos hídricos altos. La dinámica del área está relacionada principalmente con los movimientos tectónicos del ciclo andino. Las evidencias estructurales de las orogénias más antiguas están indicadas, en primer lugar, por el metamorfismo regional que afecta a las rocas del complejo batolito de la costa y por discordancias angulares reconociéndose las fases hercínicas.

Las zonas donde se emplazan la mayoría de las plantas concentradoras, geológicamente comprometen terrenos sedimentarios y rocas del Batolito de la costa, levantadas

durante las últimas fases de la orogénesis Andina donde se han producido erosión y transporte durante el terciario superior y cuaternario rellenando quebradas para formar extensas pampas.

#### **1.2.6.- ESTRATIGRAFIA DE FORMACIÓN COPARA - NASCA.**

Para describir la secuencia volcánica – clásica aflorante utilizada por J. Caldas (1978)<sup>22</sup> <sup>12</sup>, en los alrededores de los cerros de Copara, en el sector Noroccidental del cuadrángulo de Acari, cuyos afloramientos referidos por Caldas, se prolonga en forma discontinua hacia las estribaciones andinas del extremo suroccidental del cuadrángulo de Nasca, donde se la observa intuido por unidades del Batolito de la costa y del Complejo Bella Unión.

La sección más representativa de esta área ha sido observada éntrelos cerros Altos de Nasca y Portachuelo Chico al Sur dela localidad de Nasca, donde la unidad yace en contacto aparentemente concordante sobre el grupo Yura y en la misma relación debajo de la formación Portachuelo, parte de dichos afloramientos se ven interrumpidos en su continuidad por intrusivos del Complejo Bella Unión.

El ecosistema terrestre de la zona es una formación constituida por su parte inferior, por areniscas piro clásicas grises a gris verdosas, de grano medio a grueso en capas delgadas, intercaladas con micro brechas piro clásicas de la misma coloración; sigue hacia arriba, una sección monótona de brechas piro clásicas andesíticas, de grises a gris verdosas, con elementos subangulosos de materiales volcánicos heterogéneas (porfíroides o afaníticos), y clastos subangulosos de cuarzo y cuarcitas, en una matriz porfiroide andesítica. La sección intermedia está representada por conglomerados compuestos de clastos de cuarcita y volcánicos, en

---

<sup>22</sup> Caldas J. (1978) - Serie A: Carta Geológica Nacional-030: Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acari y Yauca – Perú.

una matriz areniscosa gris amarillenta, los cuales se asocian a intervalos de grawacas y areniscas arcósicas gris amarillentas, de grano medio a grueso, que son más predominantes hacia el tope; hacia la parte terminal de la unidad se distinguen intercalaciones de cuarcitas grises o blancas, limonitas grises, subfisibles, bancos gruesos de volcánicos andesíticos porfíroides y ocasionales niveles de calizas chérticas.

### **COMPLEJO BELLA UNION**

Estas rocas están compuestas de brechas de naturaleza andesítica o dacítica, perteneciente al Cretácico, las mismas que están tapizadas por depósitos recientes que corresponden a suelos de origen aluvial.

#### **1.2.7.- GEOMORFOLOGIA DE LA ZONA DE INFLUENCIA**

El área de estudio se encuentra dentro de la llanura pre andina, cerca de la cordillera de la costa. Es parte de un abanico fluvial aluvional más o menos uniforme, caracterizado por las pequeñas lomas remanentes de la erosión de las laderas, cuyas áreas fueron ocupadas por antiguas haciendas y actualmente por asentamientos rurales. La altitud promedio del área de estudio es de 510 msnm.

#### **geología**

La zona donde se encuentran instaladas las presas de relaves de las plantas de la pequeña minería, se encuentra sobre depósitos eólicos y aluviales, con materiales fluviales, aluvionales o la combinación de estos, constituyendo una serie de terrazas levantadas.

Su matriz arenosa-limosa es suelta de origen glacial, con sedimentos arenosos, limosos a gravosos sub angulosos a sub redondeados, intercalan lentes recientes originados por las avenidas de flujo aluvionales de lodos de la cuenca alta, y que las pampas áridas erosionaron levemente al sedimento

glacial gravoso de clastos achatados de dioritas y granito rosado.

No hay evidencias neo-tectónicas, el espesor superficial de las lomas erosionadas es menor de 5,0 m y un desnivel menor a 1,0 m; respecto a Pueblo Viejo parece erosión eólica. La columna geológica de la zona de Nasca está constituida por unidades lito-estratigráficas con un rango vertical comprendido entre el Jurásico y el Cuaternario, separados por discordancias, como efecto de sucesivos procesos tectónicos. La distribución de las rocas precámbricas y paleozoicas es restringida, predominando rocas del Mesozoico y el Cenozoico. Limitado por secuencias volcánicas y sedimentarias jurásico-cretáceas (formación Cerritos o formación Tierras Blancas). En la margen izquierda del río Nasca, los cerros tienen una elevación hasta de 1700 msnm, cubiertos por enormes masas de arena de formación reciente similares a las de Cerro Blanco, las cuales recubren las formaciones mesozoicas. Afloramiento esporádico ponen de manifiesto que el lecho rocoso está constituido predominantemente por andecitas grises y andecitas porfídicas. Aguas arriba estas andecitas vienen cortadas por diques y vetas hidrotermales que forman pequeños yacimientos de minas de cobre. El terreno de fundación está conformado por los depósitos aluviales en la parte baja adyacente al río y fluvio - aluviales de apreciables características físico-mecánicas en las zonas adyacentes.

### **Estratigrafía**

Se encuentran unidades geológicas ígneas, sedimentarias y metamórficas con rangos cronológicos entre el Mesozoico y el Cuaternario reciente. El Mesozoico, está representado por

unidades clásicas, volcánico – clásticas y carbonáticas del Bajociano - Albiano medio, correspondientes a las Formaciones Guaneros, grupo Yura, formaciones Copara y Portachuelos, que se encuentra mejor difundida en las zonas de Nasca y Palpa. Durante el Cenozoico, de amplia difusión en las zonas de Nasca y Puquio, de un régimen eminentemente continental, caracterizados por una actividad magmática intensa en la región andina que produce gruesas acumulaciones de materiales volcánicos y volcánicos-clásticos, pertenecientes a la formación San Pedro, Puquio, Castrovirreyna, Grupo Nasca, volcánico caudalosa y barroso de edad Oligoceno-Pleistoceno.

#### **Depósitos aluviales. (Q-al)**

Los depósitos aluviales ocurren en forma muy localizada en el lecho de quebradas antiguas por donde pasa la línea de transmisión, estos depósitos están constituidos por mezclas de gravas con arenas, generalmente con cantos subredondeados a angulosos y matriz areno - limosa, lentes de arena sucias, lodolitas y materiales tufáceos se hallan en estado suelto a ligeramente consolidados, de naturaleza heterogénea y heterométrica. Estos depósitos pertenecen al Cuaternario Holoceno (Reciente).

#### **Depósitos eólicos - residuales. (Q-e)**

Estos depósitos tapizan a las rocas en lomadas, pampas y laderas de los promontorios o macizos, están conformados por arenas y arenas limosas, en superficie se hallan con esporádicas gravas y algunos fragmentos de roca, este material se encuentra en estado suelto, seco, con variable espesor, esta unidad por lo diseminado que se encuentra en el área de estudio no ha sido cartografiada.



### **1.2.8.- EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS NATURALES**

Esta evaluación consiste en la ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia en un determinado tiempo y área, los fenómenos de geodinámica interna y externa que pueden darse en la ciudad de Nasca y en el área del estudio.

#### **Geodinámica interna**

Se evalúa los efectos de las fuerzas de la naturaleza generadas por la evolución de la corteza terrestre, los cuales se manifiestan en movimientos sísmicos, actividad volcánica y formación de las cordilleras. La ciudad de Nasca es vulnerable a la actividad sísmica por estar asociada al fenómeno de subducción entre la Placa Sudamericana y la Placa de Nasca. Las fuerzas del interior de la tierra a causa del movimiento de la corteza se manifiestan a través de fenómenos como movimientos sísmicos. Todos ellos determinan la geodinámica interna.

#### **Sismicidad del área de influencia**

El Perú es considerado una zona de alta actividad sísmica, principalmente por encontrarse dentro del cinturón circumpacífico del fuego, que conforma una de las zonas sísmicas más activas del mundo y por la subducción de la placa de Nasca debajo de la placa Sudamericana, cuyo índice de convergencia entre ambas es de unos 10 cm por año, aproximadamente.

Es así que el área de interés está afectada por una sismicidad de elevada intensidad, debido a su proximidad a la zona de colisión entre las placas mencionadas anteriormente.

La placa de Nasca entra en subducción bajo la placa Sudamericana a una profundidad de 650 a 700 km. Esta información ha permitido describir algunas características

necesarias para la delimitación de las fuentes generadoras de sismos.

De acuerdo a la clasificación del IGP la región donde se encuentra ubicada la localidad de Nasca y zona de influencia, es considerada como de sismicidad alta. Esta región adyacente a la subunidad Puna altiplánica Occidental, está afectada por actividad tectónica asociada a fallas regionales con hipocentros próximos a superficie que producen movimientos sísmicos de 3,4 a 5,0 de magnitud, sismos de hipocentros profundos, con distancias focales de 100 a 300 km. y a mayores profundidades, estos relacionados al fenómeno de subducción de la Placa de Nasca.

Analizando el listado de la Tabla Matriz Especial del Catálogo Sísmico del Perú, que presenta la profundidad focal de terremotos localizados instrumentalmente ocurridos entre 1900 a 1984; en la región limitada por las latitudes 15°S a 15,5°S y por las longitudes 75°W a 75,5°W, región que contiene al distrito de Nasca y consecuentemente el área de estudio, se concluye que existe mayor concentración sísmica.

### **Balance hídrico en el depósito**

Se ha realizado un balance de agua en el depósito de relaves, a fin de determinar los flujos de agua que se evacúan por el sistema de drenaje de la infiltración y por las queñas que servirán para la captación del agua de sondaje, y para dimensionar las obras de captación y almacenamiento de las aguas recuperadas, que son reutilizada en planta, dada su escasez en la zona de estudio.

La principal fuente de abastecimiento de agua es proveniente de la capa freática (subsuelo) que discurre por el valle, para el consumo en el beneficio de minerales (procesos de flotación, lixiviación y cianuración); el agua usada en estos procesos en

forma de pulpa es depositada en las relaveras, luego decantadas de forma natural y son recirculadas en un buen porcentaje, otro porcentaje queda como humedad de los relaves, un pequeño porcentaje se evapora y el resto drena al subsuelo si la relavera no está protegida con algún impermeabilizante o geomembrana, dichos efluentes líquidos o aguas tienen una serie de reactivos, sustancias y elementos extraños que, si no son adecuadamente controlados pueden causar daños irreversibles a los ecosistemas.

Los relaves de estos procesos son vertidos directamente hacia el suelo contaminando porque contienen reactivos remanentes utilizados en el proceso, metales pesados que han sido disueltos y pueden drenar a las napas freáticas contaminándolos.

### **Temperatura**

La temperatura presenta un régimen anual e interanual bastante definida de tal modo que en una región ésta presenta pocas variaciones. En el área de estudio la temperatura está condicionada básicamente por la inversión térmica, fenómeno característico de la costa central y sur del país, con temperaturas invernales marinas y la formación de nieblas estacionales. En años normales, la temperatura invernal de las aguas frías de la corriente costera y afloramientos varía de 14° a 16°C, lo que hace que el viento más cálido y cargado de humedad, que proviene de los anticiclones de altamar (más cálidos por estar fuera de la influencia de las masas frías de la corriente), se enfríe por contacto con el agua fría de la corriente cuando llega en su marcha hacia el continente. El aire enfriado condensa con frecuencia las nieblas invernales, y las nieblas reducen considerablemente la radiación, reduciendo las temperaturas diurnas, y moderando las temperaturas nocturnas. De este modo se presenta una situación de inversión térmica, de invierno, cuando las temperaturas del

litoral son menores que las que se hallan al interior del continente.

#### **1.2.9.- ECOSISTEMAS MIXTOS**

Son mezcla entre dos tipos de ecosistemas (humedales, costas, etc.)

#### **1.2.10.- ECOSISTEMAS HUMANIZADOS**

Son ecosistemas originados o modificados por la actividad humana, ya sean rurales o urbanas, construcciones o edificios, carreteras, cultivos, animales domésticos, etc. (ciudades, pueblos, caseríos, etc.)

#### **1.2.11.- MATERIAL PARTICULADO:**

Al material particulado se simboliza por PM, por sus siglas en inglés Particulate Matter, y el número que acompaña a este símbolo indicará el diámetro de la partícula (ejemplo: PM10 son partículas iguales o menores a 10 micras). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), Al material particulado lo define como una mezcla compleja de partículas extremadamente pequeñas y líquidas, que tienen como parte de su composición: ácidos (como nitratos y sulfatos), productos químicos orgánicos, metales, y tierra en polvo.

Se denomina PM al conjunto de diminutas partículas sólidas y pequeñas gotas de líquido que se hallan presentes en el aire y que causa en muchas ocasiones por graves problemas de contaminación. Alley, (2001)<sup>2</sup>.

Al material particulado lo define como un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera, que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades

morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas, Arciniégas, (2011)<sup>6</sup>.

La presencia en la atmósfera de este contaminante ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmósfera, causada por la absorción y dispersión de la luz (Chen, Ying & Kleeman, 2009)<sup>15</sup>. Además, la presencia del material particulado está asociada con el incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras de adultos (Pope, 2004)<sup>36</sup>.

Por lo tanto, el material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más complejos por sus características físicas (distribución de tamaño de partícula, morfología, y densidad), por sus características químicas (compuestos orgánicos e inorgánicos, metales, metales pesados, y contaminantes primarios y secundarios), por sus efectos sobre los ecosistemas, el clima y la salud humana, (Angulo et al., 2011) <sup>5</sup>.

Hay una preocupación respecto a las PM10, debido a que son partículas que generalmente al ser aspirado, pasan por la garganta, las fosas nasales y entran en los pulmones. Una vez inhaladas, estas partículas pueden afectar el corazón, los pulmones y causar efectos graves para la salud.

Según la Agencia de Protección Ambiental de California, (2012), respecto al MATERIAL PARTICULADO PM10, lo define como partículas sólidas o líquidas, como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen dispersos en la atmósfera, cuyo diámetro es inferior a 10µm, las mismas que están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). Dentro de los metales pesados, los más

relevantes desde un punto de vista toxicológico son el arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo, entre otros.

**Tabla N° 03: Valor Guía de OMS y Normas de calidad en diferentes países.**

Contaminante	PM 10		PM 2.5		SO2		O3		NO2	
	Máx. Prom.	Media Arit.	Máx. Prom.	Media Arit.	Máx. Prom.	Media Arit.	Máx. Prom.	Media Arit.	Máx. Prom.	Media Arit.
	24 hr ug/m <sup>3</sup>	Anual ug/m <sup>3</sup>	24 hr ug/m <sup>3</sup>	Anual ug/m <sup>3</sup>	24 hr ug/m <sup>3</sup>	Anual ug/m <sup>3</sup>	24 hr ug/m <sup>3</sup>	Anual ug/m <sup>3</sup>	24 hr ug/m <sup>3</sup>	Anual ug/m <sup>3</sup>
OMS (a)	50	20	25	10	20	500***	100***	50	200*	40
EPA-USA (b)	150	50	65	15	366	78	157		100	
SUIZA	50	20			100	30	120*		80**	30
EEA (c)	50	20			125		120		200	40
México	150	50	65		341	79	157		395	
Bolivia	150	50			365	80	236*		400	150**
Chile	150		65	15	250	80	160*			100
Perú	150	50	50		80		120		200	100
Argentina	150	50			365	80			100	
Brasil	150	50			365	80				100
Costa Rica	150	50			365	80				100
Ecuador <sup>(21, 32)</sup>	150 <sup>(33)</sup>	50			350 <sup>(27)</sup>	80			150	100 <sup>(27)</sup>
Estados Unidos	150 <sup>(28)</sup>	50			366 <sup>(27)</sup>	79 <sup>(27)</sup>				100
Japón	100				104				104-112	
Chile	150	50			250	80				100
Colombia					400 <sup>(27)</sup>	100			100	

\* 1 Hora (a) Organización Mundial de La Salud  
 \*\* 24 Hora (b) Agencia de Protección Ambiental (Siglas en Ingles)  
 \*\*\*\* 8 Horas (c) European Enviromental Agency  
 \*\*\* 10 Min.  
 (27) No puede ser superada mas de una vez por año  
 (29) Promedio maximo horario  
 (31) Particulas sedimentales  
 (32) Material particulado menor a 2.5 micrones  
 (33) Valor que no podra ser excedido más de dos veces al año

### 1.2.11.1.- CLASIFICACION DE MATERIAL PARTICULADO

Las partículas se pueden clasificar, de acuerdo con su origen, en polvo, humo, cenizas volantes, niebla y aerosoles las primeras tres, son sólidas y las dos últimas líquidas.

Es importante diferenciar los términos que con frecuencia se emplean al tratar la contaminación por partículas entre estos se mencionan el polvo, los vapores, el smog, humos, humo industrial. Moreno (2003), define estos términos de la siguiente forma:

**El Polvo**, son partículas sólidas producidas por medios mecánicos, como el chancado de mineral, material pulverizado por molienda en seco o la meteorización natural del suelo, cenizas de los volcanes.

**Vapores:** conocidos como humos metálicos, son partículas muy finas procedentes de la vaporización y al enfriarse, el vapor metálico forma gotículas esféricas líquidas que se solidifican manteniendo su forma.

El **smog**: es el término con que suele describirse el aerosol fotoquímico característico de la contaminación atmosférica de tipo oxidante.

**Humos:** son mezclas complejas de partículas sólidas y líquidas, gases y vapores formados en la combustión incompleta de la materia orgánica.

#### **1.2.11.2.- CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PARTICULADO**

**Tamaño.** Una importante característica del material particulado es la distribución por tamaño que diferencian sus efectos asociados a la salud y del bienestar. Los diámetros de partículas atmosféricas atraviesan 5 órdenes de la magnitud, extendiéndose de 0,001 micrómetros a 100 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

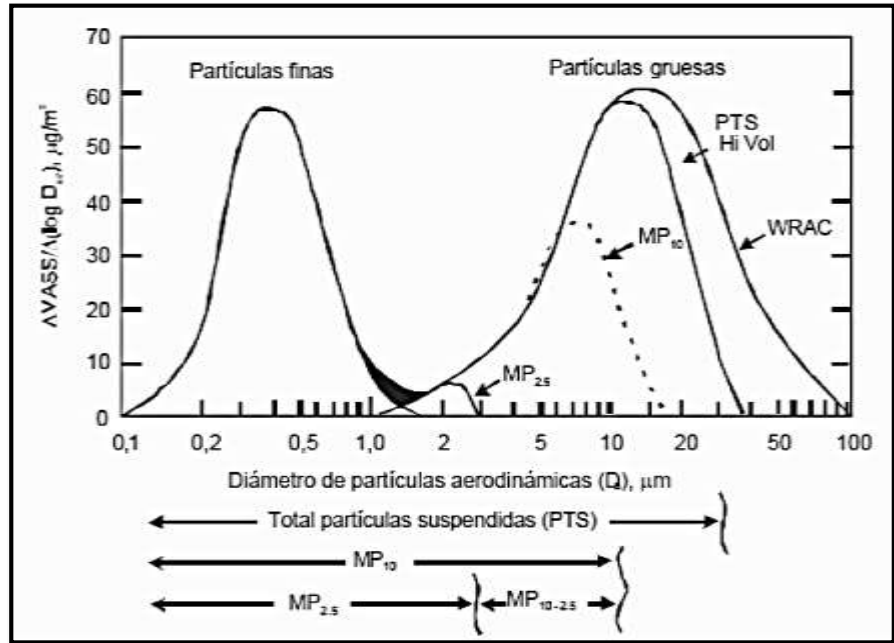
El tamaño y la composición asociada de partículas determinan su comportamiento en el sistema respiratorio, incluyendo cómo las partículas pueden penetrar, donde se depositan, y la eficacia de los mecanismos de defensa del cuerpo para expulsarlas.

Además, el tamaño del material particulado es uno de los parámetros más importantes al determinar el tiempo de residencia y la distribución espacial de las partículas en el medio ambiente. El tamaño del material particulado es

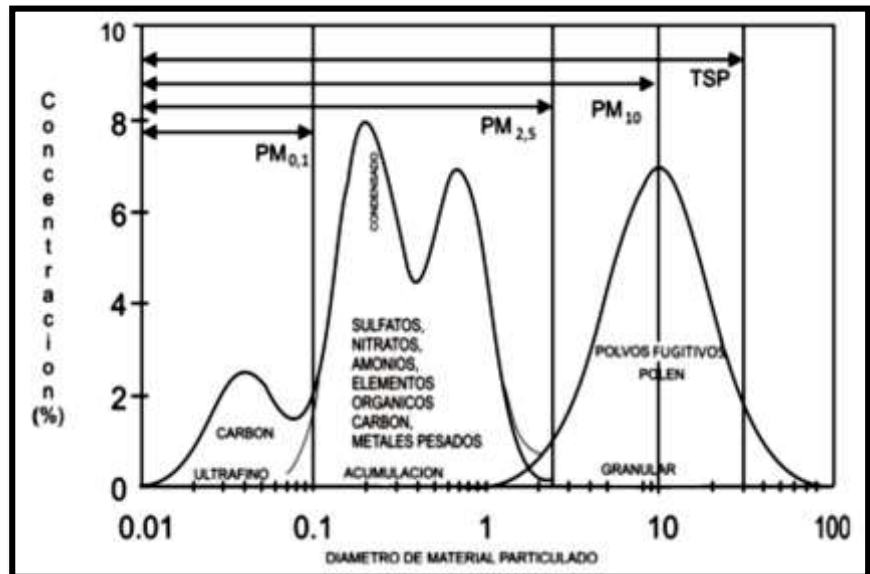
también un factor importante de la debilitación de la visibilidad.

La Figura 6, muestra un ejemplo representativo de la distribución de masa del material particulado en función del diámetro de las partículas aerodinámicas.

**Fig. N° 05.-** Tamaños de partículas encontrados en el aire



**Fuente:** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA (1996)



**Fuente:** Distribución típica de las partículas en la atmósfera donde se muestran las partículas finas y las gruesas. Tomado de Watson & Chow (2000)



Diferentes estudios han demostrado que existe asociación entre ciertos efectos en la salud y algunos contaminantes en el aire. Mayormente, se ha observado que la exposición a contaminantes atmosféricos se asocia de manera significativa con efectos agudos y crónicos o acumulativos en la salud por la exposición a largo plazo. Los efectos en la salud asociados con la contaminación del aire pueden clasificarse como efectos por irritación, morbilidad asociada a contaminantes del aire y mortalidad asociada a contaminación atmosférica.

#### **1.2.11.3.- FUENTES DE MATERIAL PARTICULADO.**

Las partículas finas (PM<sub>2.5</sub>) y gruesas (PM<sub>10</sub>) tienen generalmente fuentes y mecanismos distintos de formación, aunque hay un cierto traslape. Las partículas gruesas son generalmente partículas primarias, significando que ellas se emiten de su fuente directamente como partículas. La mayoría de las partículas gruesas resultan de la evaporación de aerosoles, o de la resuspensión del polvo, también provienen de actividades de la construcción y de la demolición, agricultura, explotación minera generalmente de la voladura a tajo abierto, de la mineralurgia: carguío, transporte de mineral proveniente de mina, descarga o depósito en las tolvas de almacenamiento, transporte en fajas, en la reducción de tamaño de partículas por chancado y clasificación por zarandas vibratorias en plantas de procesamiento, y los materiales en polvo desplazados por el viento ya sea de los relaves producto de la concentración por flotación u otros casos, que tienen una granulometría generalmente menores al 60 % menos malla 200, al ser secados por el

calor en la zona de influencia de Nasca, son erosionados y desplazados a gran distancia; materiales biológicos, cenizas volantes generadas por la combustión, gases precursores ocasionados por combustión de material fósil, incluido los vehículos de motor, instalaciones de la generación de energía, instalaciones industriales, quemas residenciales de madera, quemas agrícolas, e incendios forestales.

#### **1.2.11.4.- EFECTOS NOCIVOS DE MATERIAL PARTICULADO.**

La contaminación atmosférica con partículas de minerales, tienen efectos nocivos para la salud trayendo como consecuencia problemas de: irritación de ojos y penetración por las vías respiratorias, las partículas mayores a 5 micrones se depositan en las fosas nasales, en la tráquea y bronquios, mientras que las de inferior diámetro se depositan con mayor probabilidad en los bronquiolos y alvéolos pulmonares a medida que su tamaño disminuye, generando lesiones al aparato respiratorio, además según el tamaño y la composición de la partícula puede incrementar la frecuencia de cáncer pulmonar, en otros casos muertes prematuras y consecuencias de síntomas respiratorios severos, también puede provocar asma, y tumores bronquiales, por ejemplo si son partículas de sílice o minerales de cuarzo que normalmente poseen los minerales del proceso en la minería, generan enfermedades en los seres humanos como la silicosis, y enfermedades cardiovasculares; respecto a los vegetales, se genera interferencia de la fotosíntesis de las plantas perturbando el intercambio de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera al impedir la penetración de la luz solar, producción de necrosis de las plantas (muerte

celular), la inutilización de las plantas para la alimentación, potencian el efecto de otros contaminantes gaseosos, etc. La presencia de partículas en el aire, es su dimensión la que genera efecto en la salud, debido al grado de penetración y permanencia que ellas tienen en el sistema respiratorio. (CEPIS/OPS/OMS, 1999).

**Fig. N° 06.- Efectos de los contaminantes del aire en la salud**



**Tabla N° 04.** Efectos por exposición a material particulado de PM10 y PM 2.5 en la salud humana.

CONCENTRACIÓN (µg/m <sup>3</sup> )	EFEECTO EVALUADO	IMPACTO
200	Disminución de capacidad respiratoria	Moderado
250	Aumento de enfermedades respiratorias en niños y ancianos	Moderado
400	Afecta a toda la población	Grave
500	Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermo	Muy grave

**Fuente:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS/OMS, 1999.

Otras consecuencias son los daños en general son a las modificaciones de aspecto y deterioro de las edificaciones, decoloración de pinturas, corrosión de metales, ataque a materiales orgánicas (Piel, papel, textiles, etc.), pérdidas agrícolas.

### 1.2.12 LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE (ECA):

Para contrarrestar la contaminación atmosférica se han planteado normas de calidad del aire con la finalidad de proteger la salud humana (normas primarias) y proteger el bienestar del ser humano y los ecosistemas (normas secundarias), cuyas concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos durante un período definido, están diseñadas con un margen de protección ante los riesgos. (CEPIS / OPS / OMS, 1999).

Por ello en el Perú, así como otros países, establecen y se debe evaluar y monitorear periódicamente en concordancia a los EIA o PAMAS de cada empresa.

**Tabla N° 05. Valores límite de PM10 y PM2.5 de varios países y guía de la OMS.**

OMS	PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		PM2,5( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	24 h	1 año	24 h	1 año	24 h	1 mes	1 año
Argentina						150	
Bolivia					260		75
Brasil	150	50			240		80
Chile	150				260		75
Colombia					400		77
EE.UU	150	50	65	15			
México	150	50			260		75
Perú	150(*)	50(**)					

**Fuente:** CEPIS/OPS/OMS, 1999. **Nota:** (\*) No exceder más de tres veces al año. (\*\*) Media aritmética anual.

Los estándares de calidad ambiental del aire para PM10 en nuestro país son:  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para un período de exposición de 1 año calculado como la media aritmética anual y  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para un período de exposición de 24 horas el cual no debe excederse más de 3 veces al año, ambos determinados mediante métodos de separación inercial, filtración y gravimetría.

La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), se encarga de realizar el monitoreo de la calidad del aire, la evaluación de los resultados y el inventario de emisiones a nivel nacional y permanente y OEFA de fiscalizar el cumplimiento de las empresas de acuerdo a su EIA.

**Tabla N° 06. Estándares de Calidad Ambiental para Aire.**

Parámetros	Periodo	Valor	Criterios de Evaluación	Métodos de análisis <sup>(1)</sup>
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media Aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia automática
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) <sup>[2]</sup>	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	

Plomo (Pb) en PM10	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

**N.E** No exceder,

[<sup>1</sup>] Método equivalente aprobado.

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

**Fuente:** DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM

### 1.2.13 LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP):

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente. Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.

**Tabla N° 07. Límites máximos permisibles Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire**

<b>LIMITES MXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES GASEOSAS Y DE PARTICULAS PARA ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS EN CURSO</b>				
PARÁMETRO REGULADO	ACTIVIDADES DE PROCESAMIENTO Y REFINACIÓN DE PETROLEO		FORMATO ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN	
	Concentración en cualquier momento	Concentración Media Aritmética Anual	Concentración en cualquier	Concentración Media Aritmética Anual

	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	r moment o mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	2500	2000	1200	1000
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	550	500	550	500
Partículas para craqueo catalítico (1)	400	300	--	--
Partículas para otros casos	150	100	150	100
Monóxido de carbono (CO) para craqueo catalítico	2000	1500	--	--

**Fuente:** Límites Máximos Permisibles para las Emisiones Gaseosas y de Partículas de las Actividades del Sub Sector Hidrocarburos, Decreto Supremo N° 014-2010 - MINAM

#### **1.2.14.- RELAVES DE PLANTAS PROCESADORAS DE LA PEQUEÑA MINERÍA EN NASCA (SAN HILARION)**

Las plantas procesadoras ubicado en el distrito de Vista Alegre y provincia de Nasca, departamento de Ica, todas poseen de un depósito de relaves con una capacidad de almacenamiento mínimo de 5 años, teniendo en cuenta que la capacidad de tratamiento de la planta procesadora oscila de 100 TMS/día a 350 TM/Día como máximo.

Los relaves están formados por una pulpa compuesta de mineral fino de malla de 55% al 80% menos malla 200, con una relación sólido líquido de 1 a 3, los cuales son conducidos por tuberías de 4" de diámetro hasta el depósito ubicado a cierta distancia estratégicamente diseñados.

Los diseños del depósito que se han realizado haciendo uso del sistema de suelo armado y un óptimo sistema de drenaje, ya que se requiere que sea estable físicamente y cumpla con la normatividad ambiental vigente. Con esta metodología se tratan de aprovechar al máximo el uso de

materiales de la zona y del mismo relave, además de no realizar grandes movimientos de tierra, a fin de efectuar un mínimo disturbamiento de las zonas adyacentes y ocasionar un bajo impacto visual, dado que el terreno donde se ubica el depósito de relaves es casi plano, se han aplicado primeramente una excavación de una poza de forma trapezoidal de 60 metros de largo y 5 metros de profundidad, con 50 metros de base mayor y 35 metros de base menor; primero se efectuaron trabajos de excavación, seguido de compactación hasta obtener la rasante de la base y de los taludes que conforman la cancha de relaves, seguidamente se colocaran en la base y taludes correspondientes de 0.3 m de arcilla compactado cuya finalidad es impermeabilizar , colocando sobre ella geomembranas y evitar la filtración de soluciones al subsuelo, paralelamente se construyen el sistema de prevención de fugas que consiste en la instalación de tuberías perforadas (drenes que evacuaran las soluciones hacia el exterior para ser conducidas hacia la poza colectora), las pozas colectoras es un punto de control el mismo que es construido de concreto ciclópeo las tres caras excepto la cara otra de la cancha de relaves, que está protegida por una malla de acero que permitirá la filtración de cualquier solución que pueda prevenir de la cancha de relaves, son además expuesta parámetros de confinamiento en gaviones. Estos gaviones también han sido rellenos con material de préstamo, los cuales tienen aproximadamente 5,0 m de altura máxima, llegando a la cota 520,34 como nivel de coronación y a la cota 519,34 como nivel de disposición de relave. La capacidad de almacenamiento se precisa de 5 años, como mínimo.



El método de disposición han sido anillos o Paddock, ya que la zona donde se han construido el depósito es prácticamente plana, no hay precipitaciones y su tasa de evaporación por las altas temperaturas es significativa, por lo que se necesita que los cuatro lados del depósito estén confinados. Este método de disposición permitió almacenar 611 262 ton. de relave en 8,37 años, a una capacidad de tratamiento de planta de 200 TM/día. Cabe mencionar que en la poza excavada se han almacenado relaves hasta por 1,82 años con conducción del mismo por gravedad, luego de este periodo habrá que bombearse hacia el depósito.

Todo el depósito es impermeabilizado con una geomembrana de HDPE de 1,5 mm, a fin de evitar la infiltración de agua de los relaves hacia el subsuelo, y están pueda drenar a la napa freática. Las soluciones de agua del relave son captadas por un sistema de drenaje de geocompuestos y tuberías que colectan hacia una poza de recuperación de soluciones, para de allí recircularlas a la planta para su reuso.

La estrategia planteada es la de lograr el bajo uso de materiales de la zona, así como del uso intensivo del mismo relave, evitando así la disturbacion de áreas adyacentes por el uso de materiales de cantera de la zona, considerando que estas son escasas.

El uso del relave se dará en la construcción de los diques perimetrales que serán necesarios en el recrecimiento. Se usarán gaviones, geotextiles, geocompuestos de drenaje y tuberías de conducción de las aguas de drenaje hacia una poza de recuperación, garantizando la capacidad de almacenamiento y la estabilidad pseudo-estática de la estructura, es decir ante los sismos. La ejecución de las

obras al respecto no supondrá, en lo posible, inversiones iniciales altas ya que se han propuesto la construcción gradual de las estructuras planteadas, de acuerdo a las necesidades de la disposición de los relaves.

El área donde se encuentran los depósitos de relaves presenta un clima del tipo cálido seco, soleado durante todo el año, con una temperatura media anual de 19° C. Se caracteriza por ser pre-árido y semi-cálido, con una temperatura máxima absoluta de 29,1°C en verano y mínima de 11,4°C en invierno. Las precipitaciones son escasas e inferiores a 15 mm anuales, sólo excepcionalmente se producen lluvias de gran intensidad de corta duración y que tienen un origen extra zonal.

Los relaves provenientes de la planta concentradora estarán constituidos mineralógicamente en su mayor parte por rocas volcánicas, cuarzo, en pequeñas cantidades por limonita, hematita, crisocola, esmithsonita y la serie de piritas, que proceden de la flotación del mineral polimetálico.

Los relaves , serán depositados en una cancha, exclusivamente destinados para éste, debidamente impermeabilizadas con geomenbrana y geotextil, la cantidad diaria de acuerdo al balance metalúrgico será de 190.2 TMSPD, que constituirán el muro de contención a base de los gruesos producidos por una clasificación mediante el funcionamiento de ciclones tipo Krebs D10 y los finos se depositarán en la parte interior de la presa; por otra parte el agua decantada será recuperada por medio de las quenás, que fluirán hacia las pozas de bombeo, que estarán provistos de bombas Hidrostral de 3" x 3", que se dedicarán a bombear hacia los tanques de agua de la

planta concentradora, con la finalidad de volver a utilizarlo en las operaciones metalúrgicas.

#### **1.2.15.-OPERACIONES UNITARIAS EN UNA PLANTA CONCENTRADORA DE PEQUEÑA MINERIA.**

La ubicación de las plantas de la pequeña minería de la zona generalmente a 18 km al suroeste del distrito, provincia de Nasca, departamento de Ica, se encuentra a la altura del kilómetro 463 de la Carretera Panamericana Sur, y se puede acceder desde Lima por vía terrestre, a través de Nasca. La distancia y tiempo aproximado para recorrer los 463 km es de 7 horas de desplazamiento sobre vía asfaltada.

También puede accederse por vía aérea, a través de un aeródromo de tránsito menor administrado por CORPAC, el cual está ubicado en un área aledaña a la base de la Fuerza Aérea del Perú y cuenta con una pista de aterrizaje de 1000 m<sup>2</sup> en regular estado de conservación.

Por vía marítima se accede también, a través del puerto San Juan ubicado en el distrito de Marcona, de allí por la vía Panamericana hacia el Nor-Este. La infraestructura portuaria existente no está en óptimas condiciones.

Las plantas concentradoras benefician minerales de cobre y en otros casos polimetálicos de cobre-plomo y plata, por el método de la flotación bulk o de conjunto cobre – plomo - plata y diferencial cobre - plomo, a razón de 200 TMSD, proveniente de las diferentes labores de la mina.

#### **Recepción**

El transporte de los minerales, proveniente de las diferentes labores de la mina hacia la concentradora, se

realizan por medio de volquetes de 20 Toneladas de capacidad, durante los tres turnos de trabajo establecido.

### **Almacenamiento**

Previo pesaje en una balanza electrónica de 80 toneladas de capacidad, de terceros, el mineral se alimentará a la tolva de gruesos, provista de una parrilla de rieles de 90 Lb. x 5 m. x 6" de abertura, con una capacidad de 100 TMH, o almacenando en la cancha de gruesos (stock pile) de acuerdo a calidades de los minerales, debidamente clasificados.

La alimentación a la tolva de gruesos se efectúa mediante el uso de un cargador frontal 950, de 5 toneladas de capacidad y/o volquetes de 20 ton, efectuando un blending o mezcla de acuerdo a las calidades de los minerales, previo a su procesamiento.

El circuito de la planta concentradora consta de las siguientes secciones: Chancado-clasificación, Molienda-clasificación, flotación, secado-despacho de los concentrados y disposición de relaves.

### **Sección chancado - clasificación**

La trituración primaria en esta sección se iniciará con la reducción mecánica del mineral, empleando para ello un chut-compuerta debidamente graduado, para el control del flujo de carga de la tolva de gruesos y será alimentado a un Grizzly vibratorio de 3' x 6' con motor eléctrico de 10 HP, los finos pasan a través de las aberturas de 1 ½" y alimenta a una faja transportadora N° 1, los gruesos que no atraviesan al vibratorio pasan como rechazo a la chancadora de Quijadas de 16" x 24" con motor eléctrico

de 48 HP, graduada a un set de descarga de 1 1/2" – 2"; el tamaño promedio de la alimentación es generalmente de 6" y tamaño del producto de 1 1/2", el producto del chancado primario se unen con los finos del Grizzly, y son transportados mediante la faja transportadora N° 1 de 20" de ancho y una longitud de 30 m., accionado por un motor eléctrico de 12 HP, que lo llevará hasta alimentar a la zaranda vibradora de 4' x 8', accionado por un motor eléctrico de 12 HP, el Undersize (finos) de esta zaranda pasará a la tolva de finos de una capacidad de almacenamiento de 100 TM y el over size (gruesos) serán recirculados como carga circulante y alimentados a través de una faja transportadora N° 2 de 24" x 20 m, a la chancadora cónica Symons de 2' STD, con un motor eléctrico de 40 HP, esta chancadora esta graduada a un set de 3/4"; cuyo producto será transportado conjuntamente con el producto del chancado primario, mediante la faja transportadora N° 1, trabajando de esta forma en circuito cerrado. Se instalaron atomizadores y extractores de polvo, a lo largo del circuito, para controlar los polvos.

### **Sección molienda**

La liberación de los elementos valiosos del mineral, se realizan en la mayoría de las plantas concentradoras, en dos etapas: Molienda primaria y Molienda secundaria o remolienda.

**Molienda primaria y secundaria:** El mineral almacenado en la tolva de finos de 100 TM de capacidad, se alimentará mediante un Shut de descarga, con compuerta graduada y una faja transportadora N° 3 (faja alimentadora) de 20" x 10

m, accionado por un motor eléctrico de 7 HP y se alimenta al molino primario de bolas de 6'x 6', accionado por un motor de 130 HP, a razón de 7.92 TM/hr., el control del tonelaje se realiza mediante una balanza electrónica-digital de faja o por medio del pesaje del operario (molinero) de un corte de mineral ; el tamaño promedio de alimentación a este circuito será de 3/4" – 1/2" ( F80 = 15240 micrones) y el tamaño promedio del producto se considera de 120 micrones (55 % malla -200), con tendencia a 60% - malla 200, la descarga del molino primario se alimenta a una bomba de pulpa WARMAN 4"x 3", accionado por un motor eléctrico de 20 HP, que impulsa la pulpa a un ciclón Krebs D-10B y esta a su vez clasifica dos productos , el rebose del ciclón(Finos) con una densidad de pulpa de 1,250 gramos por litro (dependiendo del tipo de mineral tratado), se enviará a un banco de dos celdas de 24 pies cúbicos cada uno (Tipo DENVER 32" x 32"), que actúa como celda unitaria, etapa rougher(flotación bulk ó cobre), extrayendo concentrado final, accionado por un motor eléctrico de 10 HP y las arenas ( Gruesos), con una densidad de pulpa de 2,000 gramos por litro, se alimentará al Molino Secundario de bolas de 5`x 5`, accionado por un motor.

### **Sección flotación**

Esta sección consta de dos circuitos de flotación y será flexible para el tratamiento de minerales, cuyas características permita efectuar solamente una sola flotación del tipo Bulk, además se contará con un circuito flexible de celdas horizontales 38"x 38" para separación Cobre-Plomo, en los casos que justifique, orientados a producir concentrados de cobre y concentrados plomo.

## **FLOTACION DE COBRE – PLOMO**

### **Celdas circulares tipo Serrano o Morococha**

El 100 % de las colas de la celda unitaria Duplex 32" x 32", se descarga en la primera celda circular W. Serrano 6'x 7' (20 HP) , cuyas espumas van a las cochas de concentrado final y la cola descarga en la 2ª celda circular 6'x 7' (1er rougher), las colas de ésta descarga a la 3ª celda circular 6'x 7' (2º rougher) y las espumas descargan a la única celda DENVER 32"x 32",de limpieza o cleaner, cuyas espumas se juntan a las espumas de la 2ª celda circular y mediante una bomba Warman de 3"x 2" descargan en las cochas de almacenamiento de concentrados. Las espumas de la 3ª celda circular se unen a las espumas de la limpieza y retornan a la 2ª celda circular, las colas de la 3ª celda circular descargan al primer banco de 04 celdas horizontales 38"x 38"(primer scavenger) y las espumas de ésta descargan a la 2ª celda circular, mediante una bomba Warman 3"x 2", las colas del primer scavenger descargan al 2º banco de 04 celdas horizontales (2º scavenger), cuyas espumas retornan al primer banco scavenger, y las colas descargan al cajón de la bomba COMESA S.R.L 5"x 4", para ser trasladados mediante una tubería de 4" a la cancha de relaves.

### **Sección despacho de concentrados**

Los concentrados almacenados en sus respectivos depósitos (cochas), serán descargados a las losas de cemento de 20mts x 40mts, para el secado respectivo al sol, durante 03 días, por la zona calurosa que presenta Nasca, luego despachados o cargados mediante cargador

frontal 950 ó Bob Cat (mini cargador), hacia los camiones metaleros de 30 toneladas de capacidad,

Los camiones metaleros serán pesados vacíos para el destare y con carga, en una balanza electrónica HBM modelo TRACK CELL de 80 toneladas de capacidad (de terceros) luego serán protegidos con tolderas y se sellarán con precintos de seguridad, cuya numeración irá anotada en la respectiva guía de remisión, juntamente con la numeración del Lote y demás datos del transportista.

### **Canchas de almacenamiento de relaves**

Con la finalidad de cumplir con el Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA), el material desecho de las concentradoras, denominado RELAVE, serán enviados mediante una bomba de pulpa horizontal de 5" x 4" (motor 30 HP) y tuberías de polietileno de 4" de diámetro, hasta la cancha de depósito de relaves, cuya presa tendrá las adecuadas características técnicas de diseño y construcción (COPERSA).

El depósito de relaves será efectuado mediante el método de Segregación Idealizada de Tamaño de partículas y de descarga paralela en dos puntos en forma manual, aguas abajo, la descarga se realiza por medio de ciclones D10 – B, los mismos que irán cambiando de ubicación a lo largo del dique o muro de arranque, el overflow (Finos) ingresarán a la cancha de relaves y el underflow (Gruesos), pasarán a conformar el muro de contención con un talud apropiada y natural.

La decantación del agua se realizará en forma natural y será en la parte frontal de la descarga que serán



evacuados por medio del sistema de quenas, hasta las pozas de sedimentación y recirculados (4.84 lt/s) hacia los tanques rectangulares de 50 metros cúbicos de capacidad de agua de la concentradora, mediante 1 bombas Hidrostal de 3" x 3", accionado por motor de 30 HP c/u, (uno en stand by), evitando de esta manera algún afluyente aguas abajo.

### **Suministro de la energía eléctrica**

La energía eléctrica, para la operación de las plantas concentradoras son tomados del sistema interconectado del Mantaro, a través de la sub-estación de transmisión Nasca troncal NA-03.

### **Consumo y abastecimiento de agua**

Teniendo en cuenta el tonelaje de 200 TMSPD de mineral a tratarse diariamente, la humedad promedio del mineral a tratarse de 1.00 % de agua, los concentrados de cobre y plomo a producirse y el desecho o relave, todos ellos conteniendo agua de acuerdo a sus densidades de pulpa, cifras tomados del balance metalúrgico proyectado, nos indica que se necesita 872 m<sup>3</sup> de agua por día de tratamiento, equivalente a 10.1 lt/s, de los cuales 4.84 lt/s será agua recirculada y 5.26 lt/s será agua fresca; el agua fresca para consumo humano será de 1.80 lt/s.

El abastecimiento de agua fresca (6.91 lt/s), se efectúa, mediante una bomba sumergible de 25 HP, tomando el agua del subsuelo a 74 m de la superficie.

### **Sistema de recepción, almacenamiento y alimentación**

El transporte del mineral, proveniente de las diferentes labores de explotación minera hacia la concentradora se

realizan por medio de volquetes de 10 m<sup>3</sup> de capacidad, durante las 24 horas del día, obedeciendo los tres turnos de trabajo establecidos, acusando pesos entre 18 a 22 TMH/viaje. Previo pesaje en una balanza de plataforma mecánica de 80 TM de capacidad (de terceros); el mineral se alimentará a la tolva de gruesos de 100 TMH de capacidad, provista de una parrilla de rieles de 90 Lb x 5 ms x 6" de abertura o separación y eventualmente se almacenará en la cancha de gruesos debidamente clasificado por calidades y características de los minerales.

El almacenamiento de los minerales en la cancha será temporal, puesto que el tratamiento de beneficio de los minerales será continuo conforme se van recepcionando.

La alimentación del mineral almacenado hacia la tolva de gruesos se efectuará mediante el uso de un mini-cargador frontal BOBCAT de 1.140 TM de capacidad o un cargador frontal 950, efectuando un mezclado adecuado de los minerales de acuerdo a sus calidades y características.

La planta concentradora beneficiará minerales polimetálicos de cobre-plomo y plata, por el método de la flotación de conjunto o bulk o diferencial cobre-plomo, a razón de 200 TMSPD, proveniente de las diferentes labores mineras efectuadas en las concesiones mineras en la zona del distrito Chavincha, provincia de Lampa, de la región Ayacucho y minas aledañas particulares al área del proyecto (Coronilla), en calidad de servicios.

### **1.2.16 CLASE DE MINERAL A TRATAR**

Los depósitos del mineral de mina provienen de diferentes departamentos del país, por ejemplo, del yacimiento de Chavíncha, con minerales de sulfuros de cobre (Calcosina, Calcopirita) y óxidos (crisocola, malaquita).

Los minerales valiosos extraídos producto de las actividades de exploración, desarrollo, preparación y explotación a realizarse dentro de las áreas de la concesión mineras Chavíncha y minas aledañas particulares, serán procesadas en la planta concentradora de minerales, mediante el proceso de concentración por Flotación, utilizando equipos y maquinarias adecuados y requeridos, para el procesamiento eficiente de los minerales.

Esta estructura presenta una mineralización polimetálica, principalmente de cobre (Cu), plomo (Pb), plata (Ag) y, donde sus leyes promedias acusarán valores de 2 – 4 % de cobre, 0.50 – 1.00 % de plomo y 1.00 – 2.00 Oz de plata por tonelada, a su vez los pesos específicos se estiman en 2.80 para el mineral y 2.70 para el material estéril o ganga (roca encajonante).

#### **Análisis fisicoquímico de los minerales y desmontes**

La composición química de la mena/ganga (Mineral/Desmonte), son: cuyos valores metálicos en el mineral son: Cobre 2.00 %, Plomo 0.85 %, Plata 1.00 Oz/t y como minerales no económicos pirita, limonita, hematita y rocas volcánicas.

### Reactivos a utilizar

Los reactivos que se proyectan utilizar para una capacidad de 350 TMSPD, serán los siguientes:

**Tabla N° 08 – Reactivos para el circuito de flotación cobre – plomo – plata**

ITEM FUNCION	REACTIVO	kg/TM
1 modificador de PH	Cal	3.50
2 agente sulfurizante	Sulfuro de sodio	0.15
3 promotor de oro y óxidos	Aeropromotor 404	0.10
4 Promotor de Ag, Cu y Pb	Aerofloat A-31	0.05
5 promotor de Pb y Ag.	Aerofloat A-208	0.01
6 colector de Cu	Xantato Z-6	0.10
7 espumante	Dow-froth 250	0.15
8 floculante	Separán	0.02

### Concentrado de cobre

El concentrado de cobre que se obtendría en la planta concentradora por un día de trabajo u operación, con una capacidad de tratamiento de 200 TMSPD.

#### 1.2.17. PASIVOS AMBIENTALES MINEROS (PAM)

Son considerados pasivos ambientales aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonada o inactiva y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.

Un pasivo ambiental **puede afectar la calidad** del **agua**, el **suelo**, **el aire**, y los ecosistemas deteriorándolos. Estos han sido generalmente producidos por las actividades del hombre,

ya sea por desconocimiento, negligencia, o por accidentes, a lo largo de su historia. Los pasivos ambientales son complejos y complicados para su recuperación, debido a las características físico químicas, los elevados costos para su control y rehabilitación, la falta de identificación de responsables y en otros casos por el incipiente desarrollo tecnológico para su recuperación. Entonces, si definimos al pasivo ambiental como un hecho histórico, causado por alguna actividad a lo largo del tiempo, es claramente diferenciable de los posibles riesgos ambientales que se pueden presentar en el presente, bajo una visión de prevención y control ambiental más preparado para enfrentarlos.

La minería, originó pasivos a través de excavaciones abiertas abandonadas, socavones abandonados, **relaveras** sujetas a erosión, depósitos de residuos sólidos industriales, deforestación y eliminación de cobertura vegetal, disposición de sustancias tóxicas y movimiento de tierras. Uno de los grandes problemas que resultan de estos pasivos ambientales es la generación de drenaje ácido.

**Tabla N° 09:** Efectos asociados a los PAMs

<b>Tipo de pasivo</b>	<b>Inestabilidad física</b>	<b>Drenaje ácido</b>	<b>Infiltración</b>	<b>Emisión de polvo</b>	<b>Sedimentos (en agua y suelos)</b>	<b>Riesgo de accidentes</b>
Depósito de relaves	X	X	X	X	X	
Botaderos de desmonte	X	X	X	X	X	
Botaderos de lixiviación	X	X	X	X	X	

Labores abandonadas	X	X	X			X
Edificaciones e instalaciones				X	X	X

### 1.3.- MARCO CONCEPTUAL

**Atmósfera.** - La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve a la Tierra. Está constituida por una mezcla de gases (el aire). La atmósfera terrestre presenta en su composición oxígeno, tiene además CO<sub>2</sub> (necesario para la fotosíntesis) y vapor de agua, que al condensarse podrá dar lugar a precipitaciones y por tanto suministrar agua dulce. La atmósfera regula las radiaciones y la temperatura procedente del Sol. Hace de filtro que evita la llegada de determinadas radiaciones a la superficie y permite que en la superficie de la Tierra haya una determinada temperatura compatible con la existencia de vida.

#### **Cadena de custodia**

Procedimiento documentado de la obtención de muestras, su transporte, conservación y entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas de análisis fisicoquímico, realizado por el personal responsable. D.S. N° 002-2013-MINAM.

#### **Calidad de suelos**

Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas. Guía para muestreo de suelos según D.S. N° 002-2013-MINAM.

### **Contaminación.**

Incorporación de residuos o formas de energía, al aire, suelo o al agua, que impliquen riesgo, daño o molestia grave afectan a la salud y supervivencia de las personas, la calidad de vida del hombre o de otros organismos vivos o el funcionamiento natural de los ecosistemas.

### **Contaminantes**

Son aquellas sustancias que pueden dar lugar a riesgo o daño, para las personas o bienes en determinadas circunstancias.

Con frecuencia, los contaminantes naturales ocurren en cantidades mayores que los productos de los contaminantes antropogénicos. Sin embargo, dichos contaminantes presentan la amenaza más significativa a largo plazo para la biosfera.

### **Contaminación atmosférica**

Es la adición a la atmósfera de cualquier material o energía que degrada el ambiente para los humanos y otros organismos. Eldon et al. (2006).

Otros autores manifiestan que la “contaminación atmosférica” hace referencia a sustancias que ocasionan daños directos sobre animales, plantas y personas; es decir ejercen un efecto local o regional. Spiro et al. (2004).

Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humanos<sup>23</sup>.

### **Emisión.**

Se denomina al proceso de vertido de contaminantes a la atmósfera.

---

<sup>23</sup> Compendio de la Legislación Ambiental Peruana, Cap. V. – edición 2011 – Ministerio del Ambiente.

### **Ecosistema.**

Es la unidad biológica funcional que abarca los organismos de un área dada y el medio ambiente físico correspondiente (Arthur G. Tansley, 1935).

El ecosistema como la unidad funcional básica de la ecología incluye tanto a organismos como al ambiente abiótico, en donde cada uno de los cuales influye en las propiedades del otro. Lindeman (1941)

Ecosistema como un sistema interactivo, conformado por los organismos bióticos y su ambiente abiótico. Ellenberg (1973)

Odum (2006) lo define como los organismos vivos (bióticos) y su ambiente o entorno sin vida (abiótico) están interrelacionados de manera inseparable e interaccionan unos con otros.

### **Ecosistema acuático**

Se encuentran dentro de una gran diversidad de cuerpos de agua, como ríos, lagos, lagunas, océanos, mares y quebradas, entre otros. Cubren aproximadamente el 70% del planeta. Dentro de los ecosistemas acuáticos hallamos tres grupos: los mares que se caracterizan por la salinidad, los estuarios que se caracterizan por tener agua proveniente del mar y las aguas continentales o de agua dulce. A este último grupo pertenecen los lagos, los ríos, las **aguas subterráneas** y los pantanos (Castillo, Castro, Pardo & Téllez, 1996:203).

### **Ecosistema terrestre**

Es la vida que se desarrolla sobre el suelo en contacto con el aire. El ecosistema terrestre se caracteriza por ser aquel que se encuentra en la superficie terrestre, o sea se ubica en la porción de tierra en particular y en él conviven seres vivos y entorno que necesitarán del suelo y también del aire para poder sobrevivir y desarrollarse.

Ecosistema "espacio terrestre emergido o acuático: Presenta un carácter homogéneo desde el punto de vista topográfico, micro



climático, botánico, zoológico, hidrológico y geoquímico (Pierre George, 1970).

### **Enfermedades respiratorias:**

Las infecciones que van desde la nariz hasta el último alvéolo de los bronquios son las llamadas enfermedades respiratorias. Las infecciones en vías respiratorias, en su mayoría, son de corta duración y mejoran sin necesidad de tratamiento. Poco a poco los menores van conociendo las bacterias y preparando sus propias defensas, hasta que llegan a adultos, cuando raramente sufren de este tipo de enfermedades.

### **Estándares de calidad del aire**

Aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana, los que deberán alcanzarse a través de mecanismos y plazos detallados, como estos Estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios.

### **Inmisión.**

Una vez los contaminantes emitidos, transportados y dispersados en la atmósfera, a la concentración de contaminantes (Sedding, 2002).

La inmisión es una consecuencia de una emisión pasada o actual, próxima o lejana y su relación es muy compleja a nivel teórico, como lo es el estudio de la dinámica de la atmósfera.

### **Material particulado**

Es una mezcla compleja de partículas suspendidas en el aire, las mismas que varían de tamaño y composición dependiendo de sus

fuentes de emisión, tales como: humos, polvo, fibra, nieblas, vapores y gases.

### **Medio ambiente**

El Medio Ambiente según la Real Academia de la Lengua define como: «Elemento en que vive o se mueve una persona, animal o cosa»; y también como: «Conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas y sociales que rodean a las personas y a los seres vivos»

### **Pasivos ambientales.**

Podría definirse como aquella situación ambiental que, generada por el hombre en el pasado y con deterioro progresivo en el tiempo, representa actualmente un riesgo al ambiente y la calidad de vida de las personas.

### **Partículas en suspensión (PM):**

Son todas las partículas suspendidas en el aire (por ejemplo, polvo, ceniza, hollín, humo de tabaco, etc.). Las partículas tienen un tamaño y una composición que varían considerablemente, hecho que influye en la manera en que afectan a la salud humana. Las partículas finas y ultrafinas suelen ser especialmente perjudiciales.

### **Programa de monitoreo**

Es el muestreo sistemático con métodos y tecnología adecuada al medio en que se realiza el estudio, basados en normas de guías definidas por el Ministerio de Energía y Minas, para evaluar la presencia de contaminantes vertidos en el medio ambiente.

### **Relave**

Se define como el deshecho mineral no valioso sólido o ganga, provenientes del proceso de concentración por flotación o lixiviación

que son producidos, transportados o depositados en forma de pulpa: agua y mineral pulverizado con una granulometría que varía en el rango de 50 a 80 % menos malla 200 y depositados en relaveras.

### **Suelo.**

Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad. Guía para muestreo de suelos según D.S. N° 002-2013-MINAM.

### **Suelo contaminado**

Se define un suelo contaminado como “aquel que ha superado su capacidad de amortiguación para una o más sustancias y, como consecuencia, pasa a actuar como un sistema protector a ser causa del problema para el agua, la atmósfera y/o los organismos. Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que causan cambios en sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas.” Macías (1993)

## **1.4.- MARCO LEGAL**

Las bases legales que sustentan este trabajo de investigación son las siguientes normas vigentes:

- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental N° 27446.
- Ley del Ambiente (Ley N° 28611).
- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruidos, D.S. 085-2003-PCM.
- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, D.S. N° 074-2001-PCM.

- Estándares de Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, D.S. N° 002-2008-MINAM.
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire, D.S. N° 003-2017-MINAM.
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, D.S. N° 011-2017-MINAM.
- El protocolo de monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de los Datos (DIGESA 2005) aprobado mediante Resolución Directoral N° 1404-2005-DIGESA-SA
- Decreto Supremo N° 004-2012-MINAM Disposiciones Complementarias para el Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo (IGAC), para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal en Curso.
- El reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido aprobados por D.S. 085-2003-PCM,

#### **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):**

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. Los ECA deben alcanzarse a través de mecanismos y plazos establecidos por las normas correspondientes. Los ECA son referencia obligatoria en el diseño y aplicación de las políticas, planes y programas públicos en general. No son exigibles a personas jurídicas o naturales de manera individual.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Ver en Anexo – Tabla N° 27

**Tabla 10: NIVEL DE RUIDO**

<b>Escala de ponderación "A"</b>	<b>Tiempo de Exposición Máximo en una jornada laboral</b>
82 decibeles	16 horas/día
83 decibeles	12 horas/día
85 decibeles	8 horas/día
88 decibeles	4 horas/día
91 decibeles	1 1/2 horas/día
94 decibeles	1 hora/día
97 decibeles	1/2 hora/día
100 decibeles	1/4 hora / día

**Fuente:** MSHA (Mine Safety and Health Agency de USA)

## **CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1.- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.**

Al ser los suelos parte importante del ecosistema terrestre y de la vida misma del ser humano, por lo que se debe proteger debido a su implicancia en la calidad de vida, la salud y bienestar de los seres vivos en el suelo, por ende, de la zona de influencia de Nasca.

Sin embargo el auge de la minería trajo como consecuencia la instalación de más de 20 plantas procesadoras de la pequeña minería ( que trata desde 50 a 350 TM por Día), en la zona de Pajonal, Poroma y Chauchilla de la provincia de Nasca, al igual que la minería artesanal e informal, que han venido y vienen tratando mineral por varios años, la mayoría aplicando el proceso de concentración por flotación, otras pocas por lixiviación ácida y lixiviación básica o cianuración, según el tipo de mineral, en la que se usan reactivos químicos y compuestos que luego de haber sido tratados en los procesos y formados por una suspensión en agua de fragmentos de roca previamente sometidos a molienda. Siendo esta fase de la producción minera la que genera una gran cantidad de sedimentos los que deben ser depositados al principio en una relavera, que es una excavación adecuada de forma trapezoidal previa impermeabilización del piso de geomembrana, la que posteriormente se va transformando con la acumulación del material estéril y a la falta de aplicación de las normas ambientales oportunas, políticas de seguridad y cuidado del medio ambiente, han sido desechados sin tener en cuenta el diseño y la deposición en grandes cantidades de residuos sólidos pulverizados (relaves), dando como consecuencia la presencia de Pasivos Ambientales Mineros que impactan negativamente el entorno, representando una carga contaminante acumulado por más de 15 años de procesos, y el vertimiento de dichos relaves pudiendo superar los niveles de toxicidad a los estándares de calidad nacionales e internacionales respecto al medio ambiente, ya que procesan distintos tipos de

minerales que provienen incluso de otros departamentos del país, que debe ser mediante un desarrollo sostenible, sin afectar el ecosistema del entorno, que sin embargo muchas de las plantas de procesamiento no poseen un estudio de impacto ambiental.

El presente estudio de investigación centra en el hecho de que estos desechos están depositados en campo traviesa, en un sector donde los vientos corren de sur a norte con mayor frecuencia y son objeto de arrastre con el consiguiente perjuicio de contaminar áreas de cultivo, alterando su composición física, química y mineralógica y a los habitantes de las zonas circundantes, de allí la importancia del presente estudio que busca determinar el grado de contaminación que sufre el entorno, como consecuencia de la presencia de potenciales contaminantes como elementos nocivos para la salud contenidos en los minerales que se tratan, como el plomo, cromo, cadmio, arsénico, etc. que son altamente tóxicos en su forma soluble para ver la forma de mitigar mediante una minería sostenible sin contaminar o, a partir de los resultados eliminar o corregir los puntos críticos del proceso.

## **2.2.-FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Teniendo en consideración el grave problema que representa la contaminación del ecosistema terrestre: suelos y aire, además de agua, y el impacto negativo que ocasiona, y generará posteriormente ante la gran acumulación y desplazamiento de material particulado y relaves, se formuló la siguiente interrogante:

### **a).- PROBLEMA GENERAL**

¿En qué medida el material particulado y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería, contaminan el ecosistema terrestre de la zona de Poroma – Nasca?

## **b).-PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

**PE<sub>1</sub>:** ¿Cuál es el grado de contaminación del ecosistema terrestre de la zona de Poroma - Nasca?

**PE<sub>2</sub>:** ¿En qué medida el material particulado y relaves de las plantas procesadoras en Nasca, generan contaminación al suelo y aire de la zona de Poroma - Nasca?

## **2.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1.-Justificación de la Investigación. -**

El presente trabajo de Investigación se justifica porque debido ante la emisión de polvos en los circuitos de operación y la acumulación de grandes cantidades de relaves de las diferentes empresas mineras de la zona de Nasca, en su mayoría por el proceso de concentración por flotación de diversos minerales provenientes de otros departamentos, así como de zonas lejanas del país, conteniendo minerales sulfurados de cobre, acompañados de minerales de arsénico, de plomo, de cadmio y otros, que al ser transportados y vaciados en la tolva de gruesos y al ser reducidos de tamaño por las chancadoras de quijadas o cónicas, luego ser clasificados por zarandas vibratorias, se emiten una cantidad de material particulado a la atmosfera y son desplazados por el viento; además el mineral son pulverizados en molinos de bolas en pulpa, generalmente en un rango de 50 a 85% que atraviesan la malla 200 (malla patrón), una abertura de tamaños inferiores a 74 micrones y luego concentrados por flotación para el cual se emplean reactivos como: colectores, promotores, espumantes y modificadores, etc. y producto de la concentración el material estéril son desechados como relaves



en pulpa a superficie, que por la falta de un control estricto en la dosificación adecuada de reactivos en el proceso contienen una excesiva concentración de reactivos tóxicos para la salud de los seres vivos, lo que implica que quedarían sin reaccionar pasando a conformar el relave y al ser depositado, acumulado y al perder agua por evaporación por el intenso calor de Nasca y el viento lo disperse parte como material particulado conteniendo el reactivo tóxico.

### **2.3.2.- Importancia de la Investigación**

El presente trabajo de Investigación es importante porque está referido fundamentalmente a determinar el grado de contaminación que provocan los materiales particulados generados en la operación y depósitos de relaves acumulados y desplazados, que exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), contaminando el aire, suelos y agua, perjudicando los ecosistemas del entorno; que si no se toman conocimiento del caso y se apliquen medidas de mitigación y control de estos polvos, se producirá impacto negativo irreversible para la salud, calidad de vida.

La importancia de la investigación se presenta en base a los siguientes aportes:

a) Aporte Teórico:

El resultado de esta investigación podrá sistematizarse para ser incorporado al conocimiento como base de datos, como aporte y referente para investigaciones integrales del ecosistema terrestre de la zona de Nasca.

b) Aporte Práctico:

Esta Investigación permitirá poner en alerta a los entes competentes como el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio del Ambiente, autoridades regionales y locales, así como a los Gerentes, Superintendentes de operación, Jefes de

Plantas, Jefes de Guardia y otros profesionales de las diversas empresas mineras y plantas concentradoras de la zona para tomar las medidas correctivas y control, aplicar políticas más rigurosas que eviten la contaminación del ecosistema.

Permita generar Monitoreos Medioambientales Participativos permanentes, en beneficio de la agricultura, ganadería y turismo, la misma minería sostenible y proceso amigable al medio ambiente y calidad de vida.

#### **2.4.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION:**

##### **a).- Objetivo General**

Determinar el grado de contaminación del ecosistema terrestre de la zona de Poroma - Nasca, por material particulado y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería.

##### **b).- Objetivos Específicos**

**OE<sub>1</sub>:** Determinar el grado de contaminación del ecosistema terrestre de la zona de Poroma – Nasca

**OE<sub>2</sub>:** Analizar la constitución de suelos y aire, para conocer el grado de contaminación.

#### **2.5.- HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **a).- HIPOTESIS GENERAL**

El material particulado y relaves de las plantas procesadoras contaminan el Ecosistema de la zona de Poroma - Nasca.

**b).- HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.**

**HE<sub>1</sub>:** El ecosistema terrestre de la zona de Poroma – Nasca se encuentra contaminado.

**HE<sub>2</sub>:** Se determina los contaminantes de suelo y aire producto de los materiales particulados y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería en la zona de influencia de Nasca, por métodos fisicoquímicos.

**2.6.- VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

**a).- IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

**Variable independiente (VI)**

Material particulado y relaves de las plantas procesadoras de la Pequeña Minería.

**Variable dependiente (VD)**

Contaminación del ecosistema terrestre de Poroma - Nasca.

**b).- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

ver tabla N° 11

Tabla N° 11 .- Operacionalización de las variables.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES		
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
<b>Variable Independiente.</b> - Material Particulado y Relaves de plantas procesadoras de la Pequeña Minería.	Transporte y preparación mecánica de minerales en circuito de chancado – clasificación.	➤ Tamaño de la partícula.
	Molienda – clasificación	➤ Gases de operación
	Proceso de Flotación	➤ Composición química.
	Proceso de lixiviación	➤ Cantidad de relave
<b>Variable Dependiente.</b> - Contaminación del ecosistema terrestre de Nasca.	Contaminantes de la atmosfera y suelo	➤ Cantidad de contaminantes
		➤ Tipo de contaminantes
<b>Controlante.</b> - Suelo y aire de barlovento	Parte o punto de referencia de suelo y aire, de donde viene el viento.	➤ Efecto sobre la atmosfera
		➤ Efecto sobre el suelo.
		➤ PM10, ➤ gases ➤ Cantidad de contaminantes ➤ Composición química,

## CAPÍTULO III: METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

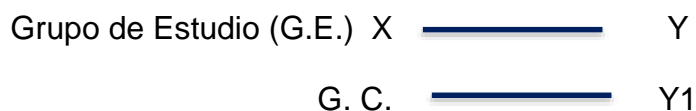
### 3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para establecer el tipo, nivel y diseño de investigación, se sigue el siguiente criterio:

Establecer un Grupo de Estudio (G.E), conformado por:

- a).- Los suelos y aire ubicados en **sotavento**, próximos a las instalaciones de las plantas de procesamiento, relaveras de la zona de influencia.
- b).- Se estableció un Grupo de Control (G.C), suelo y aire, considerado por la zona de **barlovento**, en donde se han tomado muestras de suelo y aire, punto de referencia respecto al cual se va a inferir si la contaminación del ecosistema terrestre es producto de los materiales particulados y relaves de los procesamiento de minerales ubicados en la zona.

La representación gráfica indica la dependencia entre cada uno de los parámetros considerados, permitiendo observar lo siguiente:



Donde:

X = Es el material particulado y relaves.

Y = Ecosistema terrestre o suelo y aire de la zona de influencia

La presente investigación consistirá en demostrar si  $Y = Y1$ , o  $Y \neq Y1$ , tomando como comparativo los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), de suelo y de aire.

#### 3.1.1.- Tipo de investigación.

En el presente estudio no se manipulan ninguna de las variables que intervienen, es un esquema de investigación con ausencia de asignación aleatoria, no hay un control

efectivo de las variables, por lo tanto, el presente estudio se enmarca dentro de la investigación CUASI EXPERIMENTAL.

Los diseños cuasi-experimentales tienen el mismo propósito que los estudios experimentales: probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables. Cuando la asignación aleatoria es imposible, los cuasi-experimentos (semejantes a los experimentos) permiten estimar los impactos del tratamiento, dependiendo de si llega a establecer una base de comparación apropiada. (Hedrick et al. 1993)

### **3.1.2.- Nivel de Investigación.**

El presente estudio de investigación se ubica en el nivel DESCRIPTIVO – CORRELACIONAL.

### **3.1.3.- Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación correspondiente es TRANSVERSAL.

## **3.2.- POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1.- POBLACIÓN**

La población del estudio para la presente investigación está definida por el área de la zona de influencia que está a 1km de distancia a la redonda donde están representada las 21 plantas de procesamiento de minerales operativos que entre todos tratan a diario 3640 TM de mineral y sus respectivas relaveras, del cual existen 24 relaveras en total en las que ya están acumuladas más de 10 millones de toneladas de relave, de las cuales 03 plantas de procesamiento a la fecha de estudio se encuentran cerradas, quedando sus relaveras

como pasivos ambientales mineros (PAM) ubicadas en la zona de estudio, los contaminadores son las plantas de procesamiento de la pequeña minería indicadas en el anexo N° 002.

### **3.2.2.- Muestra**

Las muestras obtenidas, fueron tomadas de los puntos críticos establecidos según la zona donde se encuentran las plantas de procesamiento y se determinó en función a la dirección del viento que resulta de estudios e informes de monitoreos ambientales realizado, ya que hace muchos años se viene ejecutando actividades mineras en el área de influencia; para el estudio se tomaron muestras de suelo para el análisis y de aire en los puntos de barlovento y sotavento próximo a las plantas procesadoras.

## CAPÍTULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

### 4.1.- TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos utilizadas para obtener las evidencias necesarias, que permita estimar y dar una evaluación significativa profesional de los contaminantes que generan riesgos, fueron:

**Observación.** – Para obtener una información fidedigna del estudio, se recorrió y observó la ubicación de las diferentes plantas de procesamiento y sus respectivos depósitos de relaves, con la finalidad de establecer, organizar y relacionar los datos respecto al estudio en cuestión

**Muestreo.**- Mecanismo de obtención sistemático de muestras representativas que servirán para establecer en las estaciones de barlovento y sotavento puntos críticos de la población.

**Método de Análisis.**- Con la finalidad de determinar la cantidad de contaminantes, sólidos y gases, tipos de contaminantes que generan efectos negativos sobre el ecosistema terrestre, se han realizado análisis por diversos métodos (Volumetría, espectrofotometría, gravimétrico, etc.) de las muestras tomadas de las estaciones del área de influencia.

**Síntesis.**- Finalmente para poder mostrar los resultados más relevantes en las conclusiones a la que se ha llegado, se ha recurrido a esta técnica, que de modo efectivo expresa de manera resumida el conjunto de ideas fundamentales relacionadas con la investigación.

### 4.2.- INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para recoger los datos de campo del estudio, se usaron diferentes instrumentos que permitió la toma de muestras en cada caso y las



pruebas de laboratorio para determinar el tipo de contaminante y fueron:

**HI VOL PM10.** Equipo muestreador de partículas marca Thermo Scientific modelo: G10557PM10-1 serial P9334X, para medir la calidad ambiental del componente del aire, partículas en suspensión, de alto volumen de aire que utiliza un sistema de flujo volumétrico controlado para tomar muestras de grandes volúmenes de aire para la recogida de partículas menores a 10 micrones, el cual normalmente corresponde a 1,13 m<sup>3</sup>/min por un periodo de 24 horas.

Este muestreador que cuenta con un cabezal selector de partículas de diámetro inferior a 10 µm del tipo impactación, que contiene una malla metálica en el cabezal y el impactador, además cuenta con un trapecio, portafiltro y tapa de portafiltro. Cada fracción dentro del intervalo de tamaño de PM10 se recolecta en un filtro separado en un período de muestreo específico. Cada filtro se pesa (después de equilibrar la humedad), antes y después del muestreo, para determinar el peso neto (masa) obtenido de la muestra, el PM10 recolectado. Posee un programador de tiempo y registro de flujo, un motor acoplado a un tubo Venturi y aro jebe.

**EQUIPO GPS** Equipo receptor/navegador que emplea un Sistema de Posicionamiento Global, que permite establecer las coordenadas de los puntos de muestreo y georreferencia del lugar donde se ubicará la estación meteorológica, y para posteriores monitoreos, según un orden y sitio estratégico.

**TREN DE MUESTREO** Es un sistema manual diseñado para el muestreo de gases ambientales por el método de absorción atómica. El equipo constituido básicamente por una bomba de succión, un manómetro (rotámetro), un Impinger en el cual va la

solución captadora, mangueras de goma de conexión y filtros de membrana.

**ESTACION METEOROLOGICA,** Equipo de registro de Parámetros Meteorológicos, una estación meteorológica portátil Digital, Marca: Davis Instrumento, Modelo: Vantage Pro2-6152C de serie N° AM140128051; de registro continuo, el cual operó por un periodo que coincidió con el muestreo de la Calidad de Aire. La misma que cuenta con sensores de velocidad y dirección de viento, temperatura y humedad relativa, los cuales cumplen las recomendaciones y guías de instrumentos de la USEPA y Organización Meteorológica Mundial (OMM) para programas de monitoreo de Calidad Ambiental del Aire.

**SONOMETRO** El equipo utilizado fue el analizador de Ruido portátil SONOMETRO de marca SPER SCIENTIFIC, tipo 2 y clase 2, N° serie: 067100, Modelo: 850013 de procedencia de Taiwán. Para las mediciones del nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A en el tiempo (LAeqT) se mide durante los periodos diurno y nocturno, por un espacio de 30 minutos por cada punto de muestreo. Para la medición y registro de los niveles de ruido se opta por comprobar el buen estado del equipo, así como mantenerlo separado del cuerpo del operador, manteniendo una distancia de 0,5 a 1 metro. Para ello se coloca el equipo en un trípode a una altura de 1.30 m a nivel del suelo. La medición se realiza con una respuesta lenta "Slow" y son expresados en Niveles de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A"

**BRUJULA** Equipo adicional para establecer el norte magnético, la brújula indicará siempre la posición de los equipos en campo.

**ICP-OES.** – Son dos equipos integrados importantes para determinar el contenido de las muestras de suelo, correspondiente al análisis de más de 35 metales totales contenidos en las muestras para determinar los contaminantes en los efluentes emitidos por las plantas de procesamiento de minerales. El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de ionización que junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el equipo de ICP-OES, del laboratorio Certimin.

#### **4.3.- TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

Las técnicas de procesamiento de resultados son: cuadros resultados, análisis en la matriz de Leopold e interpretación, contrastación de los resultados con respecto al ECAs suelo y aire.

## **CAPÍTULO V: CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS**

En base a la aplicación de la presente encuesta, los resultados obtenidos reflejan la situación actual en lo que respecta a los procesos de identificación de impactos, evaluación de impactos y medidas de mitigación. Para el proceso de evaluación de la contaminación del ecosistema terrestre utilizaremos el método de Leopold

### **5.1 Contrastación de la Hipótesis**

#### **5.1.1 Contrastación de la Hipótesis Específica N° 01**

H1.- El ecosistema terrestre de la zona de Poroma – Nasca se encuentra contaminado.

Ho.- El ecosistema terrestre de la zona de Poroma – Nasca no se encuentra contaminado.

El material particulado y relaves de plantas en la zona de Poroma se encuentra cada vez más deteriorado, se observa que:

\*Atenta contra la vida de plantas, animales y personas

\*Genera daños físicos en los individuos

\*Convierte en un elemento no consumible al agua

\*En los suelos contaminados no es posible la siembra

#### **Se concluye:**

El ecosistema terrestre de la zona de Poroma – Nasca se encuentra contaminado.

### 5.1.2 Contrastación de la Hipótesis Específica N° 02

**H1.-** Se determina los contaminantes de suelo y aire producto de los materiales particulados y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería en la zona de influencia de Nasca, por métodos fisicoquímicos.

**Ho.** No se determina los contaminantes de suelo y aire producto de los materiales particulados y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería en la zona de influencia de Nasca, por métodos fisicoquímicos.

### CONCLUSIONES DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

- Las concentraciones de Partículas en suspensión PM 10 en sotavento se hallan por encima de los Estándares nacionales de calidad.
- Además, los Metales (Plomo, Arsénico y Cobre) evaluados en el filtro del equipo muestreador de alto volumen, se encuentran muy por debajo del Estándar nacional, la Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM y la Norma Internacional AMBIENT AIR QUALITY CRITERIA (AAQCs) respectivamente.
- Las concentraciones de Gases (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO) se encuentran por debajo de los Estándares nacionales en todas las estaciones de muestreo.
- Todos los constituyentes del aire medidos se encuentran por debajo de los valores indicados como ECAs; sin embargo, los mayores valores encontrados en los parámetros de partículas PM10 en el punto E-10 (Planta Poroma), PM2,5 en el punto E-1 (Poblado de Chauchilla); SO<sub>2</sub> en el punto E-11 (Planta Antares); NO<sub>2</sub> en el punto E-9 (Fundo Don Mateo), representan los valores más relevantes.

- Con la finalidad de determinar las tendencias de variación de los parámetros medidos en cada uno de los puntos, se debe promover un proceso de vigilancia ambiental anual, para ello, establecer un programa de monitoreo conformado por muestreos trimestrales.

## **CONCLUSIONES DE MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS**

El Registro Meteorológico efectuado durante el presente monitoreo, reportó lo siguiente:

- La temperatura promedio osciló entre los, 18,19 y 20°C.
- La humedad relativa promedio osciló entre 55 y 69 %
- La velocidad del viento promedio fue entre 4,8 y 5,3 m/s, con ningún momento de calma.
- La dirección predominante del viento se originó en el Sur.
- La presión barométrica promedio registrada estuvo por los 354 milibares
- Por la dirección predominante del viento en la zona de estudio podemos afirmar que estas se dirigen en su mayoría hacia el Norte con dirección a Vista Alegre y la ciudad de Nasca, aunque distantes aproximadamente en unos 15 km.
- Durante el periodo de muestreo en general se presentó un clima cálido, relativamente seco con temperaturas bastante estables que alcanzó temperaturas de 31 y 32°C, con noches suaves bajando a 10 - 11°C; con cielo a menudo parcialmente despejado, y en menor proporción nublados. En horas de la mañana el viento es de baja intensidad (entre 1 a 3 m/s), o hay solo ventolina. Algunas veces la brisa muy débil (o más raramente brisa ligera) hace el clima más agradable. Pero entre las 12 a 3 pm la velocidad aumenta hasta los 9 m/s, no existiendo presencia de lloviznas. Por lo que se dieron las

siguientes Recomendaciones: Se recomienda seguir obteniendo mayores registros de data meteorológica a fin de definir sobretodo la tendencia de la dirección predominante del viento a lo largo de todo el año, y con ello ver la influencia de las probables emisiones de partículas y gases por actividades naturales y antrópicas existentes a lo largo del Valle Las Trancas y su entorno.

### **CONCLUSIONES DE MONITOREO DE SUELOS**

- La concentración de cobre en todas las estaciones muestreadas de suelo presenta niveles superiores a los valores internacionales para suelos agrícolas Guías de Calidad Ambiental (EQG) de Canadá; cabe indicar que para dicho metal no se cuenta con un ECA de comparación. Las concentraciones encontradas son debido a que la mayoría de las plantas de beneficio asentadas a lo largo del Valle Las Trancas procesan cobre y sus relaveras disturbadas evidenciaron en algunos casos indicios de derrame de relaves que han impactado en suelos propios y de predios vecinos.
- Las concentraciones de Zinc en la estación, S-3 (Predio Eulogia Sanchez), presentan niveles superiores a los valores internacionales para suelos agrícolas Guías de Calidad Ambiental (EQG) de Canadá; cabe indicar que para dicho metal no se cuenta con un ECA de comparación., por lo que los suelos se han visto impactados con la presencia de este metal.
- Las concentraciones de Plomo en las estaciones, S-5 (Fundo Agromin Nasca SAC cerca a Planta Poroma), S-6 (Planta Mercurio), S-8 (Planta Najash) y S-11 (Planta San Fernando), también se encuentran superando el estándar nacional de comparación para suelos agrícolas, por lo que los suelos se han visto impactados con la presencia de este metal.

- Las concentraciones de Arsénico en las estaciones, S-6 (Planta Mercurio), S-5 (Planta Poroma), y S-9 (Exterior Planta Alonso), también se encuentran superando el estándar nacional de comparación para suelos agrícolas, por lo que los suelos se han visto impactados con la presencia de este metal.
- Las concentraciones de los otros metales evaluados susceptibles de comparación no han evidenciado que su presencia en los suelos muestreados supere los ECAs y otros niveles de comparación.
- Las concentraciones de cianuro libre evaluadas en todas las estaciones muestreadas no han superado el estándar nacional para suelo agrícola, encontrándose a niveles de traza.

**Conclusión:**

Se determina que los contaminantes de suelo, aire y agua producto de los materiales particulados y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería en la zona de influencia de Nasca, por métodos físicoquímicos, contaminan el Ecosistema de la zona de Poroma - Nasca.

**5.2.- Hipótesis General**

H1.- El material particulado y relaves de las plantas procesadoras contaminan el Ecosistema de la zona de Poroma - Nasca.

Ho.- El material particulado y relaves de las plantas procesadoras no contaminan el Ecosistema de la zona de Poroma - Nasca.



**Tabla N° 12 MATRIZ DE LEOPOLD**

<b>Valoración</b> +3 Impacto positivo alto +2 Impacto positivo moderado +1 Impacto positivo ligero 0 componente ambiental -1 Impacto negativo ligero -2 Impacto negativo moderado -3 Impacto negativo alto			ACCIONES DEL PROYECTO										
			Proceso de separación	Ubicación de las actividades	Transporte	Sitios de almacenamiento	Ruido	Manejo de desechos	Uso de maquinas	Reciclaje	Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Agregación de impactos
FACTORES AMBIENTALES													
características físicas y químicas	Tierra	a) recursos minerales	-2 +2	+2 4	-2 4	3 4	-3 5	-1 3	-4 4	-2 2			
		b) Suelos	-5 -6			-2 4				-5 6			
	agua	a) Superficiales		2 5			-1 3	-5 4	-2 4				
		b) Subterráneas		2 2			1 2						
		c) Calidad	2 3										
		a) Clima		-3 4									
		b) Temperatura		-4 4									
		Procesos	a) Inundaciones	-2 3			-3 4						
	b) deposición		-2 3	3 2	-3 3			-1 4					
	c) compactación		-2 2	2 2		1 2	-3 4	-2 3	-4 5				
	c) Estabilidad		3 4	2 3									
		Afectaciones positivas											
		Afectaciones negativas											

<b>Valoración</b>			<b>ACCIONES DEL PROYECTO</b>										
+3 Impacto positivo alto +2 Impacto positivo moderado +1 Impacto positivo ligero 0 componente ambiental -1 Impacto negativo ligero -2 Impacto negativo moderado -3 Impacto negativo alto			Proceso de separación	Ubicación de las actividades	Transporte	Sitios de almacenamiento	Ruido	Manejo de desechos	Uso de maquinas	Reciclaje	Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Agregación de impactos
<b>FACTORES AMBIENTALES</b>													
<b>características físicas y químicas</b>	Tierra	a) recursos minerales	-4	8	-8	12	-15	-3	-16	-4	2	4	-30
		b) Suelos	-30			-8			-30		0	3	-68
	agua	a) Superficiales			10			-3	-20	-8	1	3	-17
		b) Subterráneas			4			2			2	0	8
		c) Calidad	6								1	0	7
	atmósfera	a) Calidad (gases, partículas)		-12							0	1	-11
		b) Clima		-16							0	1	-15
		c) Temperatura	-6			-12					0	2	-16
	Procesos	a) Inundaciones	-6	6	-9			-4			1	3	-10
		b) deposición	-6	6	-9			-4			1	3	-10
		c) compactación	-4	4	2	-12	-6	-20			2	4	-36
		d) Estabilidad	12	6							2	0	20
		Afectaciones positivas		2	5	3	1	0	1	0	0		
		Afectaciones negativas		6	2	3	3	2	5	3	0	195	
		Agregación de impactos		-36	2	-10	-20	-21	-32	-66	-12	-195	

### Análisis Estadístico

Media aritmética: 24.34

Desviación Estándar: 53.34

Coeficiente de variación:  $C.V. = \frac{\bar{x}}{s} \times 100\% = \frac{24.37}{53.34} = 0.45 \times 100\% = 45\%$

Tenemos que, para este caso particular, la sumatoria de la agregación de impactos de las columnas (actividades) es  $(-30) + (-68) + (-17) + (8) + (-7) + (-11) + (-15) + (-16) + (-10) + (-36) + 20$ , lo que da un total de -195.

En las filas (factores) se tiene  $(-36) + 2 + (-10) + (-20) + (-21) + (-32) + (-66) + (-12)$ ., que arroja también un total de -195.

El signo del total es negativo, por lo que no se tendrá un beneficio ambiental con la ejecución del proyecto.

## CAPÍTULO VI: DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

### 6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

**Tabla N° 13 – Valores guía adoptados para los parámetros de Calidad de Aire.**

Parámetro	Nombre	ECA 2008	ECA 2017 (°)
<b>PM<sub>10</sub>*</b>	Partículas de diámetro $\leq$ a 10 $\mu\text{m}$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM<sub>2.5</sub>*</b>	Partículas de diámetro $\leq$ a 2.5 $\mu\text{m}$	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>SO<sub>2</sub>*</b>	Dióxido de azufre	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>NO<sub>2</sub>*</b>	Dióxido de Nitrógeno	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>CO*</b>	Monóxido de Carbono	30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Pb* en PM<sub>10</sub></b>	Plomo	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Mensual	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>As***</b>	Arsénico	6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>Cu****</b>	Cobre	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>Hg gaseoso total</b>	Mercurio		2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Sulfuro de Hidrógeno	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nota 1: (\*) = D.S. N° 074-2001 - PCM

Nota 2: (\*\*) = D.S. N° 003-2008 - MINAM.

Nota 2: (\*\*\*) = R.M. N° 315-96 - EM/MM

Nota 2: (\*) = SUMMARY OF POINT OF IMPINGEMENT STANDARDS, POINT IMPINGEMENT GUIDELINES, and AMBIENT AIR QUALITY CRITERIA (AAQSc.)

Nota 3: (°) = D.S. N° 003 - 2017- MINAM – ECAS AIRE

**Tabla N° 14 – Puntos de Monitoreo de calidad del aire y ruido realizado el 2013**

Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM WGS 84	Fecha de Monitoreo
E-1 Poblado Chauchilla	E 506571 N 8344535	27 al 28/11/13
E-2 Poblado San Luis de Pajonal	E 500841 N 8350898	27 al 28/11/13
E-3 Pajonal II	E 501096 N 8349531	28 al 29/11/13
E-4 Planta Jesus	E 501752 N 8352038	28 al 29/11/13
E-5 Pajonal Alto	E 501732 N 8849242	29 al 30/11/13
E-6 Planta San Fernando	E 499632 N 8348375	29 al 30/11/13
E-7 Planta Santa Teresa	E 501543 N 8344469	30/11/13 al 01/12/13
E-8 Planta Alonso	E 502547 N 8347643	30/11/13 al 01/12/13
E-9 Fundo Don Mateo	E 509909 N 8344941	01 al 02/12/13
E-10 Planta Poroma	E 501620 N 8346106	01 al 02/12/13
E-11 Planta Antares	E 502213 N 8344696	02 al 03/12/13
E-12 Concesión Sr. Gomero	E 501001 N 8347421	02 al 03/12/13

**Tabla N° 15 – Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruidos**  
**Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruidos**

ITEM	Zona Industrial	Zona Comercial	Zona Residencial	Zona de Protección Especial
Diurno	80 dB(A)	70 dB A	60 dB A	50 dB A
Nocturno	70 dB(A)	60 dB A	50 dB A	40 dB A

Fuente : D.S. N° 085-2003-PCM.  
Diurno : 07:01 a 22:00 horas ; nocturno de 22:01 a 7:00 horas.

**Tabla N° 16 – Resultados de Concentración Partículas PM10 en los puntos de Muestreo - 2013**

**Concentraciones de PM10  
Noviembre-Diciembre 2013**

<b>Estación de Muestreo</b>	<b>Fecha de Muestreo</b>	<b>Concentración <sup>(2)</sup> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
E-1	27 al 28/11/13	71.2
E-2	27 al 28/11/13	35.7
E-3	28 al 29/11/13	10.9
E-4	28 al 29/11/13	8.1
E-5	29 al 30/11/13	35.6
E-6	29 al 30/11/13	33.0
E-7	30/11/13 al 01/12/13	54.5
E-8	30/11/13 al 01/12/13	42.3
E-9	01 al 02/12/13	27.9
E-10	01 al 02/12/13	76.7
E-11	02 al 03/12/13	66.5
E-12	02 al 03/12/13	71.5
<b>Estándar Nacional</b>		<b>150 <sup>(1)</sup></b>

(1) D.S. N° 074-2001-PCM.- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

(2) Concentración media de 24 horas.

**Fuente:** Monitoreo de calidad de Aire y Meteorología –Informe Sanitas Worl S.R.L. 2013



**Tabla N° 17 - Resultados de Monitoreo Ambiental en área de influencia - Concentraciones de gases – noviembre y diciembre de 2013**

<b>CONCENTRACIÓN DE LOS GASES – noviembre – diciembre 2013</b>							
<b>Estaciones de muestreo</b>	<b>Fecha de muestreo</b>	<b>CONCENTRACION DE GAS (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)<sup>(2)</sup></b>					
		<b>Dióxido de - Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>Concentraciones de Plomo (Pb)</b>	<b>Concentraciones de Arsénico (As)</b>	<b>Concentraciones de Cobre (Cu)</b>
<b>E - 1</b>	27 al 28/11/13	< 12,15	56,13	< 646	< 0,0002	0,009	0,10115
<b>E - 2</b>	27 al 28/11/13	< 12,15	10,67	< 646	< 0,0002	< 0,001	0,13207
<b>E - 3</b>	28 al 29/11/13	< 12,15	11-57	3509	< 0,0002	< 0,001	0,06775
<b>E - 4</b>	28 al 29/11/13	< 12,15	< 8,33	< 646	< 0,0002	< 0,001	0,03664
<b>E - 5</b>	29 al 30/11/13	< 12,15	< 8,33	< 646	< 0,0002	0,011	0,48217
<b>E - 6</b>	29 al 30/11/13	< 12,15	< 8,33	< 646	< 0,0002	< 0,001	0,12058
<b>E - 7</b>	30/11/13 al 01/12/13	< 12,15	< 8,33	< 646	< 0,0002	0,030	0,24201
<b>E - 8</b>	30/11/13 al 01/12/13	< 12,15	< 8,33	< 646	< 0,0002	0,004	0,14058
<b>E - 9</b>	01 al 02/12/13	< 12,15	174,8	2823	< 0,0002	0,004	0,21718
<b>E - 10</b>	01 al 02/12/13	< 12,15	< 8,33	10077	< 0,0002	0,018	0,41645
<b>E - 11</b>	02 al 03/12/13	53,43	< 8,33	< 646	< 0,0002	0,007	0,31696
<b>E - 12</b>	02 al 03/12/13	< 12,15	< 8,33	< 646	< 0,0002	0,005	0,13244
<b>Estándar Nacional 2008</b>		<b>80<sup>(1)</sup></b>	<b>200<sup>(1)</sup></b>	<b>30000<sup>(1)</sup></b>	<b>1,5<sup>(1)</sup></b>	<b>6<sup>(1)</sup></b>	<b>50<sup>(1)</sup></b>
<b>Estándar Nacional 2017</b>		<b>250<sup>(3)</sup></b>	<b>200<sup>(3)</sup></b>	<b>30000<sup>(3)</sup></b>	<b>1,5<sup>(3)</sup></b>		

(1) SUMMARY POINT OF IMPINGEMENT STANDARDS, POINT OF IMPINGEMENT GUIDELINES, and AMBIENT AIR QUALITY CRITERIA (AAQCs.)

(2) Concentración promedio diaria.

(3) D.S. N° 003 – 2017 – MINAM – ECAS AIRE

**Tabla N° 18.- Resultados de Monitoreo de calidad de SUELOS – 02 y 03/12/2013**

Parámetros (Metales)	Puntos de Monitoreo															ECA <sup>(1)</sup>	Canadian Environment al Quality Guidelines <sup>(2)</sup>
	Unidades	Límite de detección	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12			
Ag	mg/kg	0.02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0.04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	--	--	
Al	mg/kg	0.1	8387	6115	3303	6456	6507	6512	8955	6691	8240	4683	14238	6169	--	--	
As	mg/kg	0.8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	52.7	190.1	<0,8	<0,8	61.9	<0,8	<0,8	<0,8	50	12	
B	mg/kg	3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	--	--	
Ba	mg/kg	0.03	109.2	64.28	17.84	61.93	72.73	43.55	23.33	79.73	30.10	25.30	79.52	64.45	750	750	
Be	mg/kg	0.03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	--	--	
Ca	mg/kg	1	7620	4077	36231	7079	15815	7982	20700	11690	11679	6944	21950	8340	--	--	
Cd	mg/kg	0.04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	1,4	1.4	
Ce	mg/kg	0.04	10.3	14.4	20.2	13.5	15.6	26.0	13.57	16.57	31.16	18.75	43.20	13.46	--	--	
Co	mg/kg	0.1	5.5	4.0	135.3	4.2	13.0	74.1	43.4	36.6	68.2	42.2	37.4	4.8	--	--	
Cr	mg/kg	0.03	6.51	3.17	2.13	5.61	4.38	3.52	3.98	4.23	2.70	2.97	3.65	3.84	--	64	
Cu	mg/kg	0.04	3388	82.1	2144	32.7	1136	1359	982.9	1792	2181	537.8	2627	139.6	--	63	



Fe	mg/kg	0.05	18516	8647	34057	10664	14421	31322	34786	22169	28330	17756	33478	9814	--	--
K	mg/kg	0.3	1173	2054	1008	1596	1987	768	489.6	1254	813.7	715.5	891.0	2307	--	--
Li	mg/kg	0.02	6.04	5.31	2.64	4.59	5.98	6.49	9.98	4.67	7.48	3.45	11.39	4.66	--	--
Mg	mg/kg	0.3	6153	3355	9311	3821	4657	3555	7938	4299	6302	3334	14387	3398	--	--
Mn	mg/kg	0.04	275.6	209.5	2398	207.1	354.2	595.0	397.5	607.3	587.7	211.1	893.2	215.0	--	--
Mo	mg/kg	0.05	0.75	<0,05	0.70	<0,05	1.66	10.31	<0,05	5.1	28.4	4.4	4.8	<0,05	--	--
Na	mg/kg	1	346	458	161	7039	2065	277	628	600	1081	555	318	759	--	--
Ni	mg/kg	0.05	3.9	2.9	27.3	3.4	4.4	13.6	8.36	5.77	11.30	8.27	6.64	2.84	--	50
P	mg/kg	1	<1	443	1590	313	25	598	520	<1	573	713	1639	270	--	--
Pb	mg/kg	0.13	69.1	7.6	65.2	6.1	71.0	171.9	18.00	108.2	36.11	12.28	90.50	9.76	70	70
Sb	mg/kg	0.6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	2.9	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	--	--
Se	mg/kg	1.0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	--	1
Si	mg/kg	0.5	605.0	711.8	708.9	826.1	792.5	543.1	762.2	647.7	800.5	602.0	820.3	750.0	--	--
Sn	mg/kg	0.2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	--	--
Sr	mg/kg	0.03	30.15	50.27	32.26	60.74	58.02	26.75	24.86	50.84	33.87	31.09	48.46	63.65	--	--

Ti	mg/kg	0.03	108.7	234.0	32.34	122.8	136.8	109.2	91.7	132.5	96.9	95.5	110.4	198.9	--	--
Tl	mg/kg	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	--	1
V	mg/kg	0.03	50.45	20.68	22.74	31.81	28.20	26.10	64.68	38.57	39.95	29.30	59.24	25.07	--	130
Zn	mg/kg	0.2	97.2	39.4	244.0	60.4	179.6	125.5	35.3	102.4	96.0	33.0	161.4	40.2	--	200
Cianuro Libre	mg/kg	0.1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	0.9
Mercurio	mg/kg	0.005	<0,005	<0,005	0.283	<0,005	<0,005	0.766	0.059	0.076	<0,005	<0,005	0.075	<0,005	6,6	6,6

(1) ECA para Suelos, según D.S. 002-2013- MINAM-Suelo Agrícola

(2) Valores Máximos Aceptables en Suelo Agrícolas – Canadian Environmental Quality Guidelines (2003)

**Tabla N° 19 . - Resultados de Monitoreo Ambiental en área de influencia - PM10 en estaciones – 2018**

<b>CONCENTRACIONES DIARIAS DE PARTICULAS PM10</b>			
<b>ESTACIONES DE MUESTREO</b>	<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>PESO DEL FILTRO (mg)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DIARIA PM10 <math>\mu\text{m}/\text{m}^3</math></b>
E - 1	12 – febrero – 2018	38,9	28.20
E - 2	12 – febrero – 2018	125.7	108.10
Estándar de calidad ambiental del Aire			100

**Fuente:** Elaboración propia - D.S. 003-2017-PCM E-1 Barlovento y E-2 Sotavento

Tabla N° 20 - Resultados de Monitoreo de Niveles de Ruido en las estaciones - 2018

Niveles de Ruido – Periodo Nocturno.						
Estación	Descripción	Fecha y hora	Nivel de presión sonora equivalente dB (A)			Estándares Nacionales <sup>(1)</sup>
			L <sub>Max</sub>	L <sub>Min</sub>	L <sub>AeqT</sub>	
R-01	Frente a las Oficinas	28/06/2018 19:00	63.20	47.10	54.80	70.00 <sup>(2)</sup>
R-02	Área de Procesos	28/06/2018 19:30	64.40	54.10	52.90	70.00 <sup>(2)</sup>

Niveles de Ruido – Periodo Diurno.						
Estación	Descripción	Fecha y hora	Nivel de presión sonora equivalente dB (A)			Estándares Nacionales <sup>(1)</sup>
			L <sub>Max</sub>	L <sub>Min</sub>	L <sub>AeqT</sub>	
R-01	Frente a las Oficinas	29/06/2018 10:00	65.00	45.90	53.50	80.00 <sup>(2)</sup>
R-02	Área de Procesos	29/06/2018 10:40	54.20	41.00	50.20	80.00 <sup>(2)</sup>

**Fuente:** Elaboración propia – SOPERMIN SAC  
<sup>(1)</sup> D.S. 085-2003-PCM: Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Ruido.  
<sup>(2)</sup> Limite para Zona Industrial en Periodo Diurno.

**Tabla N° 21** - Monitoreo de Estaciones Meteorológica - 2018

Estación Meteorológica.			
Estación Meteorológica	Modelo / Serie	Sensor	Características Técnicas
		Registrador de Datos	2 entradas digitales 4 entradas análogas 150 MB de Memoria Interna. Precisión del reloj del sistema +- 3 min por año Procesador del registrador Remesas H8S 2 322 (CPU) de 16 bits con núcleo interno de 32 bits) Fuente de energía 120 VAC o 220 VAC 60 Hz, con panel solar y batería recargable.
Davis Instrument	Vantage Pro2 – 6152C AM140128051	Termo anemómetro	Alcance de Indicación: 0.40 – 30.00 m/s; -10°C – 60°C. Resolución: 0.01 m/s; 0.1 °C Exactitud: +- 3%; +- 0.2 m/s Entidad: CFM
		Termómetro digital	Alcance de Indicación: -150°C – 450°C Resolución: 0.01 °C – 0.1 °C Exactitud: +- 0.02°C Entidad: SNM – INDECOPI
		Barotermohigrometro	Alcance de Indicación: -20 – 50°C; 0 – 100 %h, 300 – 1300 hPa. Resolución: 0.1°C / 0.1 % Hr / 0.1 hPa Exactitud: +- 0.3 °C / +- 2 % Hr / 0.5 hPa Entidad: SNM - INDECOPI

**Tabla N° 22 - RESULTADOS del Monitoreo de Promedios de los Parámetros Meteorológicos - 2018**

<b>Promedios de los Parámetros Meteorológicos.</b>						
<b>Estación</b>		<b>Temperatura Ambiental (°C)</b>	<b>Humedad Relativa (%)</b>	<b>Precipitación Pluvial (mm)</b>	<b>Velocidad del Viento (m/s)</b>	<b>Dirección del Viento (Orientación)</b>
E-01	Prom <sup>(1)</sup>	23.99	51.98	-	6.39	WWS 237 deg – 65%
	Max <sup>(2)</sup>	32.06	61.00	-	17.00	
	Min <sup>(3)</sup>	19.78	37.00	-	Calma	
	Total			-		
E-02	Prom <sup>(1)</sup>	26.83	51.98	-	7.81	WWS 242 deg – 58%
	Max <sup>(2)</sup>	34.00	61.00	-	18.00	
	Min <sup>(3)</sup>	23.11	37.00	-	1.00	
	Total			-		

- (1) Promedio diario de los parámetros meteorológicos.  
 (2) Valor máximo horario de los parámetros meteorológicos.  
 (3) Valor mínimo horario de los parámetros meteorológicos.



**Tabla N° 23:** Resultados de análisis químicos del compósito de muestras de las relaveras en puntos de monitoreo el sector del Poroma – 2016 METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO – MUESTRAS NRO 01, 02, 03, 04, 05 Y 06 -

MUESTRAS		ELEMENTOS													
N°	Código de Servicio	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575
	Elemento	La	Y	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Sn
	Unidad	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	ppm
	Límite Inferior	0.5	0.5	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01	2	0.01	5	0.5	10
Límite Superior	10000	1000	15	10000	10000	15	10000	10000	10000	15	10000	10	10000	10000	
1	MR0012001-2016-	255	44.6	1.15	1112	18	2.19	<1	18	0.22	50	0.80	<5	16.9	15
2	MR0022001-2016-	73.3	19.7	0.87	2310	50	0.71	<1	42	0.13	436	3.36	36	7.4	<10
3	MR0032001-2016-	17.9	7.0	0.63	3863	42	0.23	<1	18	0.03	7638	4.09	84	3.1	<10
4	MR0042001-2016-	106	21.4	0.86	2577	44	0.85	<1	27	0.12	3057	2.96	45	8.2	35
5	MR0052001-2016-	53.2	18.7	0.74	1544	30	0.98	<1	35	0.07	1017	1.22	24	7.5	13
6	MR0062001-2016-	66.3	17.0	0.72	1806	36	1.06	<1	22	0.07	1222	1.28	25	7.1	<10

MUESTRAS		ELEMENTOS													
N°	Código de Servicio	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575
	Elemento	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K
	Unidad	ppm	%	ppm	ppm	ppm	Ppm	%	Ppm	Ppm	ppm	ppm	%	ppm	%
	Límite Inferior	0.2	0.01	3	1	0.5	5	0.01	1	1	1	0.5	0.01	10	0.01
Límite Superior	100	15	10000	10000	10000	10000	15	10000	10000	10000	10000	15	10000	15	
1	MR0012001-2016-	1.2	5.41	29	364	1.6	<5	2.79	5	92	127	2711	10.8	22	1.32
2	MR0022001-2016-	9.1	4.23	926	674	0.9	10	2.70	9	110	147	3334	11.4	18	1.26
3	MR0032001-2016-	39.3	1.93	1233	316	1.2	11	3.83	59	51	304	2070	>15	36	0.53
4	MR0042001-2016-	17.9	3.68	782	510	1.2	19	3.18	29	84	147	2682	>15	23	1.01
5	MR0052001-2016-	9.6	4.41	355	459	0.9	12	1.95	12	42	1089	4856	7.69	16	1.20
6	MR0062001-2016-	14.3	3.91	395	359	1.0	<5	2.85	19	43	443	3272	8.97	19	1.16



MUESTRAS		ELEMENTOS						
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575
		Sr ppm 0.5 5000	Ti % 0.01 15	TI ppm 2 10000	v ppm 2 10000	W ppm 10 10000	Zn ppm 0.5 10000	Zr ppm 0.5 10000
1	MR0012001-2016-NASCA	87.2	0.21	<2	171	44	108	32.
2	MR0022001-2016-NASCA	105	0.14	<2	107	28	645	45.
3	MR0032001-2016-NASCA	29.5	0.07	<2	69	46	>10000	31.
4	MR0042001-2016-NASCA	72.4	0.13	<2	110	35	4484	27.
5	MR0052001-2016-NASCA	80.9	0.12	<2	75	<10	1269	36.
6	MR0062001-2016-NASCA	69.2	0.11	<2	73	15	3540	27.

Tabla N° 24 .- Resultados de las MUESTRAS del compósito de las relaveras - NRO 07, 08, 09, 10 Y 11 - 2016

MUESTRAS		ELEMENTOS													
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575
		Ag ppm 0.2 100	Al % 0.01 15	As ppm 3 10000	Ba ppm 1 10000	Be ppm 0.5 10000	Bi ppm 5 10000	Ca % 0.01 15	Cd ppm 1 10000	Co ppm 1 10000	Cr ppm 1 10000	Cu ppm 0.5 10000	Fe % 0.01 15	Ga ppm 10 10000	K % 0.01 15
1	MR007-2001-	17.3	3.62	624	358	1.1	12	3.32	31	59	936	257	12.64	23	1.02
2	MR008-2001-	17.3	3.44	646	436	1.1	9	3.43	39	75	239	239	>15	23	0.94
3	MR009-2001-	19.3	3.23	874	571	1.2	10	3.36	34	105	421	218	>15	28	0.87
4	MR010-2001-	22.1	3.66	1173	650	1.4	15	3.34	26	115	97	233	>15	30	0.94
5	MR011-2001-	23.6	3.66	1484	668	1.5	8	3.18	27	117	550	261	>15	32	0.93



MUESTRAS		ELEMENTOS													
N°	Código de Servicio	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575
	Elemento	La	Y	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Sn
	Unidad	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	ppm
	Límite Inferior	0.5	0.5	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01	2	0.01	5	0.5	10
Límite Superior	10000	10000	15	10000	10000	15	10000	10000	10000	15	10000	10	10000	10000	
1	MR007-2001-	89.8	19.5	0.76	2363	42	0.97	<1	34	0.09	1610	1.76	44	7.5	55
2	MR008-2001-	106	20.4	0.79	2742	47	0.89	<1	23	0.11	2055	2.76	41	7.5	31
3	MR009-2001-	124	22.0	0.84	2875	38	0.87	<1	39	0.13	2898	4.19	59	8.2	15
4	MR010-2001-	130	26.3	1.01	2919	29	0.87	<1	37	0.15	5112	4.09	56	9.9	40
5	MR011-2001-	121	28.2	1.03	3278	31	0.73	<1	47	0.15	6501	3.69	62	10.6	40

MUESTRAS		ELEMENTOS						
N°	Código de Servicio	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575	M0575
	Elemento	Sr	Ti	Tl	V	W	Zn	Zr
	Unidad	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	Límite Inferior	0.5	0.01	2	2	10	0.5	0.5
Límite Superior	5000	15	10000	10000	10000	10000	10000	
1	MR007-2001-	66.8	0.13	<2	90	25	594	31.7
2	MR008-2001-	67.3	0.13	<2	102	32	725	32.6
3	MR009-2001-	68.1	0.14	<2	126	47	562	38.8
4	MR010-2001-	78.1	0.15	<2	142	62	358	41.5
5	MR011-2001-	80.8	0.18	<2	148	61	341	55.2

Unidad ppm = partes por millón  
 1 ppm = 1 mg/kg (miligramo por 1 kilogramo)





**Tabla N° 25 - METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO – MUESTRAS DE SUELO NRO 01 Y 02 - 2018**

MUESTRAS		ELEMENTOS							
SAMPLE DESCRIPTION MIN DETECTION MAX DETECTION	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA0370 Hg mg/Kg PS 0.01 IC-SOIL-04_Hg	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2 IC-SOIL-165	MA1124 Al mg/Kg PS 100 IC-SOIL-165	MA1124 As mg/Kg PS 0.2 IC-SOIL-165	MA1124 Ba mg/Kg PS 1 IC-SOIL-165	MA1124 Be mg/Kg PS 0.4 IC-SOIL-165	MA1124 Bi mg/Kg PS 5 IC-SOIL-165
Paroma Nasca BAR 20181202	12/02/2018 11:10	Suelos	0.26	0.4	7595	13.4	69	<0.4	<5
Paroma Nasca SOT 20181202	12/02/2018 11:35	Suelos	0.05	<0.2	6406	5.3	87	<0.4	<5

MUESTRA		ELEMENTO									
SAMPLE DESCRIPTION MIN DETECTION MAX DETECTION	MON0000 Fecha Monitoreo	MON00 Tipo Muestra	MA1124 Ca mg/Kg PS 100 IC-SOIL-165	MA1124 Cd mg/Kg PS 0.3 IC-SOIL-165	MA1124 Co mg/Kg PS 0.04 IC-SOIL-165	MA1124 Cr mg/Kg PS 0.3 IC-SOIL-165	MA1124 Cu mg/Kg PS 0.5 IC-SOIL-165	MA1124 Fe mg/Kg PS 100 IC-SOIL-165	MA1124 K mg/Kg PS 100 IC-SOIL-165	MA1124 Mg mg/Kg PS 100 IC-SOIL-165	MA1124 Mn mg/Kg PS 2 IC-SOIL-165
Paroma Nasca SOT 20181202	12/02/2018 11:10	Suelos	12223	0.7	7.18	5.5	333	18286	2237	5123	340
Paroma Nasca BAR 20181202	12/02/2018 11:35	Suelos	15617	0.3	4.15	5.5	34.9	16421	1776	4477	301

MUESTRA		ELEMENTOS							
SAMPLE DESCRIPTION MIN DETECTION MAX DETECTION	MON0000 Fecha Monitoreo	MA1124 Mo mg/Kg PS 0.09 IC-SOIL-165	MA1124 Na mg/Kg PS 100 IC-SOIL-165	MA1124 Ni mg/Kg PS 1 IC-SOIL-165	MA1124 P mg/Kg PS 100 IC-SOIL-165	MA1124 Pb mg/Kg PS 0.3 IC-SOIL-165	MA1124 Sb mg/Kg PS 5 IC-SOIL-165	MA1124 Se mg/Kg PS 0.9 IC-SOIL-165	MA1124 Sn mg/Kg PS 10 IC-SOIL-165
Paroma Nasca SOT 20181202	12/02/2018 11:10	1.52	3614	8	724	21.9	<5	<0.9	<10
Paroma Nasca BAR 20181202	12/02/2018 11:35	0.63	6392	3	621	6.3	<5	1.3	<10

MUESTRA		ELEMENTOS				
SAMPLE DESCRIPTION MIN DETECTION MAX DETECTION	MON0000 Fecha Monitoreo	MA1124 Sr mg/Kg PS 0.5 IC-SOIL-165	MA1124 Ti mg/Kg PS 100 IC-SOIL-165	MA1124 Tl mg/Kg PS 0.03 IC-SOIL-165	MA1124 V mg/Kg PS 2 IC-SOIL-165	MA1124 Zn mg/Kg PS 0.5 IC-SOIL-165
Paroma Nasca SOT 20181202	12/02/2018 11:10	59.8	380	0.23	55	69.2
Paroma Nasca BAR 20181202	12/02/2018 11:35	64.2	417	0.29	57	32.6

Fig. N° 07 - Rosa de viento de Barlovento

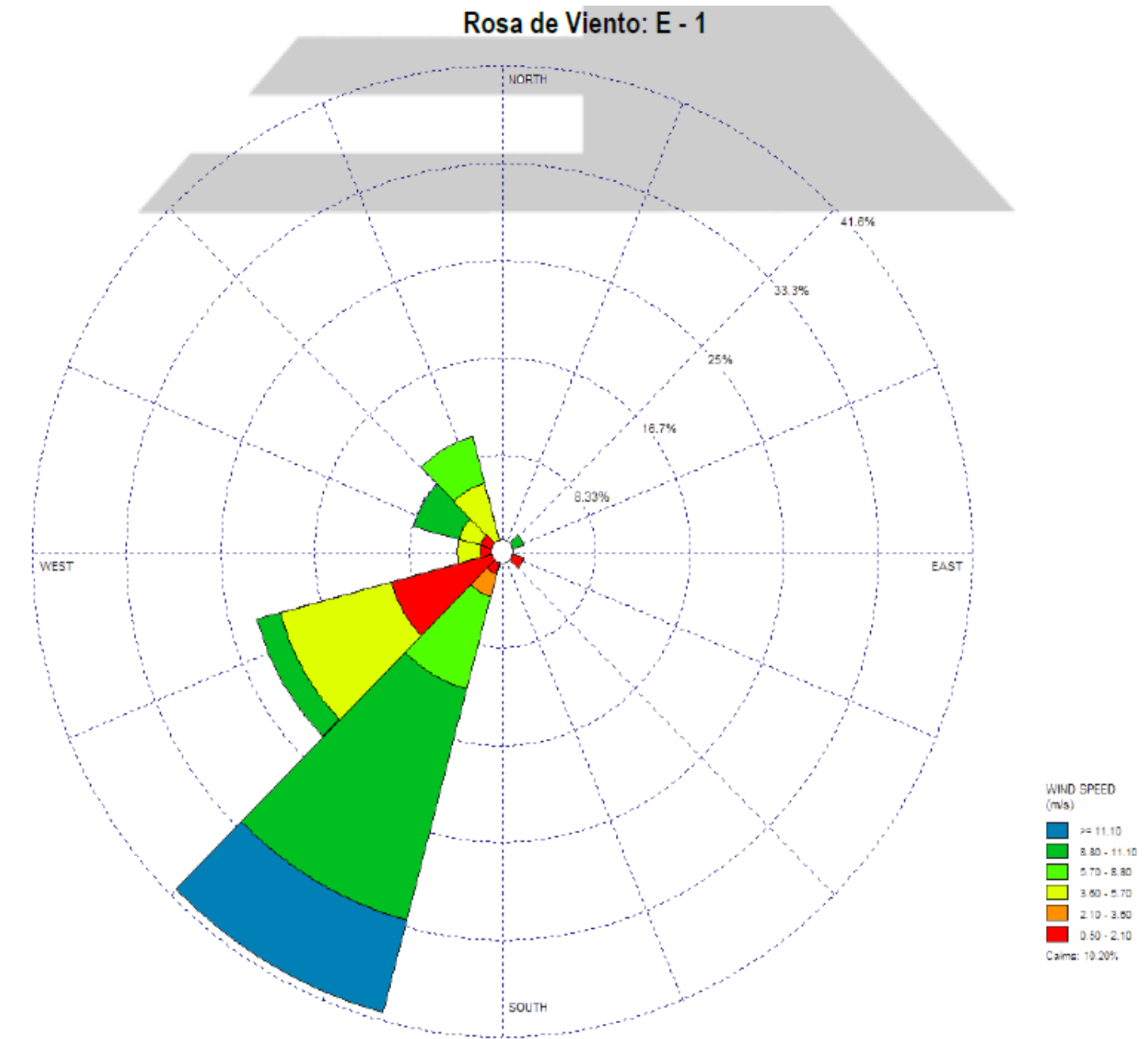
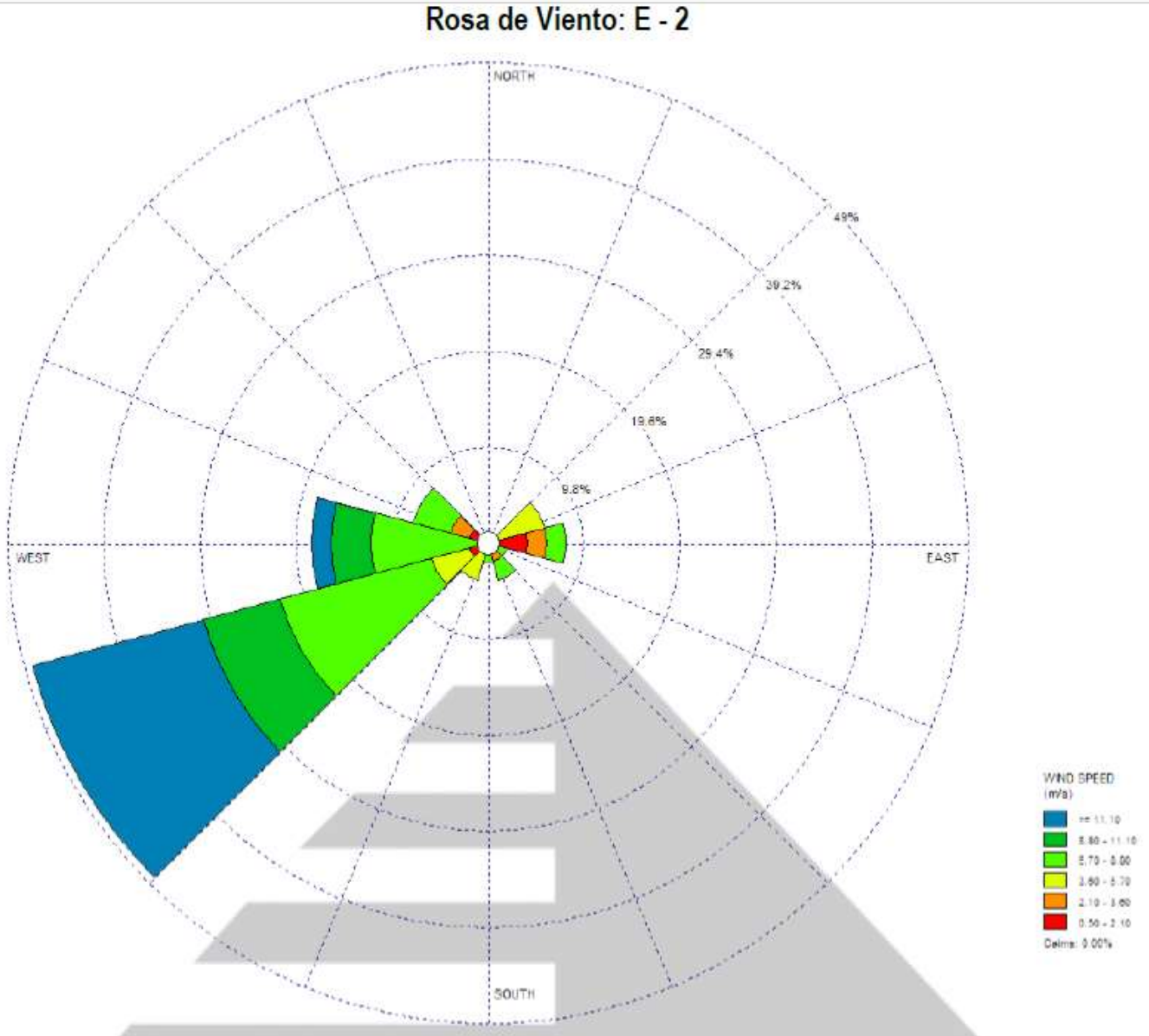


Fig. N° 08 - Rosa de viento de Sotavento



## 6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de calidad de aire indican que las concentraciones de partículas PM10 es mayor en sotavento, excediendo al ECAS de aire (2018), en el caso de Plomo, Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono, en todas las estaciones de muestreo consideradas, se encuentran por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S. 074-2001-PCM, D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM). Para el caso del Arsénico todas las concentraciones evaluadas cumplen con los Niveles Permisibles establecidos en la R.M. N° 315-96-EM/VMM, así como las concentraciones de Cobre comparada con la Norma Internacional AMBIENT AIR QUALITY CRITERIA (AAQCs)

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras de suelos comparados con el ECA y de manera referencial con el valor límite internacional en suelos agrícolas de la Canadian Environmental Quality Guidelines (2003), nos indican que los valores de Cobre en todos los puntos muestreados se encuentran sobrepasando dicho límite internacional; ello debido a que la mayoría de plantas de beneficio asentadas en la zona de estudio procesan cobre, además de haberse evidenciado algunas relaveras disturbadas y con indicios de relaves impactando a los suelos aledaños.

Además, las concentraciones de plomo encontradas en las estaciones, S-5 (Fundo Agromin Nasca SAC cerca a Planta Poroma), S-6 (Planta Mercurio), S-8 (Planta Najash) y S-11 (Planta San Fernando), se encuentran superando el estándar nacional de comparación para suelos agrícolas.

Los otros parámetros evaluados (otros metales y cianuro libre si cumplen con los ECAs y con el límite internacional en suelos agrícolas de la Canadian Environmental Quality Guidelines.

Los niveles de Presión Sonora Continua Equivalente con ponderación "A" (LAeqT), medidos en todos los puntos de medición evaluados en la zona de estudio tanto en horario diurno como nocturno en general cumplen con los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido, para zona industrial.

La medición que se realizó en un punto adicional R-13 (Planta Mercurio) ante la evidencia del ruido molesto percibido en los alrededores a ese lugar durante una muestra de suelos, reporto un valor que supera el estándar nacional para zona industrial, en horario diurno (80 dBA); la medición se efectuó en el momento que operaban sus equipos empleados en su proceso.

Los registros obtenidos de parámetros meteorológicos coincidentemente con el monitoreo de calidad aire nos permitirá obtener información importante sobre la dirección e intensidad del viento, por ejemplo, que se relaciona con las probables emisiones de polvo, metales y gases que puedan estar afectando la calidad del aire a lo largo del Valle Las Trancas. De la información meteorológica obtenida en este periodo de monitoreo concluimos que se presentó una temperatura ambiente entre los 18 a 20°C, una humedad relativa entre los 55 a 69%, una velocidad del viento entre 4,8 a 5,3 m/s, una dirección predominante de Sur a Norte, sin presencia de precipitaciones y con una presión barométrica alrededor de los 354 milibares.

Se recomienda continuar a futuro con monitoreos de Calidad de Aire, Meteorología, Calidad de Aguas, Calidad de Suelos y Niveles de Ruidos. se podrá evaluar permitiendo determinar la presencia de metales en el cuerpo receptor y su probable influencia por las actividades mineras. A su vez se pueden modificar o incrementar los puntos de muestreo de acuerdo al periodo estacional y a las

condiciones existentes en la zona por la presencia de las plantas de procesamiento de minerales asentadas a lo largo del Valle Las Trancas y en sus alrededores (sector Pajonal)

Todo ello nos permitirá contar con mayores registros de resultados de línea base ambiental e ir analizando cada vez más las fuentes existentes de generación ambiental y su influencia en el entorno.

Para la mejora de la calidad del aire a cargo de las plantas de beneficio se recomienda lo siguiente:

Crear áreas verdes (Jardines, árboles, etc.) para controlar la emisión de material particulado consecuencia de mineral deleznable en forma de polvo, poner muros de contención en las relaveras saturadas.

Las vías para el tránsito pesado deben de estar cubiertas por material gravoso para minimizar la emisión de polvos al ambiente.

Optimizar los procesos de combustión y otros propios de las Plantas de Beneficio, para reducir las emisiones de gases como el SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, y el CO.

## **CONCLUSIONES**

- 1.- Los resultados de la calidad del aire en el área de influencia de Nasca indica que la concentración de Partículas en suspensión PM 10 en sotavento se hallan por encima de los Estándares Nacionales de Calidad (resultados del 2018; según D.S. N° 003-2017-MINAM).
- 2.- Los resultados de Plomo, Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono, en todas las estaciones de muestreo consideradas, se encuentran por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S. 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM). Para el caso del Arsénico todas las concentraciones evaluadas cumplen con los Niveles Permisibles establecidos en la R.M. N° 315-96-EM/VMM, así como las concentraciones de Cobre comparada con la Norma Internacional AMBIENT AIR QUALITY CRITERIA (AAQCs)
- 3.- Todos los constituyentes del aire medidos en el monitoreo ambiental del 2013 se encuentran por debajo de los valores indicados como ECAs; sin embargo, los mayores valores encontrados en los parámetros de partículas PM10 en el punto E-10 (Planta Poroma); SO<sub>2</sub> en el punto E-11 (Planta Antares); NO<sub>2</sub> en el punto E-9 (Fundo Don Mateo), representan los valores más relevantes.
- 4.- Los resultados obtenidos del análisis de las muestras de suelos comparados con el ECA y de manera referencial con el valor límite internacional en suelos agrícolas de la Canadian Environmental Quality Guidelines (2003), nos indican que los valores de Cobre en todos los puntos muestreados se encuentran sobrepasando dicho



límite internacional; ello debido a que la mayoría de plantas de beneficio asentadas en la zona de estudio procesan cobre, además de haberse evidenciado algunas relaveras disturbadas y con indicios de relaves impactando a los suelos aledaños.

- 5.-** Además, las concentraciones de plomo encontradas en las estaciones, S-5 (Fundo Agromin Nasca SAC cerca a Planta Poroma), S-6 (Planta Mercurio), S-8 (Planta Najash) y S-11 (Planta San Fernando), se encuentran superando el estándar nacional de comparación para suelos agrícolas.
  
- 6.-** Dado que los contenidos en Plomo y Arsénico en el compósito de las muestras tomadas en las relaveras de las plantas de procesamiento (realizadas el 2016), sobre pasan los LMP y ECAS, Contaminando el ecosistema terrestre porque están depositados en los suelos de las relaveras que hace años fueron construidos y sin impermeabilización o geomenbrana.

## RECOMENDACIONES

- 1.- El cumplimiento de las Normas establecidas para el control y mitigación de los medios contaminantes.
- 2.- Realizar monitoreos medio ambientales periódicos, para la supervisión, toma de muestras y análisis por los órganos competentes del estado.
- 3.- Se recomienda seguir obteniendo mayores registros de data meteorológica a fin de definir sobre todo la tendencia de la dirección predominante del viento a lo largo de todo el año, y con ello ver la influencia de las probables emisiones de partículas y gases por actividades naturales y antrópicas existentes a lo largo del Valle Las Trancas y su entorno.
- 4.- Se debe realizar un trabajo de campo en el cual se estudie los ecosistemas de sabana presentes en la zona de Poroma - Nasca; en el cual se observa las distintas interrelaciones entre los individuos, y la contaminación presente en el lugar; con la finalidad de brindar más conocimientos al respecto y brindar posibles soluciones a estos problemas que son el cada día de esta zona.
- 5.- Se debe reconocer el material particulado y relaves de las plantas procesadoras que generan contaminación al suelo y aire de la zona de Poroma – Nasca y que producen un desequilibrio físico, químico y biológico que afecta negativamente las plantas, animales y humanos.
- 6.- Las plantas procesadoras deben de crear áreas verdes (jardines, arboles, etc.), instalar sistemas de colectores de polvos, sistema de riego con agua atomizada en las tolvas de almacenamiento, para controlar la emisión de material particulado de minerales deleznable, las vías de tránsito pesado deben de estar cubiertas por material gravoso para minimizar la emisión de polvos al ambiente y optimizar el proceso de combustión y otros para minimizar la emisión de gases.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- 1.- Achim Constantin y Mayta Coaguila, Ronald (2015) Informe final “Evaluación de la Contaminación Ambiental causada por la Pequeña Minería y Minería Artesanal en la Zona Urbana del Distrito de Chala-Arequipa”.
- 2.- Alley R. y Associates, Inc. 2001. “Manual de la calidad del aire”. Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. de México, D.F.: 1.4-3.12.
- 3.- Álvarez Mendoza, César Iván (2014) Tesis “Estimación de contaminación del aire por PM10 en Quito determinado por índices ambientales obtenidos con Imágenes Satelitales Landsat ETM+ - Ecuador”.
- 4.- Angulo Montesdeoca, Rigoberto Gerardo – 2008 Tesis “Medición y Evaluación de la calidad del aire en Guayaquil debido a la presencia de material particulado menor a 10 y 2,5 micrones” – Ecuador.
- 5.- Angulo, L.; Huertas, J.; Restrepo, G. Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto. Información Tecnológica, 2011, 22 (4), 23, 34.
- 6.- Arciniégas, C. A. 2012. Diagnóstico y control de material particulado: Luna Azul 2474(34), 2,3.
- 7.- Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET) y ECOSISTEMAS la Revista científica de Ecología y medio ambiente (<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas>)
- 8.- Artículo 1° de la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611, LGA)
- 9.- Astudillo Alemán, Ana Lucía (2014) Tesis “Estudio de Genotoxicidad del Material Particulado PM10 de la zona urbana del Cantón Cuenca” - Ecuador

- 10.-Belmar R. – “Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de las personas”
- 11.-Bendezú Benavides, Amado Augusto (2009), Tesis “Prácticas de Riesgo y frecuencia de enfermedades asociadas a la Minería Artesanal Aurífera en Nasca, 2009”. Ica.
- 12.-Caldas J. (1978) - Serie A: Carta Geológica Nacional-030: Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca
- 13.-Calderón Pino, Reymundo (2013), Tesis “Relación entre relaves de flotación y la Contaminación Ambiental en la Provincia de Nasca”. Ica
- 14.-Contaminación y Turismo Sostenible – MSc Mauricio Bermúdez - 2010
- 15.-Chen, Y., Lucas, P., & Wellburn, A. (1990). Relative relationship between foliar injury and change in antioxidants levels in red and Norway spruce exposed to acidic mists. Environmental Pollution
- 16.-Corcuera Horna, César Augusto – Tesis: “Impacto de la contaminación de la minería informal en el Cerro el Toro-Huamachuco” 2015 -Trujillo - Perú.
- 17.-Curtis & Barnes - Biología; 6ta ed. - Editorial Médica Panamericana, España, 2004.
- 18.-Díaz Carretero, A.R. Landa Cánovas y L.C. Otero Díaz. "Técnicas de Análisis y Caracterización de Materiales". CSIC, Madrid 2002 I.
- 19.-E, Dinerstein. D, Olson. D, Gram. A, Webster. S, Primm. M, Bookbinder. Y G, Ledec. Una Evaluación del Estado de Conservación de las Ecorregiones Terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial y Fondo Mundial para la Naturaleza. Washington.1995.
- 20.-Fabio Naranjo y Liliana Sierra – 2008 – Métodos de control para evitar la silicosis por exposición a sílice cristalina en trabajadores de la industria manufacturera – Bogotá Colombia

- 21.-Fco. Javier Diez Lázaro – Tesis “Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas” – 2008
- 22.-Fergusson, J. 1990. The heavy elements. Chemistry, environmental impact and health effects. Oxford. Pergamon Press. p. 175-182
- 23.-Flores Echevarría, Henry Joseph (2015), Tesis titulado: “Determinar el grado de contaminación de los reactivos en los relaves de flotación de la Empresa Minera FECMA E.I.R.L. del sector de Poroma en el Distrito de Vista Alegre – Nasca” – Perú.
- 24.-Informe quincenal de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía del noviembre II – 2014
- 25.-Janicke, M., Jargens, H., Jarrgensen, K., Y Nordbeck, R. (2001): Governance for sustainable development in Germany: Institutions and policy making. OCDE. En <http://www.oecd.org>
- 26.-Hernández Tavera Maricela - Tesis “Evaluación de la concentración de metales tóxicos contenidos en polvo sedimentado en zonas industriales y habitacionales de la zona metropolitana del valle de México” – 2002
- 27.-López Ferreira, Baptista – Tesis: “Evaluación Geoquímica de las propiedades del material particulado (polvos, suelos y sedimentos) de la ciudad de Luanda (Angola) y su entorno: implicaciones Ambientales. 2005 – Universidad Politécnica de Madrid España. Para optar el grado de Doctor.
- 28.-Mauricio Bermúdez **Contaminación y Turismo Sostenible** – 2010
- 29.-Marcos Huatuco, Rubén y Valderrama Romero, Andres (2011), Tesis “Contaminación del aire por material particulado en la ciudad universitaria – UNMSM” - Lima - Perú
- 30.-Matta Espilco, Rudy Yonni (2014), Tesis “Material Particulado generado por la minería a cielo abierto y su influencia en la

contaminación de los suelos agrícolas de la Provincia de Yauli-Región Junín”

- 31.-Melendi D. Scafati. L. y Wolkheimer, W. “Biodiversidad, La diversidad de la vida, las grandes extinciones y la actual crisis ecológica”. Buenos Aires. Ediciones Continente 2003.
- 32.-Miranda Romero Karen Aneth y Luz Adriana Ortiz Florez – 2008 – Colombia “Evaluación de la Concentración de material particulado suspendido PM10 y su relación con la morbilidad asociados a ERA`S en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria aguda en el Municipio de Toluviejo” (SUCRE)
- 33.-Nilo Lara Fabián Alfredo (2012), Tesis “Contaminación atmosférica por Material Particulado fino y su relación con la configuración sinóptica en la región metropolitana” Chile.
- 34.-Organización Mundial de la Salud OMS. 1992, Evaluación de la exposición profesional a partículas atmosféricas. Publicación Offset No. 80. 2004. Guías para la calidad de aire. Lima, Perú.
- 35.-Pérez Fadul, Luisa Fernanda y Liliana Hernandez - 2006 “Determinación de metales pesados en partículas respirables e identificación de fuentes de emisión, a partir de un muestreo atmosférico en la localidad de puente Aranda en la ciudad de Bogotá” – Colombia, Tesis para optar el título de Ingeniera Ambiental y Sanitaria
- 36.-Prieto Zambrano, Oscar (2016) Tesis “Caracterización de material particulado, plomo y arsénico para la evaluación de la calidad del aire en el distrito de Islay - Matarani” Arequipa - Perú.
- 37.-Pope, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., y Thurston, G.D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and longterm exposure to fine particulate air pollution. JAMA, 287(9), 1132-1141.

- 38.-Reategui Lozano Rolando – “Indicadores para elaborar proyectos ambientales y estudios de impacto ambiental
- 39.-Purves-Sadava (2003) Vida “La ciencia de la Biología” Editorial Médica Panamericana (Cap. 56)
- 40.-Salinas Vio, Paulina Alejandra (2012), Tesis “Contaminación atmosférica por material particulado y consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, periodo mayo junio, año 2010” Chile
- 41.-Sandoval, Yuliana y Olaya, Luis Ferney, 2005. Determinación del factor de correlación existente entre los diferentes tamaños de material particulado presentes en dos zonas de estudio de la localidad de puente Aranda, Bogotá, DC.
- 42.-Sierra Aragón, Manuel – Tesis “Niveles de Metales pesados y elementos asociados a suelos de la provincia de Almería, Parámetros que los afectan y Riesgos de contaminación”. 2005.
- 43.-Segueiro, Manuel y Gonzales Barros – “El Amianto: Mineralogía del Riesgo” – Demolición & Reciclaje Revista N° 43- noviembre de 2008.
- 44.-Selvia Alonso Pérez – 2007 “Caracterización de las intrusiones de polvo africano en Canarias” – Tenerife, Memoria para optar el grado de Doctor en Ciencias Físicas.
- 45.-Torno Lougedo, Susana (2008) – “Emisiones de material particulado en almacenamiento de minerales a la intemperie” – Tesis doctoral- Oviedo -España
- 46.-Zanabria Contreras Rubén (2010), TIM: “Estudio de Impacto Ambiental de la Planta Procesadora Carolina del Sur S.A.C. – Nasca”

## **ANEXOS**



**Tabla N° 26:** Plantas de procesamiento de la pequeña minería de la zona.

<b>N°</b>	<b>PLANTA PROCESADORA</b>	<b>EMPRESA/PERSONA NATURAL</b>	<b>CONCESIÓN DE BENEFICIO</b>	<b>CAPACIDAD TMPD</b>
1	Jesús	Manuel Esponda Preciado	En tramite	350
2	San Hilarión	Emp. Consorcio Agro Minera San Hilarión SAC	EIAsd. Aprobado	100
3	FECMA	Empresa Minera FECMA SAC	En tramite	240
4	SUDMIN	Sudamericana de Mina	En tramite	20
5	San José (de Castro)	Emp. Comercializadora de Minerales 09 de Marzo SAC	En trámite	100
6	San Fernando	Planta Concentradora San Fernando SAC	Notificado para adecuarse al IGAC	200
7	Najach	Empresa La Luz EIRL	EIAsd. Aprobado	100
8	Carolina del Sur	Emp. Procesadora Carolina del Sur SAC	En tramite	200
9	Alonso SAC	Planta Procesadora Alonso SAC	En tramite	100
10	Oasis	Emp. Agropex SAC	En tramite	80
11	Planta de Beneficio de Minerales	Emp. Mercurio EIRL	Titulada	350
12	Poroma SAC	Poroma	Titulada	350
13	Minerales Centauro	Emp. Perú Metal Trading SAC	EIAsd. Aprobado	300
14	Santa Elena	Sra. Elena Aybar	En tramite	80
15	Santa Teresa	Emp. Planta Santa Teresa Poroma Nazca	En tramite	350

		SAC		
16	San José Transformación del Cobre SAC	DWL Corporation SAC	Titulada	50
17	San José de Pantac		En tramite	50
18	Caracol	Emp. Minera Caracol SAC	En tramite	100
19	Antares	Emp. Consorcio Minero Antares	En tramite	120
20	Victoria I	Emp. Planta Procesadora Santa Ana SAC	En tramite	300
21	Santa María	Empresa Minera Santa María Perú SAC	En tramite	100
<b>TOTAL DE MINERALES TRATADOS PÓR DIA</b>				<b>3640</b>

**Fuente propia:** Relación de plantas de procesamiento de la pequeña minería y su capacidad en toneladas tratados por Día.

**Tabla N° 27: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	TECNICAS DE MEDICION
<p><b>GENERAL:</b> ¿En qué medida el material particulado y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería, contaminan el ecosistema terrestre de la zona de Poroma–Nasca?</p> <p><b>ESPECIFICOS:</b> ➤ ¿Cuál es el grado de contaminación del ecosistema terrestre de la zona de Poroma - Nasca? ➤ ¿En qué medida el material particulados y relaves de las plantas procesadoras en Nasca generan contaminación al suelo y aire de la zona de Poroma - Nasca?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Determinar el grado de contaminación del ecosistema terrestre de Poroma- Nasca, por material particulado y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería.</p> <p><b>ESPECIFICOS:</b> ➤ Determinar el grado de contaminación del ecosistema terrestre de la zona de Poroma - Nasca ➤ Analizar la constitución de suelo y aire , para conocer el grado de contaminación.</p>	<p><b>GENERAL:</b> El material particulado y relaves de las plantas procesadoras contaminan el Ecosistema de la zona de Poroma – Nasca.</p> <p><b>ESPECIFICOS:</b> ➤ El ecosistema terrestre de la zona de Poroma – Nasca se encuentra contaminado. ➤ Se determina los contaminantes de suelo y aire producto de los materiales particulados y relaves de las plantas procesadoras de la pequeña minería en la zona de influencia de Nasca, por métodos físicoquímicos.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Material particulado y relaves de plantas procesadoras de la Pequeña Minería.</p>	<p>Transporte y Preparación mecánica de minerales en circuito de chancado - clasificación</p> <p>Molienda - clasificación</p> <p>Proceso de Flotación</p> <p>Proceso de Lixiviación</p> <p>Almacenamiento de relaves</p>	<p>➤ Tamaño de partícula</p> <p>➤ Gases de operación</p> <p>➤ Composición química</p> <p>➤ Cantidad de relave</p>	<p>PM10, PM2,5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, Pb, Hg, As, Cu, H<sub>2</sub>S, Ba total, Cd, Cr total, Cr VI, CNNa</p>	<p>➤ Separación inercial/filtración (Gravimetría)</p> <p>➤ Fluorescencia ultravioleta (Método automático)</p> <p>➤ Quimioluminiscencia (Método A automático)</p> <p>➤ Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)</p> <p>➤ Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)</p> <p>➤ Plasma de acoplamiento inductivo (ICP) espectrofotómetro de emisión óptico (OES) para suelos que arroja más de 35 metales totales.</p> <p>➤ EPA 3050 EPA 3051</p> <p>➤ EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8</p> <p>➤ EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192.</p> <p>➤ EPA 9013 SEMWW-AWWA- WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015</p>
			<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Contaminación del ecosistema terrestre de Poroma - Nasca.</p>	<p>Contaminantes de aire y suelo</p>	<p>➤ Cantidad de contaminantes</p> <p>➤ Tipo de contaminantes</p> <p>➤ Efecto sobre la atmosfera</p> <p>➤ Efecto sobre el suelo.</p>	<p>PM10, PM2,5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, Pb, Hg, As, Cu, H<sub>2</sub>S, Ba total, Cd, Cr total, Cr VI, CNNa</p> <p>➤ PM10, gases</p> <p>➤ Cantidad de contaminantes.</p> <p>➤ Composición química,</p>	
			<p><b>CONTROLANTE</b> Suelo y aire de barlovento</p>				

**Tabla N° 28:** Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

**ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO**

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(7)</sup> y <sup>(8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(9)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(10)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 <sup>(11)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015

Fracción de hidrocarburos F2 <sup>(12)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 <sup>(13)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(14)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(15)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(16)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8

Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

**Notas:**

[\*\*] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) **PS:** Peso seco.

(3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA

**Fuente:** Decreto Supremo N° 011 – 2017 – MINAM

**Tabla N° 29: CONDICIONES PARA MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE AIRE Y MUESTRAS SÓLIDAS**

Muestras Sólidas: (Suelo, Sedimento ó Lodo)

Determinación	Envase	Tamaño min. de muestra	Condiciones de Muestreo	Conservación y/o Preservación	Tiempo máx. de almacenamiento recomendado*	Observaciones adicionales
Aceites y Grasas	V(A)	Suelo, Sedimento, Lodo Sólido y Lodo Líquido; 100 g	Tomar muestra de suelo, sedimento y lodo sólido de la siguiente manera: No se requiere la adición del HCl y la muestra debe ser mantenida a $4 \pm 2$ °C.  Tomar muestra de lodo líquido de la siguiente manera (permite la mezcla completa de la muestra y ácido): La muestra debe ser preservada a un pH <2 mediante la adición de 1 ml de HCl concentrado por 100 gramos de muestra y debe ser mantenida a $4 \pm 2$ °C	Refrigerar $4 \pm 2$ °C.	26 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Análisis Granulométrico	B(P)	3000 g	N.A.	Temperatura ambiente	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Bentos (macrozoobentos) o Macroinvertebrados Bentónicos	P (Boca Ancha)	N.A.	Para sedimentos: -En ríos y quebradas: usar red Surber de 500 µm. - En estuarios: Para orilla: usar dispositivos cilíndricos con una bolsa tamiz de 500 µm o muestreador de Hess de 500 µm o red surber de 500 µm. Para zonas profundas: Usar draga y bolsa tamiz de 500 µm . -En lagos y lagunas: Para orilla: usar muestreador de Hess de 500 µm de malla. Para zonas profundas: usar draga y bolsa tamiz de 500 µm. -En mar: Para orilla: usar dispositivos cilíndricos y bolsa tamiz de 500 µm. Para zonas profundas: Usar draga y bolsa tamiz de 500 µm.  No debe llenarse más de la mitad del envase con el material muestreado y completar el volumen con alcohol al 70%. (No enrasarlo).	Preservar: Alcohol al 70%. Indicar el área (m <sup>2</sup> ) de muestra tomada.	1 mes	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Carbono Orgánico total	B(P)	100 g	N.A (**)	Refrigerar $\pm 6$ °C	28 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Caracterización Suelos	B(P)	1000 g	N.A (**)	Temperatura ambiente	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	B(P)	1000 g	N.A.	Temperatura ambiente	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Cianuro Total, Cianuro Libre, Cianuro Wad	P(Ámbar), B(P)Ámbar o Negra	100 g	N.A (**)	Refrigerar $\pm 4$ °C	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) en suelo	Vial V(A) de 40 mL	LLENO TOTAL	01 VIAL	Refrigerar $\pm 6$ °C	14 días	Subcontrata
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos); Trihalometanos, COV halogenados en Suelo, Sedimento y Lodos sólidos.	Muestra con baja concentración:  Vial (V) de 22 mL con tapa rosca abierta y liner de PTFE y  Vial V(A) de 40 mL con tapa rosca y liner de PTFE	Suelo, Sedimento, Lodo Sólido en vial 22mL: 2 g  Suelo, Sedimento, Lodo Sólido en vial 40mL: 40g	Tomar muestras de suelo, sedimento y lodo sólido de la siguiente manera:  a) 03 viales de 2g (01 muestra, 01 duplicado, 01 muestra control adición) b) 01 vial de 40mL por cada muestra (para análisis de humedad, toma obligatorio) c) En vial de 22 mL, 01 blancos viajero y 01 blanco de campo (1) Total 05 viales.  (1) El blanco de campo, se tomará de un frasco de 40 mL de suelo inerte proporcionado por el Laboratorio y se vertirá 2g en el vial de 22 mL.  Cada vial de 22 mL está previamente pesado y contiene 10mL de solución modificadora (180g NaCl /500 mL)	Refrigerar $\pm 6$ °C	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.

DCI-MA-18

Esta tabla proporciona información para muestras en general, para aquellas que requieran un tratamiento especial en su manipulación y preservación se debe revisar la bibliografía del los métodos a aplicarse para un mayor detalle:

Muestras Sólidas: (Suelo, Sedimento ó Lodo)						
Determinación	Envase	Tamaño min. de muestra	Condiciones de Muestreo	Conservación y/o Preservación	Tiempo máx. de almacenamiento recomendado*	Observaciones adicionales
Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos); Trihalometanos, COV halogenados  en Suelo, Sedimento y Lodos sólidos	Muestra con alta concentración:  V(A) de 40 mL con tapa rosca y liner de PTFE y  Vial (V) de 22 mL con tapa rosca abierta y liner de PTFE	Suelo, Sedimento, Lodo Sólido en vial 40mL: 40g	Tomar muestras de suelo, sedimento, lodo sólido la siguiente manera:  a) 03 viales de 40 mL (01 muestra, 01 duplicado, 01 muestra control adición) b) 01 vial de 40mL por cada muestra (para análisis de humedad, toma obligatorio) c) En vial de 22 mL, 01 blanco viajero y 01 blanco de campo (1) Total 05 viales  (1) El blanco de campo, se tomará de un frasco de 40 mL de suelo inerte proporcionado por el laboratorio y se verterá 2g en el vial de 22 mL.  Cada vial de 22 mL está previamente pesado y contiene 10mL de solución modificadora (180g NaCl /500 mL)	Refrigerar $\pm 6$ °C	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos); Trihalometanos, COV Halogenados  en Lodos líquidos.	Muestra con baja o alta concentración:  Vial (V) de 40 mL con tapa rosca y liner de PTFE  Vial (V) de 22 mL con tapa rosca abierta y liner de PTFE	Lodo Líquido en vial 40mL: 40g	Tomar muestras de lodo líquido de la siguiente manera:  a) 03 viales de 40mL (01 muestra, 01 duplicado, 01 muestra control adición) b) 01 vial de 40mL por cada muestra (para análisis de humedad, toma obligatorio) c) En vial de 22 mL, 01 blanco viajero y 01 blanco de campo (1) Total 05 viales.  (1) El blanco de campo, se tomará de un frasco de 40 mL de suelo inerte proporcionado por el laboratorio y se verterá 2g en el vial de 22 mL.  Cada vial de 22 mL está previamente pesado y contiene 10mL de solución modificadora (180g NaCl /500 mL)	Refrigerar $\pm 6$ °C	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Conductividad Eléctrica	B(P),V	500 g	N.A.	Refrigerar $\pm 6$ °C	28 días para Muestra preparada a 2 mm	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Cromo Hexavalente (VI)	B(P),V(A)	200 g	N.A (**)	Refrigerar 4 $\pm$ 2°C	7 días desde la extracción hasta el análisis	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Fosfatos, Fósforo disponible	B(P)	100 g	N.A (**)	Refrigerar $\pm 6$ °C	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Fósforo total	B(P)	100 g	N.A (**)	Refrigerar $\pm 6$ °C	14 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Compuestos Orgánicos Serrivolátiles (SVOCS)  en Suelo, Sedimento y Lodo Sólido	Muestra con baja o alta concentración:  Frasco de Vidrio de boca ancha V(A) con tapa y liner de PTFE de 250 mL	Suelo, Sedimento, Lodo Sólido en frasco de 250 mL: 250g  Suelo, Sedimento, Lodo Sólido en vial 40mL: 40g	Tomar muestras para Suelo, Sedimento y Lodo Sólido de la siguiente manera:  a) 01 Frasco de 250 g. b) En vial de 40 mL, 01 blanco de campo (1) Total 01 frasco y 01 vial.  (1) El blanco de campo, se tomará de un vial de 40 mL de suelo inerte o arena proporcionado por el laboratorio	Refrigerar $\pm 6$ °C	14 días  Extracto: 40 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.



## Muestras de Aire:

Determinación	Envase	Tamaño mín. de muestra	Condiciones de Muestreo	Conservación y/o Preservación	Tiempo máx. de almacenamiento recomendado*	Observaciones adicionales
Benceno	Tubo de Carbón Activado en bolsa plástica	NA.	Mantener y devolver el tubo de carbón activado con la misma envoltura que se recibió. Y si no tuviera colocarlo en una emboltura.	Temperatura ambiente	7 días	Subcontrata
Carbono Orgánico, Carbono Total	N.A.	NA.	El doblaje del filtro se realiza sin presionar mucho para evitar rupturas.	Temperatura ambiente	2 meses	Análisis a realizar en CERTIMN S.A.
Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)	Tubo de Carbón Activado en bolsa plástica	NA.	Mantener y devolver el tubo de carbón activado con la misma envoltura que se recibió. Y si no tuviera colocarlo en una emboltura.	Temperatura ambiente	7 días	Subcontrata
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	P(ámbar)	50mL de solución en frasco de 100mL	a) 01 frasco con 50mL de solución captadora con la muestra. b) 01 frasco con 50mL de solución captadora como blanco viajero Total 02 frascos de 100mL.	Refrigerar de 0°C a 10°C	30 días	Análisis a realizar en CERTIMN S.A.
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	P(ámbar)	10 mL de solución en frasco de 100mL	a) 01 frasco con 10mL de solución captadora con la muestra. b) 01 frasco con 10mL de solución captadora como blanco viajero Total 02 frascos de 100mL.	Refrigerar de 0°C a 10°C	72 horas	Análisis a realizar en CERTIMN S.A.
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	P(ámbar)	10 mL de solución en frasco de 100mL	a) 01 frasco con 10mL de solución captadora con la muestra. b) 01 frasco con 10mL de solución captadora como blanco viajero Total 02 frascos de 100mL.	Refrigerar de 0°C a 10°C	72 horas	Análisis a realizar en CERTIMN S.A.
Monóxido de Carbono (CO)	P(ámbar)	50mL de solución en frasco de 100mL	Verter el contenido (40 mL) de la solución B al frasco de la Solución A (40 mL) y mezclar, el resultado será una solución lechosa. Agregar poco a poco la Solución C (20mL) mientras el frasco A se mantiene en constante agitación. La solución resultante es transparente (100 mL). Si la solución resultante es opaca o turbia, se deberá preparar una nueva. De los 100 mL obtenidos, 50 mL se guardan en un frasco colector ámbar como blanco de campo y los otros 50 mL se colocarán en un impinger.	Refrigerar de 0°C a 10°C	72 horas	Análisis a realizar en CERTIMN S.A.
Ozono (O <sub>3</sub> )	P(ámbar)	10 mL de solución en frasco de 100mL	a) 01 frasco con 10mL de solución captadora con la muestra. b) 01 frasco con 10mL de solución captadora como blanco viajero Total 02 frascos de 100mL.	Refrigerar de 0°C a 10°C	72 horas	Análisis a realizar en CERTIMN S.A.
Hidrocarburos Totales	Tubo de Carbón Activado en bolsa plástica	NA.	Mantener y devolver el tubo de carbón activado con la misma envoltura que se recibió. Y si no tuviera colocarlo en una emboltura.	Temperatura ambiente	7 días	Subcontrata
Hidrocarburos No Metanos (HNM)	N.A.	NA.	N.A (**)	Filtro en sobre Blanco	7 días	Subcontrata
Hidrocarburos Totales Expresado como Hexano.	Tubo de Carbón Activado en bolsa plástica	NA.	Mantener y devolver el tubo de carbón activado con la misma envoltura que se recibió. Y si no tuviera colocarlo en una emboltura.	Temperatura ambiente	7 días	Subcontrata
Metales en filtro	N.A.	NA.	El doblaje del filtro se realiza sin presionar mucho para evitar rupturas. Se coloca entre dos hojas blancas dentro de un sobre. Total: 03 Filtros (01 Muestra, 01 blanco de campo y 01 blanco viajero).	Temperatura ambiente	2 meses	Análisis a realizar en CERTIMN S.A.
PTS, PM10, PM2.5 (AltoVolumen)	N.A.	NA.	El doblaje del filtro se realiza por la mitad longitudinalmente con material particulado hacia dentro entre dos hojas de papel limpio y sin presionar mucho para evitar rupturas. Se coloca entre dos hojas blancas dentro de un sobre. Total: 03 Filtros (01 Muestra, 01 blanco de campo y 01 blanco viajero).	Temperatura ambiente	2 meses	Análisis a realizar en CERTIMN S.A. (*)

Muestras de Aire:

Determinación	Envase	Tamaño mín. de muestra	Condiciones de Muestreo	Conservación y/o Preservación	Tiempo máx. de almacenamiento recomendado*	Observaciones adicionales
Pesado de Filtros PTS (Alto Volumen)	N.A.	NA.	<p>El cliente debe asegurar el uso de filtros que cumplan con las siguientes especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño: 8 x 10 pulgadas.</li> <li>- Material: Fibra de vidrio u otro material relativamente inerte y no higroscópico.</li> <li>- Eficiencia de Recolección: mínimo 99 % medido mediante el test DOP (ASTM D 2986) con partículas de 0.3 um a la velocidad de operación del muestreador.</li> <li>- pH: 6 - 10</li> </ul> <p>El doblaje del filtro se realiza por la mitad longitudinalmente con material particulado hacia dentro entre dos hojas de papel limpio y sin presionar mucho para evitar rupturas. Se coloca entre dos hojas blancas dentro de un sobre. Total: 01 Filtros (01 Muestra) Se recomienda : 01 blanco de campo y 01 blanco viajero</p>	Temperatura ambiente	2 meses	Monitoreo a realizar por el Cliente Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Pesado de Filtros PM10, PM2.5 (Alto Volumen)	N.A.	NA.	<p>CASO 1: Cliente abastece el filtro para 2do peso. El cliente debe usar filtros de 8 x 10 pulgadas de área, el filtro debe acondicionarse antes del primer peso a las siguientes condiciones: Rango de Temperatura: 15°C - 30°C (Control de Temperatura +/- 3°C) Rango de Humedad: 20% - 45 % (Control de Humedad +/- 5%) CASO 2: Cliente abastece el filtro para el 1er y 2do peso. El cliente debe realizar el monitoreo usando filtros de 8 x 10 pulgadas de área. En Ambos casos se recomienda que el filtro cuente con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficiencia de Recolección mayor al 99% medido mediante el test DOP (ASTM D 2986) con partículas de 0.3 um a la velocidad de operación del muestreador.</li> <li>- Integridad: +/- 5ug/m3 (asumiendo un volúmen nominal del muestreador en 24 horas).</li> <li>- Alcalinidad: &lt;25 microequivalente/gramo de filtro.</li> </ul> <p>El doblaje del filtro se realiza por la mitad longitudinalmente con material particulado hacia dentro entre dos hojas de papel limpio y sin presionar mucho para evitar rupturas. Se coloca entre dos hojas blancas dentro de un sobre. Se recomienda : 01 blanco de campo y 01 blanco viajero</p>	Temperatura ambiente	2 meses	Monitoreo a realizar por el Cliente Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
Polvo Total y Polvo Respirable	N.A.	NA.	<p>Colocar los filtros dentro de los cassettes sellados con las tapas (plug) colocadas y dentro de un contenedor que impida que los cassettes choquen unos a otros y que la muestra se mantenga en posición horizontal. No retirar la banda de seguridad adherida alrededor del cassette. Total: 04 Filtros (01 Muestra, 02 blanco de campo y 01 blanco viajero). Se debe llevar cassette con filtros adicionales para cambiar en caso se observe saturación en el filtro inicial.</p>	Cassettes sellados y con los taponos colocados. Se transportar en cooler pequeño.	2 meses	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.(*)
Polvo Sedimentable	Recipiente plástico de 25 L.	NA.	N.A.	N.A.	30 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.
PM10, PM2.5 (Bajo Volumen)	N.A.	NA.	<p>Colocar los filtros con la cara muestreada (cara codificada) hacia arriba dentro de los porta filtros. Se coloca en una placa petri dentro de un sobre. Total: 03 filtros(01 Muestra, 01 blanco de campo y 01 blanco viajero)</p>	Temperatura Ambiente	10 días	Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.(*)

Esta tabla proporciona información para muestras en general, para aquellas que requieran un tratamiento especial en su manipulación y preservación se debe revisar la bibliografía de los métodos a aplicarse para un mayor detalle:

Muestras de Aire:						
Determinación	Envase	Tamaño mín. de muestra	Condiciones de Muestreo	Conservación y/o Preservación	Tiempo máx. de almacenamiento recomendado*	Observaciones adicionales
PM10, PM2.5 Pesado de Filtros (Bajo Volumen)	NA.	NA.	<p>El cliente debe asegurar el uso de filtros que cumplan con las siguientes especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño: Circular, 46.2 mm de diámetro +/- 0.25 mm</li> <li>- Eficiencia de recolección: Mayor a 99.7 %, medido mediante el test DOP (ASTM D 2986) con partículas de 0.3 µm a la velocidad de operación del muestreador.</li> <li>- Estabilidad de pesado de Filtro: La pérdida de peso del filtro será menor a 20 µg.</li> <li>- Alcalinidad: menor a 25 microequivalentes/gram de filtro.</li> </ul> <p>Colocar los filtros con la cara muestreada (cara codificada) hacia arriba dentro de los porta filtros. Se coloca en una placa petri dentro de un sobre. Total: 01 filtros(01 Muestra) Se recomienda : 01 blanco de campo y 01 blanco viajero</p>	Temperatura Ambiente	10 días	<p>Monitoreo a realizar por el Cliente Análisis a realizar en CERTIMIN S.A.</p>

(\*) el monitoreo es realizado por CERTIMIN S.A.

Referencias:

- DCE-ICP-085 EPA SW - 846 Chapter Four-Organic Analytes
- DCE-MA-233 EPA Method 9013 A Cyanide Extraction Procedure for Solids and Oils
- DCE-MA-240 EPA SW - 846 Chapter Three Inorganics Analytes
- DCE-MA-094 EPA Method 9045D. Soil and Waste pH
- DCE-MA-241 ISO 11265:1994 Soil Quality - Determination of the Specific Electrical Conductivity
- DCE-MA-299 ISO 11464 Soil Quality - Pretreatment of Samples for Physico-Chemical Analysis
- DCI-MA-15: Condiciones de Entrega de Filtros al Laboratorio.
- IC-MA-95: Determinación de Peso: Filtro PM10 y PM2.5 (Alto Volumen).
- DCE-MA-128: NIOSH Method 0500.Particulates Not Otherwise Regulated, Total.
- DCE-MA-129: NIOSH Method 0600.Particulates Not Otherwise Regulated, Respirable.
- DCE-MA-065 EPA/625/R-96/010a Compendium Method EPA IO-3.1. Selection, Preparation and Extraction of filter material.
- DCE-LAB-029 EPA/625/R-96/010a Compendium Method EPA IO-3.2. Determination of Metals in Ambient Particulate Matter using Atomic Absorption (AA) Spectroscopy.
- DCE-MA-104 EPA/625/R-96/010a EPA Compendium Method IO-3.4. Determination Of Metals In Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma/ (ICP) Spectroscopy
- DCE-ICP-027 EPA/625/R-96/010a EPA Compendium Method IO-3.5. Determination Of Metals In Ambient particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry (ICP/ MS)
- DCE-MA-385 EPA 40 CFR Environmental Protection Agency Ch.I part 50 App. L-Reference Method for the Determination of the Fine Particulate Matter as PM 2.5 in the Atmosphere.
- DCE-MA-064 Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater Ed. 22-2012.-10500B y 10500 C
- DCE-MA-329 Claves Taxonómicas de Macroinvertebrados Bentónicos de Ambientes Superficiales - Rev. Biología Tropical

B(P)= Bolsas plásticas Ámbar o Negra, V= envase de vidrio, V(A) = envase de vidrio ámbar boca ancha con tapón de rosca TFE alineado.

P(Ámbar): Envase de plástico ámbar, P= envase de plástico (PP, PVC, o equivalente) (frasco gomero)

NA.: No Aplica

\* Certimin almacena las muestras hasta 30 días después de emitido el informe de ensayo físico. Excepto se indique lo contrario en la metodología o norma empleada.

(\*\*) Como control de calidad se utilizará duplicado de campo para el ensayo más crítico, que involucra al análisis más inestable ó volátil.

Fig. N° 09.- FOTOS DE PLANTA, CIRCUITOS DE CHANCADO Y RELAVES



Fig. N° 10.- Circuito de Chancado – Clasificación de una planta procesadora



**Fig. N° 11** CIRCUITO DE CHANCADO DE LA PLANTA DE FECMA



**Fig. N° 12.-** Foto panorámico de una planta procesadora y su relavera



**Fig. N° 13.-** Foto satelital de las diferentes plantas procesadoras de Nasca – Perú.

