I. Unidad Administrativa que clasifica: Delegación Federal en Sonora.

II. Identificación del documento: Se elabora la versión pública de la recepción, evaluación y resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad particular Modalidad A, no incluye actividad altamente riesgosa (SEMARNAT-04-002-A) así como su respectivo resolutivo.

III. Partes o secciones clasificadas: La parte concerniente al Contienen DATOS PERSONALES concernientes a una persona identificada o identificable tales como: 1) Domicilio particular como dato de contacto o para recibir notificaciones. 2) Teléfono y correo electrónico de particulares. 3) OCR de la Credencial de Elector (domicilio y fotografía). 4) RFC personas físicas. 5) CURPs; los cuales se encuentran en el capítulo I de la MIA y primera página en el caso de los resolutivos. Consta de 66 versiones públicas.

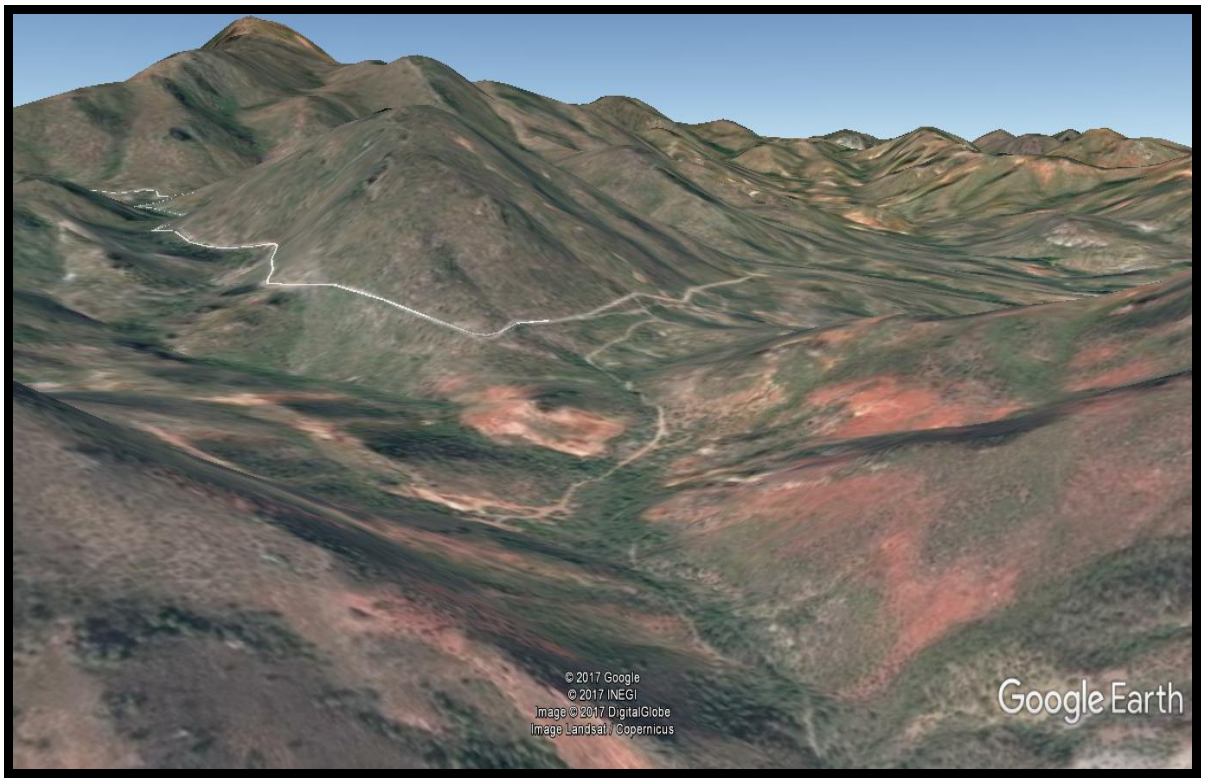
IV. Fundamento legal y razones: La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en los artículos 116 primer párrafo de la LGTAIP; 69 fracción VII y 113, fracción I de la LFTAIP. Por las razones o circunstancias al tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada e identificable.

V. Firma la Jefa de la Unidad Jurídica:

LIC. DULCE MARÍA VILLARREAL LACARRA.
"Con fundamento en artículo 84 del Reglamento Interior de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en suplencia Por ausencia del Titular de la Delegación Federal1 en el Estado de Sonora, Previa designación firma el presente la Jefa de Unidad Jurídica"

Fecha de Clasificación y número de acta de sesión: Resolución 034/2019/SIPOT, en la sesión celebrada el 02 de abril de 2019.

1 En los términos del artículo 17 Bis en relación con los artículos Octavo y Décimo Tercero Transitorios del Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2018.



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR A
(NO INCLUYE ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA)

PROYECTO MINA CUPRORO

ALEX MINERALES S.A. DE C.V.

AGOSTO 2017

I N D I C E

	Pág.
Resumen Ejecutivo	i
I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	1
I.1 Datos generales del proyecto	1
I.1.1. Nombre del proyecto	1
I.1.2. Ubicación del proyecto	1
I.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto.	1
I.1.4. Presentación de la documentación legal.	1
I.2 Datos generales del promovente	2
I.2.1. Nombre o razón social.	2
I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promoverte	2
I.2.3. Nombre y cargo del representante legal.	2
I.2.4. Dirección del promovente o representante legal para recibir u oír notificaciones.	2
I.3 Datos generales del responsable del estudio de impacto ambiental	3
I.3.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.	3
I.3.2. REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES O CURP.	3
I.3.3. NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO.	3
I.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio.	3
II. DESCRIPCION DEL PROYECTO	3

II.1 Información general del proyecto 3
II. 1.1. Naturaleza del proyecto. 3
II.1.2. Selección del sitio. 15
II.1.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización. 17
II.1.4. Inversión requerida. 28
II.1.5. Dimensiones del proyecto. 34
II.1.6. Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias. 35
II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos 39

II.2 Características particulares del proyecto 41
II.2.1 Programa General de Trabajo 45
II.2.2 Preparación del sitio 48
II.2.3 Construcción de obras mineras 58
II.2.4 Construcción de obras asociadas o provisionales 72
II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento. 73
II.2.6 Etapa de abandono del sitio (post-operación) 86
II.2.7 Utilización de explosivos 90
II.2.8 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera. 95
II.2.9 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos. 110
II.2.10 Otras fuentes de daños. 114
III. VINCULACION CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL, Y EN SU CASO, CON LA REGULACION SOBRE USO DEL SUELO 122
III.1. Información Sectorial 122
III.2 Análisis de los Instrumentos de Planeación 123
III.3 Análisis de los Instrumentos Normativos 123

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 138

IV.1. Delimitación del área de estudio 139

IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental 149
IV.2.1 Aspectos abióticos 149
IV.2.2. Aspectos Bióticos 170
IV.2.3 Paisaje 181
IV.2.4 Medio Socioeconómico 196
IV.2.5. Diagnóstico ambiental 203

V. IDENTIFICACION, DESCRIPCION Y EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 209
V.1. Identificación de los impactos ambientales. 212
V.2. Evaluación de los impactos. 215
V.2.1. Indicadores de impacto 215
V.2.2. Criterios y metodologías de evaluación de impacto 219
V.3. Descripción de los efectos al ambiente señalados en el presente estudio. 222
V.4. Descripción de los impactos más significativos. 226

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y MITIGACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 231

VI.1. Medidas preventivas 231
VI.2. Medidas de mitigación. 234
VI.3. Impactos residuales. 241

VII. PRONOSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS 245

VII.1. Pronósticos de escenario 245
VII.2. Plan de vigilancia ambiental 246
VII.3. Conclusiones 247

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES 247

VIII.1. Formatos de presentación 247

VIII.1.1. Planos definitivos. 247
VIII.1.2. Fotografías. 247
VIII.1.3. Videos. 247
VIII.1.4. Lista de flora y fauna 248
VIII.4. Glosario de términos 252

Bibliografía 255

ANEXOS

Anexo 1. Convenio de Ocupación Temporal

Anexo 2. Acta Constitutiva Alex Minerales S.A. de C.V.

Anexo 3. Cédula Fiscal.

Anexo 4. Identificación.

Anexo 5. Concesiones Mineras.

Anexo 6. Planos.

Anexo 7. Diagrama de Funcionamiento.

Anexo 8. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Anexo 9. Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua.

Anexo 10. Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Sistema de Conducción de Aguas de Proceso.

Anexo 11. Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

Anexo 12. Tablas de Cribado.

Anexo 13. Plan de Contingencia.

Anexo 14. Anexo Fotográfico.

PLANOS

Plano 1. Poligonales del Proyecto.

Plano 2. Distribución de Obres.

Plano 3. Presa de Jales.

Plano 4. Plano Geológico y Fallas.

Plano 5. Plano Edafológico.

Plano 6. Plano de Aguas Superficiales.

Plano 7. Plano de Aguas Subterráneas.

Plano 8. Plano de Vegetación.

Plano 9. Plano Topográfico.

TABLA

	Pág.
Tabla 1. Activos fijos iniciales	29
Tabla 2. Costos generales del proyecto durante el primer año.	31
Tabla 3. Proyección de la producción durante el primer año (Ventas).	32
Tabla 4. Balance General	33
Tabla 5: Costos de mitigación ambiental	33
Tabla 6. Distribución de infraestructura.	34
Tabla 7. Áreas impactadas y sin impacto.	39
Tabla 8. Programa general de trabajo.	46
Tabla 9. Área que ocuparán las obras en el patio de lixiviación.	54

Tabla 10. Diseño de la pila de lixiviados. 56
Tabla 11. Obras de la presa de jales. 68
Tabla 12. Sustancias usadas en la flotación. 82
Tabla 13. Velocidades de propagación Cp para algunos materiales, tomado de Sarria (2004). 91
Tabla 14. Valores máximos de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños (Norma DIN 4150, "Structural Vibration in Buildings. Effects of Vibration on Structures"). 94
Tabla 15. Valores máximos de velocidad de partícula establecidos en López-Jimeno et al. (2003). 94
Tabla 16. Residuos peligrosos generados durante la vida útil del proyecto. 97
Tabla 17. Emisiones Totales Diarias. 102
Tabla 18. Valores según NOM-025-SSA1-1993. 104
Tabla 19. Estimación de contaminantes emitidos en toneladas por año. 105
Tabla 20. Tipo de materiales para el manejo del ruido. 109
Tabla 21.- Niveles de ruido esperado en el Proyecto Mina Cuproro 109
Tabla 22. Tipos de clima en San Pedro de la Cueva, Sonora. 150
Tabla 23. Temperaturas y precipitaciones promedio. 150
Tabla 24. Vegetación observada en los muestreos al predio. 172
Tabla 25. Indicadores de análisis florístico. 174
Tabla 26. Indicadores de diversidad por especie. 174
Tabla 27. Especies animales posibles en el predio o sus alrededores. 177
Tabla 28 Características de las 3 zonas del proyecto. 186
Tabla 29. Impactos esperados en el proyecto. 212
Tabla 30. Componentes del sistema ambiental del proyecto. 220
Tabla 31. Factores de peso del proyecto para sus componentes ambientales. 220

Figuras.

Pág.

Figura 1. Macro localización del Proyecto Mina Cuproro. 28

Figura 2. Carta topográfica H12-D 45 de la zona. 36

Figura 3. Diagrama de Gantt del Proyecto Mina Cuproro. 47

Figura 4. Relación de altura máxima de taludes. 62

Figura 5. Plano de los taludes y alturas en los tajos del Proyecto Mina Cuproro. 63

Figura 6. Proceso de flotación. 80

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de flotación. 81

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe. 83

Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de fundición. 84

Figura 10. Variación del movimiento de partícula con el tipo de onda. a) Onda de compresión P, b) Onda de corte S, c) Ondas de Raleigh R. (USGS, 2007). 91

Figura 11. Lugar de confinamiento temporal de los residuos sólidos no peligrosos. 112

Figura 12. Severidad de las vibraciones. 115

Figura 13. Gráficos generados por el software MODFLOW 4.3. 119

Figura 14. Relación entre el pH y la degradación del cianuro de sodio y formación del ácido cianhídrico. 120

Figura 15. Suelos dominantes en el Municipio de San Pedro de la Cueva. 144

Figura 16. Tipos de Suelo y Vegetación. 146

Figura 17. Relieve del Municipio de San Pedro de La cueva, Sonora. 147

Figura 18. Distribución de la temperatura y precipitación en la Estación de San Pedro de la Cueva. 151

Figura 19. Plano geológico de la zona del Proyecto Mina Cuproro. Carta Geológica Minera de Sonora. 159

Figura 20. México entre placas. 160

Figura 21. Zonas Sísmicas. 161
Figura 22. Mapa que muestra las zonas geográficas de actividad volcánica en México, durante los últimos años, volcán de Colima y volcán Popocatépetl. 162
Figura 23. Regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas y acuíferos. 167
Figura 24. Acuíferos y Provincias hidrológicas de Sonora. 168
Figura 25. Vegetación en el estado de sonora. 171
Figura 26. Mapa de paisaje. 189
Figura 27. Mapa de fragilidad visual. 195

Imágenes Satelitales

Imagen satelital 1. Las 5 zonas del Proyecto Mina Cuproro. 5
Imagen satelital 2. Croquis que indica el Proyecto Mina Cuproro. 18
Imagen satelital 3. Proyecto Mina Cuproro con respecto a la Presa El Novillo. 38

Cuadros

Cuadro 1. Superficie de las zonas de trabajo. 7

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto, se ubica en el Municipio en San Pedro de la Cueva, Sonora, en 59 hectáreas de terrenos arrendados al Ejido Suaqui, promovido por la Empresa Alex Minerales S.A. de C.V., el cual pretende instalar una mina de oro, basada en 2 procesos: 1).- La recuperación de oro libre contenido en terreros y jaleros que se encuentran distribuidos en montones en 4 zonas de trabajo que tienen un área de 20.0163 hectáreas de obras producto de la minería antigua, por medio del lavado y centrifugado de los mismos con agua y aprovechando la alta densidad del mismo para separarlos por medio de centrifugación para posteriormente por métodos de fundición purificar el oro y la plata obtenidos. 2).- El aprovechamiento de vetas con altos contenidos de oro y plata en esas 4 áreas de trabajo en donde se extraerá el mineral por medio de trabajos de minería subterránea aprovechando los túneles existentes en dichas áreas para recuperar sus valores de oro y plata por medio de Lixiviación Dinámica con cianuro de sodio en briquetas y por Flotación, y 3).- La explotación a cielo abierto de esas 4 zonas de trabajo conforme las actividades de minería subterránea vayan agotando los recursos de alta Ley y sea viable la explotación de los minerales de baja Ley para extraerse el oro y la plata por medio de lixiviación por montones con cianuro de sodio en briquetas. Se utilizará la tecnología tipo Merrille Crowe para la recuperación de los valores de oro y plata.

Existe una zona más de trabajo llamada Zona 5 la cual tendrá un área de 30.49812 hectáreas y es el lugar donde se establecerán las obras mineras de criba, patios de lixiviación, plantas de fundición, beneficio, flotación etc.

En total el proyecto ocupará un área de 50.5145 hectáreas.

Los jales gastados, serán confinados en una presa de jales con capacidad de 20,000 m^2, para almacenar 106,320 toneladas de residuos generados en la planta de lixiviación

dinámica, planta de flotación y lodos de centrífuga, con un período de operación de la presa de 2.9 años- 6 años.

El sitio del proyecto es un lugar impactado por actividades mineras antiguas y por actividades agropecuarias.

Las actividades a realizar comprenden:

Para la operación 1.

- Recolección de lo terreros y jaleros del área de las zonas 1, 2, 3 y 4.
- Transporte a la planta trituradora.
- Concentración.
- Centrifugación
- Recolección del oro
- Fundición para purificación.

Para la operación 2.

- Reapertura de tiros y el acondicionamiento de los mismos.
- Recolección del mineral directamente de la veta.
- Transporte a criba
- Cribado y molienda
- Transporte a Planta de lixiviación dinámica o Planta de Flotación dependiendo si el mineral es de óxidos o de sulfuros respectivamente.
- Confinamiento de material en presa de jales.
- Recuperación por Merrille Crowe o fundición.
- Fundición y refinación

. Para la operación 3.

- Voladura del tajo
- Recolección y transporte a criba
- Cribado y molienda
- Transporte a planta de beneficio
- Lixiviación dinámica.
- Recuperación por medio de Merrill Crowe.
- Fundición.
- Confinamiento de material en presa de jales.
- Mezclado, almacenamiento y distribución de reactivos.
- Suministro de agua.
- Otros servicios.

La planta de Lixiviación Dinámica y de Flotación serán diseñadas para tratar de 100 a 300 toneladas por día de mineral con un contenido aproximado de oro de 8 a 20 gramos por tonelada y un contenido de plata no menor a 10 gramos por tonelada.

La trituradora de quijada para el mineral de baja Ley para lixiviación por montones tendrá una capacidad de 500 toneladas por día, aunque se prevé que será regularmente del orden de 100 a 300 toneladas diarias.

La programación del inicio de operaciones de la mina es a más tardar en noviembre de 2014.

Aproximadamente 2, 500,000 toneladas de material serán procesados durante la vida útil de la mina en los 30 años.

Al final de la vida útil del Proyecto que será de 30 años, todas las áreas ocupadas, serán restauradas y presentarán condiciones adecuadas para el restablecimiento de la

vida silvestre en el lugar y podrá ser utilizado para diferentes actividades económicas como agropecuarias, forestales o cinegéticas.

La decisión para elaborar el Proyecto Mina Cuproro, está sustentado en estudios previos del sitio, particularmente en lo que se refiere a los antiguos trabajos de minería existentes en el lugar, lo cual indica que definitivamente la zona tiene valores probados, así como los estudios en geología, geotecnia y pruebas minero-metalúrgicas, hidrológicos así como de vegetación y fauna hechos en el sitio.

El predio donde se pretende la ubicación del Proyecto Mina Cuproro se encuentra en el Ejido Suaqui del Municipio de San Pedro de la Cueva, Sonora, cuyos propietarios arrendaron a la Empresa Alex Minerales S.A. de C.V. un área total de 59 hectáreas, de las cuales solo se ocuparán 50.5145 hectáreas donde se distribuirá el proyecto de la siguiente manera:

PROYECTO MINA CUPRORO	
CONCEPTO	**SUPERFICIE (HECTÁREAS)**
ÁREA DE EXTRACCIÓN (ZONA 1, 2, 3 Y 4)	20.0163
LUGAR DONDE SE ESTABLECERÁN LAS OBRAS MINERAS DE CRIBA, PATIOS DE LIXIVIACIÓN, PLANTAS DE FUNDICIÓN, BENEFICIO, FLOTACIÓN ETC., QUE SE MENCIONAN EN ZONA 5	30.49812
TOTAL	**50.5145**

No se requerirá una Autorización del Cambio de Uso de Suelo Forestal, ya que el total del terreno presenta impactos significativos por las actividades mineras, gambusinas y agropecuarias que se han realizado por décadas, existiendo solamente vegetación emergente por lluvias y vegetación invasiva como el huinolo (Acacia cochliacantha).

El área donde se encuentra el proyecto corresponde a terrenos particulares con régimen ejidal y no se encuentra dentro de ninguna Área Natural Protegida.

Entre los metales preciosos utilizados tanto para fines industriales como en la acuñación de monedas y joyería, el oro y la plata han tenido en los últimos años un repunte en sus cotizaciones a nivel mundial. Entre 2000 y 2006, el precio del oro se vio duplicado.

El especialista en oro de Schmidt Management Company, Ned Schmidt, consideró que "finalmente el oro puede ser descubierto como el único activo seguro porque, a diferencia de las acciones financieras, nunca baja a cero".

Schmidt explicó a la Agencia Efe que “cada vez que el Gobierno Estadounidense hace un rescate financiero, el oro sube” y consideró que su precio podría alcanzar los 1,567 dólares, lo cual se ha superado.

La ubicación de la mina está sujeta forzosamente a la localización de los terreros y jaleros dispersos en el área de 50.5145 40 hectáreas, y como se puede ver, durante el presente estudio ya se encuentra bastante impactada por las actividades mineras de antaño.

La metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales para el proyecto, utiliza en primer término un análisis de la información generada para caracterizar el medio natural y socioeconómico y se identifican las principales fuentes de contaminación o alteraciones al entorno que se esperan para el desarrollo de nuestro proyecto.

En dicho análisis se jerarquizan los componentes ambientales en función de su vulnerabilidad que se relaciona al mismo tiempo con el grado de perturbación o con las

modificaciones que sufre algún elemento ambiental como resultado de las actividades antropogénicas que se realizarán.

Siguiendo con la metodología de evaluación de impactos usada, se trató de analizar las interacciones más posibles de suceder entre los componentes y los tipos de impactos, utilizando una matriz de cribado para finalmente quedarnos con los impactos más significativos.

Para esta matriz de cribado de Leopold, se utilizaron criterios de evaluación sencillos como los siguientes:

- No existen efectos adversos.
- ? No se sabe si los efectos son significativos.
- A Adverso significativo.
- a Adverso no significativo.
- B Benéfico significativo.
- b Benéfico no significativo

A los cuales se les asignó un valor numérico que se sustituye en la matriz cribada. Al final tenemos un acumulado de efectos adversos y efectos benéficos. Como resultado de las interacciones, se presentaron 35.54% de impacto benéficos significativos, 28.11 % de impacto benéficos no significativos, que representan el 63.65% del total.

Dentro de los factores adversos, resultaron un total de 7.43% de factores adversos significativos y 28.92% de factores adversos no significativos, que representan el 35.65% del total.

Como se observa, los valores resultantes indican que los impactos benéficos superan a los impactos adversos.

En cuanto a la calidad paisajística, se realizó un análisis de fragilidad visual, resultando que por encontrarse en los límites de terrenos montañosos, los impactos serán no se notarán en cuanto a la distancia, mientras que al acercarse al proyecto, lo sinuoso y montañoso del lugar camuflará dichos impactos.

Lo agreste e inhóspito de la zona, lo hacen un lugar poco visitado.

Este proyecto además, al término de su vida útil, con las labores de reforestación que se implementarán en el lugar, mejorará grandemente la diversidad del sitio, ya que es en si un lugar con procesos erosivos muy severos y en el área de las 4 zonas donde existen terreros y jaleros que han dejado mineros antiguos en el lugar, se restablecerán los cursos de agua originales y aumentará la diversidad del sitio, pues actualmente especies invasivas como el huinolo (*Acacia cochliacantha)* han aprovechado el daño hecho a la vegetación original, ocupando sus espacios y provocando una disminución significativa de la diversidad de especies.

El efecto que tendrá en la fauna, será también muy benéfico, pues la diversidad florística de un lugar, se encuentra íntimamente relacionada con la diversidad de fauna.

Finalmente, se puede añadir que el promovente del proyecto presente., está fuertemente comprometido con la sustentabilidad del mismo, y no desistirá en buscar cada día mejores métodos de producción más amigables al ambiente ya que sabemos que esto producirá mejores utilidades para la empresa y para nuestros trabajadores.

MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD A PARTICULAR DEL PROYECTO MINA CUPRORO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

I.1 Proyecto.

I.1.1. Nombre del proyecto

PROYECTO MINA CUPRORO

I.1.2. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en el Municipio de San Pedro de la Cueva, Sonora en coordenadas UTM Datum WGS 84 x = 632148; y = 3232506. Se encuentra a una altura de 450 m.s.n.m.

El cuadro de construcción del Proyecto Mina Cuproro, se muestra en el Plano 1 del anexo 6 en donde se ubican las poligonales del proyecto.

I.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto.

30 años.

I.1.4. Presentación de la documentación legal.

El lugar donde se pretenden instalar el proyecto, se encuentra en terrenos del Ejido Suaqui del Municipio de San Pedro de la Cueva, Sonora, y cuyos propietarios arrendaron al promovente un total de 59 hectáreas mediante Convenio de Ocupación

Temporal celebrado el día 13 de julio de 2017, mismo que fue firmado y ratificado el 14 de julio de 2017 ante la Fe del Notario Público No. 35, el Lic. Jesús José Francisco Lizárraga Murguía (Anexo 1),

I.2 Promovente.

I.2.1. Nombre o razón social.

Alex Minerales S.A. de C.V. (Acta Constitutiva Anexo 2).

I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

R.F.C: AMI1611298T9 (Cédula fiscal en Anexo 3).

I.2.3. Nombre, cargo del representante legal.

Trinidad González Celaya
Administrador Único. (Identificación en Anexo 4)

I.2.4. Dirección del promoverte o representante legal para recibir u oír notificaciones.

DIRECCIÓN: Proyecto Mina Cuproro, Reforma No. 811 Sur, Col. Las Granjas, CP 84600, Santa Ana, Sonora
TEL: (632)106-5599
CORREO ELECTRÓNICO: [redacted]

I.3. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

I.3.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.

Carlos Rolando Merino García

I.3.2. REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES O CURP.

[redacted]

I.3.3. NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO.

Carlos Rolando Merino García

I.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio.

[redacted]

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II. 1. Información general del proyecto.

II. 1.1. Naturaleza del proyecto.

El proyecto Mina Cuproro, se basa en el aprovechamiento del mineral de oro y plata que se encuentra contenido en 3 lotes mineros ubicados en terrenos del Ejido Suaqui del municipio de San Pedro de la Cueva, Sonora, los cuales han sido explotados desde hace aproximadamente 200 años por gambusinos hasta mediados de los años 80´s,

representando un sitio conocido dentro de la historia de la minería en Sonora tanto por el oro libre como el oro en vetas que se encuentra en sus terrenos. El proyecto será una obra o actividad nueva que se realizará en el sitio propuesto, el cual tiene una gran vocación minera desde hace cientos de años.

Se cuenta con 3 concesiones mineras para la explotación de estos sitios, las cuales son:

1. Concesión No. 238163
2. Concesión No. 228795
3. Concesión No. 238727

En Anexo 5 se muestran las 3 concesiones

En la siguiente imagen satelital 1 se muestran las 5 zonas del sitio en donde se encuentran terreros y trabajos antiguos que se van a aprovechar en el presente proyecto. Estas son la Zona 1, 2 , 3 y 4 mientras que la Zona 5 se utilizará para instalar patios de lixiviación, planta de flotación, planta gravimétrica (Centrífuga), criba, planta de beneficio, presa de jales y los servicios auxiliares como las oficinas, comedores y baños.

En los trabajos antiguos existen aproximadamente 150,000 toneladas de terreros con cantidades susceptibles a recuperar de plata y oro por medio de métodos gravimétricos como es el uso de la centrífuga, en donde no se utilizará ninguna sustancia química para recuperarlos, solo se utilizará agua. Estos trabajos representarán una excelente forma de capitalización y será la primera etapa para empezar a realizar los trabajos mineros en el área.

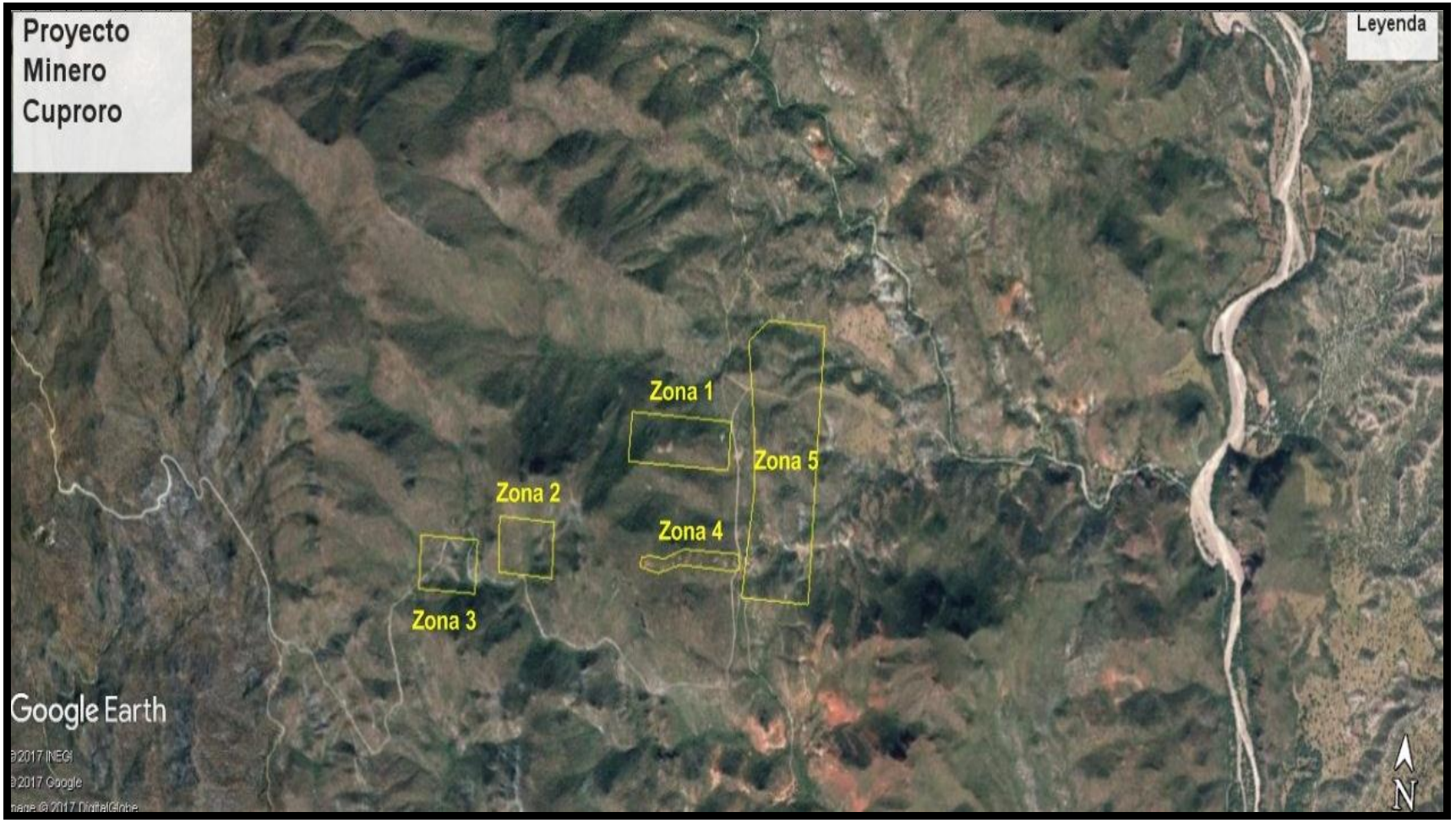


Imagen Satelital 1. Las 5 zonas del Proyecto Mina Cuproro.

Para aclarar el punto anterior en cuanto a etapas se refiere, se menciona que el proyecto consistirá en 3 etapas que son:

Etapa 1.

Se recogerán de los sitios todos los montículos de terreros que existan y se transportarán en camiones área a la Zona 5 en donde se cribarán y molerán para someterse a los procesos gravimétricos para extraer el oro y la plata contenidos (centrifugación).

Etapa 2.

En esta etapa se contempla la explotación de minería subterránea en algunas partes de las zonas 1, 2, 3 y 4 en donde se presentaran valores altos de oro y plata en sus vetas y resulte más productivo explotarlas directamente aprovechando los tiros antiguos existentes en las zonas. Este mineral se extraería de los túneles (previamente acondicionados y fortificados de nuevo) y se transportarían hacia la Zona 5 para molerlos y extraerles sus riquezas por los métodos de flotación o lixiviación dinámica.
Este método provocaría impactos ambientales solamente bajo tierra, salvo la plantilla que se construya para recoger y acarrear el camión, la cual será menor a los 900 m^2.

Etapa 2.

Ya agotada un área explotada de manera subterránea, se procederá a trabajar a tajo abierto en las Zonas 1 a la 4, en donde se explotará, y acarreará el material a la Zona 5 para someterse a los procesos de lixiviación por montones, lixiviación dinámica y flotación para extraer el oro y la plata contenidos. El tipo de proceso dependerá de la riqueza del mineral. Para mineral de baja ley (Menos de 3 gr/ton), se utilizará lixiviación por montones, mientras que para mineral de alta ley (Arriba de 3 gr/ton), se utilizará lixiviación dinámica o flotación. La lixiviación dinámica se utilizará cuando el mineral sea solamente óxidos, mientras que la flotación se hará cuando el mineral sea sulfuroso.

En cuanto a las 5 zonas que se muestran en la imagen satelital 1, sus áreas se muestran en el siguiente cuadro 1:

Zona	Superficie (Hectáreas)	Utilización
Zona 1	7.88144	Explotación
Zona 2	5.0000	Explotación
Zona 3	4.75	Explotación
Zona 4	2.38485	Explotación
Zona 5	30.49812	Patios de lixiviación, Centrífugas, Plantas de flotación y lixiviación dinámica, fundición, presa de jales, criba y servicios auxiliares
TOTAL	**50.5145**	

Cuadro 1.- Superficie de las zonas de trabajo.

En el área de las concesiones, se encuentran dispersos una gran cantidad de terreros producto de minería gambusina más antigua con valores susceptibles de oro y plata por recuperar. Ver fotos 1 a 7

Foto 1

Foto 2

Foto 3

Foto 4

Foto 5

Foto 6

Foto 7

Durante la **Etapa 1**, los terreros serán recogidos y llevados al Área 5 y se procederá a moler, lavar y separar el oro contenido mediante el uso de centrífuga.

El agua rica en minerales, saliente de las centrífugas se reciclará en piletas de sedimentación impermeabilizadas con liner y saldrá nuevamente al proceso. Los sedimentos en las fosas de sedimentación se analizarán para determinar su Potencial Ácido de Mina y si resultan no peligrosos se utilizarán como suelo fértil en las labores de reforestación. En caso contrario se confinarán en presa de jales que se construirá en Zona 5 y que se muestra en el Plano 3 del Anexo 6.

Se debe comentar que los procesos de recolección del material de terreros en las diferentes áreas no ocasionará un impacto significativo, pues el área se encuentra impactada con anterioridad por las labores antiguas de minería, como se aprecia en las

fotos 1 a 7. No será necesario la apertura de nuevos caminos en el área, solamente se rehabilitarán los existentes para llegar a donde se encuentra el material a recogerse.

El oro libre que se recupere por medio de las centrífugas, se procederá a fundir en la planta de fundición del proyecto con la finalidad de aumentar la pureza del mismo para lograr un mejor precio.

Se calcula que la cantidad de terreros existente en las diferentes áreas es de aproximadamente 150,000 toneladas, las cuales se pretenden aprovechar los valores de oro y plata contenido en estos materiales de desecho.

En cuanto al uso de explosivos, debe comentarse que en esta **Etapa 1**, la recolección de terreros se hará con maquinaria (retroexcavadoras, cargadores frontales para recolección y camiones para el transporte), por lo que **no se hará necesario el uso de explosivos**. Incluso en algunos sitios donde exista vegetación en dichos montones de terreros, se recogerán los mismos manualmente con palas para no dañar la vegetación aledaña existente en el sitio.

En cuanto a la vegetación existente en estas áreas donde existen terreros, se puede decir lo siguiente:

Existen en el Proyecto Mina Cuproro 4 Zonas donde se encuentran aproximadamente las 150,000 toneladas de terreros, lográndose apreciar que en donde se encuentra este material, las comunidades vegetales originales se vieron afectadas, eliminadas o disminuidas, y cuando ya concluyó la actividad minera en la zona, empezaron a crecer especies oportunistas tales como huinolo (Acacia cochliacantha).

En las áreas donde no existen montones de terreros, las comunidades vegetales originales poseen ejemplares como amapa, chupandía, tepeguajes, bonito, cazahuates,

colorín, pochote y cuíramo y matorral subtropical, formado por torote pepelillo, copales, vara dulce, tepame, acebuche, uña de gato, nopales, garambullo, choya, sangrengado, sibiri, hierva del vaso, brea, mezquite, iztafiate, manzanilla del coyote, zacate liebrero, etchos, pablo blanco, etc., es decir, vegetación correspondiente a selva baja caducifolia.

En cuanto a los terrenos del proyecto, éstas presentan algunas obras mineras de dimensiones considerables en donde los gambusinos cortaban la veta hasta una profundidad donde no ponían en riesgo sus vidas. Algunas son excavaciones con tiros muy bien definidos y que recorren algunas veces distancias de hasta 100 metros o se intercomunican entre los diferentes tiros como se aprecian en las fotos 2 a la 5. Todas son del tipo artesanales en donde no se siguió un plan establecido como en la minería moderna.

Durante la **Etapa 2** del proyecto, se explotará solamente de forma subterránea y será necesario el uso de explosivos, sin embargo serán de una manera controlada y especializada y solamente cuando sea necesario para minimizar riesgos de derrumbes.

Para la **Etapa 3**, el presente proyecto pretende instalar varios frentes de trabajo que se irán liberando conforme se agote la explotación subterránea del mineral y en los cuales se trabajará por medio a Tajo a cielo abierto, aprovechando los buenos indicativos geológicos que se dieron durante la etapa exploratoria, ya que se han descubierto una serie de vetas con valores susceptibles de explotación de oro y plata, según el informe geológico preliminar del área. En las 4 Zonas mencionadas se realizarán las labores en las **3 Etapas** (recolección de terreros, minado a cielo abierto y minado subterráneo). En la sección **II.1.3** y en el Plano 1 del Anexo 6 se dará la ubicación exacta de estas Zonas

En la **Etapa 3** va a ser necesario el uso de explosivos, sin embargo, se contratará a una empresa especialista que los realice y que tenga todas las autorizaciones correspondientes para realizar la actividad.

Durante esta etapa a cielo abierto, el mineral extraído; dependiendo de su cantidad de oro, se pretende beneficiar o recuperar en patios de lixiviación, con lixiviación dinámica con cianuro de sodio en briquetas o por flotación, procesando aproximadamente 500 toneladas de material de material por día si es el caso de los patios de lixiviación y de aproximadamente 100 a 150 toneladas por día para el caso de lixiviación dinámica o flotación, siendo menor en este último caso pues será producto de la minería subterránea, la cual su explotación es lenta con fines de seguridad. El cianuro de sodio en briquetas, no es sustancia enlistada dentro de los Primero o Segundo listado de Actividades Altamente Riesgosas.

En el proceso de flotación se utilizan sustancias como el Alkyl poliglicolester que no son sustancias enlistadas dentro de los Primero o Segundo listado de Actividades Altamente Riesgosas.

El proyecto MINA CUPRORO contempla también la construcción de una planta de fundición en donde se purificará el oro y la plata que se obtenga de los procesos de lixiviación dinámica, flotación o lixiviación por montones. Esta se ubicará como se dijo en la Zona 5.

Debido a la naturaleza del beneficio que se le piensa aplicar al material susceptible de riqueza, será necesaria la construcción de una presa de jales de 20,000 metros cuadrados para confinar los materiales tóxicos que resulten del proceso de lixiviación dinámica, flotación o centrifugación (Plano 3 del Anexo 6).

No será necesaria la apertura de caminos nuevos para acceder al Proyecto Mina Cuproro, pues éstos ya existen caminos vecinales en muy buen estado.

Los efectos benéficos del presente proyecto, se traducirán básicamente en los siguientes:

- Generación de empleos.
- Activación económica de la región.
- Aprovechamiento de un mineral que se encuentra tirado en el suelo durante muchos años provocando alteraciones bióticas al permitir el crecimiento de especies invasoras como el huinolo (*Acacia cochliacantha*), impidiendo el crecimiento de especies adecuadas al tipo de vegetación que debe tener el lugar.

II.1.2. Selección del sitio.

Se escogieron las 5 Zonas mencionadas con anterioridad, debido a que son los lugares donde se encuentra el material de oro y plata susceptibles de extraer y se encuentra impactado con anterioridad, no existiendo vegetación de importancia biológica y la poca que existe es emergente por lluvias o vegetación oportunista por los impactos de muchos años en el sitio.

El mineral del sitio puede ser aprovechado y tener una utilidad económica que repercutirá de forma inmediata al promovente, y a la Región por la generación de empleos y por las aportaciones al comercio local con la compra de alimentos, combustibles, refacciones y todo tipo de implementos que se utilizarán en el proyecto.

El Ejido propietario del terreno donde se realizará el proyecto, recibirá una renta anual que le será muy útil, ya que no existen en la zona muchas formas de obtener liquidez económica.

Además se pueden añadir las siguientes características al sitio:

- En la localización del proyecto no existen lugares o sitios donde se lleven a cabo manifestaciones propias de la cultura de algún pueblo, comunidades o grupos humanos.

- En el área del proyecto no existe declaración de zona saturada referidas a emisiones que afecten a normas de calidad primaria del aire.

- Además, no existen áreas declaradas típicas o pintorescas, parques nacionales o santuarios de la naturaleza susceptibles de ser afectados.

- El área de influencia del proyecto está ubicada fuera del límite urbano, por lo tanto, no está protegida por ningún instrumento de planificación territorial. Por lo tanto, el desarrollo del proyecto no generará efectos, características o circunstancias que afecten en algún modo el ecosistema, y no presenta riesgos para la salud de las comunidades vecinas o efectos adversos significativos sobre los recursos naturales renovables contemplados en las Legislación Ambiental Vigente en México.

- La existencia de trabajos y obras hechas durante décadas de aprovechamiento de este mineral acumuladas en terreros.
- Escasa o nula biodiversidad en el sitio del proyecto.
- La accesibilidad al terreno y la aptitud del suelo.
- No existen arroyos o cuerpos de agua importantes. La más cercana es la Presa Plutarco Elías Calles situada a 5 kilómetros en su punto más cercano.
- El retiro de este material (terreros), va a permitir que al final de la vida útil del proyecto, prosperen especies vegetales más acordes al tipo de vegetación original, y que no permitan que se sigan estableciendo comunidades invasivas como el huinolo (*Acacia cochliacantha*), mejorando con esto la diversidad del sitio.

- Las labores de restauración al final de la vida útil del proyecto, impactarán positivamente el sitio, pues actualmente los trabajos antiguos han provocado dejar roca al descubierto, lo cual puede ser una importante fuente de generación de Drenaje Ácido de Mina, sin embargo, la restauración provocará que se ponga suelo fértil en estos sitios, se reforeste con pasto autóctono y vegetación arbórea y arbustiva de la región lo cual disminuirá en buena medida éste problema biogeoquímico además de que disminuirán las tendencias degradativas por efectos erosivos.

Considerando los criterios antes mencionados, el sitio seleccionado cumple con las características que se requieren para la explotación de este mineral.

II.1.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización.

El Proyecto Mina Cuproro, se encuentra comprendido en el Ejido Suaqui del Municipio de San Pedro de La Cueva, Sonora. En el plano 1 del Anexo 6 se muestran las poligonales del proyecto, y en el Plano 2 se encuentra el Plano de Distribución de Obras de la Zona 5.

En cuanto al acceso al sitio del Proyecto Mina Cuproro, se llega al mismo, por medio del camino de acceso a Suaqui desde el poblado de San Pedro de La Cueva, cruzando el puente del Río Yaqui y avanzando por 25 kilómetros rumbo al Sur. Ver la siguiente imagen satelital 2.

Imagen satelital 2.- Croquis que indica el Proyecto Mina Cuproro.

En cuanto a las poligonales del Proyecto Mina Cuproro que se muestra en el plano 1 del Anexo 6; el cual muestra las poligonales del proyecto de las zonas del proyecto, las coordenadas UTM de su cuadro de construcción, utilizando el datum WGS-84, son las siguientes:

CUADRO DE CONSTRUCCION ZONA 1					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	173.60	90°0'0"	631438.00	3232406.00
P2	P2 - P3	454.00	90°0'0"	631438.00	3232579.60
P3	P3 - P4	173.60	90°0'0"	631892.00	3232579.60
P4	P4 - P1	454.00	90°0'0"	631892.00	3232406.00

Area: 78814.40 m²
Area: 7.88144 ha
Perimetro: 1255.20 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION ZONA 2					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	250.00	90°0'0"	630873.00	3232169.00
P2	P2 - P3	200.00	90°0'0"	631123.00	3232169.00
P3	P3 - P4	250.00	90°0'0"	631123.00	3231969.00
P4	P4 - P1	200.00	90°0'0"	630873.00	3231969.00

Area: 50000.00 m²
Area: 5.00000 ha
Perimetro: 900.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION ZONA 3					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	190.00	89°59'60"	630522.00	3231884.00
P2	P2 - P3	250.00	90°0'0"	630522.00	3232074.00
P3	P3 - P4	190.00	89°59'60"	630772.00	3232074.00
P4	P4 - P1	250.00	90°0'0"	630772.00	3231884.00

Area: 47500.00 m²
Area: 4.75000 ha
Perimetro: 880.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION ZONA 4					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	228.43	167°50'1"	631929.00	3232049.00
P2	P2 - P3	101.51	202°29'3"	631701.00	3232063.00
P3	P3 - P4	81.79	149°1'58"	631605.00	3232030.00
P4	P4 - P5	34.00	101°59'49"	631525.00	3232047.00
P5	P5 - P6	39.62	100°10'32"	631525.00	3232081.00
P6	P6 - P7	62.51	162°28'20"	631564.00	3232088.00
P7	P7 - P8	92.70	210°52'32"	631626.00	3232080.00
P8	P8 - P9	251.07	155°6'27"	631711.00	3232117.00
P9	P9 - P10	56.52	104°40'5"	631962.00	3232111.00
P10	P10 - P1	46.53	85°21'14"	631975.00	3232056.00

Area: 23848.50 m²
Area: 2.38485 ha
Perimetro: 994.69 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION ZONA 5					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	310.00	90°0'54"	632300.78	3231956.62
P2	P2 - P3	407.00	85°54'52"	631990.78	3231956.62
P3	P3 - P4	230.00	190°2'29"	632019.78	3232362.58
P4	P4 - P5	286.00	183°19'35"	631995.91	3232591.34
P5	P5 - P6	121.71	123°24'19"	631949.78	3232873.59
P6	P6 - P7	261.79	137°23'6"	632039.25	3232956.12
P7	P7 - P1	999.83	89°54'46"	632301.04	3232956.45

Area: 304981.23 m²
Area: 30.49812 ha
Perimetro: 2616.33 ml

A continuación se muestran los cuadros de construcción de la distribución de las obras que se situarán en la **Zona 5**. En el Plano 2 del Anexo 6 se muestran las poligonales de dichas obras.

CUADRO DE CONSTRUCCION CRIBA, MOLIENDA Y PATIOS					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	204.00	98°39'34"	631986.77	3232695.35
P2	P2 - P3	225.00	90°26'27"	632190.76	3232696.91
P3	P3 - P4	149.00	90°16'10"	632190.78	3232921.91
P4	P4 - P5	100.00	145°7'3"	632041.78	3232922.62
P5	P5 - P1	172.64	115°30'46"	631959.48	3232865.82

Area: 47690.32 m²
Area: 4.76903 ha
Perimetro: 850.64 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PLANTA GRAVIMÉTRICA					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	50.00	89°59'60"	632225.78	3232928.62
P2	P2 - P3	30.00	90°0'0"	632275.78	3232928.62
P3	P3 - P4	50.00	89°59'60"	632275.78	3232898.62
P4	P4 - P1	30.00	90°0'0"	632225.78	3232898.62

Area: 1500.00 m²
Area: 0.15000 ha
Perimetro: 160.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION COCINA-COMEDOR					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	24.18	90°0'0"	632245.03	3232877.84
P2	P2 - P3	18.18	90°0'0"	632269.21	3232877.84
P3	P3 - P4	24.18	90°0'0"	632269.21	3232859.66
P4	P4 - P1	18.18	90°0'0"	632245.03	3232859.66

Area: 439.59 m²
Area: 0.04396 ha
Perimetro: 84.72 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION LAVANDERIA					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	7.38	89°59'60"	632283.82	3232876.42
P2	P2 - P3	7.38	90°0'0"	632291.20	3232876.42
P3	P3 - P4	7.38	89°59'60"	632291.20	3232869.04
P4	P4 - P1	7.38	90°0'0"	632283.82	3232869.04

Area: 54.46 m²
Area: 0.00545 ha
Perimetro: 29.52 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION DORMITORIOS					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	24.12	89°59'60"	632272.54	3232851.93
P2	P2 - P3	15.12	89°59'60"	632296.66	3232851.93
P3	P3 - P4	24.12	89°59'60"	632296.66	3232836.81
P4	P4 - P1	15.12	89°59'60"	632272.54	3232836.81

Area: 364.69 m²
Area: 0.03647 ha
Perimetro: 78.48 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION TALLERES					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	50.00	90°0'0"	632246.78	3232792.62
P2	P2 - P3	30.00	90°0'0"	632296.78	3232792.62
P3	P3 - P4	50.00	90°0'0"	632296.78	3232762.62
P4	P4 - P1	30.00	90°0'0"	632246.78	3232762.62

Area: 1500.00 m²
Area: 0.15000 ha
Perimetro: 160.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PLANTA DE LIXIVIACIÓN DINÁMICA					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	100.00	90°0'53"	632094.81	3232685.62
P2	P2 - P3	50.00	89°59'7"	632194.81	3232685.62
P3	P3 - P4	100.00	90°0'53"	632194.79	3232635.62
P4	P4 - P1	50.00	89°59'7"	632094.79	3232635.62

Area: 5000.00 m²
Area: 0.50000 ha
Perimetro: 300.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PLANTA DE FLOTACIÓN					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	100.00	90°0'53"	632194.78	3232585.62
P2	P2 - P3	50.00	89°59'7"	632094.78	3232585.62
P3	P3 - P4	100.00	90°0'53"	632094.79	3232635.62
P4	P4 - P1	50.00	89°59'7"	632194.79	3232635.62

Area: 5000.00 m²
Area: 0.50000 ha
Perimetro: 300.00 ml

El cuadro de construcción específico del **Área de Presa de Jales** con coordenadas UTM y Datum WGS 84 es el siguiente y en el Plano 4 del Anexo 6 se muestran sus detalles:

CUADRO DE CONSTRUCCION PRESA DE JALES					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	99.97	90°0'0"	632194.81	3232685.62
P2	P2 - P3	149.97	90°1'28"	632294.78	3232685.59
P3	P3 - P4	200.03	89°59'25"	632294.81	3232535.62
P4	P4 - P5	50.00	90°0'0"	632094.78	3232535.62
P5	P5 - P6	100.00	90°0'0"	632094.78	3232585.62
P6	P6 - P1	100.00	269°59'7"	632194.78	3232585.62

Area: 19999.36 m²
Area: 1.99994 ha
Perimetro: 699.97 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PATIOS DE LIXIVIACIÓN					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	420.00	90°0'0"	632039.72	3232092.28
P2	P2 - P3	231.20	90°0'0"	632039.72	3232512.28
P3	P3 - P4	420.00	90°0'0"	632270.92	3232512.28
P4	P4 - P1	231.20	90°0'0"	632270.92	3232092.28

Area: 97105.33 m²
Area: 9.71053 ha
Perimetro: 1302.41 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PILETA DE SOLUCIÓN RICA					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	40.00	90°0'0"	632101.78	3232038.62
P2	P2 - P3	40.00	90°0'0"	632061.78	3232038.62
P3	P3 - P4	40.00	90°0'0"	632061.78	3232078.62
P4	P4 - P1	40.00	89°59'60"	632101.78	3232078.62

Area: 1600.00 m²
Area: 0.16000 ha
Perimetro: 160.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PILETA DE SOLUCIÓN POBRE					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	40.00	90°0'0"	632150.78	3232038.62
P2	P2 - P3	40.00	90°0'0"	632110.78	3232038.62
P3	P3 - P4	40.00	90°0'0"	632110.78	3232078.62
P4	P4 - P1	40.00	90°0'0"	632150.78	3232078.62

Area: 1600.00 m²
Area: 0.16000 ha
Perimetro: 160.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PILETA DE EMERGENCIAS					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	40.00	90°0'0"	632200.78	3232038.62
P2	P2 - P3	40.00	90°0'0"	632160.78	3232038.62
P3	P3 - P4	40.00	90°0'0"	632160.78	3232078.62
P4	P4 - P1	40.00	90°0'0"	632200.78	3232078.62

Area: 1600.00 m²
Area: 0.16000 ha
Perimetro: 160.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PLANTA DE BENEFICIO					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	50.00	89°59'60"	632117.00	3231617.00
P2	P2 - P3	30.00	89°59'60"	632067.00	3231617.00
P3	P3 - P4	50.00	89°59'60"	632067.00	3231647.00
P4	P4 - P1	30.00	89°59'60"	632117.00	3231647.00

Area: 1500.00 m²
Area: 0.15000 ha
Perimetro: 160.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PLANTA DE FUNDICIÓN					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	50.00	90°0'0"	632102.78	3231965.62
P2	P2 - P3	30.00	90°0'0"	632152.78	3231965.62
P3	P3 - P4	50.00	90°0'0"	632152.78	3231995.62
P4	P4 - P1	30.00	90°0'0"	632102.78	3231995.62

Area: 1500.00 m²
Area: 0.15000 ha
Perimetro: 160.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION PILETA DE AGUA CRUDA					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	40.00	90°0'0"	632036.78	3231968.62
P2	P2 - P3	40.00	90°0'0"	631996.78	3231968.62
P3	P3 - P4	40.00	90°0'0"	631996.78	3232008.62
P4	P4 - P1	40.00	90°0'0"	632036.78	3232008.62

Area: 1600.00 m²
Area: 0.16000 ha
Perimetro: 160.00 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION OFICINAS					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	37.88	90°0'0"	632279.49	3232028.60
P2	P2 - P3	25.38	90°0'0"	632241.61	3232028.60
P3	P3 - P4	37.88	90°0'0"	632241.61	3232053.97
P4	P4 - P1	25.38	90°0'0"	632279.49	3232053.97

Area: 961.08 m²
Area: 0.09611 ha
Perimetro: 126.50 ml

CUADRO DE CONSTRUCCION ALMACEN DE REFACCIONES					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	X	Y
P1	P1 - P2	50.00	89°59'60"	632227.78	3232006.62
P2	P2 - P3	30.00	89°59'60"	632277.78	3232006.62
P3	P3 - P4	50.00	89°59'60"	632277.78	3231976.62
P4	P4 - P1	30.00	89°59'60"	632227.78	3231976.62

Area: 1500.00 m²
Area: 0.15000 ha
Perimetro: 160.00 ml

En la siguiente figura 1, se puede apreciar la macrolocalización del Proyecto Mina Cuproro, motivo del presente estudio.

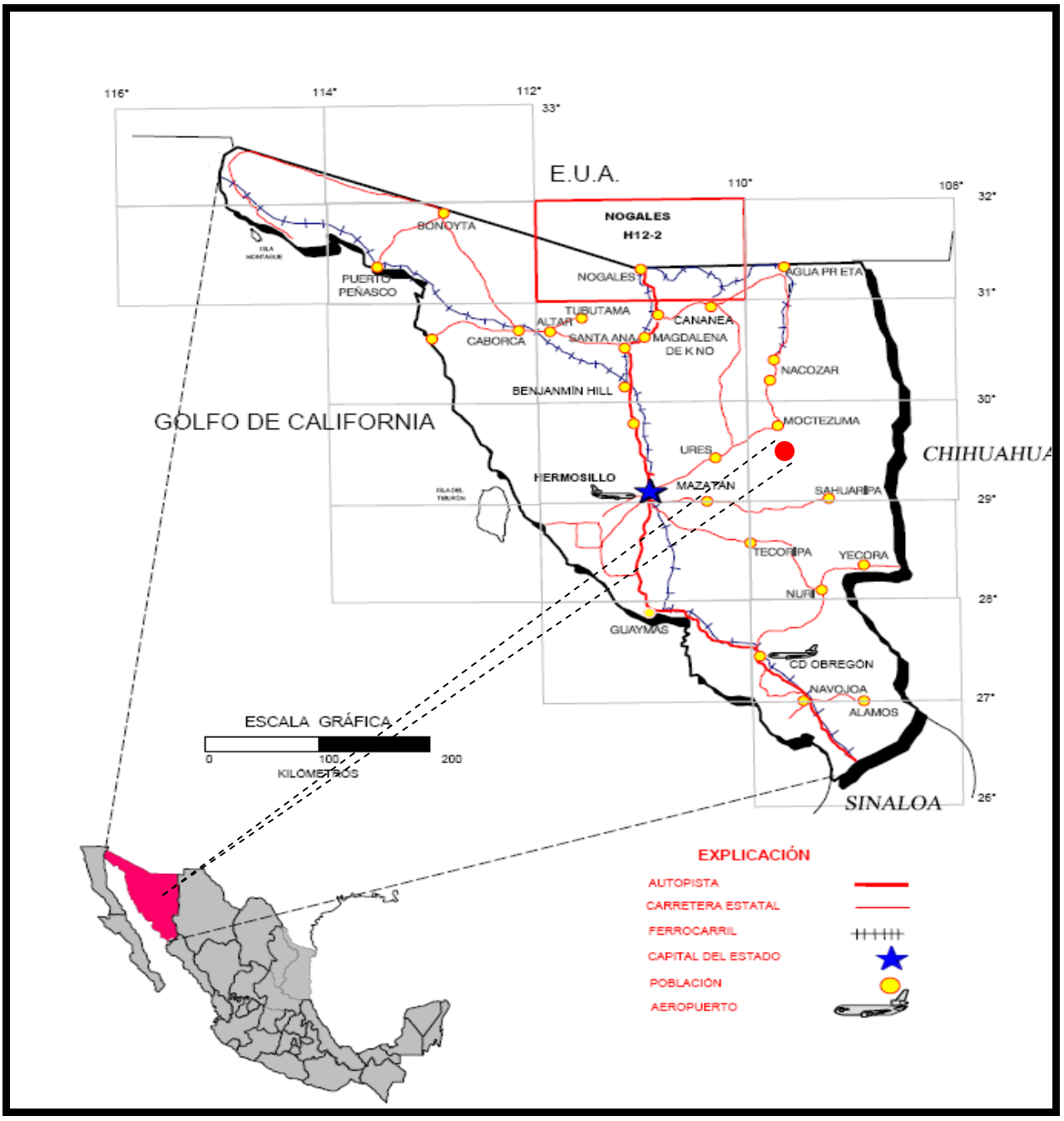


Figura 1. Macro localización del Proyecto Mina Cuproro.

II.1.4. Inversión requerida.

A continuación en la siguiente Tabla 1, se muestran los activos fijos que se tendrán en el Proyecto Mina Cuproro, requiriéndose un total de **$150,360 dólares** para cubrirlo.

Art.	Descripción	Costo (Dólares)	Condición*	Opción Financiada
	Sistema de Alimentación:			
1	Tolva alimentadora - 6 mc	$5,000	U	$5,000
2	Alimentadora de gusano-12" con VFD	$2,000	U	
3	Tanque Cónico de Agitación - 1500 gal.	$2,500	N	$2,500
4	Agitador con motor de 5 HP	$1,500	U	
5	Bomba de lodo de 3" con motor de 5 HP	$3,500	U	
6	Criba-Clasificadora Vibratoria	$6,000	N	$6,000
7	Sluice con Rifle de 1' x 12'	$1,500	N	$1,500
8	Bomba de lodo de 2" con motor de 3 HP	$3,000	U	
	Sistema de Concentración Gravimétrica:			
9	Centrifuga Primaria - iCON-350 -Automatizada	$26,000	N	$26,000
10	Centrifuga Segundaria - Helix Spiral de 16"	$16,000	N	$16,000
11	Tanque Cónico de Agitación (2) de 60 gal	$3,000	N	$3,000
12	Agitador con motor de 0.25 HP (2)	$1,500	U	
13	Bomba de lodo de 1" con motor de 1 HP	$2,000	U	
	Sistema de Recirculación de Agua de Proceso:			
14	Tanque Receptor para Bomba - 40 gal	$1,000	U	
15	Bomba de lodo de 3" con motor de 5 HP	$3,500	U	
16	Hidrociclon de 6" (2)	$6,000	N	$6,000
	Sistema de Refinación:			
17	Horno Eléctrico de Banco - 220v mono fasico	$6,000	N	$6,000
18	Moldes de Lingotes y Accesorios de fundición	$3,000	N/U	$3,000
19	Horno de Gas para fundición de plata	$7,000	U	$7,000
20	Amalgamador de Mercurio	$1,500	U	$1,500
21	Horno de Olla para condensación de mercurio	$2,500	N	$2,500

	Equipo de Apoyo:			
22	Generador de Energía de diesel - 150 KW	$15,000	U	$15,000
23	Planta-Torre de Luz de 5 KW	$4,500	U	$4,500
24	Transformador de 75 KVA	$1,500	U	$1,500
25	Soldadora Miller de 350 Amperes	$2,500	U	$2,500
26	Compresor de Aire 175 CFM con motor de 10 HP	$1,800	N	$1,800
27	Tejaban - Área de proceso	$4,500	N/U	
28	Lotes de Cables (Eléctrico)	$3,500	N/U	
29	Lotes de Tubería PVC	$2,000	N/U	
30	Lotes de Válvulas y Mediadores de Flujo	$3,000	N	
31	Tanque para Diesel - cap. de 10 mil litros	$4,000	U	
32	Tanque para Agua - cap. de 20 mil litros	$4,000	U	
33	Tanque para Gasolina - cap. de mil litros	$500	U	
34	Camión-Pickup-Tonelada para logísticas	$5,000	U	$5,000
35	Pickup Tipo Doble-Cabinas para personal	$5,000	U	$5,000
36	Computadora de Escritorio y Impresora	$500	U	
37	Contenedor de 40' (2)	$4,000	U	$4,000
	Sistema de Comunicación y Seguridad:			
38	Equipo de Radio	$4,000	N/U	
39	Equipo de Internet	$2,000	N/U	
40	Accesorios Misc.	$2,000	Variado	
	Dormitorios y Comedor:			
41	Tráileres Viviendas (2)	$2,000	U	
42	Comedor y Accesorios	$2,000		
	Misceláneo:			
43	Contingencias y Reserva para importación (20%)	$35,460	Variado	$25,060
	TOTAL	**$212,760**		**$150,360**

* **Condición: N = NUEVA; U = USADA; N/U = NUEVA y/o USADA**

Tabla 1. Activos fijos iniciales.

En la siguiente Tabla 2 se muestran los costos generales del proyecto, los cuales ascienden a **$1,489,133** dólares durante el primer año.

Detalles	Por Tonelada	Semanal	Mensual	Anual (Año-1)
PRODUCCION:				
Diesel y Lubricantes	$4.67	$2,800	$11,200	$134,400
Gasolina	$3.00	$1,800	$7,200	$86,400
Mantenimientos y Refacciones	$2.00	$1,200	$4,800	$57,600
Agua	$0.83	$500	$2,000	$24,000
Reactivos	$0.50	$300	$1,200	$14,400
Renta de Predio	$0.42	$250	$1,000	$12,000
Renta de Casa	$0.42	$250	$1,000	$12,000
Contratado (Trituración y Flete)	$20.00	$12,000	$48,000	$576,000
Fundición y Refinación	$0.33	$200	$800	$9,600
Comida y Suministros	$0.23	$138	$552	$6,624
Comunicaciones	$0.35	$208	$832	$9,984
Seguridad	$2.08	$1,250	$5,000	$60,000
Gas y Oxigeno	$0.12	$70	$280	$3,360
Sueldos	$4.17	$2,500	$10,000	$120,000
Seguros	$0.83	$500	$2,000	$24,000
Misc.	$0.83	$500	$2,000	$24,000
Contingencia (20%)	$8.16	$4,893	$19,573	$234,874
Total Costo de Producción	**$48.93**	**$29,359**	**$117,437**	**$1,409,242**
ADMINISTRATIVOS:				
Sueldos	$1.04	$625	$2,500	$30,000
Contabilidad y Dictámenes	$0.25	$150	$600	$7,200
Legales y Jurídico	$0.25	$150	$600	$7,200
Renta de Oficina	$0.35	$212	$848	$10,176
Misc.	$0.42	$250	$1,000	$12,000
Contingencia (20%)	$0.46	$277	$1,110	$13,315
Total Costo Administrativos	**$2.77**	**$1,664**	**$6,658**	**$79,891**

Total Costos Generales	**$51.71**	**$31,024**	**$124,094**	**$1,489,133**

Tipo de cambio: $1.00 Dolar = $20.00 Pesos

Tabla 2.- Costos generales del proyecto durante el primer año.

En la siguiente Tabla 3 se muestra una proyección durante el primer año en donde se observa que las ventas del mineral producido llegan a **$8,306,492** dólares

PRODUCCION	GRAMOS	ONZAS	VALOR DOLARES
PRIMER AÑO:			
DIARIA:			
ORO: 100 x 0.719 gramos x 90%	65	2.08	$2,289
PLATA: 100 x 611.75 gramos x 90%	55,058	1,770.22	$26,553
Producción Diaria:			**$28,842**
SEMANAL:			
ORO: 600 x 0.719 gramos x 90%	388	12.48	$13,732
PLATA: 600 x 611.75 gramos x 90%	330,345	10,621.34	$159,320
Producción Semanal:			**$173,052**
MENSUAL:			
ORO: 2,400 x 0.719 gramos x 90%	1,553	49.93	$54,927
PLATA: 2,400 x 611.75 gramos x 90%	1,321,380	42,485.37	$637,281
Producción Mensual:			**$692,208**
ANUAL:			
ORO: 28,800 x 0.719 gramos x 90%	18,636	599.21	$659,126
PLATA: 28,800 x 611.75 gramos x 90%	15,856,560	509,824.45	$7,647,367
Producción Anual:			**$8,306,492**

Tabla 3.- Proyección de la producción durante el primer año (Ventas).

En la siguiente Tabla 4, se muestra un balance de los costos contra las ventas durante el primer año y en donde se aprecia claramente que durante el primer año se pagará la inversión y se tendrá una excelente ganancia.

Concepto	Cantidad (Dólares)
Costo Activo Fijo	$150,360
Costos Generales primer año	$1,489,133
Total de Gastos	**$1,639,493**
Ventas de producción (Año 1)	**$8,306,492**

Tabla 4.- Balance General

Costos necesarios para la aplicación de las medidas de prevención y mitigación.

En este rubro solamente se señalarán las medidas de mitigación más importantes y que tendrán repercusión real en la disminución de los impactos y se señalará la cantidad total gastada en los 30 años de duración del proyecto.

Las medidas de mitigación se encuentran en la sección VI y los costos necesarios para su aplicación se muestran en la siguiente Tabla 5:

PROYECTO MINA CUPRORO		
MEDIDAS DE MITIGACIÓN		
CONCEPTO		**COSTO (USD) (30 años)**
RIEGOS		$25,000.00
CUMPLIMIENTO DE NORMATIVIDADES RELATIVAS A MÁXIMOS PERMITIDOS DE RUIDO Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA		$25,000.00
SEÑALAMIENTOS		$5,000.00
ESTABLECIMIENTO DE PATRONES DE DRENAJE		$20,000.00
REVEGETACIÓN CON MEDIOS AUTOSOSTENIBLES		$40.000.00
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS		$20,000.00
AUDITORIAS AMBIENTALES Y MONITOREOS PERIÓDICOS		50,000.00
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO		50,000.00
	TOTAL $	**$235,000.00**

Tabla 5. Costos de mitigación ambiental

II.1.5. Dimensiones del proyecto.

a). El Proyecto Mina Cuproro, contará con una superficie arrendada total de 59 hectáreas, en donde se distribuirá la siguiente infraestructura que se muestra en Tabla 6:

PROYECTO MINA CUPRORO	
CONCEPTO	**SUPERFICIE (HECTÁREAS)**
ÁREA DE EXTRACCIÓN (ZONA 1, 2, 3 Y 4)	20..0163
LUGAR DONDE SE ESTABLECERÁN LAS OBRAS MINERAS DE CRIBA, PATIOS DE LIXIVIACIÓN, PLANTAS DE FUNDICIÓN, BENEFICIO, FLOTACIÓN ETC., QUE SE MENCIONAN EN ZONA 5	30.49812
TOTAL	**50.5145**

Tabla 6.- Distribución de infraestructura.

b) La superficie a afectar con respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto por tipo de comunidad vegetal existente en el predio (selva, bosque, matorral, etc.). Indicar para cada caso su relación (en porcentaje) respecto a la superficie total del proyecto.

En total la superficie para afectar son **50.5145 hectáreas,** en donde no existe vegetación por ser un área ya afectada con anterioridad.

c) Superficie (en m2) para obras permanentes. Indicar su relación (en porcentaje), respecto a la superficie total del proyecto.

Las 2 obras que consideramos serán permanente en el Proyecto Mina Cuproro serán los tajos que se realicen, los patios de lixiviación y la presa de jales de 2 hectáreas. Estas áreas serán rehabilitadas y reforestadas en su totalidad, de tal manera que se reduzca lo más posible el impacto visual.

En cuanto a los tajos que se generen, se rellenarán con parte del material saliente de las centrífugas o con el mismo tepetate que pudiera generarse en esta obra, se procurarán ir tapando los tajos ya liberados y a su vez reforestados para disminuir el impacto. El material producto de las centrífugas será analizado para que no tenga un potencial generador de acidez.

En cuanto a los patios de lixiviación, se disminuirán las aristas de los bordes, se vaciará tierra fértil y se sembrarán especies de la zona, aunque primeramente se sembrará pastizal nativo de la zona y después especies arbóreas y arbustivas también autóctonas.

En cuanto a la presa de jales, al final de la vida útil será neutralizada eliminando los restos de cianuro de sodio que le pudiesen quedar al material, tapando dicha presa con material de liner, cubriéndolo con tierra fértil y revegetando el sitio para disminuir los efecto visuales.

Todas las demás estructuras serán desmontadas y no quedará ningún resto o indicio de ellas.

II.1.6. Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.

El uso actual del suelo es principalmente pecuario, y presenta también un uso agrícola al presentar algunas praderas para el sustento del mismo ganado. No es un área natural protegida, ni tampoco un corredor biológico de alguna especie.

También, como se dijo con anterioridad, el lugar presenta aprovechamientos mineros antiguos. Es una zona minera de mucho renombre y auge en el siglo

antepasado y principios de pasado siglo XX. Al analizar la carta topográfica H12-D45 se puede apreciar que tiene uso minero. Ver la siguiente figura 2.

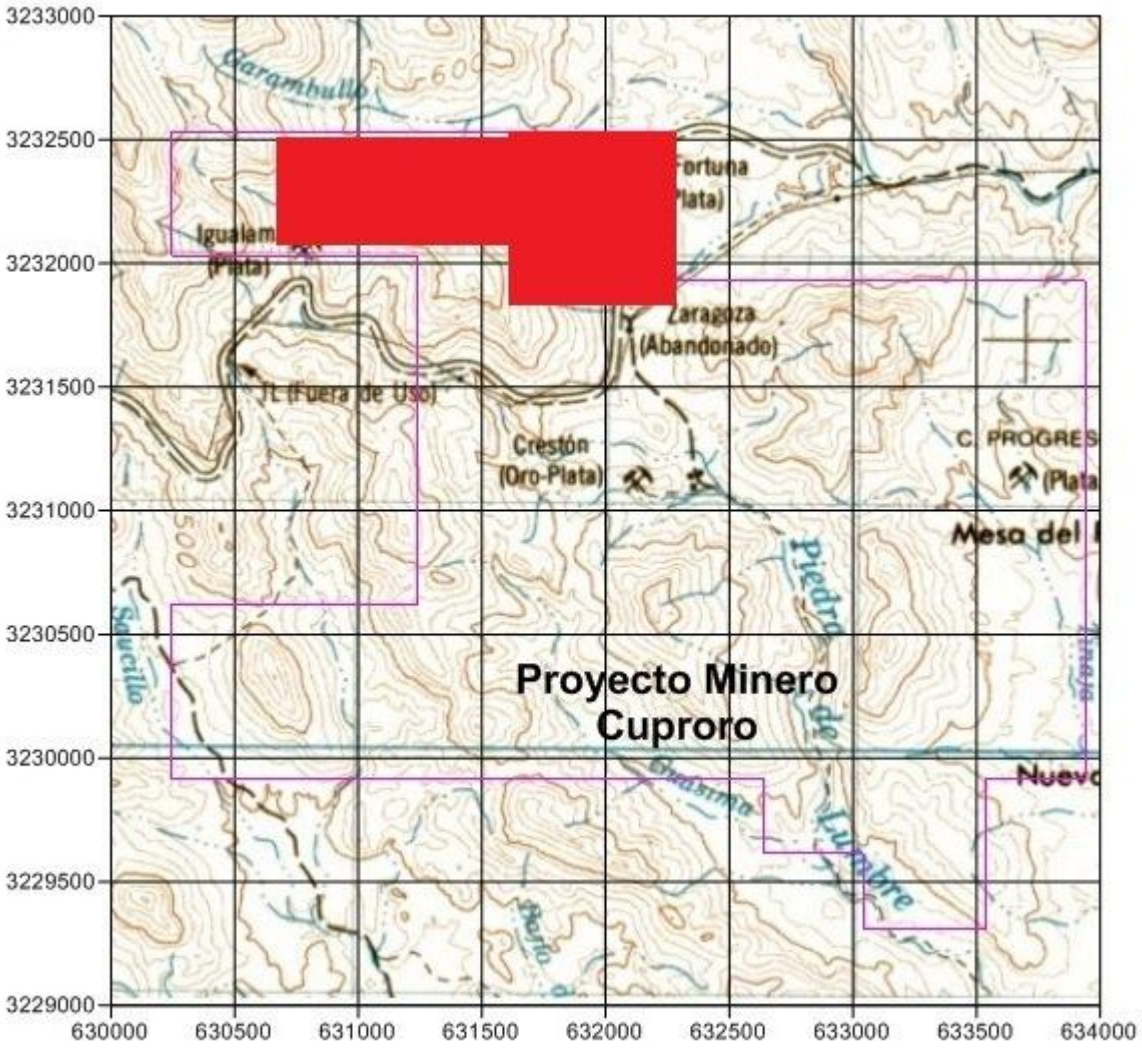


Figura 2.- Carta topográfica H12-D 45 de la zona.

En cuanto al uso de los cuerpos de agua, a 5 kilómetros se encuentra la Presa Plutarco Elías Calles y en donde se realizan actividades de pesca comercial y deportiva. Ver Imagen Satelital 3.

También se encuentran algunos arroyos que son corrientes intermitentes de agua producto de las precipitaciones pluviales que se dan en temporada.

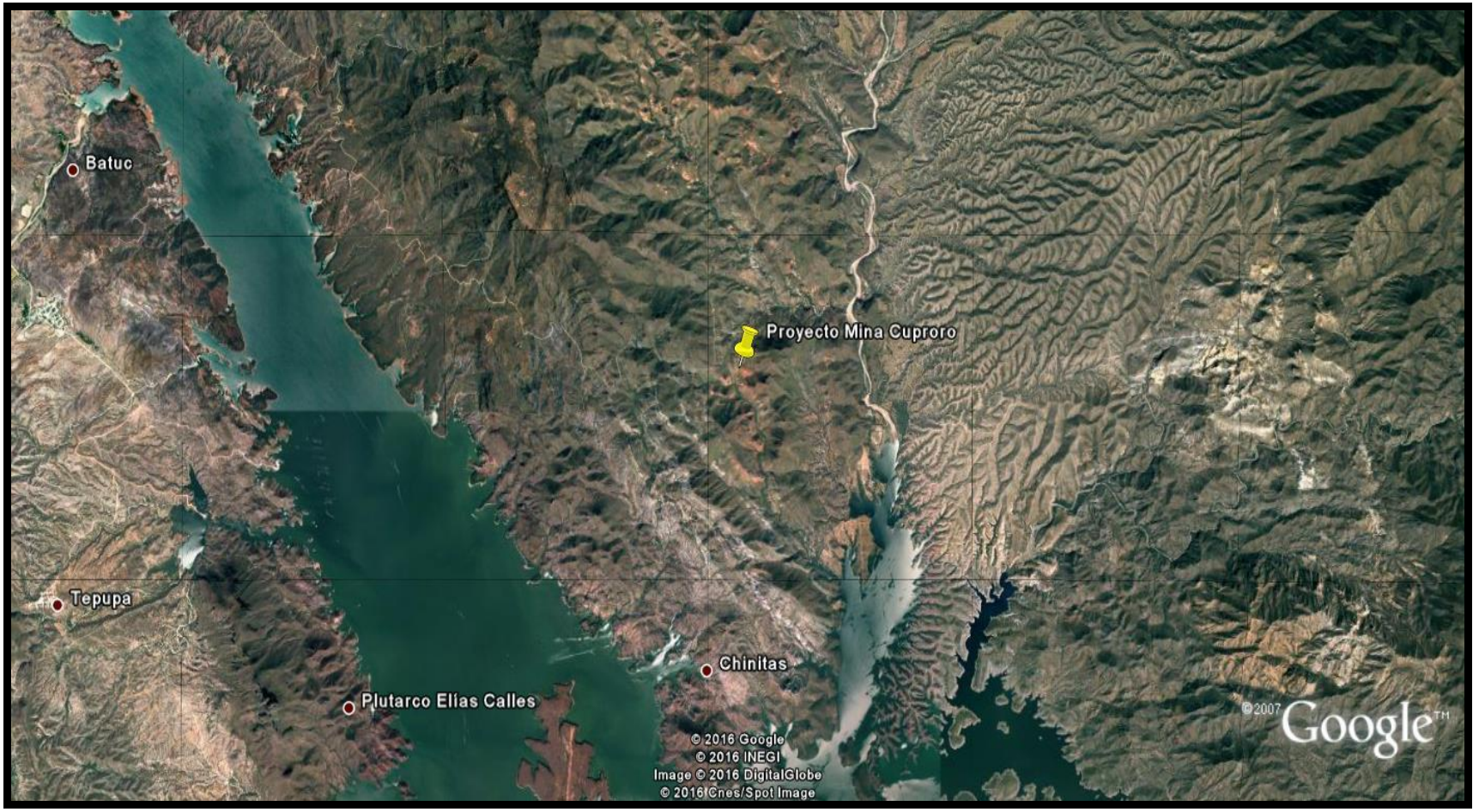


Imagen Satelital 3. Proyecto Mina Cuproro con respecto a la Presa El Novillo.

El Proyecto Mina Cuproro, por ser un sitio donde se encuentran impactos realizados por la minería antigua, en donde no hay vegetación significativa en éstos sitios, ya que solamente existe escasa vegetación emergente y/o vegetación oportunista, consideramos **QUE NO REQUIERE DE LA AUTORIZACIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO FORESTAL**. Ver La siguiente Tabla 7.

PROYECTO MINA CUPRORO				
LUGAR	**SUPERFICIE TOTAL (HAS)**	**SUPERFICIE SIN IMPACTO (HAS)**	**SUPERFICIE IMPACTADA (HAS)**	**CUSF**
ZONA 1	7.8814	0	7.8814	NO REQUIERE
ZONA 2	5.00	0	5.00	NO REQUIERE
ZONA 3	4.75	0	4.75	NO REQUIERE
ZONA 4	2.38485	0	2.38485	NO REQUIERE
ZONA 5	30.49812	0	30.49812	NO REQUIERE
TOTALES	**50.5145**	**0**	**50.5145**	

Tabla 7.- Áreas impactadas y sin impacto.

II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El Proyecto Mina Cuproro, se desarrollará en una zona rural donde no existen servicios básicos por parte del Municipio, Estado o de la Federación.

En cuanto a las vías de acceso, existen caminos rústicos antiguos realizados por ganaderos propietarios de los ranchos vecinos

.

En cuanto al agua potable, no hay, por lo que se traerá esta al proyecto minero desde el poblado de San Pedro de la Cueva en garrafones, la cual se usará para beber. El

número de personas que trabajarán en el sitio será reducido (menos de 20 personas en un principio).

En cuanto al agua que se utilizará para los procesos productivos, riegos de los caminos y usos generales, será comprada en San Pedro de la Cueva al Organismo Municipal de Agua Potable y movilizada en las diferentes áreas de trabajo por medio de pipas.

Se contará con energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad para satisfacer estos requerimientos de la criba, plantas de beneficio, fundición, lixiviación dinámica y de flotación, taller y campamento.

En cuanto a las aguas negras generadas por el Proyecto Mina Cuproro, se contará con baños portátiles para no afectar los mantos friáticos del lugar. En este aspecto, las aguas residuales que se generarán serán las de tipo sanitario producidas por el campamento y oficina como las que se generen en la preparación de alimentos, en las labores de limpieza de dicho campamento, en las producidas por las duchas y sanitarios.

Se tiene contemplado la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación de los mantos freáticos. Esta planta de tratamiento, se describirá más adelante. Sin embargo, cabe aclarar que las letrinas portátiles seguirán siendo necesarias para los trabajadores en las áreas que se encuentran alejadas del campamento. Se contratará a una compañía autorizada para que le dé servicio a tales letrinas.

No se cuenta con líneas telefónicas convencionales en la cercanía del proyecto. Se contará con servicio telefonía celular.

En cuanto a los residuos peligrosos que se generen, tales como aceites gastados, sólidos impregnados con aceite, tierra impregnada con aceite, filtros de gasolina y aceite, etc., producto del mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria y equipo, estos se almacenarán temporalmente en un sitio específico y aprobado por la Secretaría en su tiempo y para la disposición final de dichos residuos, se contratará a una empresa especializada y con las autorizaciones de Semarnat para realizar tales tareas.

La idea del presente proyecto es traer en la menor medida posible servicios de urbanización para no alterar más las condiciones naturales del lugar.

II.2 Características particulares del proyecto

El proyecto de la Mina Cuproro, contempla tres etapas de producción que son las siguientes:

En cuanto a la Etapa 1 de producción, se pretende el aprovechamiento de mineral con valores susceptibles de aprovechar de oro y plata libre que se encuentra en los terreros distribuidos en montículos, separando el oro de material inerte por medio de centrifugación del agua azolvada del mineral molido aprovechando la alta densidad que tiene el metal precioso.

Estos terreros serán recogidos por medio de cargadores frontales sin que exista en este sitio una obra asociada o provisional, ni se afectará a la vegetación existente en los alrededores del material, ya que como se dijo con anterioridad, este mineral se encuentra en las 4 Zonas descritas y **NO HAY VEGETACIÓN** en estos sitios por las obras antiguas. El material recogido, de inmediato se cargará en camiones de volteo y

se transportará hacia el área de Cribas, Molienda y Patios de almacenamiento para molerla hasta el tamaño requerido por la planta Gravimétrica ubicada al Noreste de la **Zona 5**. En esta etapa se realizarán riegos al camino para evitar polvos fugitivos.

La Planta Gravimétrica tendrá una capacidad de procesar 45 toneladas por hora de mineral y tendrá los siguientes procesos:

Cribado:

El mineral finamente molido procederá a ser cribado alimentando dichas cribas por un cargador frontal.

Azolvamiento del mineral con agua:

El mineral finamente molido se procede a agregarle agua para hacer una especie de lodo y en donde el agua representa un vehículo para ser movilizado a las siguientes etapas.

Concentración:

Con la finalidad de reducir el volumen del mineral, se hace pasar esta solución lodosa por una serie de concentradores con la finalidad de separar la tierra, el agua y el material más pesado (oro y plata), el cuál éste último es el que se desea.

Centrifugación:

Habiendo segregado ya el mineral más pesado, se procede a que entre este mineral a la centrífuga en donde se separarán por gravedad los metales más pesados del resto y en donde el producto final es el oro y la plata.

Fundición:

El mineral ya recuperado se procede a refinarse aún más en el proceso de fundición en donde por medio de calor se separará de impurezas como plomo y otros metales que pudiera contener.

Se utilizarán ciclones húmedos para recuperación de finos y de esta manera mejorar los procesos.

Recirculación del agua:

El agua que se utiliza para realizar el proceso de movilización del mineral, es utilizada nuevamente eficientizando el ahorro de la misma. Esta agua caerá en una pileta en donde se sedimentarán el material fino y periódicamente se procederá a limpiarla, analizando el sedimento por medio de análisis CRETIB y Drenaje Ácido de Mina (PAG) para poder ver su reutilización como tierra fértil en las labores de reforestación del proyecto. En caso de que estos análisis indiquen alguna peligrosidad según CRETIB, o que sea potencial generador de acidez, estos lodos se confinarán en la presa de jales que se construirá para su disposición final.

Conforme vaya generándose el material de esta pileta de recirculación de agua se utilizará según el tamaño de partícula de la siguiente manera y según su inocuidad o peligrosidad:

El material fino o limo, se dispondrá para labores de reforestación los siguientes sitios:

- Zonas 1, 2, 3 y 4 conforme se vayan liberando lugares.
- Área de vivero.
- Área de la planta de beneficio y presa de jales al final de la vida útil.
- Área de campamento al final de la vida útil.

- Área de taller al final de la vida útil.

El material grueso de 0.5 a 2” se utilizará para:

- Relleno de algunos tajos que se vayan liberando dichas áreas
- Rehabilitación de caminos existentes en el Ejido Suaqui.

Esta etapa será la primera en iniciar ya que ayudará a la capitalización del proyecto para la realización de las etapas subsecuentes.

En cuanto a la Etapa 2 de Producción, la cual será el aprovechamiento de las vetas por medio de la minería subterránea y la cual servirá para obtener mineral de alta-alta ley de oro y plata utilizando la gran cantidad de tiros y túneles que se presentan en las 4 Zonas, sin embargo solo se utilizarán los tiros y túneles que se encuentren en mejores condiciones y donde el material permita realizar una actividad segura.

En cuanto a la Etapa 3 de producción, ya agotada la minería subterránea, se irán liberando áreas para aprovechar los valores susceptibles de oro y plata contenidos en las vetas de las concesiones mineras. Dichas vetas serán explotadas por medio de tajo a cielo abierto y el producto obtenido se recuperará por medio de 2 formas:

a) Lixiviación por montones, cuando la Ley sea menor a 3 gramos de oro por tonelada.
b) Lixiviación dinámica, cuando la Ley sea mayor a 3 gramos de oro por tonelada y cuando el mineral sea mayoritariamente óxidos.
c) Planta de flotación, cuando la Ley sea mayor a 3 gramos de oro por tonelada y cuando el mineral sea mayoritariamente sulfuros.

Se tiene proyectado un patio de lixiviación por montones de 9.71053 hectáreas que contendrá un sistema de 3 piletas:

1) Solución Rica
2) Solución Pobre
3) Pileta de emergencias.

La recuperación de los metales preciosos será por medio del sistema Merrille Crowe para el caso de la lixiviación y por métodos de fundición para el caso de los productos de la flotación.

Debido a la naturaleza del proyecto, será necesaria la construcción de una presa de jales de 2 hectáreas para disponer los residuos generados en los procesos de lixiviación dinámica, flotación y centrifugación claro está que dicha presa será totalmente impermeabilizada para no contaminar el subsuelo.

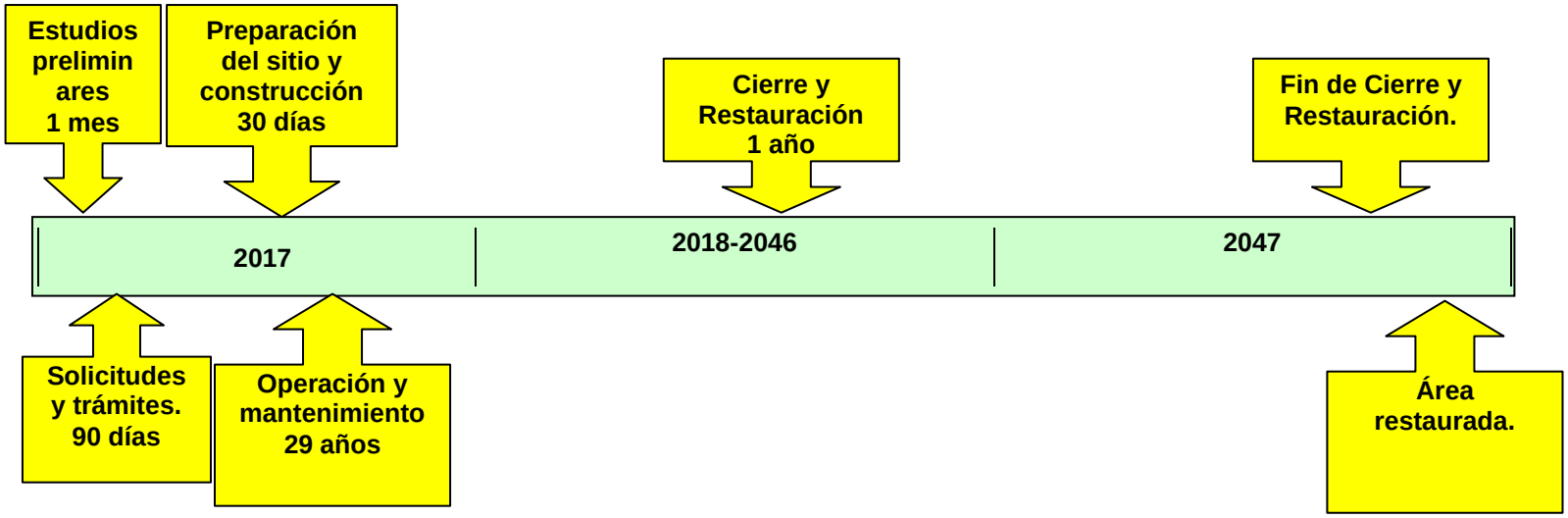
II.2.1 Programa General de Trabajo

El Proyecto Mina Cuproro tendrá una vida útil de 30 años. A continuación se presenta la tabla 8 en la cual aparece específicamente los tiempos que se van a requerir para las principales etapas del proyecto. En la tabla 8, se presenta el programa de trabajo específicamente para la etapa de preparación del sitio y construcción y operación y mantenimiento.

Etapa	Duración	
	Inicio	**Final**
Estudios preliminares	Abril 2017	Julio 2017
Solicitudes y trámites.	Agosto 2017	Noviembre 2017
Preparación del sitio y construcción	Noviembre 2017 (Etapa 1)	Diciembre 2017
	Diciembre 2018 (Etapa 2) Diciembre 2019 (Etapa 3)	Diciembre 2019 (Etapa 2) Diciembre 2020 (Etapa 3)
Operación y mantenimiento	Enero 2018	Enero 2046
Cierre y restauración	Enero 2046	Noviembre 2047

Tabla 8. Programa general de trabajo.

Figura 3.- Diagrama de Gantt del Proyecto Mina Cuproro.



II.2.2 Preparación del sitio

La etapa de preparación del sitio para este Proyecto está formada por las siguientes actividades:

a) Delimitación de superficies

El equipo de topografía delimitará el polígono del proyecto que aquí se ha propuesto para el proyecto (Plano 1 Anexo 6) y en su interior, se indica cada sitio a ocupar por cada obra a desarrollarse, así como de los tajos a cielo abierto o el lugar de apertura de las rampas descendentes en el caso de la minería subterránea. Se utilizarán elementos fácilmente identificables tales como: estacas, mojoneras, banderolas, cal o cualquier otro que puede servir para este efecto.

b) Actividades de control y mitigación de impactos ambientales

Como parte de su proceso de preparación del sitio, el proyecto realizará aquellas medidas necesarias para proteger y mitigar los impactos ambientales que aquí serán identificados. Estas actividades estarán acorde con las medidas mencionadas en este documento y a aquellas que sean establecidas en los oficios de autorización. Entre las que destaca, el ahuyentamiento de fauna, los riegos a los caminos y durante los procesos como desmonte, despalmen, cortes, etc., capacitación a los operadores, catálogo de conducta, etc.

En cuanto a la Etapa 1, en donde solamente se acarrearán los terreros de los sitios donde se encuentran al área de la criba en la **Zona 5**, se realizarán los siguientes trabajos:

c). Desmonte y despalme.

No será necesario.

d). Retiro, confinamiento y caracterización de suelo.-

No será necesario.

e). Relleno, nivelación y compactación.

No será necesario

f). Rehabilitación de caminos existentes.

Solamente se rehabilitarán los caminos existentes. Esta rehabilitación consistirá en raspar dichos caminos por medio de una moto conformadora y realizar un riego de compactación. No se modificará el ancho del camino existente, ya que actualmente son caminos de aproximadamente 8 metros de ancho, suficiente para el tránsito seguro de la maquinaria y con la finalidad de no realizar ocasionar impactos adicionales se dejarán con esas dimensiones.

g). Apertura de caminos.

No será necesario. En este punto debe recordarse que será exclusivamente de recolección los materiales producto de la minería antigua, distribuidos en las **Zonas 1, 2, 3 y 4** del Proyecto y cuyos cuadros de construcción se describen en la sección **II.1.3.** del presente estudio, por lo que no será necesario realizar ningún tipo de obra asociada. Es exclusivamente la recolección del material por medio de un cargador frontal, y en algunos casos trabajadores recogiendo manualmente a pico y pala, así como la carga del material en un camión de volteo.

Como puede apreciarse en las fotos 1, 6 y 7 del presente estudio, los lugares donde se encuentran los montículos con terreros y que han impactado a la comunidad vegetal durante años. Prueba de ellos es que el lugar está clasificado como selva baja caducifolia con las comunidades vegetales características de este tipo de vegetación, sin embargo, estos impactos antropogénicos han provocado el crecimiento de especies llamadas invasivas como el huinolo (*Acacia cochliacantha)* disminuyendo la diversidad natural del sitio.

No se realizarán actividades de desmonte ni la apertura de nuevos caminos, no se realizarán actividades de dragado, nivelación o compactación del suelo. Sencillamente

se recolectará el material de los montículos de terreros o jaleros. Por medio de maquinaria si las características del lugar lo permiten (A fin de no dañar vegetación), o por medios manuales con pico y pala para recolectar dicho material.

En cuanto al desvío de causes este no se producirá, por el contrario, el presente proyecto provocará restituir los causes originales de las escorrentías superficiales del terreno en las distintas áreas, ya que estos fueron alterados desde el momento en que confinaron en este sitio los montículos de este tipo de materiales.

En cuanto a la Etapa 3, que consistirá en la explotación por medio de Tajo Abierto de las Zonas 1, 2, 3 y 4, así como la preparación de las obras en la **Zona 5**, se puede decir lo siguiente;

Los trabajos a realizarse, seguirán los criterios de preparación del sitio que se incluyen en la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007, la cual establece los requisitos de protección ambiental para la construcción y operación de sistemas de lixiviación de minerales en montones, y en base a esto. Se designará un responsable de la supervisión ambiental en el sitio del proyecto, para detectar aspectos críticos desde el punto de vista ambiental y que pueda tomar decisiones, definir estrategias o modificar actividades que generen impactos al ambiente, así como que se cumplan las especificaciones establecidas en la norma en cuestión.

Los tajos que se vayan realizando corresponderán a áreas previamente liberadas de la explotación subterránea de la **Etapa 2** y que ya no convenga por los valores obtenidos seguir realizando operación subterránea, se procederá a realizar operación a cielo abierto por medio de tajos.

En cuanto a la **Etapa 3** que corresponde entre ellos al diseño y construcción y nivelación del terreno, las principales actividades que se realizarán en esta etapa son las siguientes:

a) En las **5 Zonas** que hacen en conjunto **50.5145 hectáreas**, no habrá retiro de la capa de suelo orgánico, pues no existe por ser un área impactada con anterioridad.

b) **Desmonte y despalme** de **50.5145 hectáreas** correspondientes a las áreas de explotación de las 5 **Zonas,** no existe vegetación en estas 5 zonas, solamente existe vegetación escasa y del tipo emergente y/o invasiva como el chírahui el cual crece en manchones pequeños y aislados, sin embargo, va a ser necesario retirarse del área.

   El desmonte se realizará con un tractor buldozer y simultáneamente se llevará a cabo el despalme y desenraice. Esta etapa se realizará de manera gradual para permitir el desplazamiento de la fauna a zonas menos perturbadas. Se calcula un período de 30 días para realizar totalmente esta actividad, de esta manera, se dará oportunidad que la fauna de lento desplazamiento encuentre nuevos nichos.

   En el caso que el producto del desmonte será proveniente de especies herbáceas y arbustivas y el material se triturará e incorporará a la fracción de suelo que se almacenará.

c) **Relleno, nivelación y compactación**.
   Durante esta etapa se podrá utilizar el material resultante del proceso de extracción gravimétrica (Si los análisis CRETIB y Potencial Generador de Acidez lo permiten) realizada a los terreros que se encuentran en el área, los cuales serán acarreados a los diferentes sitios por medio de camiones de carga llamados Euclide con capacidad de 50 toneladas.

En el caso de los patios de lixiviación, el relleno no va a tener taludes; sino simplemente se va añadir el material hasta que alcance la inclinación adecuada para los trabajos posteriores de impermeabilización con arena fina. Se determinará la humedad óptima a utilizar para lograr una adecuada compactación que lleve a la menor relación de poros en el suelo y a la reducción de la erosión del mismo.

Encima de la capa de mineral molido de los terreros, se verterá material finamente molido (arena), usándose equipo mecánico recomendado para suelos arcillosos, el cual emplea rodillos “pata de cabra”. Esto garantizará también; al igual que la geomembrana; la impermeabilización y el no paso de sustancias tóxicas al subsuelo.

Cabe señalar que el sitio seleccionado es capaz de soportar el volumen de material que se pretende lixiviar.

En cuanto a la estabilidad del patio, se tomarán en cuenta los criterios de intensidad relativa de riesgo geotécnico e hidráulico, así como los criterios de análisis de estabilidad y monitoreo que se describe en el Anexo Normativo 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007, para el caso del proyecto presente es el siguiente análisis:

El sitio seleccionado para construir la ampliación de los patios de lixiviación en terreno montañoso, zona seca y sin sismicidad, se clasifica en la categoría 8 (riesgo intermedio), lo cual corresponde a las siguientes características:

Probable intensidad relativa de riesgo

A) Geotécnico

a) Por capacidad de carga: 1
b) Por estabilidad de taludes: 4
c) Por asentamientos diferenciales: 4

B) Hidráulico

a) Debido a rotura de membranas: 4
b) Debido a erosión pluvial: 1
c) Debido a derrame por tormenta: 1

Siendo el 1 la menor intensidad y 7 la mayor.

C) Método de análisis de estabilidad

$\mathbf{E_f}$ el más recomendable (A), aunque puede utilizarse: $\mathbf{E_c}$

D) Tipo de monitoreo recomendado
R es el más recomendable (A).

d). Construcción de zanjas perimetrales y canal de derivación con el propósito de evitar que el drenaje hidráulico local invada el patio, así como para evitar el posible drenaje ácido.

La construcción de la pila de material alterará el terreno y el curso natural de las lluvias. Dicha agua no debe entrar en las pilas ya que alteraría el balance del sistema y crearía problemas de precipitación del oro por dilución o la alta turbidez,

es por eso que se hace necesaria la construcción de un canal que bordea el perímetro de la cancha de lixiviación y al descender vuelve a unirse a los arroyos.

Para facilitar el drenaje natural de las escorrentías estacionales asociadas a las precipitaciones, se diseñarán obras que consistirán en zanjas perimetrales aguas arriba del área de depósito que confluya en un canal de derivación hacia las piletas, con el fin de que las escorrentías del sistema de lixiviación (terreros) no puedan mezclarse con los demás cuerpos de agua. Lo anterior corresponde a medidas preventivas tendientes a evitar problemas de estabilidad, erosión fluvial, arrastres de sedimentos y escombros y drenajes ácidos aguas abajo.

En el diseño y construcción de estas obras complementaria, se tomarán en cuenta pendientes apropiadas que aseguren un buen manejo y conducción del agua superficial. Dicho diseño evitará derrames o infiltraciones al subsuelo, ya que contará con un área de conducción adecuada al flujo que se manejará.

A continuación en la tabla 9, se enlista el área que ocupará estos trabajos.

OBRA	**SUPERFICIE A OCUPAR (has).**
Área de lixiviación	9.71053
Zanjas perimetrales	0.30
Canal de derivación	0.10
Total	**10.11**

Tabla 9.- Área que ocuparán las obras en el patio de lixiviación.

En cuanto a la etapa del proyecto que corresponderá a los trabajos de construcción de los patios de lixiviación, se cumplirá con las especificaciones de la norma NOM-155-SEMARNAT-2007. Las principales actividades que se realizarán, son las siguientes:

a) Recubrimiento de la plataforma con de liner de alta densidad sintética e impermeable para impedir la infiltración al subsuelo de soluciones contaminantes.
Este recubrimiento, es con una geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE), con un grosor de 80 milésimas de pulgada, el cual soporta el tipo de solución, la carga física del material, el clima, así como el sistema de descarga del mineral, mismo que será soldado con calor en los traslapes para asegurar la perfecta impermeabilidad.

La impermeabilidad en el liner está diseñada para más de 20 años, pero el uso de los liner solamente serán de aproximadamente 3 años, ya que para ese tiempo, el último levante estará totalmente agotado y no se trabajará en dicha área.

b) De acuerdo a la norma NOM-155-SEMARNAT-2007, se realizarán muestreos bimestrales y el método de construcción se describe a continuación:

Se contará con un sistema de 2 pozos aguas arriba y aguas debajo de los patios de lixiviación, lo cual nos permitirá saber cuál es el diferencial de su calidad sufrido en el acuífero que pudiera atribuirse al área de los patios de lixiviación o de piletas. En este sistema de pozos de monitoreo detectará y podrán controlarse fugas y/o derrames mediante el monitoreo bimensual en la calidad del agua de los acuíferos.

c). Método de Descarga y Nivelación del Mineral tal como sale de la Mina

El método de construcción de pilas tal como sale de la mina sólo puede utilizarse con mineral de naturaleza altamente silicosa (esto es, mineral que no genere una gran cantidad de finos, incluso con un tractor y buldozer nivelando la parte superior de la pila). La construcción básica de este tipo de pila se muestra en la Tabla 10. Se construye una rampa para tener acceso a uno de los extremos de la pila, generalmente empleando ganga para construirla hasta la altura de la primera capa de mineral. Se

establece un estrecho pero seguro camino a través de la parte superior del mineral previamente descargado de forma que los camiones que transportan mineral puedan dirigirse al borde de la rampa y descargar el mineral en la pendiente interior de la pila sobre la capa impermeabilizada en el ángulo de reposo. La sucesiva descarga en esta forma permite que la pila se extienda hacia dentro dirigiéndose al centro de la pila hasta que el fondo de la capa impermeabilizada esté totalmente cubierta con la primera capa de mineral.

A medida que el frente de la descarga avanza hacia adentro, se utiliza un tractor/buldozer para nivelar la parte superior que va avanzando de la pila. La nivelación va seguida de un profundo ripiado del mineral. La difusión lateral del mineral al punto necesario se logra también con el tractor/buldozer. Con la finalidad de limitar la compactación de la parte superior de la pila, los camiones que transportan el mineral están limitados al estrecho camino de acceso establecido. El diseño de la ampliación del patio, quedará como se muestra en la tabla 10.

PATIO DE LIXIVIACIÓN				
Altura óptima de los levantes	4.00 MT	Área Patio	97,105.33	mt^2
Densidad Material Suelo	1.80 ton/mt^3	Volumen:	1,470,403	mt^3
Angulo reposo Material	35.00º	Tonelaje:	2,646,725	tons
		Ton/mt^2:	27.25	
Separación entre Levantes	2.00 MT		Volumen	Tonelaje
Costo mt^2 de Patio	7.80 USD/mt^2	Levante 1	388,421	699,158
Área levante 1	87,394.79	Levante 2	314,621	566,318
Área levante 2	78,655.31	Levante 3	283,159	509,686
Área levante 3	70,789.77	Levante 4	254,843	458,717
Área levante 4	63,710.80	Levante 5	229,359	412,846
Área levante 5	57,339.72			

Tabla 10. Diseño de la pila de lixiviados.

Como puede verse en la Tabla anterior, se sacarán alrededor de 2,700,000 toneladas de roca, sin embargo, esta cantidad puede verse superada en caso de balances positivos de la operación.

Las actividades por realizar son las siguientes:

- Se instalará un dispositivo giratorio con extensiones multicolores que gira de manera autónoma con el viento, de tal forma que ahuyente a las aves en el patio de lixiviación para evitar intoxicaciones de las mismas.

- Se establecerán ojos de agua como fuentes alternas de agua fresca para consumo de la fauna silvestre para evitar que éstos tomen el líquido de los terreros o de las piletas con cianuro.

- El agua que se recirculará en el circuito cerrado del sistema de lixiviación, nunca estará en contacto con el suelo, por lo que no se afectarán cuerpos de agua superficiales ni subterráneos.

- Los asentamientos diferenciales máximos que se permitirán en los terreros de lixiviación, evitarán la formación de grietas y fisuras en la pila, así como en el recubrimiento. Asegurando de esta manera la estabilidad de la obra sin infiltraciones por rompimiento de membranas.

- Se instalarán en la pila de terreros, testigos de movimiento que registren periódicamente movimientos en las estructura, con el fin de estar atentos si esos movimientos se deben a sismos, sobresaturación acuosa o a algún asentamiento del terreno.

Afortunadamente se cuenta con una red de caminos de acceso, aunque son poco transitables debido a la geografía del lugar, éstos se repararán y ampliarán para facilitar el transporte del material extraído de la zona.

Para estar en concordancia con la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007, se realizarán prueban de caracterización del mineral gastado para determinar su peligrosidad por medio de pruebas de movilidad y de generación de drenaje ácido de mina.

Para realizar estas pruebas se tomarán 2 muestras representativas del mineral mensuales, ya sea de material de las pruebas de lixiviación a nivel laboratorio o directamente del mineral gastado de las pilas. Estas muestras serán reunidas en un compósito anual al cual se le determinarán las pruebas de movilidad y de drenaje ácido de mina.

II.2.3 Construcción de obras mineras

A continuación se enlistarán las principales obras mineras que comprenderán el Proyecto Mina Cuproro.

a). Exploración.

No se contempla en el presente proyecto.

- **Barrenación**.
  No se contempla en el presente proyecto.
- **Planillas de barrenación**.
  No se contempla en el presente proyecto.
- **Zanjas**.
  No se contempla en el presente proyecto.

- **Catas o Pozos**.
  No se contempla en el presente proyecto.

b) Explotación

Subterránea:

- **Rampas de acceso a bancos.**

El Proyecto contempla la construcción de rampas descendentes, dependiendo del tiro en donde se trabaje, se contempla que cuente con sección de 5 x 5 metros (tipo portal), pendiente del -10% y una longitud dependerá del tiro.

El objetivo de las rampas es interceptar los cuerpos de mineral detectados a través de la exploración superficial, muestrearlos para conocer su calidad y cantidad mineralógica, para compararlos y con ello saber si es lo que se esperaba.

El segundo objetivo es interceptar con ellas rampas, las obras mineras ya existentes, para con esto acceder a todas sus obras e instalaciones subterráneas

Para el inicio en la profundización de ambas rampas, será necesario construir en superficie y adecuar el brocal de cada Rampa para disponer de un área segura para las maniobras de los equipos, personal minero, aspectos de mantenimiento y supervisión. Los servicios para el interior de la mina, serán los siguientes:

- **Aire comprimido.**

Para la mina se utilizará un compresor con capacidad mínima de 600 pies cúbicos por minuto, su operación dará servicio al equipo neumático de barrenación de los desarrollos, barrenación a diamante, recipientes para el manejo del agente explosivo y el taller mecánico.

- **Ventilación.**

El sistema de ventilación será a base de ventilación forzada, para lo cual, conforme se vayan avanzando los topes de las rampas, se instalarán ventiladores y, a su vez se abrirán contrapozos, de los denominados Robbins, los cuales tendrán la función de

extraer el aire viciado del interior de la mina hacia superficie. Se estima una construcción de al menos 4 contrapozos, aunque este número pude cambiar dependiendo de los resultados obtenidos de la exploración.

- **Bombeo.**

Se contará con estaciones de bombeo, en el interior de los tiros de mina para captar el agua que brote de las obras mineras y extraerla a superficie a través de las Rampas descendentes para que no obstruya su avance.

- **Barrenación.**

El equipo a utilizar, serán jumbos electrohidráulicos, equipo de barrenación larga y máquinas de perforación de pierna, el uso de cada equipo dependerá de la calidad del terreno, de las dimensiones de la obra y de su inclinación.

- **Cargado de explosivo y voladura.**

Se contratará a una empresa especialista en este rubro, la cual deberá tener la experiencia y autorizaciones necesarias para realizar dicha actividad.

- **Amacice de techos.**

Esta actividad después de la voladura se realizará con martillo de baja presión de impacto, montado sobre pluma en equipo sobre neumáticos, para el resto de las obras se amacizará manualmente sobre la rezaga con barras de fibra de vidrio.

- **Rezagado**

Esta operación se realizará con scoop-tram de 6 yardas cúbicas de capacidad. La distancia máxima de acarreo es de 150 metros para vaciar a metaleras Robbins.

- **Soporte y anclaje**

Esta operación se contempla realizarla con equipo mecanizado para anclaje de techo con anclas de varilla corrugada o con tubos ranurado (Split set). En donde se requiera,

se utilizará concreto lanzado con resistencia de 250 kg/cm2 y espesor de 5 centímetros en el 8 % de área expuesta.

- **Acarreo**

Para transportar el mineral a superficie se hará por medio de garzas en donde se suban los contenedores, los cuales serán pequeños en un principio para minimizar los riesgos. Debe recordarse que la explotación diaria que se contempla es de aproximadamente 300 toneladas.

- **Polvorines.**

No contemplado en el proyecto. La empresa que se contrate será la responsable del resguardo de los explosivos según la Ley.

- **Depósitos superficiales de Tepetate.**

Se utilizará al igual que la mina por tajo abierto en la rehabilitación de caminos existentes, patrios de lixiviación, etc. Se tratará de no tener depósitos en la superficie que alteren las características visuales del lugar. Aunque cuando sea necesario proyectar una Tepetatera, se procurará al final de la vida útil del proyecto que esta sea totalmente camuflageada con vegetación autóctona del sitio.

- **Depósitos superficiales de Terreros.**

No existirán los mismos ya que dichos terreros contienen aún cantidades susceptibles de mineral precioso, aunque en baja Ley, de manera que serán procesados en los patios de lixiviación del proyecto.

- **Sitios subterráneos de mantenimiento, abastecimiento y servicios**.

No contemplado en el proyecto presente.

A cielo abierto:

- **Tajo.**

En base al análisis de la relación entre altura y ángulo de los taludes para tajos abiertos Fig. 4 (Páez, sin año) y en base a la geografía, naturaleza y composición del terreno, tipo de roca, maquinaria y equipo que se utilizarán en el Proyecto Mina Cuproro, se determina que los taludes estables, inclinación y la altura de los bancos, será de 20 metros por nivel o levante. Como se aprecia en el plano de la figura 5.

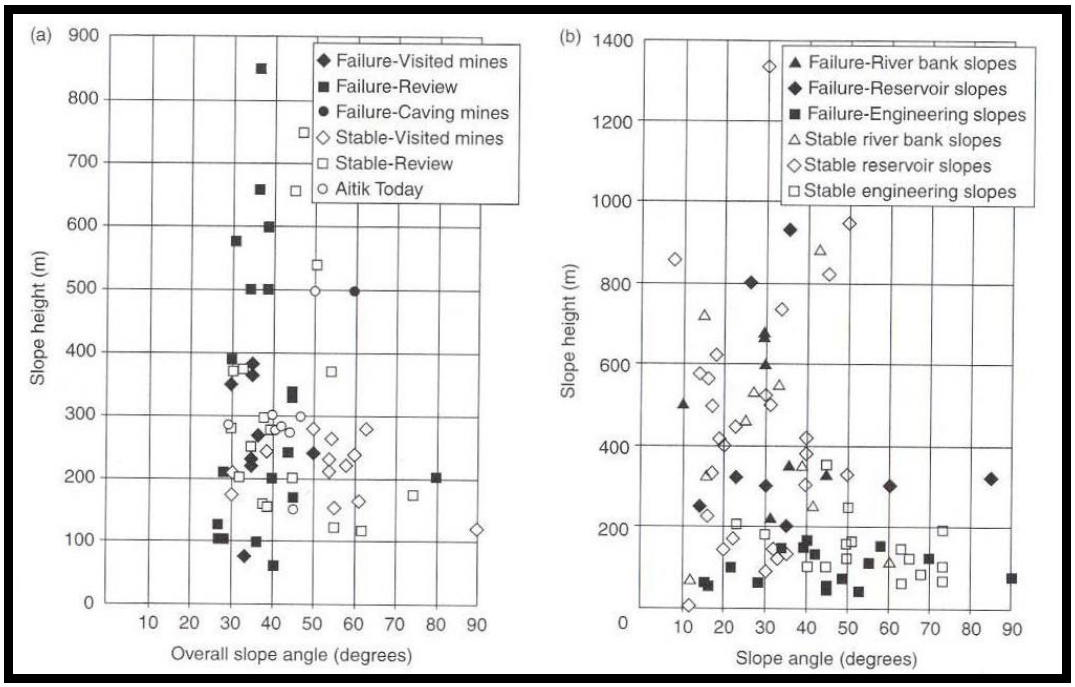


Figura 4. Relación de altura máxima de taludes.

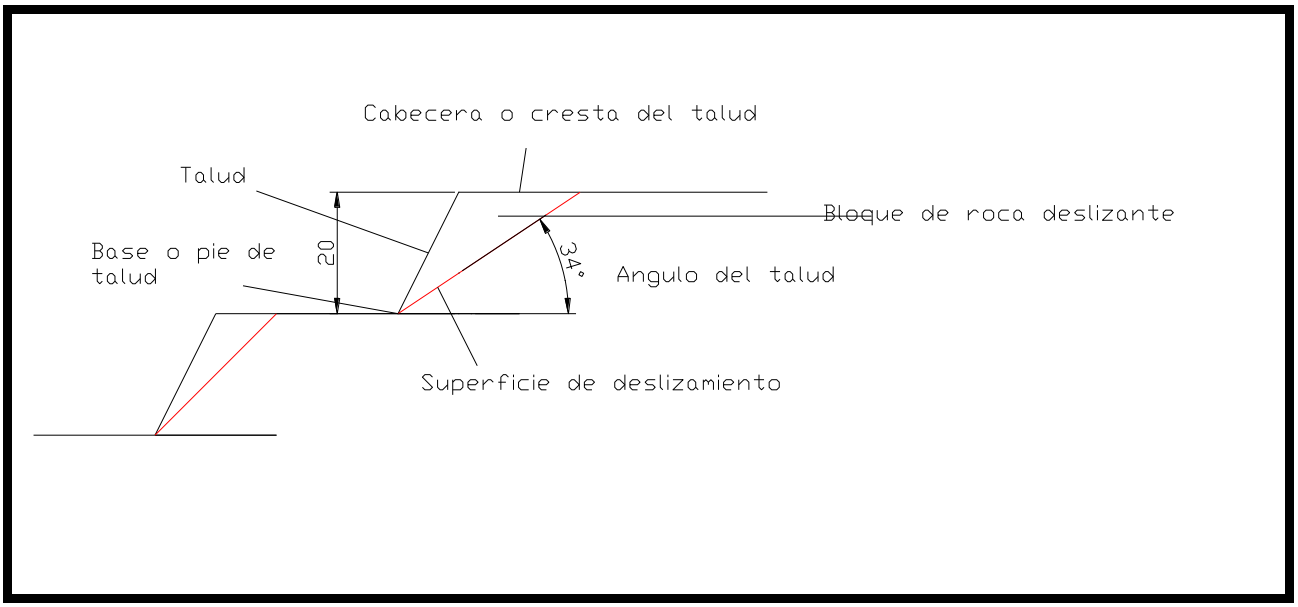


Figura 5. Plano de los taludes y alturas en los tajos del Proyecto Mina Cuproro.

- **Polvorines**.

No contemplado en el presente proyecto. Se contratará a empresa autorizada para realizar los trabajo se voladura.

- **Depósitos superficiales de tepetate**.

Se contempla para el presente proyecto el tener el menor número de depósito de tepetate posible para evitar impactar zonas con la acumulación de tal material, e impactar negativamente con la fragilidad visual del sitio, por lo que el tepetate resultante de las labores de explotación se utilizará al máximo para labores de relleno de tajos y tiros en desuso, la construcción de bermas, la rehabilitación de caminos, etc.

Lo anterior es posible debido a los niveles de operación tan pequeños que se tendrán, ya que se comenzará con un tajo en donde se procesarán cuando mucho 300 toneladas por día. Sin embargo, si el proceso prospera y resulta necesaria la disposición de tepetate, se promoverá a la Secretaría una modificación del presente proyecto para el diseño y construcción de las tepetateras conforme se vayan ocupando.

- **Depósitos superficiales de terreros**.

No contemplado en el presente proyecto.

- **Depósitos superficiales de suelo fértil.**

Debido a que es un área ya impactada, no existe mucha cantidad de suelo fértil en el área del proyecto, sin embargo el poco que se encuentre será depositado en un lugar cercano no mayor a 500 metros, para que cuando se den las labores de abandono, pueda ser puesta en su lugar de origen de la manera más rápida y económica posible, ya que a mayor distancia del sitio original, mayor será el gasto en transporte. El área más viable se encuentra en la Zona 5 en su parte norte.

- **Transporte de mineral**.

Se realizará el transporte de materiales por medio de camiones Euclides con capacidad de 30 y 50 toneladas.

- **Otros.**

Canales de derivación con una en un área de 1000 metros cuadrados con una profundidad de 0.5 metros, lo que ocasionará remover 500 metros cúbicos de tierra que se utilizará en las labores de nivelación.

c) **Beneficio**.

- **Trituración y molienda**.

Se instalarán la planta trituradora, molienda y cribadora, la cual contará con un sistema de riego de aspersión de agua a las bandas para evitar polvos fugitivos.

La planta de trituración será en principio y será colocada a aproximadamente 500 metros de los lugares de explotación en un área aproximada de 4.7690 has y constará de una quebradora de quijada para moler la roca producto de la voladura y también con

quebradora primaria y secundaria para reducir los tamaños de partícula para el proceso siguiente de lixiviación dinámica.

La capacidad diaria de la etapa de trituración y molienda pudiera llegar hasta las 1000 toneladas diarias.

- **Planta de Lixiviación Dinámica.**

Esta obra contempla la construcción y puesta en operación de una Planta creada bajo el concepto del tipo de proceso de Lixiviación por Cianuración Dinámica, es decir con etapas unitarias de reducción y liberación previa, siguiendo con lixiviación con cianuro disuelto a baja concentración por peso en tanques agitados, lavado a contracorriente por decantación de la solución rica obtenida en la lixiviación (conocida más simplemente por sus siglas en español “LCCD”), enseguida el proceso Merrill-Crowe para la recuperación de los valores disueltos en la solución rica (etapas de clarificación-desoxigenación y precipitación con zinc metálico), filtración del precipitado, secado y por último la etapa de fundición.

La planta de lixiviación dinámica. Tendrá dimensiones aproximadas de 100 metros de largo por 50 metros de ancho totalmente impermeabilizada con concreto y en donde se contará con 3 tanques de reacción para lixiviación dinámica con agitación de hélice o paleta plana con capacidad de procesar 20 toneladas en un período de 2-5 horas para solubilizar y extraer los valores contenidos. Se calcula tratar entre 80 y 100 toneladas de mineral diario en los reactores de lixiviación.

En este proceso se recuperarán valores de mineral oxidado con muy alta Ley de oro y plata (mayores a 3 gpt) por medio del uso de una solución concentrada de cianuro de sodio en briquetas (3000 ppm) y de la agitación por medio de paletas.

- **Planta de Flotación.**

Al mineral con alta cantidad de sulfuros, que no responde a tratamientos de cianuración, se le trata con emulsificantes en donde se crean micelas (hidrofóbicas e hidrofílicas), en donde el metal precioso se adhiere a la parte hidrofílicas por medio de una espuma, la cual al secarse ésta puede tratarse por métodos tradicionales de fundición.
La planta de flotación tendrá las mismas dimensiones y capacidades que la planta de lixiviación dinámica.

- **Planta de Beneficio.**

La planta de beneficio será una de las partes claves del proceso y es donde se recuperarán los valores de las plantas de lixiviación dinámica y de la lixiviación por montones.

Básicamente contará con el siguiente equipo:

- Tanque deaereador para la eliminación del oxígeno presente en la solución rica.
- Cono de adición de zinc para lograr la cimentación y reemplazo del cianuro agotado.
- Filtros prensa para capturar el zinc con los valores.
- Bombas para recircular la solución pobre.

Con el precipitado obtenido, este es enviado al proceso de fundición en donde en tinas de plástico de 2 metros cúbicos se disolverán estos precipitados para refinarse y fundirse en hornos de resistencias en crisoles especiales de asbesto y de hueso. Los hornos pueden elevar la temperatura hasta 1800° C.

- **Laboratorio.**

El laboratorio de ensayes metalúrgicos estará ubicado junto a la planta de beneficio en un área aproximada de 16 m^2 y consistirá igualmente de una estructura prefabricada, con todos los equipos, dispositivos y sistemas requeridos para el manejo adecuado y seguro de los químicos y procesos que se utilizarán en el área y contará solamente con material, equipo y mobiliario nuevo y con la mayor tecnología posible para asegurar

resultados adecuados. Así como también con personal calificado para realizar tales actividades.

- **Piletas de solución pobre.**

El proyecto contempla una pileta de solución pobre de 4800 metros cúbicos (40 metros de largo x 40 metros de ancho x 3 metros de profundidad) y que contempla la utilización de liner de alta densidad (HDPE) de 80 milésimas de espesor.

- **Piletas de solución rica (con valores).**

El proyecto contempla una pileta de solución rica de iguales dimensiones y características de diseño que la anterior.

- **Piletas de emergencia.**

El proyecto contempla una pileta para contener los sobrantes en caso de lluvias y con las mismas dimensiones y características que la anterior.

- **Piletas de agua cruda.**

El proyecto contempla una pileta con dimensiones de 40 metros de largo y ancho y 4 metros de profundidad, lo que hace un total de 6400 m^3, la cual se utilizará para almacenar agua cruda para el proceso.

Presa de jales: El proyecto pretende ocupar una superficie de 20,000 m^2 de los cuales 17,000 m^2 ocuparán la presa de jales, y los restantes 3,000 m^2 lo ocuparán superficies destinadas a dar servicio como lugares de carga y descarga y mantenimiento de la misma presa de jales.

El método de construcción seleccionado va acorde a las características geomorfológicas del lugar, teniendo también en cuenta los aspectos hidrológicos y de

sismicidad para estar en concordancia con la NOM-141-SEMARNAT-2003, mismo que se construirá “aguas abajo” conteniendo la siguiente infraestructura:

- Bordo iniciador.
- Vaso de la presa.
- Canal y bordo de desvío de aguas de lluvia.
- Caminos.
- Bordo de emergencia.
- Cárcamo de rebombeo de agua recuperada.
- Tubería.

La distribución de las obras será conforme la siguiente tabla 11:

Obras	**Superficie (metros^2)**
Vaso de la presa	10,632
Bordo iniciador	2,000
Canal de desvío de aguas pluviales	2,400
Bordo de desvío de aguas pluviales	1,200
Cárcamo de rebombeo	500
Tubería	100
Planta de Flotación	168
Áreas de maniobras	3000
Total	20,000 M^2

Tabla 11.- Obras de la presa de jales.

La descripción de las obras es la siguiente:

Vaso de la presa.- Este elemento tendrá el volumen disponible para almacenar los sólidos generados en la planta de lixiviación dinámica, el agua empleada en el trasporte y el volumen para manejar aguas pluviales que caen dentro de la presa.

Bordo iniciador.- Es la estructura inicial de a cortina contenedora y abarcará una superficie de 2,000 metros cuadrados, la cual contendrá arcilla compactada al 95% de su P.V.S.M., material rocoso para protección de taludes, arena gruesa que funcione como filtro.

En ambas estructuras del vaso de la presa y del bordo iniciador, se cubrirán con una membrana de polietileno de alta densidad HDPE de 80 milésimas de pulgada de espesor. Para asegurar completamente la nula infiltración al subsuelo.

Tubería de recuperación de agua.- Mediante esta tubería se captará y recuperará el agua para volverse a usar en el proceso.

Canal y bordo de desvío de aguas pluviales.- Son para dirigir los escurrimientos de agua en temporada de lluvias y evitar que ocasionen problemas en los bordos de la presa de jales con la erosión.

Cárcamo de bombeo.- Esta estructura servirá para la recuperación de las aguas clarificadas de la presa de jales por medio de un sistema de bombas.

Las especificaciones de almacenamiento serán las siguientes:
El área del vaso de la presa de jales es de 10,632 m^2.
Altura del bordo es de 5 m
Volumen = 53,160 m^3.
Toneladas de almacenaje = 106,320 toneladas (tomando como base la densidad de la pulpa de 2 ton/m^3.
Producción diaria = 100 toneladas.
Duración = 2.9 años- 6 años.

La presa de jales puede tener un periodo máximo de vida de 6 años, tiempo suficiente para dar oportunidad a que se liberen algunos tajos, cuyas áreas podrán ser aprovechadas para la construcción de nuevas presas de jales aprovechando dichos terrenos impactados para no utilizar terrenos vírgenes.

Los planos del diseño de la presa de jales se muestran en el plano 3 del Anexo 6.

Sistema de conducción de soluciones de proceso y jales: La líneas de conducción que pueden ser usadas es tubería de acero al carbón y tubería de plástico extrupac, así como tubería de polietileno de alta densidad, tomando en cuenta que la acidez en la presa de jales será nulificada con la adición de cal para elevar el pH a valores cercanos a 11, de tal forma que el polietileno no tendrá ningún problema de operación a dicho pH.

Las líneas de conducción deberán tener las siguientes características:

Sistemas de Líneas de Conducción						
Concepto	Material	Composisión	Tamaño	Descripción	Longitud aproximada según desarrollo por relieves del terreno	Unidades
Tubería de la Planta de Cianuración	Extrupak	HDPE.- Polietileno de Alta Densidad y Peso Molecular, Poilietileno categoría 4	4", 6", 8", 10", 12", 14"	Tubería varia interior proceso	3409.0	m
Tubería de la Planta de Cianuración	Acero	Tubería comercial de acero Cédula 40, especificaciones ASTM A-53-B	2", 3", 4", 14"	Tubería varia interior proceso	624.0	m
Tubería de Jales	Extrupak	HDPE.- Polietileno de Alta Densidad y Peso Molecular, Poilietileno categoría 4	4" con secciones de carretes y acoplamientos en bombas con reduciones de 6"	Tubería compuesta de 2 líneas RD-11, una en stand-by, saliendo con secciones y carretes metálicos en las bombas desde los espesadores de contacto en la Planta de Cianuración. La pulpa de jales tendrá una densidad de pulpa entre 1.67 a 1.92 t/m³. Las Bombas que moverán el flujo de pulpa de colas de los procesos serán del tipo peristálticas para manejar aprox. de 70 a 80% de sólidos.	500.0	m
Tubería de Agua Recuperada	Acero	Tubería comercial de acero Cédula 40, especificaciones ASTM A-53-B	4" con secciones de carretes y acoplamientos en bombas con reduciones/ensanchamiento de 4" y 6"	Tubería de acero comercial trabajando agua con densidad 1 y una concentración de sólidos de 200 ppm debido a micropartículas de cuarzo.	600.0	m
Tubería de Agua del Sistema Drenante a base de gaviones al Cárcamo de Agua Recuperada de la Presa	Acero	Tubería comercial de acero Cédula 40, especificaciones ASTM A-53-B	12"	De acero comercial trabajando agua con densidad 1.	76.0	m

En cuanto a los sistemas de bombeo que se tendrán tanto en la planta de lixiviación dinámica, flotación, como en la presa de jales serán de distintos tipos:

- Bombas para soluciones y pulpas que se utilizarán en las plantas de lixiviación dinámica y flotación.
- Bombas peristálticas ubicadas en los tanques espesadores de contacto en las plantas.
- Bombas centrífugas para reciclar el agua recuperada en la presa de jales y poder mandarla de nuevo a los tanques de la planta de lixiviación dinámica para volver a usarse en los reactores.

Todas ellas con capacidades de 100 a 300 galones por minuto aproximadamente

Otros.: No contemplado en el proyecto presente.

II.2.4 Construcción de obras asociadas o provisionales

Construcción de caminos de acceso y vialidades: El proyecto no contempla la construcción de nuevos caminos, ya que se utilizarán los ya existentes.

Servicio médico y respuesta a emergencias: Se contará con este servicio con el personal y el equipo necesario para atender cualquier emergencia.

Almacenes, recipientes, bodegas y talleres: Se tiene contemplado la instalación de un taller, almacén de refacciones, de productos químicos, un almacén específico para el almacenamiento del cianuro, otro de aceites y grasas y uno de residuos peligrosos. Además recipientes de combustibles. Los cuáles serán construidos con materiales desmontables.

Campamentos, dormitorios, comedores: Se tiene contemplado la construcción de un campamento en la Zona 5 en donde habrá estructuras para dormitorios, baños, cocina y comedor. Ver el Plano 2 del Anexo 6.

Planta de tratamiento de aguas residuales: El presente proyecto contempla la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales que dé servicio a las aguas de sanitarios, dormitorios y cocina y comedor, la cual se solicitará su autorización a la Secretaría (Anexo 8).

Abastecimiento de energía eléctrica: Se contará con servicio de la CFE.

Helipuertos, aeropistas u otras vías de comunicación: El presente proyecto no contempla.

II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento.

a). Descripción general de los servicios que se brindarán en las instalaciones del proyecto.

El proyecto de procesamiento en el Proyecto Mina Cuproro, está basado en el uso de la tecnología actual. En el Anexo 7 se presenta del diagrama de funcionamiento, el cual tiene las siguientes etapas para cada uno de los 2 procesos existentes:

Recolección de los terreros y jaleros para recuperación del oro libre.
Los procesos involucrados en este tipo de proceso son los siguientes:

- Recolección de terreros y jaleros.
- Transporte.
- Trituración y molienda.
- Separación gravimétrica.
- Refinación.

Recolección.-

El material de terreros se encuentra acumulado en montículos, los cuales se recogerán de los diferentes sitios del proyecto utilizando para esto un cargador frontal que recolectará el material y los cargará directamente en camiones de volteo.

Toda esta operación se realizará sin provocar daños a la vegetación aledaña a los montones de material, aprovechando la escasez de la misma por el mismo impacto causado al generarse estos montículos. En el caso de que exista vegetación en ellos, se procederá a recogerlo manualmente con palas para no dañar las especies vegetales y se procederá a vaciarlos en la pala del cargador frontal y de ahí al camión de volteo.

Transporte.-

Los camiones de volteo transportarán el material hacia la planta de criba y molienda de la **Zona 5** de lavado situada a una distancia desde 300 a 1500 metros a velocidades no mayores a 20 kilómetros con la finalidad de no levantar demasiado polvo del camino ya que es una fuente importante de contaminación, sobre todo para la vegetación que capta el polvo del ambiente repercutiendo en los procesos fotosintéticos de la misma.

Trituración y molienda.-

El mineral que se obtiene de la recolección de terreros y jaleros es llevado a la trituradora y criba en la cual del material de terreros se obtienen 2 tamaños de triturado: filtro y fino, en la cual el primero es de un tamaño estándar de 2” de diámetro, mientras el segundo es material fino de aproximadamente 1/8” de diámetro.

La planta de trituración es un sistema cerrado con carga mediante tolvas y bandas transportadoras con 2 etapas de trituración en quebradoras de quijada (primaria) y de cono (secundaria) cribas secundarias en paralelo para clasificar el material con una cama de cribado de 1/8” y gruesos de criba como carga circulante de retorno a quebradora secundaria.

Se contará con silos para recepción de finos con sección cilindro-cónica de placa metálica rolada con banda alimentadora de finos a malla 60 o 70 a la etapa de molienda.

Separación por criba húmeda.-

El material molido a 1/8" en la etapa anterior, se procede a pasarse por medio de una banda transportadora a una criba vibratoria de 3 camas de niel en donde se separarán las diferentes texturas, en la cama de más abajo se encontrarán los finos los cuales serán lavados con agua con regaderas en la misma cama, con la finalidad solubilizar y movilizar los finos.

Reincorporación de cribas por medio de ciclón.-

El material muy fino es capturado por medio de un ciclón húmedo y estas partículas recuperadas se incorporarán al proceso de concentración.

Concentración.-

Por medio de concentradores verticales, se separarán el material más pesado del liviano y éste primero pasará a la etapa de centrifugación.

Centrifugación.-

Habiendo separado la masa liviana, el producto a tratar, el cual es mucho menor, se procede a centrifugarse a 10,000 RPM, lo cual servirá para separar aún más el mineral pesado del fino, siendo en el primero donde están los valores por recuperar.

Ya separado el oro libre se procederá a analizarse en el laboratorio con la finalidad de determinar su pureza, ya que pudiera estar aliada en ligas a metales como la plomo, por lo que se procede a realizar un proceso de purificación por fuego en la etapa de fundición.

El oro libre, generalmente molido finamente, se coloca en un crisol de hueso y se le añade material fundente como es el bórax (ácido bórico) o hueso molido. Se mete el crisol al horno y se funde a 1800°C. Las impurezas como azufre, plomo, arsénico se volatizan en el proceso de calor quedando solamente el oro puro (pureza de 99.9999%). El fundente también se evapora ene l proceso.

Operación subterránea y a tajo abierto.-

Los procesos involucrados en este tipo de proceso son los siguientes:

- Voladura.
- Recolección
- Transporte
- Trituración y molienda.
- Transporte
- Lixiviación dinámica con cianuro de sodio o flotación.
- Recuperación de oro (Proceso Merrill-Crowe)
- Planta de fundición.
- Disposición de residuos en presa de jales
- Retorno de agua a proceso.

Voladura.-

Una vez identificada el área donde se encuentra el material con valores susceptibles de recuperar, se procede a planear las dimensiones de características de la planilla o plantilla de voladura.

Las planillas que se utilizarán serán de 3x3 metros, lo cual no permitirá la formación de grandes trozos durante la voladura, los cuales son económicamente inviables. El ángulo de inclinación de los barrenos permitirá dirigir la voladura hacia lugares seguros previniendo accidentes.

Recolección.-

El material ya separado de su estructura original, se procede a recolectar el material por medio de una retro excavadora y de inmediato a cargar camiones Euclides de 30 o 50 toneladas para transportarlos a la criba.

También pueden usarse cargadores frontales que recolectarán el material más disperso y lo concentrarán en montones para realizar también el carguío del material a los camiones.

Transporte.-

Los camiones cargados con el mineral, se procede a llevarlos hacia la criba (trituración y molienda), la cual se encuentra a una distancia de 500 metros. En esta parte se debe comentar que la criba en las primeras etapas será del tipo móvil para disminuir el consumo de combustible y por lo tanto la emisión de contaminantes tanto de los motores de los camiones como del polvo fugitivo de los caminos en el transporte.

Los camiones se conducirán a velocidades no mayores a 20 kilómetros con la finalidad de no levantar demasiado polvo del camino ya que es una fuente importante de contaminación, sobre todo para la vegetación que capta el polvo del ambiente repercutiendo en los procesos fotosintéticos de la misma.

Trituración y molienda.

El proceso de trituración comprende 2 etapas dentro de las cuales se incluye una quebradora de quijada y una trituradora de rodillos (trituración primaria y secundaria). El mineral se alimenta a la tolva antes de pasar a la quebradora de quijada. La trituración se compone de una doble malla vibratoria. Por motivos de conveniencia, la planta de trituración debe ser móvil de tal manera que se encuentre en la distancia más cercana a los sitios de explotación.

La trituradora de rodillos estará a circuito cerrado con doble malla vibratoria hasta alcanzar la talla del mineral. El material triturado es transportado por una banda hasta la tolva de mineral fino. La tolva estará equipada con una puerta en la base con el fin de remover todo el mineral y ser llevado después a un apilado de emergencia y de ahí pasarlo por medio de acarreo de camiones de volteo de 7 metros cúbicos de capacidad hasta la planta de beneficio para cargar los reactores de lixiviación dinámica.

Lixiviación dinámica con cianuro de sodio.-

La planta de cianuración por medio de lixiviación dinámica incluirá las etapas de espesamiento general, lixiviación en agitadores, lavado a contracorriente por decantación en sistemas de espesadores.

Se contará también con tolvas de recepción, atrición y neutralización, las cuales se utilizarán para manejar los jales recuperados de la presa de jales, los cuales pudieran tener valores susceptibles de recuperar aún.

En la planta de cianuración se colocarán exclusivamente tanques cilíndricos de acero al carbón del tipo espesadores o agitadores, además de equipo de bombeo y tubería para transportar la pulpa entre las operaciones unitarias del proceso. Se contará también con áreas de neutralización del cianuro.

Disposición de residuos en la presa de jales.-

Terminado el ciclo de lixiviación en los tanques de agitación, los jales son enviados a la presa de jales utilizando para ello el arrastre con agua y equipo de bombeo centrífugo.

Este material cae en la presa de jales, pudiendo utilizar el agua sobrenadante de la misma presa para bombearla dentro de la planta de beneficio con la finalidad de no utilizar agua fresca.

Retorno de agua a proceso.-

Consta de un sistema decantador drenante que tiene como función la captura del agua de los jales y enviarla al cárcamo para su reciclaje al proceso. Es un sistema drenes filtrantes a base de un maniful colocado a un costado del talud interno de la cortina de la presa. Los gaviones contiene un relleno drenante hecho a base de piedras de río de tamaño uniforme de 2" a 3" y van forrados con membrana de polietileno de alta densidad HDEP y tubería de pvc, sentado sobre una base resistente de concreto, sobre un terreno desmontado, despalmado y preparado, actuando las líneas de gaviones junto con el maniful central del que se desprenden las líneas como el canal de captación y conducción del agua decanta del vaso de la presa, procedente tanto de los jales como del agua pluvial.

Separación de oro por flotación.-

La flotación es un proceso para recuperar los valores contenidos en un jalero o material con valores susceptibles de oro y plata por medio de la liberación provocada por la molienda del material y la utilización de agentes promotores y emulsificantes que provocarán la formación de micelas.

Estas micelas tienen la particularidad de tener cargas eléctricas que atraen los materiales como el oro y la plata contenidos en la suspensión de sólidos del proceso y las retienen en suspensión hasta que pueden ser separados en las celdas de limpieza.

El material saliente de las celdas de limpieza por la parte de abajo es prácticamente material estéril sin valores susceptibles de oro y plata, el cual debe ser depositado en presas de jales para darles confinamiento final.

Las operaciones vinculadas al proceso de flotación son las siguientes:

- Molienda.- Este proceso sirve para disminuir el tamaño del jalero, con lo cual se libera el material de interés, acelera la reacción en los procesos de concentración y produce partículas de tamaño y forma definidos.

- Concentración.- A la pulpa de mineral se agrega una serie de reactivos químicos especiales que causan una condición de hidrofobicidad sobre las partículas de mineral. Al introducir aire al sistema, se produce un conjunto de burbujas sobre las cuales se adhieren estas partículas. Las burbujas, a medida que van ascendiendo, se van enriqueciendo de estas partículas hasta que se alcanza la superficie y en donde son posteriormente retiradas. Mientras tanto, las partículas de material estéril no han sido afectadas por los reactivos químicos y permanecerán suspendidas dentro de la pulpa. Todo esto se realiza en una celda llamada primaria. En la siguiente Figura 6 se ejemplifica esta operación.

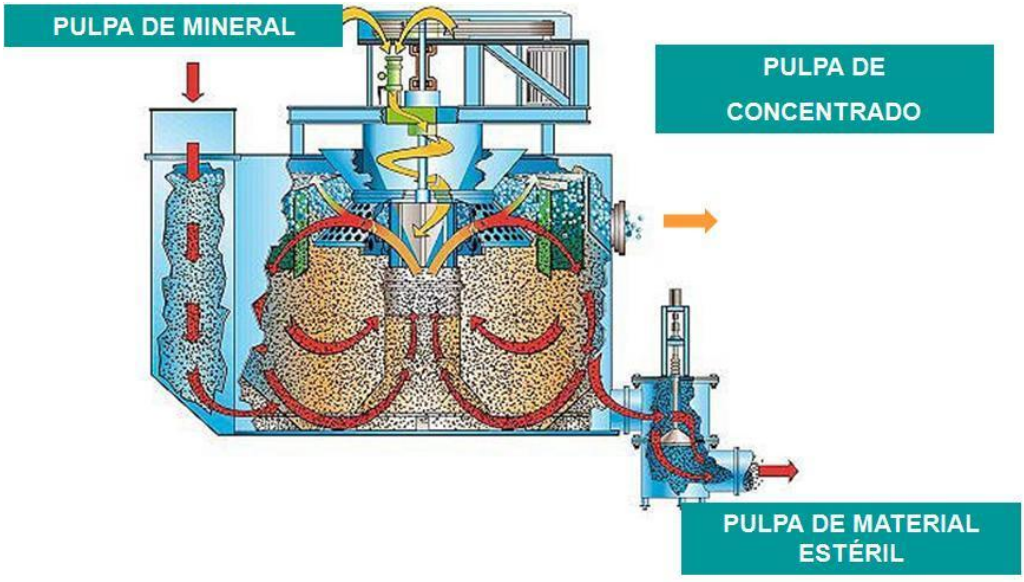


Figura 6.- Proceso de flotación.

- Limpieza.- El producto saliente del paso anterior va a la celda de limpieza o de flotación selectiva para producir y concentrar más riqueza en el concentrado.

- Secado.- Este proceso se realiza para bajar la humedad del concentrado obtenido hasta un 10% mediante intercambiadores de calor eléctricos o de gas.
- Envasado.- El material o pulpa ya seca, se procede a envasarse en costales. Este producto tendrá una concentración aproximada de 20 ppm de oro y 2000 ppm de plata y están listos para poder separarse por fusión y conversión a oro y plata en una planta fundidora.

El diagrama de flujo de la planta de flotación es el siguiente:

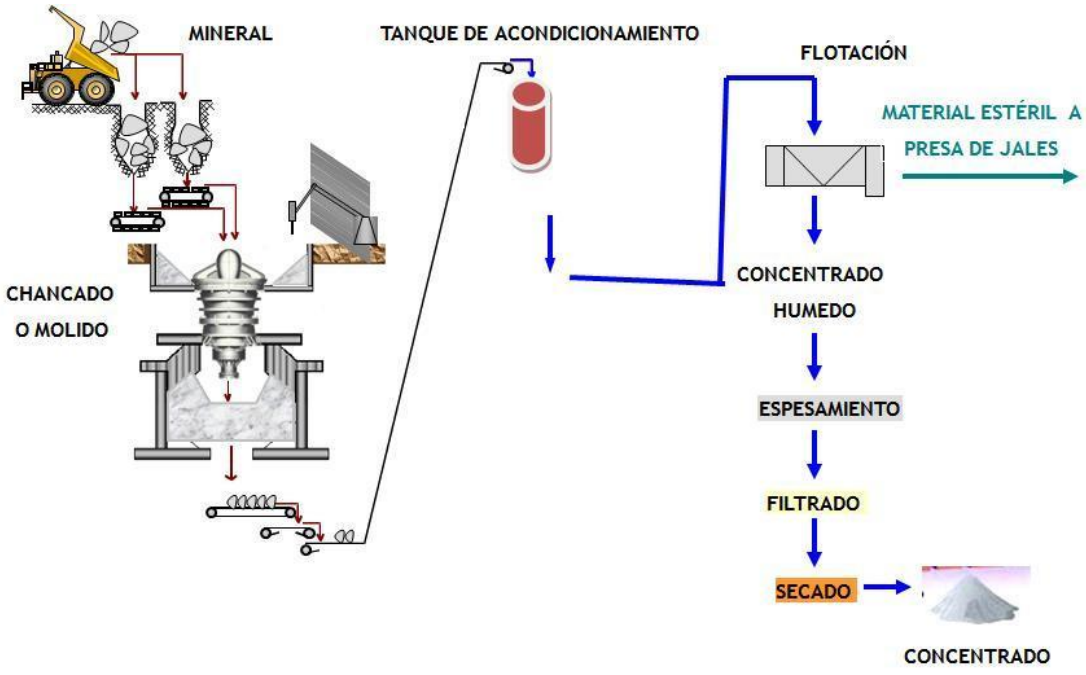


Figura 7.- Diagrama de flujo del proceso de flotación

Las sustancias que se utilizarán en la planta de flotación serán las siguientes:

Producto	Nombre Científico	Fórmula
Promotor D246	Dibutil Ditiocarbamato de amonio	$R(SCOOHNH)_nH_2O$
Promotor D731	Ester Alkil ditiofosfórico	$ROPS_2Na$
TF 570 frother	Alkyl poliglicolester	$R(COOH)_nH_2O$
Colector X350	Xantato Amil de potasio	$C_5H_{11}OCS_2K$

Tabla12.- Sustancias usadas en la flotación.

Recuperación de oro (Proceso Merrill Crowe).-

El proceso se inicia con la clarificación de la solución de los tanques de lixiviación dinámica por medio de diatomita en un tanque de filtrado. La solución se bombea a las torres de deaereación en donde se le extraerá el oxígeno disuelto presente en el agua para que no afecte los siguientes procesos de cimentación. En este proceso de cimentación se utiliza un cono en donde se añade polvo de zinc para capturar y cimentar en él los valores de oro y plata que se encuentran en solución.

Este precipitado es recuperado en filtros prensa, en donde cada filtro sale de operación al momento de cumplir su ciclo de llenado y se realiza un secado inicial del precipitado con la inyección del aire, el precipitado es separado después de los filtros y se envía en retortas o tinas de acero inoxidable a la planta de fundición posteriormente. En la siguiente figura 8 se presenta el diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe.

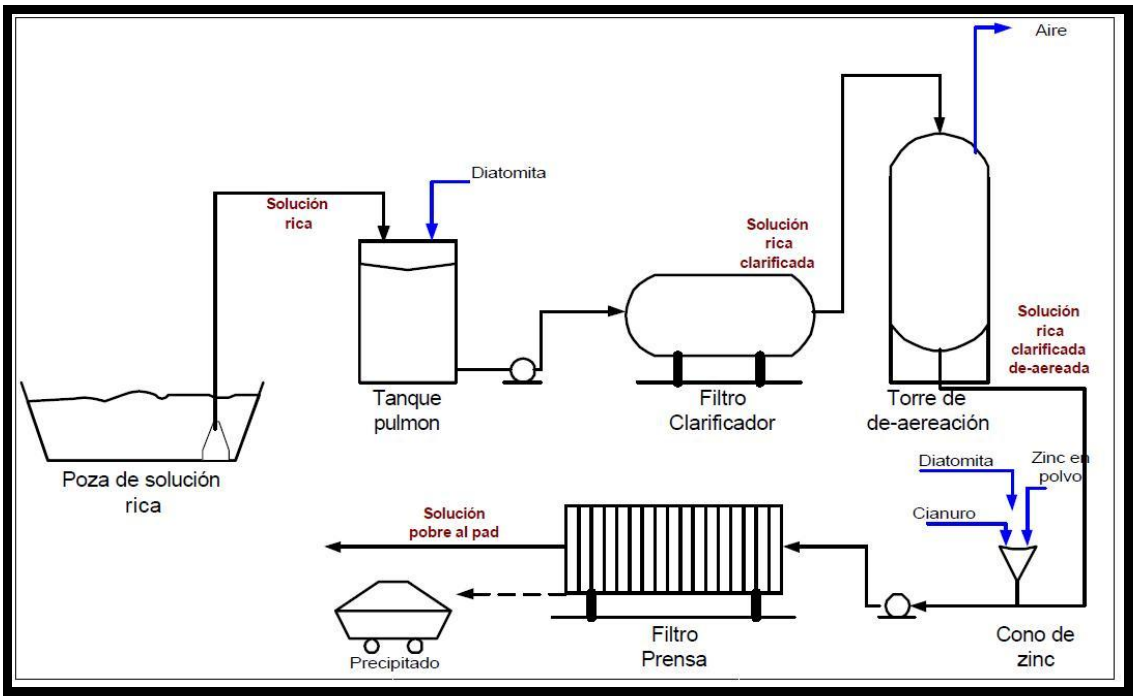


Figura 8.- Diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe.

Planta de fundición.-

El producto de la precipitación de los equipos filtrantes el cual está contenido en las retortas o tinas de acero inoxidable con capacidad de una tonelada aproximadamente y en donde se le somete a un ciclo de calentamiento lento que dura 24 horas a unas temperatura máxima de 650°C, por medio de calentamiento a fuego directo por medio de una estufa. Aquí se elimina la humedad, se oxida el zinc y se recupera el mercurio presente en el mineral.

El precipitado es mezclado con fundentes en distintas proporciones (fluoruro de calcio, bórax, nitrato de sodio, etc.), con la finalidad de obtener del punto de mínima fusión. La mezcla es cargada a un horno de arco eléctrico realizándose la fundición en un período de 6 a 12 horas, obteniéndose dos productos: la escoria y el doré. En la siguiente figura 9 se muestra el diagrama de flujo del proceso de fundición.

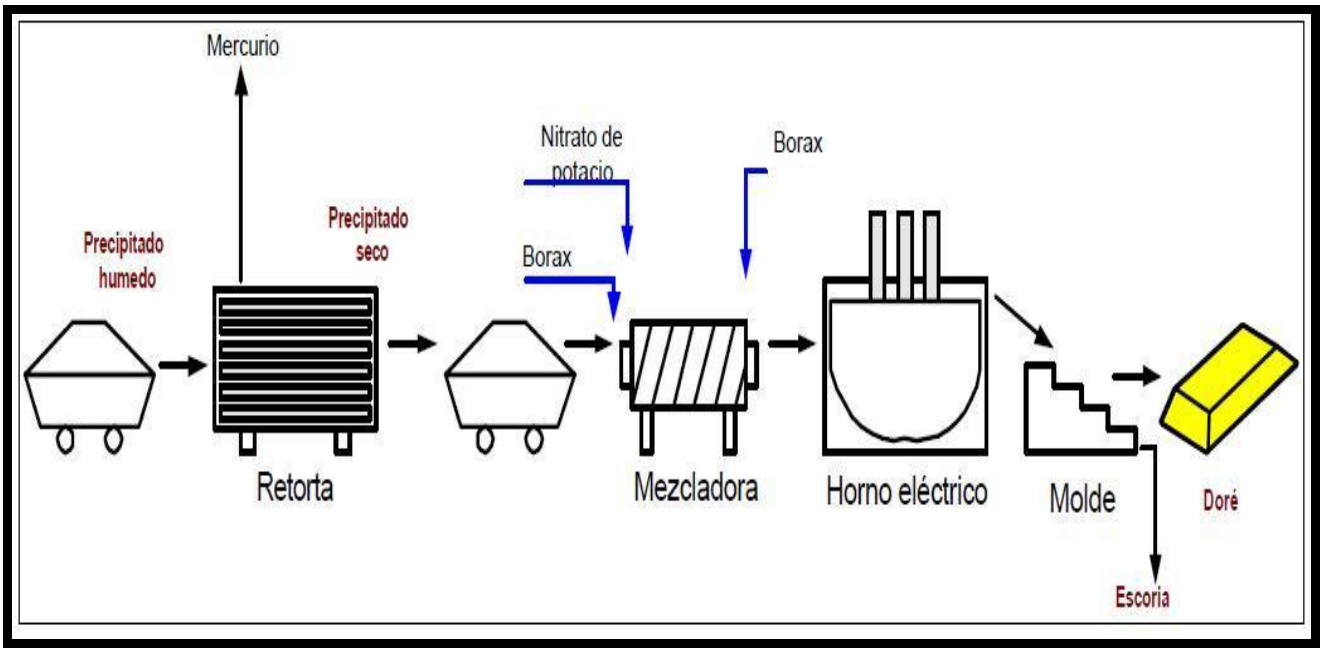


Figura 9- Diagrama de flujo del proceso de fundición.

b). Tecnologías que se utilizarán, en especial las que tengan relación directa con la emisión y control de residuos líquidos, sólidos o gaseosos.

En cuanto a la carga y transporte de terreros y mineral fresco del área de extracción, se producirán emisiones al ambiente por concepto de polvos fugitivos de la tierra fina que se levanta en estos procesos. La maquinaria y camiones también producirán gases por la combustión interna de los mismos.

En cuanto a la trituración y molienda de los materiales involucrados, producirán también emisión de Partículas Suspendidas Totales que se espera en todos los casos que sean muy por debajo de los Límites Máximos Permitidos en la Norma NOM-024-SSA1-1993.

Por las características particulares de la planta de lixiviación dinámica y la presa de jales, las emisiones de residuos líquidos y gaseosos son despreciables, y los residuos sólidos son dispuestos en la misma presa de jales.

Durante la construcción de las obras no se adicionan o consumen sustancias que puedan producir otro residuo líquido, mientras que sobre residuos sólidos, básicamente se presentan aquellos residuos que son consecuencia de la generación producto de los embalajes de los materiales que se utilizan en las labores de construcción y que principalmente son sacos de cartón y nylon, embalajes de madera y flejes de acero y plástico, papel, cubetas de plástico, residuos de corte y pedacería de la tubería de acero y de HDPE, cortes de malla ciclónica y cortes sobrantes de láminas de acero.

Sobre las emisiones a la atmósfera, las emisiones de Partículas Suspendidas Totales en Aire Ambiente en el escenario de los Patios de Lixiviación, Planta de Beneficio, Fundición, Planta de Cianuración y Presa de Jales, se espera que sean lo suficientemente bajos para no sobrepasar los Límites Máximos Permitidos en la Norma NOM-024-SSA1-1993.

En la Planta de Beneficio durante la etapa de Preparación del Sitio y Construcción se presentarán emisiones mínimas de polvos y gases producidas por los materiales de construcción y la maquinaria necesaria para las obras.

En la etapa de Operación, también se tendrán polvos y gases en los laboratorios y área de fundición, mientras que en la presa de jales se prevén emisiones de polvo por las actividades de construcción y mantenimiento

Las emisiones serán controladas por medio de equipos lavadores y colectores de polvo considerando que las operaciones unitarias de trituración, molienda, lixiviación dinámica, flotación, precipitación y filtración no se tendrán emisiones al ambiente porque se operarán con pulpas. En la presa por el depósito de jales en forma de una pasta semi seca, las emisiones de partículas de controlará mediante actividades de arrope que iniciarán desde la etapa de operación hasta el cierre y terminarán con la colocación de una cubierta seca en la etapa de abandono.

c). Tipos de reparaciones a sistemas y equipos.

Durante todas las etapas del proyecto no se presentarán reparaciones a sistemas o equipos in situ. En caso de requerir reparación algún equipo, este se trasladará al taller que se tendrá y que contará con pisos impermeabilizados con concreto y fosas de retención de aguas para evitar infiltraciones al subsuelo durante la reparación de algún equipo o maquinaria.

d). Especificar si se pretende llevar a cabo control de malezas o fauna nociva, describiendo los métodos de control.

En cuanto al control de maleza; no se tiene contemplado el uso de algún producto comercial para combatir éste problema, pero si fuese el caso, se utilizará algún producto que no produzca algún daño al ecosistema, previo análisis minucioso de los componentes de la fórmula de dicho producto.

En cuanto al control de la fauna, se utilizarán sistemas adecuados que no causen problemas, tales como el uso de rehiletes multicolores que han tenido buen efecto sobre las aves, ya que las ahuyenta eficazmente.

II.2.6 Etapa de abandono del sitio (post-operación)

Las acciones de abandono del sitio tienen como propósito la restitución de las condiciones naturales de las áreas que fueron impactadas por las actividades de Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento en los procesos productivos que se involucraron en el presente Proyecto Mina Cuproro.

Para el desarrollo del presente proyecto hasta el término de su vida útil el promovente Alex Minerales S.A. de C.V., establecerá acciones encaminadas a la preservación y mantenimiento de las condiciones que debe tener la obra.

Para el caso de los terrenos del área que contenía los montículos de terreros, en estos sitios no se instalarán ningún tipo de obra y al término de la vida útil (Aproximadamente 2 años), cuando ya se recoja este material, el lugar quedará como estaba décadas atrás antes de que lo impactaran las actividades gambusinas antiguas, pues al recogerse dicho montículos y reforestar el área, se restablecerán las escorrentías superficiales y se propiciarán procesos de revegetación natural del sitio.

Para el caso de la Zona 5 se desinstalará completamente toda la infraestructura y se procederá a revegetarse y reforestar este lugar.

Para el caso del área de extracción de las Zonas 1 a la 4 que son los sitios en donde se realizará la minería a cielo abierto con la construcción de los tajos y subterránea, no habrá obras permanentes o construcciones permanentes, la criba con sus trituradoras, bandas transportadoras, etc., quedando tal vez algunos tajos sin tapar por la falta de material para eso, sin embargo estarán totalmente reforestadas. Tal vez en esta área se llegasen a construir algunas presas de jales aprovechando el impacto ya realizado por los tajos construidos, y tales tajos ya estarían tapados, aislados y neutralizados conforme más adelante se explicará.

Las principales actividades serán las siguientes:

- Desinstalación de maquinaria y equipo.
- Durante el cierre todos los edificios y estructuras serán demolidas y desmanteladas.
- Los tanques de agua serán desmantelados.

- Los tanques y espesadores o depósitos utilizados en el proceso serán desmantelados y neutralizados.
- Cualquier reactivo o material riesgoso será retirado del lugar junto con sus recipientes y llevado al almacén temporal de residuos peligrosos en espera de recolectarse por una empresa recolectora de residuos peligrosos autorizada y darle su final confinamiento.
- La tubería superficial se removerá mientras que la subterránea permanecerá en el sitio.
- La tubería de agua que se encuentren en la superficie serán drenadas y enviadas al almacén temporal de residuos peligrosos en espera de su disposición final de Ley.
- Las afectaciones debidas a la construcción de líneas de transmisión eléctrica se restaurarán de manera inmediata después de la construcción.
- Al final de las operaciones, el equipo eléctrico dentro de las instalaciones será retirado.
- Las áreas recuperadas por las acciones anteriores y las perturbaciones del suelo realizada por las actividades descritas, serán niveladas, escarificadas y revegetadas, integrándolas al escenario natural.
- Las líneas de cable serán desmontadas.
- En la Presa de Jales por las características de este tipo de obras, se garantizará su estabilidad, tanto en términos de su estructura como de la rigidez de su cortina, taludes y obras auxiliares que la componen, para que posteriormente al término de su operación se continúe con una confiabilidad en cuanto a la resistencia de la obra contra eventos de erosión por viento o lluvia.
- En la etapa de cierre de la presa, se realizarán una serie de actividades desde el momento que se detiene el flujo de jales hasta que gradualmente vaya disminuyendo durante un período aproximado de un año que dura la etapa de cierre. Dicho escurrimientos deben ser monitoreados manteniendo la recirculación de agua, hasta el momento en que se pueda parar el bombeo e

iniciar las actividades de abandono hasta que no haya vestigios de drenado de agua.

- Durante la etapa de cierre se realizará la colocación de una cubierta seca que servirá de protección e imagen.

La implementación de estas medidas asegurará lo siguiente:

1. Eliminar todos los componentes que representan un riesgo por su naturaleza mecánica o eléctrica.
2. Impedir el contacto de animales y lugareños con sustancias tóxicas.
3. Impedir la emisión de partículas al ambiente.
4. Evitar escurrimientos que dañen cuerpos de aguas superficiales o subterráneas.
5. Además de las actividades descritas, se inspeccionará de manera periódica los taludes externos de la cortina de la presa y como medidas de prevención si se requiere, se llevarán a cabo acciones de reforzamiento y arrope de taludes en el tercio inferior de la cortina por ser la zona con mayor probabilidad de falla.
6. Monitorear las aguas que se lleguen a reclamar tanto en el cárcamo como en el piezómetro y hacer monitoreos anuales de posibles polvos al aire que se lleguen a detectar. Estos monitoreos serán hechos al menos a dos años posteriores al cierre.
7. Implantar una bitácora con todas las acciones y registros que se están llevando tanto en la presa como en las obras auxiliares y el pozo de monitoreo.
8. Disponer de forma adecuada todos los residuos, tanto peligrosos como no peligrosos.
9. Conservar el resguardo del Proyecto Mina Cuproro previniendo el acceso a personas ajenas mediante avisos y señalamientos alusivos a la prohibición y as los riesgos potenciales del lugar.

II.2.7 Utilización de explosivos

Los explosivos a utilizar serán dinamita (trinitrotolueno), nitrato de amonio, aunque como se dijo, se contratará a una empresa con toda la experiencia y autorizaciones necesarias para realizar dichas tareas, sin embargo, debido a que estaremos sujetos a los efectos de las explosiones, se procederá a analizar este fenómeno para conocerlo y evitar accidentes o afectaciones al ambiente.

En cuanto a las ondas sísmicas que se producen en las voladuras, según Ruiz Valencia et.al; 2007, al producirse una voladura en el terreno, se generan ondas de diferentes características que se propagan en todas direcciones. Esta generación o liberación de esfuerzos en los medios elásticos induce propagación de ondas de esfuerzo de diferentes tipos. Se propagan ondas internas y ondas de superficie.

De acuerdo con Sarria (2004), las ondas internas que se propagan por el interior de los cuerpos y las de superficie lo hacen preferentemente en los contornos de los cuerpos aunque también se pueden propagar por las interfaces o discontinuidades. Las ondas internas se dividen en compresionales llamadas ondas P y de cortante llamadas ondas S.

Las ondas P se desplazan con mayor velocidad que las ondas S y tienen periodos más cortos; en cambio las ondas S suelen ser portadoras de mayor energía. Las ondas superficiales son de dos clases: ondas de Raleigh, llamadas ondas R, y ondas de Love, llamadas ondas L. Estas ondas superficiales tienen velocidades similares a las de las ondas S. En la Figura 10 se pueden observar las características del movimiento ondulatorio de las ondas S, P y R.

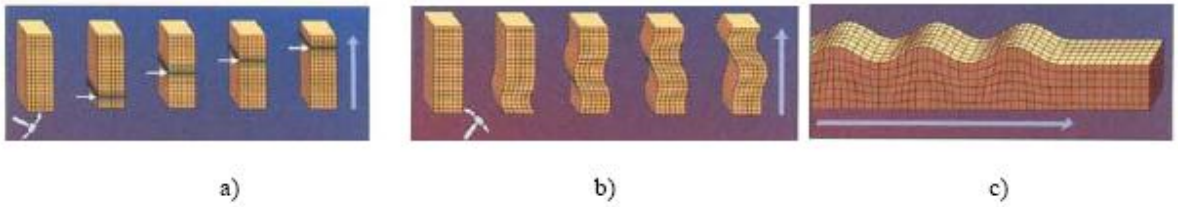


Figura 10. Variación del movimiento de partícula con el tipo de onda. a) Onda de compresión P, b) Onda de corte S, c) Ondas de Raleigh R. (USGS, 2007).

Las ondas R reciben la mayor parte de la energía y son las causantes del daño a las estructuras toda vez que viajan por la superficie de la corteza con movimientos de las partículas en un patrón elíptico. Para distancias pequeñas, los tres tipos de onda llegan casi simultáneamente y esto hace que las señales sean muy complicadas de interpretar. En el presente caso hay que considerar además los retardos en milisegundos utilizados en las voladuras los cuales complican las señales de llegada.

Cada una de las ondas está caracterizada en cada medio de transmisión por una velocidad y se denota por la letra C con el subíndice correspondiente a cada tipo de onda (C_P, C_S, C_R y C_L). La velocidad ondulatoria es una propiedad del material, al menos dentro del comportamiento elástico. A manera ilustrativa se presenta en la Tabla 13, tomada de Sarria (2004), las velocidades típicas de propagación de ondas compresionales P para varios tipos de roca y materiales.

Tabla 13. Velocidades de propagación C_p para algunos materiales, tomado de Sarria (2004).

MATERIAL Cp (m/s)	MATERIAL Cp (m/s)
Depósitos superficiales no consolidados y blandos	400
Arcillas y limos no consolidados; gravas y arenas no saturadas	1500
Arenas, gravas saturadas, arcillas, limos compactos, rocas meteorizadas	2000
Sedimentos semi consolidados saturados, rocas ígneas y metamórficas alteradas	2500
Pizarras alteradas, rocas metamórficas cizalladas, ígneas y calizas	3700
Aire	340

Agua	1470
Concreto	3500
Hielo	3200

Como en muchos fenómenos ondulatorios, la velocidad de las partículas es la variable que mejor correlación ha mostrado con los fenómenos de daño que se presentan en las obras civiles. Las vibraciones debidas a voladuras no son la excepción y por ello es el parámetro más importante a relacionar con las características de las voladuras mismas.

A su vez, las siguientes son las principales variables que permiten estimar las velocidades máximas de partícula: la distancia desde la explosión hasta el punto de medición (R), la máxima carga de explosivo detonado por tiempo de retardo (W), la velocidad de propagación de ondas del medio transmisor (CP, CS, CR y CL), la densidad del medio transmisor (ρ) y el tiempo.

En Dowding (1985), Hendron y Oriard (1972) y Siskind et al. (1980), se reporta que la velocidad máxima de partícula puede correlacionarse con los siguientes dos cocientes: R/W1/2 o R/W1/3, siendo el primero de estos dos el más comúnmente utilizado.

Al construir funciones que relacionan el parámetro R/W1/2 con la velocidad de partículas, es posible controlar el tamaño de las voladuras para evitar daños en las edificaciones cercanas. Para ello debe tenerse en cuenta simultáneamente la distancia desde el lugar de ocurrencia de la voladura hasta las edificaciones (R), la velocidad de partículas que genera daños en las edificaciones (v) y de esta manera establecer la cantidad de explosivo a detonar por tiempo de retardo (W).

El concepto de daño es relativo dado que puede involucrar desde la generación de micro fisuras hasta la aparición de grietas que puedan inducir algún tipo de colapso. Adicionalmente, la aparición o no de daños, grietas y fisuras está íntimamente relacionada con la calidad de los materiales y de las técnicas constructivas. En México,

no existe un código de construcciones, por lo que es difícil estandarizar las características de los materiales y de los procesos constructivos, sobre todo cuando se habla de viviendas de tipo informal. Por esta razón un estudio específico de daños en una edificación particular requerirá de evaluaciones detalladas que van desde la caracterización del suelo y los materiales usados en la construcción hasta la evaluación de las cargas actuantes (vibraciones debidas a voladuras, cargas muertas, vivas, viento, etc.).

No obstante todas las variables que participan en la aparición de fisuras, las normas internacionales han establecido unos valores de velocidad límite de las partículas del suelo (asociadas con vibraciones) por encima de los cuales es probable que se generen daños visibles en los elementos de una edificación. Sin embargo, hay que recordar que estos valores son indicativos. Teniendo en cuenta lo anterior, la norma peruana DIN 4150 (1999) establece los valores máximos de velocidad de vibración (en mm/s) en función de la frecuencia, para que no se observen daños en diferentes tipos de edificaciones (comercial, viviendas, edificios, industrias). Estos valores se presentan en la Tabla 14. Lo propio se presenta en López-Jimeno et al. (2003) cuyos valores límites se resumen en la Tabla 15.

Por su parte, los estándares australianos de explosivos (AS 2187, 1993) establecen como límite para edificaciones residenciales una velocidad máxima de 10 mm/s. En el mismo estándar se establece para edificios comerciales e industriales de concreto reforzado o de acero un límite máximo de 25 mm/s y para hospitales, presas y edificios históricos se establece un límite de 5 mm/s.

Tabla 14. Valores máximos de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños (Norma DIN 4150, "*Structural Vibration in Buildings. Effects of Vibration on Structures*").

TIPO DE EDIFICACIÓN	FRECUENCIA		
	< 10 Hz	< 10 Hz	< 10 Hz
Estructuras delicadas, muy sensibles a la vibración	3	3-8	10
Viviendas y Edificios	5	5-15	15-20
Comercial e Industrial	20	20- 40	40-50

Tabla 15. Valores máximos de velocidad de partícula establecidos en López-Jimeno et al. (2003).

Tipo de Edificación	Velocidad máxima de partícula
Para edificaciones en muy mal estado de construcción o edificios en madera o Mampostería.	12 mm/s
Edificios muy sensibles a las vibraciones	0 a 10 Hz □ 3 mm/s 10 a 50 Hz □ 3 a 8 mm/s 50 a 100 Hz □ 8 a 10 mm/s

De la misma manera, en los estándares ingleses (BS 7385-2, 1993) se establece una velocidad máxima de 50 mm/s para estructuras aporticadas de industrias y edificios comerciales con frecuencia de vibración superior a 4 Hz. En la misma norma se sugiere un límite entre 15 y 20 mm/s para edificaciones sin refuerzo, residenciales y con frecuencias entre 4 Hz y 15 Hz.

La U.S. Bureau of Mines (Negociado de Minas de los EE. UU.), establece una limitación de 0.79 pulg/s (20 mm/s) para la aparición de grietas visibles, aunque también establece límites dependientes de la frecuencia de movimiento como en el reporte USBM RI 8507 (Siskind et al., 1980).

Es importante anotar que las condiciones socioeconómicas y las normativas de cada país están directamente asociadas con los límites establecidos anteriormente, ya que

una edificación de vivienda tipo residencial construida en Australia, Estados Unidos o en Europa tendrá, en general, un comportamiento mecánico superior a una construida en un país en vía de desarrollo. Lo anterior se valida si se tiene en cuenta que en los estratos bajos de los países del tercer mundo es muy común que se edifiquen las viviendas mediante la modalidad de autoconstrucción o una construcción desarrollada sin asesoría técnica de un ingeniero y en el mejor de los casos elaborada por un maestro de obra.

II.2.8 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y Emisiones a la atmósfera.

Residuos sólidos.-

Por tratarse de un proyecto donde esencialmente se hacen actividades de trabajos civiles durante las Etapas de Preparación del Sitio y Construcción, básicamente se tratará de residuos sólidos que se generarán en los embalajes, sacos, flejes y contenedores en que vienen los distintos materiales que se usarán en las obras de construcción, mientras que en las etapas de Operación y Cierre, la ocurrencia de generar residuos sólidos es menor al presentarse actividades de mantenimiento preventivo y correctivo así como materiales civiles en la presa de jales. Los recursos del proyecto minero servirán para el control y disposición tanto de residuos sólidos, como domésticos y peligrosos al confinarlos en un almacén temporal antes de remitirlos a una empresa autorizada para su confinamiento final.

Para el caso especial que revisten las cubiertas y suelos generados en las actividades y Etapas de Preparación, Construcción y Operación, serán dispuestos en el vaso de la presa y se reutilizarán en las actividades de construcción de los bordes así como arrope y colocación de la cubierta seca que será realizada al final de las operaciones en el vaso y taludes de la cortina.

Residuos líquidos.-

Cualquier agua que se relacione con el proceso que se maneja por tuberías en circuito cerrado, por lo que en cuanto al proyecto no se tiene ocurrencia de agua de proceso y los flujos son reciclados a la planta de beneficio para los procesos de lixiviación por montones y dinámica.

Sobre las aguas residuales sanitarias, se utilizarán los servicios del campamento de la unidad minera mientras que en la planta de beneficio serán enviadas a la fosa séptica y de ahí a la planta de tratamiento antes de su descarga al suelo, previa concesión y permiso de descarga.

Residuos peligrosos.-

Este concepto obedece a los residuos provenientes de las actividades rutinarias de Mantenimiento Preventivo y Correctivo que se presentarán durante las diversas etapas del Proyecto Mina Cuproro en los equipos y maquinaria pesada, donde se contará también con equipo como bombas centrífugas e instalaciones hidráulicas, las cuales son mantenidas en condiciones de operación permanente con base a las labores rutinarias que llevará el Departamento de Mantenimiento de la planta.

Los tanques lixiviadores, bombas, tanques espesadores, filtros y equipo del proceso Merrill-Crowe por quedar en el área de la Planta de Beneficio, con conceptos que generarán residuos peligrosos en su mantenimiento, por lo que el control y disposición de los residuos que lleguen a generar en dichas áreas serán controlados por las áreas operativas en cuanto a almacenes temporales y por el departamento de ecología de la unidad minera en cuanto a su disposición final.

Es importante recalcar que la maquinaria pesada y camiones de volteo para las actividades y obras civiles durante las etapas de mayor actividad en la vida del proyecto, serán mantenidos en los propios talleres de la unidad minera, quedando bajo

la responsabilidad del contratista, durante la Etapa de Construcción tanto el mantenimiento de la maquinaria como la disposición de los residuos peligrosos generados. Las camionetas y vehículos de supervisión que la empresa minera use para supervisar los trabajos desde la Operación hasta el Cierre, serán controlados por la unidad minera dentro de sus instalaciones usándose las facilidades que ya existen en la planta, incluyendo el acopio y disposición de residuos peligrosos (residuos de hidrocarburos y sólidos impregnados). En la siguiente tabla 16 se muestran los residuos peligrosos que se generarán durante la vida útil del presente Proyecto.

Nombre del residuo	Componentes del residuo.	Proceso o etapa en que se generará y fuente generadora	Característica CRETIB	Cantidad o volumen generado por unidad de T	Tipo de envase	Sitio de almacenamiento temporal	Transportación a su disposición	Sitio de disposición	Estado físico
Tierra contaminada con aceite y diesel	Lubricantes y combustibles	Maquinaria en todas las etapas	Tóxico	Sin cuantificar	Tambores de 200 litros	Almacén de residuos peligrosos	Camión de carga cerrado	Centro de acopio	Sólido
Aceite residual	Hidrocarburos	Equipo y maquinaria en todos los equipos.	Tóxico	Sin cuantificar	Tambores de 200 litros	Almacén de residuos peligrosos	Camión de carga cerrado	Centro de acopio	Sólido
Sólidos impregnados	Hidrocarburos	Equipo y maquinaria en todos los equipos.	Tóxico	Sin cuantificar		Almacén de residuos peligrosos	Camión de carga cerrado	Centro de acopio	Sólido
Contenedores vacíos de aceites	Hidrocarburos	Equipo y maquinaria en todos los equipos.	Tóxico	Sin cuantificar	Recipientes de 20 y 200 litros	Almacén de residuos peligrosos	Camión de carga cerrado	Centro de acopio	Sólido
Contenedores vacíos de cianuro	Residuos de cianuro	Planta de beneficio	Tóxico	Sin cuantificar	Envase metálico de 100 kilos	Almacén de residuos peligrosos	Camión de carga cerrado	Se devuelven al proveedor	Sólido

Tabla 16.- Residuos peligrosos generados durante la vida útil del proyecto.

Emisiones a la atmósfera.

POLVOS.

Las emisiones a la atmósfera asociadas a las actividades del proyecto serán la emisión de material particulado producto del tráfico de acarreo, volteo en las operaciones de carga, descarga y circulación de vehículos por camino de terracería, así como movimiento de la maquinaria pesada.

En la estimación de material particulado que sigue a continuación, se deduce que la concentración ambiental, en el escenario más desfavorable, alcanzará valores muy insignificantes respecto de la normativa ambiental.

Sin perjuicio de lo anterior, toda la infraestructura de caminos será mantenida con una rutina de riego con agua, que garantiza el mínimo de emisión de polvo fugitivo a la atmósfera.

Respecto a la emisión de gases producto de la combustión interna de los vehículos y equipos involucrados en la operación del proyecto, dado el reducido número de vehículos, camiones y equipos pesados presente en el área de la actividad, tiene una cuantía despreciable que no presenta ningún efecto adverso significativo para el entorno, dado que las emisiones serán mínimas y de carácter transitorio, ya que por la geografía del lugar, se producirá la dispersión natural de ellos. El control que se efectúa al respecto es mantener el parque automotriz de vehículos y la maquinaria pesada con un mantenimiento periódico y riguroso.

A continuación, se hace una estimación del material particulado (polvos) que se generarán en el proyecto. Estos se generarán en Tres etapas:

a. Durante la carga de los camiones en el área de los montículos de terreros y en el área de tajo.
b. Durante el transporte del material al área de Criba y Planta Gravimétrica.

c. Durante la descarga de los camiones en el área de Criba y Planta Gravimétrica.

Durante la carga de los camiones en el área de los montículos de terreros y en el área de tajo.

Para calcular el material particulado generado en esta etapa, es necesario usar factores de emisión ya calculados en procesos similares, por lo que se usaron los factores de emisión que se reportan en AP-42Compilation of Air Pollutant Emision Factors , Fifth Edition (January, 1995),k editado por la Environmental Protection Agency en Estados Unidos.

Se consideraron los siguientes cálculos:

Para el cálculo de camiones, se consideran los factores de emisión siguientes:

Emisión de partículas totales en suspensión (EPTS) = 0.17 g/ton. De material particulado
Emisión de partículas menores de 10 micras (EPM10) = 0.008 g/ton de material particulado.

Se cargarán un total de 20 camiones de 25 toneladas c/u (500 toneladas por día) para ambas áreas, por lo que serán:
EPTS/ Día = 0.085 Kg/ día
EPM10 = 0.004 Kg/día
Durante el transporte del material al área de Criba y Planta Gravimétrica.
Para el cálculo del transporte del material a estas áreas se consideró lo siguiente:
$E = k (1.7) (s/12) (S/48) (W/2.7)^{0.7} (w/4)^{0.5} ((365-p)/365)$

Donde:

E = Emisiones de material particulado en Kg/ vehículo-km

K = Multiplicador, adimensional (para PTS = 0.80 y PM10 = 0.36)

s = % de limo o arcilla.

S = Velocidad media de los vehículos (Km/hr)

W = Peso promedio de los vehículos (ton)

w = Número de ruedas.

P = Número de días con precipitaciones mayores o iguales a 0.25mm

El escenario más desfavorable se obtiene al usar los siguientes valores:

s = 14.1% (valor extraído de la literatura para superficies sin pavimentar).

S = 30 Km /Hr

W = 25 toneladas para camiones cargados- 15 toneladas para camiones vacíos.

w = 6 ruedas como mínimo, 10 ruedas como máximo, 8 ruedas promedio para el cálculo.

P = 40.9 días de lluvia al año.

Usando estos valores en la ecuación de estimación de emisiones, se obtiene:

a).- Camión cargado: EPTS = 6.41 kg/ vehículo-km

EMP10= 4.48 kg/ vehículo-km

b).- Camión vacío: EPTS = 2.88 kg/ vehículo-km

EMP10= 2.01 kg/ vehículo-km

Tomando en cuenta que en el lugar transitarán 20 camiones por día y que la distancia de la carga a la descarga son 0.5 kms, el total por cada vuelta de cada camión será de un kilómetro, entonces tenemos:

EPTS = 185.80 kg/día

EMP10= 129.80 kg/día

Durante la descarga de los camiones en el área de Criba y Planta Gravimétrica.

Cada vez que se produce una descarga de un camión en la Criba o Planta Gravimétrica, se produce una nubecilla de polvo, y se puede estimar su emisión mediante la siguiente ecuación:

Emisión PTS = $0.0046 (d)^{1.1} / 0.3$ kg/m^3

Emisión MP10 = 0.047 x EPTS kg/m^3

Donde:

d= Altura máxima de caída del material

Reemplazando datos y tomando en cuenta que cada camión transporta 25 m^3 resulta un total de 500 m$^{3.}$

Emisión PTS = 35.22 kg/día

EMP10= 1.65 kg/día

Sumando las 3 emisiones que se producen al día tendremos

Emisiones totales diarias =

Durante la carga de los camiones con material de terreros, jaleros y tajo

+ Durante el transporte del material a la planta de lavado y beneficio

+Durante la descarga de los camiones en la planta de lavado y benéfico

Sustituyendo y tabulando resultados en la siguiente Tabla 17:

PROCESO	EMISIONES (kg/día)	
	PTS	**MP10**
CARGA	0.085	0.004
TRANSPORTE	185.80	129.80
DESCARGA	35.22	1.65
TOTAL	**221.105**	**131.454**

Tabla 17.- Emisiones Totales Diarias.

Para estimar las concentraciones de PTS (partículas totales suspendidas) y MP10 (partículas menores a 10 micrones), se usó un modelo de difusión de contaminantes atmosférico de comportamiento Gaussiano.

Para este caso, se hizo la suposición que las emisiones provienen de una fuente emisora única, que se tuvieron 3 velocidades de viento: baja de 1 m/s, media de 2 m/s y alta de 3 m/s y que la dirección era hacia el poblado más cercano que es San Pedro de la Cueva, ubicado a 27 kilómetros.

Las estabilidades posibles durante el período nocturno corresponden a condiciones neutras (D) o estables (E y F), según las categorías de Pasquill-Turner.

Para estimar la concentración resultante, se supondrá una fuente puntual que genere un penacho tipo Gaussiano, integrado sobre un sector específico. Se tendrá la siguiente ecuación:

$$C = (2/\pi)\,((Q / (\delta z\, U\, 2\, \pi\, d/n))^{1/2}$$

Donde:

C= Concentración resultante (g / m^3)

Q = Taza de emisión de polvo (g / s)

Parámetro de dispersión vertical correspondiente a una estabilidad atmosférica dada (m).

U = Velocidad del viento (m/s)

D = Distancia entre la fuente y el punto receptor (m)

2 π /n = Tamaño del sector angular sobre el cual fluctúa la dirección del viento (radianes).

Para el proyecto, situado a 30 kilómetros, se pueden usar los valores siguientes:

D = 27000 m (distancia del proyecto al poblado de Suaqui Grande)

Δz = 30 m (Para estabilidades E o F)

n = 8 (Sector angular de 45°)

Cálculo de concentraciones ambientales para el peor de los casos.

a). Partículas totales en suspensión (PTS)

Emisiones PTS: 221.105 kg/día

Q : 2.56 g/seg.

Reemplazando estos valores en la ecuación, tenemos:

CPTS = 1.48 ug/m^3 para U = 1 m/seg

CPTS = 1.04 ug/m^3 para U = 2 m/seg

CPTS = 0.85 ug/m^3 para U = 3 m/seg

b). Partículas menores de 10 micrómetros (PM10).

Emisiones PM10: 131.454 kg/día

Q = 1.52 g/seg.

Reemplazando estos valores en la ecuación, tenemos:

CMP10 = 1.14 ug/m^3 para U = 1 m/seg

CMP10 = 0.81 ug/m^3 para U = 2 m/seg

CMP10 = 0.66 ug/m^3 para U = 3 m/seg

Si se escogen los valores más elevados de las emisiones de partículas (tanto PTS como MP10), se está seleccionando el escenario más adverso y aun así nunca sobrepasaría la norma ni a la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, que dicta como máximo los siguientes valores y se muestran en la siguiente Tabla 18:

Partículas Suspendidas Totales PST	**Partículas menores a 10 micrómetros (PM10)**	**Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM2.5)**
210 µg/m3 promedio de 24 horas.	120 µg/m3 promedio de 24 horas. 50 µg/m3 promedio anual.	65 µg/m3 promedio de 24 horas. 15 µg/m3 promedio anual.

Tabla 18.- Valores según NOM-025-SSA1-1993.

E inclusive no sobrepasaría el límite máximo para particular menores a 2.5 micrómetros (PM2.5).

También se generarán polvos durante la Etapa de Preparación del sitio y Construcción de las Plantas, Presa de Jales y Patios de Lixiviación a causa del movimiento de materiales civiles y actividades de instalación y montaje de equipos.

Las emisiones de polvo de la planta de cianuración serán mínimas, puesto que las fuentes fijas de generación de polvos se encontrarán en la tolva de recepción de jales encerrada.

Los humos provenientes de fuentes móviles como maquinaria y equipo de acarreo que realizarán el movimiento de materiales civiles, presentándose durante las Etapas de Preparación del Sitio, Construcción y Operación del proyecto, decrecerá durante las

etapas de Operación y Cierre. Estos niveles no se consideran críticos por tratarse de poca maquinaria, a la vez que se encuentra en una zona donde no hay núcleos de población cercanas

Una estimación sobre las emisiones que se generarán en el Proyecto Mina Cuproro, se muestra en la siguiente tabla 19, no considerando que puedan causar un impacto en el entorno donde se proyecta la construcción de las obras.

Emisiones que se prevén en el PROYECTO MINA CUPRORO.				
Contaminante	**Motores de vehículos y camiones**	**Tránsito por caminos**	**Volteo y transferencia de materiales**	**Total**
NO_x	26.96	-----	-----	26.96
CO	39.04	-----	-----	39.04
PM_{10}	1.58	-----	-----	1.58
PST	223.28	194.48	1.84	223.28
SO_2	3.53	------	------	3.53

Tabla 19.- Estimación de contaminantes emitidos en toneladas por año.

RUIDO.

La única fuente de ruido importante que generará la actividad del Proyecto Mina Cuproro, será básicamente la producida por los camiones de acarreo y los buldozer realizando labores del apilado del material, pero que su nivel de presión sonora no será percibido por la comunidad de más cercana, ubicada a aproximadamente 25 kilómetros del lugar.

El ruido generado por las voladuras, cribadoras, tránsito de maquinaria pesada y vehículos, es de menor cuantía. Aunque el ruido generado por los camiones de acarreo

y los buldozer usados no es significativo, los obreros que laboren en la Unidad Minera contarán con tapones auditivos para trabajar en condiciones saludables.

Intensidad en decibeles y duración del ruido en cada una de las actividades del proyecto.

a).- Preparación del sitio y construcción.

Esta es la etapa en donde se planea que se puede generar la mayor cantidad de ruido, ya que en el área del proyecto durante los primeros días es en las etapas de nivelación y compactación del terreno, solamente será un tractor buldozer el que realice labores de nivelación y un tractor de rodillos realizará la compactación del terreno, por lo que los niveles de ruido se pronostican menores de 60 dB. Como no existirán labores de Desmonte y Despalme, el ruido será de menor tiempo.

Ya realizadas las etapas previas, la etapa de construcción serán menos ruidosas o con ruidos intermitentes como golpeteos y no ruidos continuos como los que produce la maquinaria en funcionamiento. Salvo en la construcción de la presa de jales que durante las etapas de excavación, la maquinaria que serán una retroexcavadora, un cargador frontal y un camión de volteo, producirán un ruido aproximado de 65 dB.

b).- Operación.

Áreas de extracción de terreros.-

Se considera mantener en los diferentes sitios donde existan terreros un cargador frontal que junte los montículos de terreros y jaleros y cargarlos en un camión de volteo, por lo que los niveles de ruido se estiman que se encuentren por debajo de los 60 dB. Cabe señalar que en todo momento se procurará mantener los niveles por debajo de los señalado en la Norma Oficial Mexicana NOM 081-SEMARNAT-1994.

Área de Criba y Planta Gravimétrica.-

En estos sitios se consideran tener un cargador frontal, así como el ruido esporádico de los camiones de volteo, por lo que los niveles de ruido se estiman que se encuentren por debajo de los 65 dB.

´Área de extracción o Tajo.-

En estos sitios se consideran tener una retroexcavadora para las labores de extracción, un cargador frontal, así como el ruido esporádico de los camiones Euclide, por lo que los niveles de ruido se estiman que se encuentren por debajo de los 65 dB.

Los ruidos provocados por las voladuras serán esporádicos y escasos (uno por día aproximadamente). Son de intensidad muy alta (de 130 dB) pero de muy corta duración.

Áreas de Plantas de Beneficio, Lixiviación Dinámica y Flotación.-

En esta área se encontrarán toda la maquinaria y equipo tales como tanques espesadores, bombas, filtros prensa y esporádicamente la llegada de los camiones de volteo para vaciar el mineral en las tolvas, por lo que los niveles de ruido se estiman que se encuentren por debajo de los 20 dB.

Área de Presa de jales.-

En esta área se encontrará básicamente equipo como bombas y motores eléctricos que no producen un ruido significativo. No habrá movimiento continuo de maquinaria, solamente cuando llegaran a presentarse algún camión o tractor a realizar alguna labor de mantenimiento, por lo que se espera que el ruido sea menor a los 10 dB.

De manera general, las actividades en todas las etapas del trabajo serán de 7:00 am a 16:00pm de lunes a viernes.

d) Cierre.

Los principales ruidos que se generarán en esta etapa serán de la maquinaria transitando por el sitio, tales como camiones en labores de carga de equipo y material a retirar.

Ruidos del personal quitando estructuras y realizando labores de reforestación, por lo que los niveles de ruidos en esta etapa se consideran serán menores a los 15 dB.

Fuentes emisoras de ruido de fondo.

Para el manejo de ruidos provenientes de las plantas de Beneficio y Presa de Jales se busca su reducción en la fuente (rediseño o reemplazo), la modificación de la ruta de propagación (uso de pantallas, etc.) o el aislamiento del receptor.

Generalmente, la reducción de la fuente de ruido es el método más usado y más efectivo de los tres.

El manejo de ruido en los procesos industriales de beneficio y transformación se debe realizar desde la planeación con la consecución de materiales acústicos apropiados para sus maquinarias e instalaciones, tales como absorbentes (transformadores de la energía sonora en energía térmica), de barrera (materiales de masa densa, que proporcionan aislamiento) y de amortiguación (se adhieren a placas de metal para reducir la radiación del ruido).

La tabla 20 presenta un listado de los tipos de materiales para manejo del ruido, que se tendrán en cuenta durante el presente Proyecto Mina Cuproro y se aplicarán en las maquinarias y otros componentes generadores de ruido, tanto en las etapas de preparación del sitio y construcción como en la etapa de operación.

Tipos de material	Ejemplos tipo de material
Absorbentes	Lana de vidrio, espumas de poliuretano, espumas con películas protectoras
De barrera	Naturales (arborización, materiales de acopio),planchas de acero (1mm-2,5mm), vidrio (6mm), concreto (100mm)
Amortiguación	Sustancias viscosas o elásticas (caucho y plástico)

Tabla 20. Tipo de materiales para el manejo del ruido.

Las principales fuentes emisoras de ruido en el proyecto son las siguientes:

- 4 Camiones Euclide de 30 toneladas.
- 2 Buldozer.
- 2 Retro excavadora.
- Cribas.

Emisión estimada de ruido que se presentará durante la operación de cada una de las fuentes.

En la siguiente Taba 21 se detallan los niveles esperados de ruido de cada uno de los equipos que se usarán en el proyecto.

FUENTE	EMISIÓN (dB)	DURACIÓN EN HORAS POR DÍA
Camión Euclide de 30 toneladas	30	9
Buldozer	35	9
Retro excavadora	30	9
Cribas	50	9

Tabla 21.- Niveles de ruido esperado en el Proyecto Mina Cuproro

Dispositivos de control de ruido.

Debido a que no se encuentran asentamiento humanos en las cercanías, no se contempla el uso de dispositivos para mitigar ruido o vibraciones, solo se exigirá al personal el uso de protección personal como tampones auditivos.

Los encerramientos acústicos son eficaces en la reducción del ruido, tanto en el interior y exterior de las plantas como en los demás lugares de generación de ruido; pero no son del todo recomendables porque reducen la verificación e iluminación necesarias para la realización de los procesos industriales.

Otras medidas de atenuación del ruido son:

- Adecuar los horarios de trabajo para no interferir con las horas nocturnas de descanso.
- Manejar responsablemente el tráfico vehicular dentro y fuera del proyecto, para evitar ruidos como pitos, frenos, motores desajustados.
- Implementar un sistema de monitoreo de ruidos, teniendo en cuenta los ruidos ambientales externos a la planta y que el registro de datos de medición del sonido debe ser preciso y completo.

II.2.9 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos.

En el proceso industrial de Beneficio y Transformación de Minerales se utilizan y se producen diversos residuos sólidos, propios o del procesamiento de minerales (material estéril, neumáticos, envases, baterías, filtros, plásticos, chatarra, residuos orgánicos, entre otros) que se podrían clasificar en reciclables, reutilizables, desechos orgánicos, materiales tóxicos comerciables, materiales tóxicos no comerciables, y un pequeño remanente por clasificar.

En cuanto al uso y la generación de residuos sólidos, el manejo es prioritariamente preventivo y de control, teniendo en cuenta que se deberá coordinar con la empresa de servicios públicos local, lo relacionado con el manejo, recolección y disposición final de residuos sólidos domésticos. En cuanto a los residuos peligrosos, se contratarán los servicios de una empresa recolectora autorizada por la Secretaría para realizar las labores de recolección y disposición final a los mismos.

Mediante planes estructurados de educación ambiental, se indicará al personal que laborará en el Proyecto Mina Cuproro y a toda persona o empresa con quien se tenga relación comercial, la importancia que tiene para el medio ambiente y para la salud de la población, el adecuado manejo de los residuos sólidos.

Como resultado de la aplicación de planes de educación ambiental y sensibilización debe minimizarse la producción de residuos sólidos y realizar su separación en la fuente. Se dispondrá de recipientes señalados para la separación en la fuente.

La correcta disposición de los residuos se inicia con un almacenamiento en la fuente de generación. Los residuos sólidos ordinarios se deben almacenar en recipientes de plástico reutilizables y bolsas plásticas desechables que facilitan la manipulación de los residuos.

En cuanto a los residuos no peligrosos como son la basura doméstica, cartón, papel, madera, etc., estos serán dispuestos en el relleno sanitario del poblado de San Pedro de La Cueva, situado a 25 kilómetros del proyecto. Mismos que serán llevados por medio de camiones, y la basura se transportará en costales de plástico negras específicas para este uso con el fin de que durante el trasporte al relleno la basura no se riegue por el camino. Se estudiará la conveniencia de la construcción de un relleno sanitario en la Unidad Minera para no saturar los municipales, previa autorización estatal.

Las áreas designadas para almacenamiento de sustancias y residuos sólidos ordinarios y especiales, deben ubicarse en lugares visibles y ser fácilmente identificables por las personas vinculadas al proyecto.

El tiempo de almacenamiento debe ser tal, que los residuos .ya sean ordinarios o especiales, no presenten ningún tipo de descomposición. Se debe recuperar la mayor cantidad de residuos sólidos posible y disponer solamente lo que no es reutilizable, para alargar así la vida útil del relleno sanitario. Los residuos serán clasificados desde el momento en que se generen.

A continuación se presenta en la figura 11, la manera en cómo se dispondrán e identificarán en los recipientes que estarán un área específica.

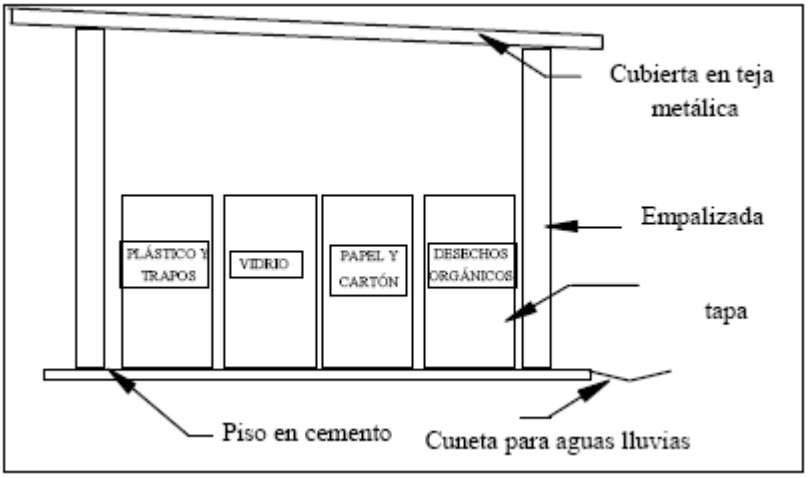


Figura 11.- Lugar de confinamiento temporal de los residuos sólidos no peligrosos.

Se debe delimitar el área del confinamiento temporal de estos residuos mediante un cerco de malla ciclónica que tenga techo y que el suelo esté impermeabilizado con cemento para evitar infiltraciones de lixiviados de la basura.

Planificación de la disposición final de los desechos provenientes del desmantelamiento.

Los materiales reutilizables serán retirados y dispuestos, según su interés, en otro sitio u obra que esté adelantando. Los escombros generados en el desmantelamiento de campamentos y centros de acopio deben ser dispuestos de manera que no afecten los ecosistemas circulantes.

En cuanto a la disposición final de los residuos peligrosos que se generarán en el proyecto, serán principalmente sólidos impregnados con aceite, aceite usado, envases y tierra impregnada con aceite por el goteo accidental de aceite de la maquinaria y camiones que transiten por el lugar, los cuales se guardarán en el almacén temporal de residuos peligrosos que se construya.

Dichos residuos peligrosos se dispondrán temporalmente por un máximo de 6 meses hasta ponerse a su disposición final por medio de la empresa recolectora autorizada que se contrate.

El personal que maneje las sustancias y residuos peligrosos, deberá contar con equipo como guantes de látex, caretas y ropas adecuadas. No se permitirá el acceso de personal no autorizado.

Las únicas aguas residuales que se generarán serán las sanitarias, las cuales se dispondrán en fosas sépticas adecuadas y en un futuro se proyecta la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, misma que se describe en el Anexo 8 del presente estudio.

Las aguas de procesos no se desecharán, serán reutilizadas, cayendo primeramente a la presa de jales para su reutilización, así como los sistemas de la Planta gravimétrica y

patios de lixiviación, los cuales recirculan el agua que se usa en dicho proceso, solamente que se utiliza el proceso unitario de decantación para clarificar el agua.

No se requerirá tampoco de separar, manejar, tratar, reciclar o confinar algún otro residuo. Salvo el confinamiento *in situ* que se realizará en la Presa de Jales, la cual al final de la vida útil del proyecto se tapará con una cubierta seca para permanecer aislada.

Los servicios de recolección de residuos peligrosos serán suficientes para las necesidades actuales y futuras del proyecto, ya que se escogerá una empresa reconocida en la región por realizar tales trabajos y cuente con la infraestructura suficiente.

En cuanto a la disposición de residuos no peligrosos, estará sujeta a la disponibilidad del municipio de San Pedro de la Cueva para proporcionar el servicio del relleno sanitario, en caso de que se sature este servicio, todavía se contará con las opciones de los rellenos sanitarios del poblado de Suaqui.

II.2.10 Otras fuentes de daños.

a) Contaminación por vibraciones, radiactividad, térmica o luminosa.

Contaminación por vibración.-

Indudablemente que la fuente de las vibraciones será la maquinaria, equipo y vehículos que se empleen en el Proyecto Mina Cuproro y en mayor proporción será la planta de trituración la que tenga los niveles más elevados, ya que las características de estos sistemas se basan en la vibración para realizar la separación de las partículas de una manera adecuada.

La vibración causada por los vehículos involucrados en el proceso puede considerarse como poco significativa, ya que un motor que vibre fuera de lo normal, es diagnóstico de un mal funcionamiento del mismo, por lo que puede ser remediado mediante un mantenimiento preventivo y correctivo adecuados.

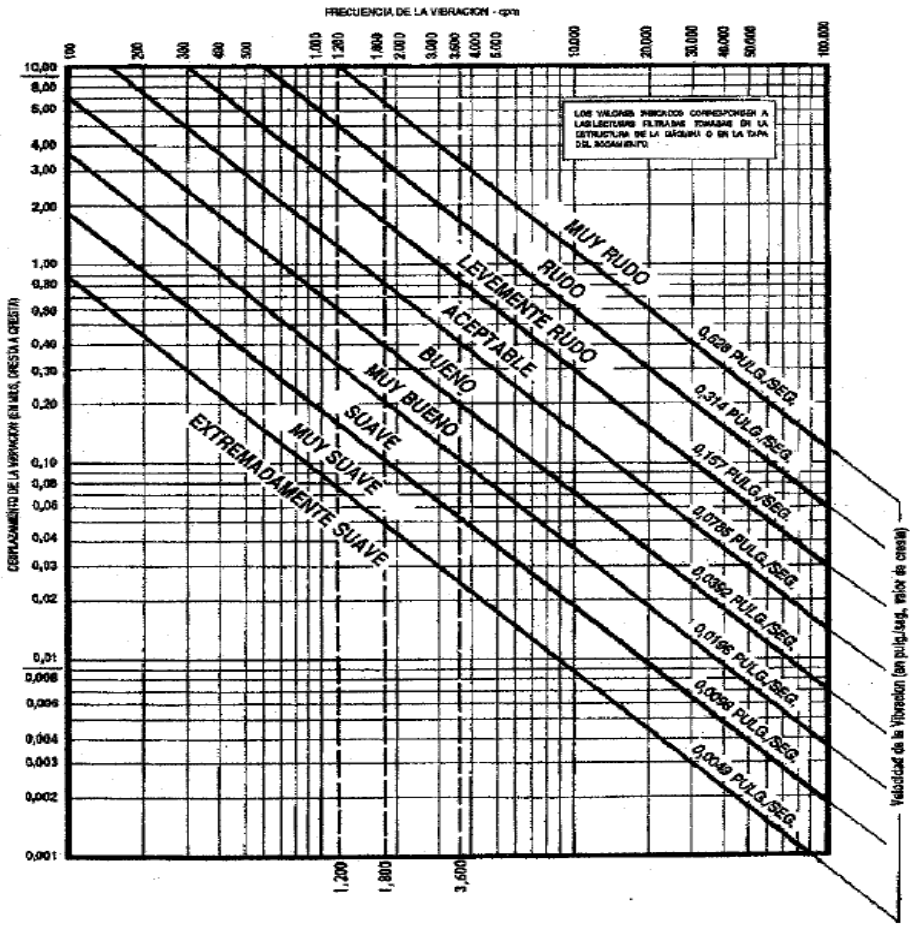


Figura 12.- Severidad de las vibraciones.

El análisis de la severidad de las vibraciones puede medirse en base a los ciclos por segundo (CPS) de tal vibración y a la velocidad del desplazamiento que produce. En la figura 12, se puede ver el análisis que hace Royo et. al, sin año de la severidad de las vibraciones, pero esto sin duda será uno de los detalles que se tomarán en cuenta

cuando se instale el equipo en la planta trituradora del proyecto, ya que las vibraciones extremas pueden causar daños al personal y la maquinaria si no se toman en cuenta.

Contaminación por radiactividad.-

No existen fuentes generadoras de radiactividad en el Proyecto Mina Cuproro.

Contaminación por energía térmica o lumínica.-

No existen fuentes generadoras de energía térmica o lumínica en el Proyecto Mina Cuproro.

b) Posibles accidentes

Por la naturaleza del proyecto de aprovechamiento no existen muchas formas de poder ocasionar un daño ambiental significativo por algún accidente que se pueda producir, ya que los controles usados generan seguridad en su uso. Aunque a continuación se mencionarán algunas situaciones extremas y poco probable que pudieran producirse y la manera cómo se solucionarán.

Derrame de hidrocarburos o lubricantes por rompimiento accidental de algún depósito.-

En este caso imaginemos que la maquinaria en operación, rompiera por accidente alguno de sus depósitos de diesel, del cárter de aceite o rompimiento de alguna manguera hidráulica que pudiese provocar una fuga masiva de estos contaminantes, la manera cómo se actuará de inmediato es la siguiente:

- Detener y apagar de inmediato la maquinaria.
- Impedir el avance del hidrocarburo o aceite derramado.
- Apagar cualquier equipo que se encuentre cerca o si existe alguna fuente de ignición como chispas o fuego, alejarla de inmediato.
- Recolectar de inmediato el hidrocarburo y almacenarlo en el almacén temporal de residuos peligrosos, identificarlo para su almacenamiento.

- Recolectar la tierra impregnada con el hidrocarburo hasta la profundidad donde no exista indicios de que penetró.
- Disponer la tierra impregnada de igual forma en el almacén temporal de residuos peligrosos, debidamente etiquetada.
- Realizar la reparación del equipo en el taller de la localizada más próxima.

En cuanto al segundo tipo de producción que es el tajo y el beneficio, debido a las características del proceso; que es a cielo abierto; pueden existir derrumbes en las paredes del tajo o colapso de minas subterráneas o fallas en las Plantas de Beneficio y Presa de Jales.

Los más grandes problemas que se han presentado este tipo de actividades es por el transporte del cianuro en las carreteras, en los cuales algunas veces se han presentado accidentes importantes, como el sucedido el 20 de mayo de 1998 en Rusia por parte de la compañía Kumptor Gold, a causa de un derrame de cerca de 2 toneladas de cianuro cerca del Río Barkoon que vierte sus aguas hasta el lago Issyk Kul, uno de los lagos con más turismo y atracción. Hasta la fecha se han reportado 2500 personas que presentaron principios de envenenamiento con 800 hospitalizados y 4 muertos.(http://olca.cl/oca/honduras/minerahn01.htm).

Las probables causas de un accidente en una mina donde se utilice cianuro son variadas, tales como un fallo de la represa deteniendo las piscinas, un fallo en el plástico cubriendo la cancha de rocío de cianuro, un accidente de transporte o un simple error de ser humano.

Uno de los factores importantes a cuidar tanto en la Planta de Beneficio como en la Presa de Jales, es que los sistemas contra incendios como extinguidores, no contengan CO_2, pues esto haría disminuir el pH de las soluciones cianuradas, propiciando la formación de ácido cianhídrico que es altamente tóxico.

Se implementarán procedimientos seguros de trabajo aplicables al manejo del cianuro y una difusión mediante anuncios alusivos a la seguridad, los riesgos y medidas asociadas a la sustancia.

En la Presa de Jales se presenta una descomposición del cianuro menos tóxica por la acción oxidante de los rayos del sol, el oxígeno atmosférico y los rayos ultravioleta.

En el caso del presente proyecto, el problema que pudiese ocurrir, sería un fallo en la membrana plástica de alta resistencia de la Presa de Jales o rompimiento de tubería o un tanque de lixiviación que pudiera derramar agua cianurada fuera de las instalaciones impermeabilizadas, pero como se trata más adelante, se pueden evitar fácilmente con un adecuado programa de manejo, que para este caso, viene siendo un monitoreo constante de las aguas de los pozos testigo que se coloquen en el proyecto. Cualquier fuga en dicha membrana plástica pueda ser detectada e inmediatamente y se avisará a SEMARNAT para que determine lo conducente. El Proyecto Mina Cuproro pondría a disposición de la autoridad a sus asesores especialistas en la materia para auxiliar en las labores de la contingencia e implementará el programa de modelación para ver el transporte del contaminante y determinar la manera cómo atajarlo para que no siga avanzando más tanto superficial como de manera subterránea. Dicho programa de modelación será hecho por medio del software MODFLOW 4.3 (Figura 13) que es específico para modelar contaminantes en el Medio Ambiente y genera gráficos muy útiles para observar desplazamientos de contaminantes.

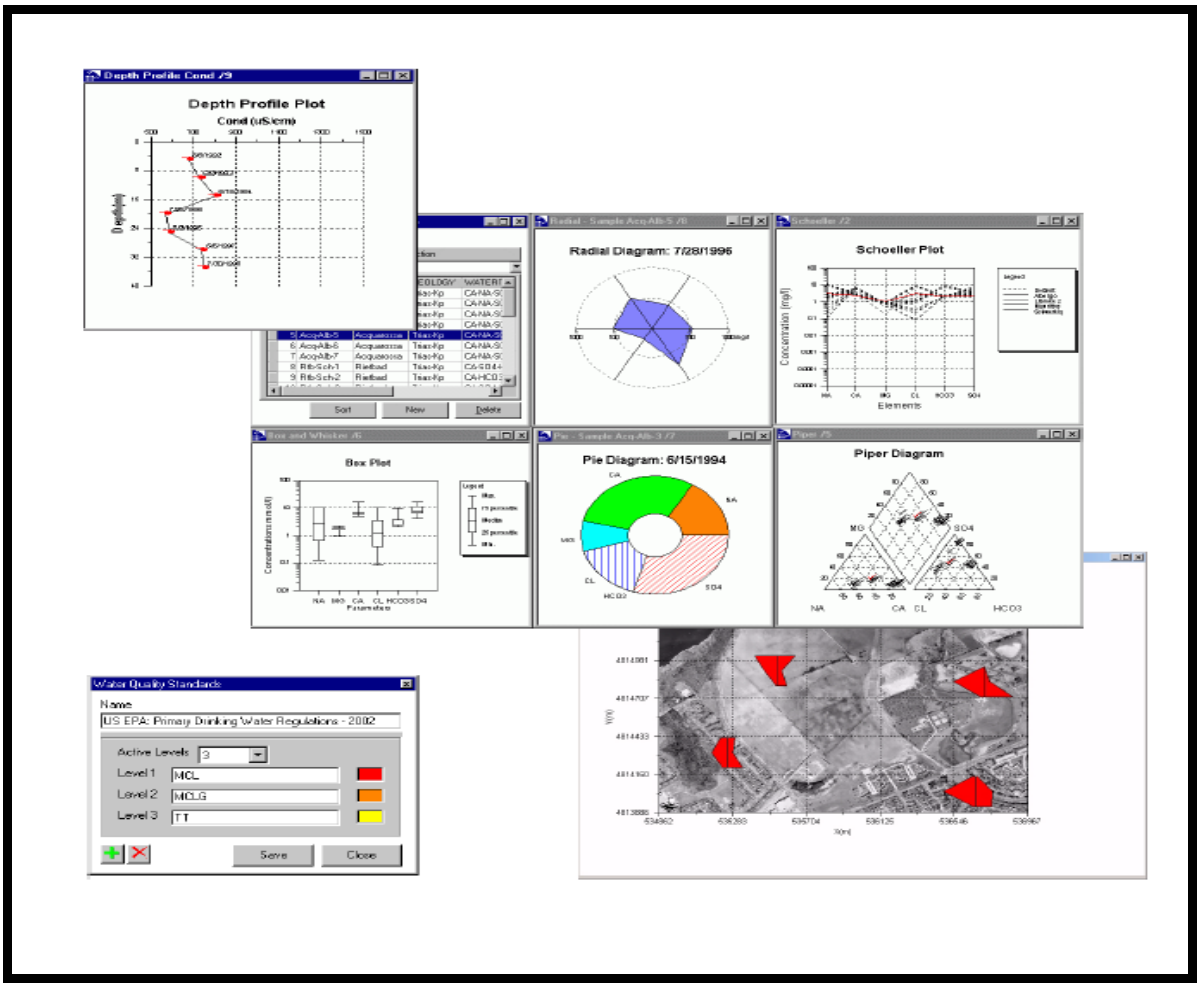


Figura 13. Gráficos generados por el software MODFLOW 4.3.

En cuanto a la posibilidad de accidentes por dispersión de nubes tóxicas con (NaCN), en la los patios de lixiviación o Planta de Beneficio o Presa de Jales, cabe señalar que es imposible por el hecho de que el NaCN (cianuro de sodio) se encuentra en estado sólido. Durante el proceso de lixiviación, el NaCN es disuelto en agua, y es necesario mantenerlo dentro de un rango de 9.5 a 10.5 de pH para evitar que el cianuro escape en forma de HCN (ácido cianhídrico), pues al pasar esto no puede disolverse el oro en el tanque de agitación, por lo que la eficiencia en la planta de beneficio baja.

Este ácido cianhídrico, si es mantenido dentro de este rango de pH, no logra pasar a la fase de vapor, por lo que no hay generación de nube tóxica.

Este proceso de regulación del pH, es uno de los puntos principales que se atienden en toda planta de beneficio. Cada hora se mide el parámetro de pH para evitar que bajen los índices extractivos del oro, ya que esto hace deficiente el proceso, por lo que es muy difícil un accidente de este tipo llegara a pasar (Manrique, 2005).

A continuación. En la siguiente figura 14, se aprecia la relación entre el pH y la formación de ácido cianhídrico (HCN).

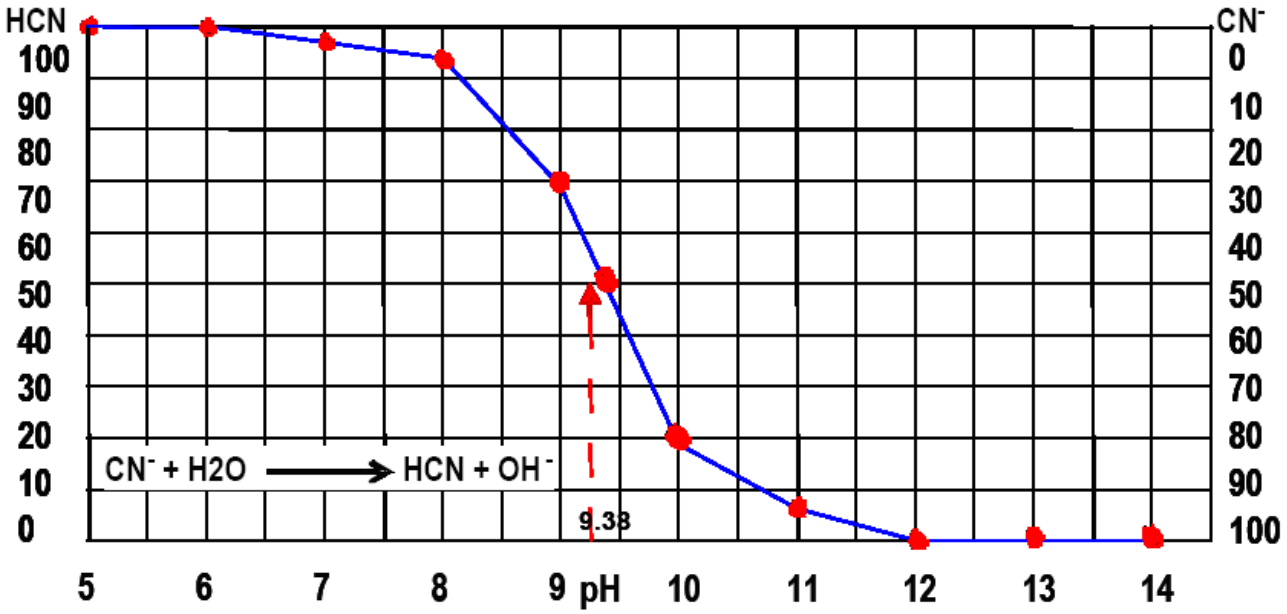


Figura 14. Relación entre el pH y la degradación del cianuro de sodio y formación del ácido cianhídrico.

Aunado a todo lo anterior, el área del proyecto se encuentra alejada de los centros poblacionales. El lugar más cercano es el poblado de San Pedro de La Cueva situado a 25 kilómetros.

A continuación, se enlistan desastres producidos recientemente por el manejo del cianuro en la minería en el mundo, en donde se puede apreciar que los accidentes son producidos principalmente por derrames accidentales del cianuro, por causas del transporte o por presas de jales.

DESASTRES RECIENTES CIANURO Y LA MINERIA DE ORO

2000	Mina de Aurul,Bai Mare, Rumania	Cien mil metros cuadrados de agua contaminada con cianuro y metales pesados se fugaron al Río Tizsa, el segundo más grande del país, cuando se falló una represa diseñada para contener los deshechos mineros. Después del accidente, se encontraron niveles de cianuro 700 veces más alto que la norma. Ochenta kilómetros del río fueron contaminados y hasta 40% de la vida biológica se murió. El agua potable de 2.5 millones de personas se contaminaron. Casi 100 toneladas de peces muertos se han pescado del río. La represa fue diseñada por una inundación del nivel que pasa solamente cada 100 años, pero se falló debajo una inundación que pasa aproximadamente cada 50 años. La Organización Mundial de Salud (OMS), está preocupada por los altos niveles de metales pesados como plomo y cadmio que pueden ocasionar graves problemas de largo plazo. El costo de limpieza se estima en hasta $250 millones.
2000	Mina de Tolukuma,Papua Nueva Guinea	Un helicóptero hizo caer una tonelada de cianuro de sodio mientras que volaba a la mina en marzo. Hasta 150 kilogramos de cianuro fueron perdidos y presuntamente se disolvió en un bosque tropical.
1998	Mina de Kumtor,Kyrgyzstan	Un camión se cayó de un puente derramando 1,762 kilogramos de cianuro de sodio en el Río Barskoon. Los informes indican que dos personas murieron envenenadas por cianuro, casi cien personas fueron hospitalizadas y mil habitantes buscaban ayuda médica. El gobierno busca $8.4 millones en compensación por daños al medio ambiente.
1998	Mina de Homestake,South Dakota, USA	Muchos peces se murieron envenenados con cianuro cuando seis o siete toneladas de desechos se cayeron en la Quebrada Whitewood.
1998	Mina de Zinc Los Frailes, España	Una represa se cayó e hizo derramar aproximadamente 1.3 billones de galones de deshechos ácidos hacia un río importante y sobre miles de hectáreas de tierras de cultivo. Hubo una matanza masiva de peces.
1997	Mina Cantera de Oro, Nevada, USA	Un fallo en la cancha donde se riegan cianuro sobre la broza provocó la fuga de un millón de litros de deshechos conteniendo cianuro, contaminando dos quebradas.
1995	Mina de Oro Omai,Guyana	Se descargaron más de 3.2 billones de litros de desperdicios contaminados con cianuro hacia el Río Essequibo cuando se desplomó una represa. Un estudio por la Organización

		Panamericana de la Salud (OPS), mostró que se murió toda la vida acuática en la quebrada de 4 kilómetros que corre entre la mina y el Río Essequibo.
1994	Mina de Harmony,South África	Una represa minera abandonada se falló y un complejo de apartamentos se inundó con lodo contaminado con cianuro. Diez mineros murieron.
1992	Mina de Oro Summitville, Colorado, USA	Descargas planificadas y fugas accidentales de cianuro y de metales pesados mataron toda la vida acuática por 27 kilómetros del Río Alamosa. Hasta ahora se ha gastado $150 millones de dólares para limpiar la zona.
1990	Mina de Echo Bay,Nevada, USA	Novecientos (900) aves murieron cuando bebieron agua de una piscina minera que contenía cianuro.
1990	Mina de Oro Brewer,South Carolina, USA	Un derrame accidental de cianuro contaminó 80 kilómetros del Río Lynches y mató más de 11,000 peces. Es probable que la presencia de peligrosos metales pesados, frecuentemente encontrados con el cianuro, contribuyera a la matanza.
1989	Mina de Richmond,South Dakota, USA	Residuos contaminados con cianuro mata 10,000 truchas en un río de los Cerros Negros de South Dakota.

Fuente: http://olca.cl/oca/honduras/minerahn01.htm

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO.

III.1 Información Sectorial

El sector minero abarca dentro de sus obras, actividades de diversos rubros ambientalmente hablando (agua, suelo, residuos peligrosos, emisiones a la atmosfera, etc.); que es regulado por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento, así también por la LGPGIR y su reglamento asociado a los residuos peligrosos que se vayan a generar por el mantenimiento del equipo asociado al proyecto. En cuanto a descargas de agua residual NO APLICA ya que no se utilizará agua en el proceso y las concernientes a las sanitarias, se usarán letrinas sanitarias de una empresa especialista.

III.2 Análisis de los Instrumentos de Planeación

Dentro del ***Plan Estatal de Desarrollo 2009-2015***, en su Eje Rector No. 4 *"Sonora Competitivo y Sustentable",* establece 6 estrategias para lograrlo; una de ellas es "Competir para Ganar" que pretende crear las condiciones óptimas para impulsar el desarrollo de las regiones de Sonora, generar empleos bien remunerados y producir bienes y servicios de alto valor agregado. Dentro de ésta estrategia, uno de sus objetivos es el 4.2.12 que establece:

Objetivo 4.2.12. *Impulsar el sector minero de la entidad, a través de la modernización y reestructuración de su actividad en el estado.*

III.3 Análisis de los Instrumentos Normativos

El proyecto es de jurisdicción federal y se encuentra normado y regulado por los siguientes ordenamientos en materia ambiental.

LEYES

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.- DOF 28 Enero de 1988. Ultima Reforma publicada DOF 5 de Julio de 2007. Sección V, Art. 28. Para ello, en los casos en que determine el reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaria:

La tendencia de desarrollo de la actividad minera en el Estado de Sonora es alta, ya que la aptitud del suelo se ha llevado durante siglos. La minería que se desarrolla tiene un amplio potencial en la pequeña y mediana escala ya que tiene regiones con alta concentración de oro y plata como son: San Felipe, San Francisco, El Plomito y San Carlos (http://www.e-local.gob.mx).

En La zona serrana de Sonora, se han venido desarrollando; además de la minería; otras actividades económicas que han dado usos diferentes al suelo, como la ganadería y la agricultura con alto nivel tecnológico en el uso eficiente del agua (riego por goteo, aspersión, etc.). Aun así, las oportunidades de trabajo para los habitantes de estas regiones son pocas. Es por eso que el Plan Nacional de Desarrollo, pone especial atención en el desarrollo regional de zonas con mayor rezago, señalando que la parte medular de la estrategia consistirá en lograr una mayor asignación entre las regiones de los recursos de inversión pública y privada, el proyecto que nos ocupa constituye una excelente oportunidad de inversión privada.

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 indica que se acentuará la diversificación económica; se propiciará una vinculación más estrecha entre las economías rural y urbana. La inversión en el rubro minero, establece esta vinculación en términos de oportunidades de empleo, demanda de insumos, captación de ingresos por la vía de impuestos por parte del sector público e impulso al desarrollo social, lo que distribuirá también al fortalecimiento de la capacidad económica y administrativa del municipio donde se ubica el sitio minero del presente proyecto.

Dentro del mismo plan, en materia de política ambiental para un crecimiento sustentable, indica que el reto de la sociedad es el de asumir plenamente las responsabilidades y costos de un aprovechamiento duradero de los recursos naturales renovables y del medio ambiente que permita mejorar la calidad de todos, propicie la superación de la pobreza y que contribuya a una economía que no degrade las bases naturales de sustentación. De forma tal, que induzca a un ordenamiento ambiental del Territorio Nacional, tomando en cuenta el desarrollo compatible con las aptitudes o capacidades ambientales de cada región, y aprovechar de manera sustentable sus recursos naturales como condición básica para alcanzar la superación de la pobreza.

Dentro de esta política de apoyo, como lo establece el Plan, busca cerrar brechas entre la región y la micro región que reciben recursos orientados a la actividad productiva de la minería, en nuestro caso.

El Plan postula que la erradicación de la pobreza y de la marginación social, se logrará solo mediante una estrategia integral que, al mismo tiempo promueva la participación de la población en actividades que incrementan su productividad y sus ingresos.

Al hacerse más lentos los procesos económicos en cuanto a su expansión efectiva hacia regiones y sobre regiones marginales y que coinciden en vías de comunicación deficientes, escasas alternativas ocupacionales, deterioro y obsolescencia tecnológica, si es que su ausencia, nulo aprovechamiento del potencial en recursos naturales, susceptibles de explotarse en términos de productividad y sustentabilidad, la marginalidad, la pobreza y el subdesarrollo de las regiones y su distanciamiento cada vez mayor de otras más desarrolladas y se convierten en un lastre para lograr equidad y justicia, así como, el acceso a niveles decorosos de bienestar de la población general y agudizada en las zonas marginadas del área rural.

El sitio susceptible de la explotación, de este proyecto, constituye una oportunidad de aportar nuevas posibilidades de empleos de aprovechamiento del recurso natural minero, de mejoramiento a las vías de comunicación, acompañado de medidas que permitan generar condiciones de sustentabilidad y progreso para la micro región dentro del área de su influencia no solo ocupacional sino con demanda de insumos para la producción.

Es pues, coincidente con la política de superación de la pobreza que marca el Plan, y que tiene como objetivo establecer las condiciones materiales necesarias para impulsar la plena incorporación de los municipios más desfavorecidos, al proceso de desarrollo social del país.

En este sentido y cuando la vocación natural de una micro región se orienta hacia el sector de actividades mineras que se enfocan básicamente a la explotación de recursos naturales no renovables, existen alternativas de estrategias compensatorias para enriquecer al medio ambiente y fortalecerlo con acciones como la sustitución de flora y fauna en su caso o promoviendo el desarrollo de técnicas de conservación de suelo que beneficiarán grandemente a terrenos áridos y degradados por erosión natural como en el ecosistema del presente proyecto.

La promoción del desarrollo y bienestar del municipio mediante la generación de expectativas futuras y políticas de inversión económicas, aseguran el empleo y la estabilización del ingreso familiar, además que constituye el enriquecimiento de alternativas de progreso sustentable, en este caso para el municipio de San Pedro de la Cueva; al que pertenece el Proyecto.

En el PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO MINERO 2001-2006, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 2003, se informa que se han presentado en Sonora hasta 3200 solicitudes para concesiones mineras de un mismo lote, debido a la gran cantidad de distintos metales preciosos que se encuentran en esta zona.

El Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora fue propuesto por la Secretaría de Infraestructura urbana y Ecología del Gobierno del Estado de Sonora y elaborado en 1996 por el Centro de Investigación y Desarrollo Ecológico de Sonora(CIDESON), posteriormente Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable en el Estado de Sonora (IMADES) y hoy Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES); presentado ante el Instituto Nacional de Ecología(INE) para su revisión, aceptación y decreto: A la fecha sin decreto respectivo y en estado de revisión.

El **Plan de Desarrollo Estatal** 2009-2015 entre sus objetivos y estrategias plantea fincar el desarrollo de largo plazo, ampliar las oportunidades de empleo, incrementar la atracción de inversiones; mantener y consolidar las ventajas competitivas y propiciar el desarrollo de las potencialidades Regionales.

Dentro del Plan Estatal de Desarrollo 2009-2015 de Sonora, se mencionan las siguientes políticas económicas para mejorar al sector primario, entre el cual se encuentra la minería.

- Impulsar en coordinación con el gobierno federal, la banca de desarrollo y las asociaciones de productores, la integración de cadenas productivas mediante el acceso a bancos de información sobre proveedores y clientes, la organización de encuentros de productores y la asesoría sobre desarrollo y financiamiento de proyectos.
- Alentar el desarrollo de proyectos agroindustriales, mediante el acceso de los productores a financiamiento, capacitación y asistencia técnica.
- Impulsar esquemas novedosos para la creación de fondos de garantía para las organizaciones productivas.
- Consolidar al sector agropecuario a través de la mayor integración de la producción, procesamiento y comercialización de sus productos.
- Fomentar la investigación aplicada en el procesamiento de materias primas para elevar el valor agregado de los productos locales.
- Consolidar el sector pesquero mediante la integración de la captura, acuacultura, procesamiento y comercialización de sus productos.
- Propiciar una mayor integración de la industria minera para elevar el valor agregado de sus productos y reducir su vulnerabilidad ante las fluctuaciones de los mercados internacionales.

Dentro de las estrategias considera una nueva visión económica y social derivada de consensos de los actores, desarrollar acciones novedosas para fortalecer la posición económica de Sonora, potenciar el Desarrollo y la Competitividad de las Regiones, mejorar los esquemas de coordinación entre los niveles de Gobierno y, diseñar alternativas de financiamiento para el desarrollo.

A nivel municipal, el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2018 de San Pedro de la Cueva, Sonora, no hace ninguna mención a las estrategias que tomará para apoyar la actividad minera en su municipio.

En cuanto a la vinculación con la Federación, se debe decir que el proyecto no se ubica en una zona decretada como Área Natural Protegida, Parque Nacional, ni como zona especial de protección extraordinaria o zona susceptible de riesgo ecológico.

El presente Proyecto Mina Cuproro de la Empresa Alex Minerales S.A. de C.V., se vincula de manera categórica a diferentes instrumentos normativos (leyes, reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas) y planes sectoriales de gobierno en los diferentes niveles.

Análisis de los instrumentos normativos.

En cuanto al marco legislativo el presente proyecto se vincula con las siguientes:

Leyes

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente, es el principal instrumento legal de política ambiental para evaluar la actividad minera. Por su naturaleza, este giro industrial corresponde al ámbito federal en materia de Impacto Ambiental. Los capítulos de la LGEEPA que tiene injerencia con la actividad son: Evaluación del Impacto Ambiental, Aprovechamiento Sustentable del Suelo y sus

Recursos, Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y Materiales y Residuos Peligrosos.

Ley del Desarrollo Forestal Sustentable

Que tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, protección, ordenación, el cultivo manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos.

Ley Minera.-

Que rige la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, así como de las salinas formadas directamente por las aguas marinas provenientes de mares actuales, superficial o subterráneamente, de modo natural o artificial y de las sales y subproductos de éstas.

Ley de Aguas Nacionales.-

Instrumento legal que regula las actividades mineras en cuanto al uso y descargas de agua a cuerpos de agua nacionales, incluyendo el agua subterránea como bien de la Nación.

Código Penal Federal.-

Dicho código se reformó el 6 de Febrero de 2002, y en donde se incluyeron los delitos ambientales.

Reglamentos.

Los siguientes son reglamentos en materias específicas que se incluyen en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente:

Reglamento en materia de impacto ambiental de la LGEEPA.-

Que determina los requerimientos e información que se deben presentar para las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos de jurisdicción federal, como son las actividades mineras.

Reglamento de la Ley General para la Prevención y control Integral de los Residuos.-

Establece las disposiciones ambientales relacionadas con la generación, almacenamiento, transporte, entrega de residuos peligrosos y disposición final.

Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.-

Establece las disposiciones y trámites necesarios para el control de las emisiones contaminantes al aire.

Reglamento de Ley de Aguas Nacionales.-

Esta Ley tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Además de establecer medidas para la prevención y control de la contaminación del agua así como del monitoreo de ésta.

Normas Oficiales Mexicanas.

Las principales normas mexicanas que aplican al presente proyecto minero, son las siguientes:

En materia de agua:

NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales

NOM-041-SEMARNAT-2006.Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-045-SEMARNAT-2006. Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

NOM-127-SSA1-1999. Que establece los límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.

NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

NOM-004-CNA-1996. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

NOM-006-CNA-1997. Para los requisitos y especificaciones de las fosas sépticas y métodos de prueba.

NOM-007-CNA-1998. Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques de agua.

NOM-008-CNA-1998. Especificaciones y métodos de prueba para las regaderas empleadas en el aseo corporal.

NOM-009-CNA-2001. Especificaciones y métodos de prueba para inodoros de uso

sanitario.

En materia de residuos peligrosos.-

NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y el listado de los residuos peligrosos.

NOM-053-SEMARNAT-1993. Que establece los procedimientos para llevar a cabo la prueba de extracción (PECT) para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-SEMARNAT-1993. Establece los procedimientos para determinar la compatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma NOM-053-ECOL-1993.

NOM-057-SEMARNAT-1993. Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Para la protección ambiental, salud ambiental, residuos peligrosos, biológico-infecciosos, clasificación y especificaciones de manejo.

NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos peligrosos.

En materia de flora y fauna.-

NOM-060-SEMARNAT-1994. Que establece las especificaciones para mitigar los efectos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

NOM-061-SEMARNAT-1994. Mitigación de efectos adversos en flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.

NOM-020-SEMARNAT-2001. Que establece los procedimientos y lineamientos que deberán observarse para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos

forestales de pastoreo.

NOM-059-SEMARNAT-2010. Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y bajo protección especial, y que establece las especificaciones para su protección.

En materia de atmósfera.-

NOM-043-SEMARNAT-1993. Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

NOM-047-SEMARNAT-2014. Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

NOM-048-SEMARNAT-1993. Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.

NOM-049-SEMARNAT-1993. Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.

NOM-050-SEMARNAT-1993. Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes, provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado del petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.

NOM-024-SSA1-1993. Que establece los criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a las partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para las partículas suspendidas totales en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

NOM-025-SSA1-2014. Que establece para salud ambiental criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM2.5 de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire.

NOM-026-SSA1-1993. Que establece los criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de plomo en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

NOM-081-SEMARNAT-1994. Que es establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de detección.

NOM-085-SEMARNAT-2011. Que establece los límites máximos permitidos de emisiones a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxidos de azufre y óxidos de nitrógenos, y los requisitos y las condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos de dióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo. Para fuentes fijas que utilicen combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos, o cualquiera de sus combinaciones.

NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005. Que establece las especificaciones de combustibles fósiles para la protección ambiental.

NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas, triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

NOM-085-SEMARNAT-2011. Contaminación atmosférica fuentes fijas.- para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.

NOM-076-SEMARNAT-2012. Que establece los niveles máximos permisibles de

emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores, con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.

NOM-077-SEMARNAT-1995. Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

NOM-047-SEMARNAT-2014. Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

NOM-041-SEMARNAT-2006. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-045-SEMARNAT-2006. Que establece las características de los equipos analizadores de humos para la verificación vehicular y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan Diesel como combustible.

<u>En materia de impacto ambiental.-</u>

NOM-120-SEMARNAT-2011. Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

En materia de recursos naturales.-

NOM-060-SEMARNAT-1994. Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de salinidad, fertilidad, y clasificación de suelos, estudio y análisis.

NOM-020-SEMARNAT-2001. Que establece los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo.

NOM-023-SEMARNAT-2001. Que establece las especificaciones técnicas que deberán contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos.

Normas Mexicanas.-

NMX-AA-139-SCFI-2008. Que establece los métodos para realizar la prueba de compuestos tóxicos (PECT). Se elaboró para determinar sí un residuo es peligroso por su toxicidad al ambiente cuando después de aplicar la prueba de extracción, el extracto de la muestra representativa obtenida contenga cualquiera de los constituyentes en concentraciones mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

NMX-AA-020-SCFI-2008. Que establece las bases para la determinación de compuestos orgánicos semi volátiles en producto de extracción de constituyentes tóxicos (PECT).

En cuanto a las referentes a la STPS.-

NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo-Condiciones de seguridad e higiene. D.O.F. 13-XII-99.

NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo. D.O.F. 8-IX-2000 (aclaración D.O.F. 2-I-2001). Acuerdo que modifica la Norma Oficial Mexicana **NOM-002-STPS-2000**, Condiciones de seguridad-Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo. D.O.F. 17-X-2001.

NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. D.O.F. 31-V-99. Aclaración a la Norma Oficial Mexicana ***NOM-004-STPS-1999***, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipos que se utilice en los centros de trabajo, publicada el 31 de mayo de 1999. D.O.F. 16-VII-99.

NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. D.O.F. 2-II-99.

NOM-006-STPS-2014, Manejo y almacenamiento de materiales-Condiciones y procedimientos de seguridad. D.O.F. 9-III-2001.

NOM-010-STPS-2014, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral. D.O.F. 26-II-2001.

NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. D.O.F. 17-IV-2002.

NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. D.O.F. 5-XI-2001.

NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. D.O.F. 27-X-2000 (aclaración D.O.F. 2-I-2001).

NOM-021-STPS-1994, Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas. D.O.F. 24-V-94 (aclaración D.O.F. 8-VI-94).

NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

D.O.F. 23-XII-99.

NOM-026-STPS-2008 Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. D.O.F. 13-X-98.

NOM-027-STPS-2008, Soldadura y corte–Condiciones de seguridad e higiene .D.O.F. 8-III-2001

Tratados y Convenios Internacionales

Convenio para la protección de la flora, fauna y las bellezas escénicas naturales de los países de América.- 20 de Noviembre de 1940. Memorándum de la primera reunión del comité conjunto México-E.U.A. para la conservación de la vida silvestre. 17 de Julio de 1975. Convenio No. 155, sobre seguridad y salud de los trabajadores y el medio ambiente de trabajo, 1981.- 22 Junio 1981. Ratificado 01 Febrero 1983. DOF 06 Marzo 1984.

Convenio No. 170, sobre la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo, 1990.- Ratificado 17 Noviembre 1992. DOF 04 de Diciembre 1992.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Inventario Ambiental

En este apartado se muestra la caracterización, descripción y análisis de elementos bióticos y abióticos, las dimensiones de las obras para conocer las condiciones ambientales actuales del lugar en donde se localizará el Proyecto Mina Cuproro y las posibles interacciones de sus actividades con el entorno natural e implicaciones de estas con el medio socioeconómico.

El objetivo principal es el de identificar las condiciones ambientales presentes, las tendencias de desarrollo, deterioro y las presiones hacia el medio, para evaluar los efectos adversos o benéficos del Proyecto con el Sistema Ambiental de la Región.

IV.1. Delimitación del área de estudio

El Proyecto Mina Cuproro, se encuentra ubicado dentro del Ejido Suaqui, Municipio de San Pedro de la Cueva, Sonora, e impactará de manera directa al entorno ambiental donde se realizarán las actividades mineras, con coordenadas UTM Datum WGS 84 x = 632148; y = 3232506. Se encuentra a una altura de 450 m.s.n.m., y cuyas dimensiones se especifican en la sección **II.1.5.** del presente estudio.

Se ubica entre los paralelos 28° 59’ y 29° 35’ de latitud norte; los meridianos 109° 15’ y 110° 01’ de longitud oeste; altitud entre 200 y 2 000 m. Colinda al norte con los municipios de Moctezuma y Tepache; al este con los municipios de Tepache, Sahuaripa y Bacanora; al sur con los municipios de Bacanora y Soyopa; al oeste con los municipios de Soyopa, Villa Pesqueira, Baviácora y Moctezuma.

Hasta el momento de la elaboración del presente estudio no se han elaborado las Unidades de Gestión Ambiental en el Estado de Sonora, salvo el de Ordenamiento de la costa Sonorense.

De acuerdo a las áreas que conforman la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, el proyecto no se encuentra ni pasa por alguna de estas zonas y no entra dentro de ningún Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET), por lo que no se le puede ubicar al proyecto dentro de la regionalización establecida por las Unidades de Gestión Ambiental.

De acuerdo con el atlas de regionalización ecológica (INE, 1993a) el área del proyecto se encuentra dentro del sistema eco geográfico Sierra Madre Occidental, dentro de la Provincia Ecológica Sierras y Cañadas del Norte.

La ocupación humana ha provocado modificaciones en el paisaje a través de los siglos. Como consecuencia de actividades de cultivo y pastoreo, llevadas a cabo por muchos años, la vegetación se presenta como un complejo mosaico que abarca desde áreas con poca perturbación, hasta áreas extremadamente alteradas por la actividad agrícola y ganadera. Los afloramientos de depósitos minerales son un factor natural de alteración de los suelos por la acción hidrotérmica.

a) Dimensiones del proyecto.

El Proyecto Mina Cuproro comprende un área total de **50.5145 hectáreas YA IMPACTADA** previamente por actividades mineras antiguas en donde las áreas de trabajo serán las siguientes:

- 4 Zonas de 20.0163 hectáreas donde se realizarán las labores de recolección de terreros y mina a tajo abierto.
- Una Zona de 30.49812 hectáreas, en donde se encontrará la Criba, Plantas Gravimétrica, Lixiviación Dinámica, Flotación, Beneficio, Presa de Jales, Patios de Lixiviación y demás obras auxiliares.

En el Proyecto Mina Cuproro no contempla la ampliación de los caminos existentes. Cuentan con el ancho suficiente para las operaciones de transporte de manera segura, de tal forma que no se ocasionará un mayor impacto del que sea necesario. Solamente se contempla la rehabilitación de caminos.

En este Proyecto, se realizaran las actividades descritas en el aparado II.2.2 de preparación del sitio y justificando dicha elección, debido a la logística de crecimiento del Proyecto, para determinar un orden en el crecimiento del mismo y por lo tanto un mejor control de las afectaciones al ambiente. Se debe abundar además, que se escogieron las áreas del presente proyecto en base a la menor afectación de los componentes ambientales. Como por ejemplo:

- Se escogió el lugar porque es una zona impactada con anterioridad por actividades gambusinas dejando montículos de terreros y excavaciones por toda la superficie, provocando esto la eliminación de la vegetación y diversidad de los lugares.
- Se escogió el lugar donde se realizará el tajo aprovechando que las escorrentías superficiales son escasas y no aportan gran volumen de agua al acuífero subterráneo. Además de que se tiene planeado una excelente obra de derivaciones para no alterar el balance hídrico de la zona. Eso sin contar con que en este sitio es donde se encuentra la mayor cantidad de vetas susceptibles de ser aprovechadas.
- Se escogió los lugares con menor valor paisajístico por las obras existentes, e inclusive el programa de restauración que se hará en el presente Proyecto, mejorará sin duda el valor de dicho componente al aumentar su diversidad por la implementación de trabajos de reforestación. Además de que se escogió el sitio por encontrarse lejos de cualquier asentamiento humano.

b) Factores Sociales.

El poblado de San Pedro de la Cueva, que es cabecera municipal, se encuentra a 25 kilómetros al Noroeste del Proyecto Mina Cuproro. Existen también algunas cuantas rancherías y poblaciones cercanas como Suaqui, Batuc y el Carrizal, que realizan algunas actividades agropecuarias, pesqueras y ganaderas importantes por los empleos que generan en la localidad.

Cuenta con bellos parajes naturales así como también es sitio de interés la presa El Novillo donde se practica la pesca deportiva y acude turismo extranjero principalmente, paseos a “La Cueva”, así como también de un balneario de aguas termales y el rio Moctezuma.

Fiestas populares:

Primer viernes de Marzo día de paseo

Fiestas y fariseos tradicionales de Semana Santa

13 de Junio Fiestas de San Antonio en Nuevo Tepupa

24 de Junio, día de San Juan

29 de Junio, Día de San Pedro

16 de Septiembre Fiestas de la Independencia de México

24 de Octubre Fiestas tradicionales de Huepari

20 de Noviembre “Aniversario de la Revolución Mexicana”

02 de Diciembre Aniversario Luctuoso de los Mártires acribillados por órdenes del General Fco. Villa.

Al llevarse a cabo el presente proyecto, impactará de manera positiva en primer lugar, a las pequeñas rancherías y poblados mencionados con anterioridad, pues el presente proyecto representa una excelente fuente de ingresos a las personas de dichos asentamientos, que se sumaría a las pocas opciones de trabajo que existen ahí.

Se debe subrayar que el Proyecto Mina Cuproro, dará a sus trabajadores un nivel de vida aceptable, ya que los empleos generados tendrán una excelente remuneración, mayor que la que se percibe en actividades ganaderas o agropecuarias en la región.

Como se ha comentado, el proyecto se localiza en el municipio de San Pedro de la Cueva, Sonora, que se encuentra a 25 kilómetros del poblado del mismo nombre, mismo, por lo que, toda la influencia socioeconómica del proyecto, tendrá más

influencia en este pequeño municipio de 1604 habitantes, ya que parte ellos se verán beneficiados directa o indirectamente al llevarse a cabo el presente proyecto. Ocupa el 1.24% de la superficie del estado. Cuenta con 145 localidades.

Se debe subrayar que el Proyecto Mina Cuproro, dará a sus trabajadores un nivel de vida aceptable, ya que se favorecerán de manera especial al personal que cuente con actitudes positivas hacia el trabajo, sin que el nivel escolar sea una barrera para eso porque pensamos que lo que cuenta en las personas es la actitud de servicio y no un título académico.

c) Rasgos geomorfoedafológicos, hidrográficos, meteorológicos, tipos de vegetación, entre otros.

El Territorio de San Pedro de La Cueva, Sonora corresponde a la región de los Valles, de la zona central del estado de Sonora. Las serranías más importantes son Las Calabazas, Batuc, Guijas y La Cieneguita.

En el municipio de San Pedro de La Cueva, Sonora, se presentan varios tipos de suelo, como son: cambisol: se localiza al norte y este, presentando fase física lítica, son suelos jóvenes, poco desarrollados, pueden tener cualquier tipo de vegetación la cual se encuentra condicionada por el clima y no por el tipo de suelo: moderado a alta susceptibilidad a la erosión; feozem: se localiza al centro del municipio, presentando fase física lítica. Tiene una capa superficial obscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, en condiciones naturales tienen cualquier tipo de vegetación. La susceptibilidad a la erosión depende de la pendiente del terreno; litosol: se localiza al este y oeste del municipio, presenta muy diversos tipos de vegetación que se encuentran en mayor o menor proporción en laderas, barrancas, lomeríos y algunos terrenos planos. Ver Figura 15. La susceptibilidad a la erosión depende de la pendiente del terreno regosol: se localiza al oeste del municipio, presentando fase física lítica. Su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado a su

profundidad, su susceptibilidad a la erosión es variable y depende de la pendiente del terreno.

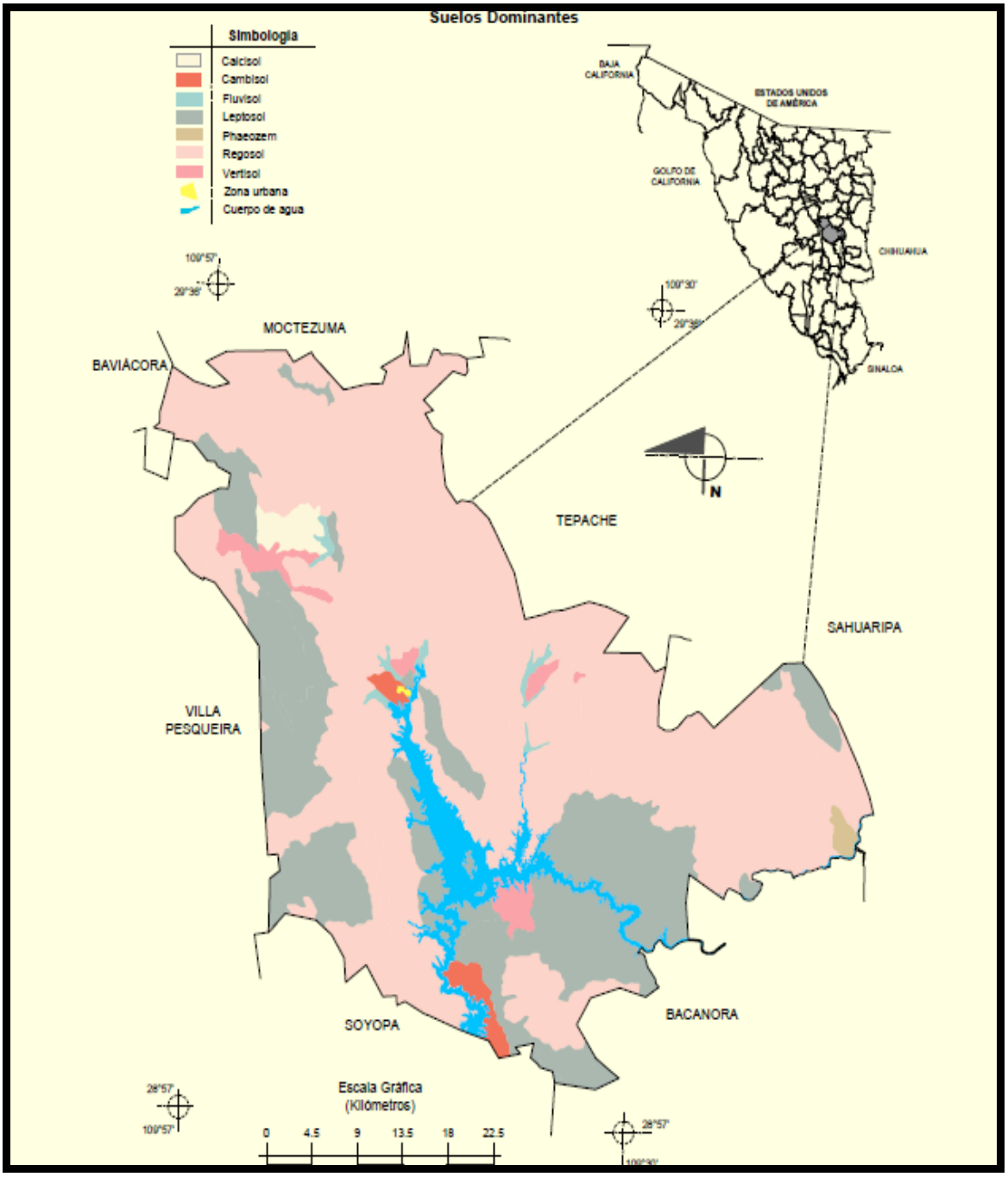


Figura 15.- Suelos dominantes en el Municipio de San Pedro de la Cueva.

Las corrientes más importantes del municipio son: el río Yaqui y el río Moctezuma que desemboca en la presa El Novillo.

El municipio se compone de dos tipos de vegetación; la selva baja caducifolia, en donde abundan especies como amapa, chupandía, tepeguajes, bonito, cazahuates, colorín, pochote y cuíramo y matorral subtropical, formado por casahuates, pepelillo, copales, vara dulce, tepame, acebuche, uña de gato, nopales, tepeguajes y garambullo. Ver Figura 16.

De la fauna municipal destacan: Anfibios: sapo, sapo verde, rana, sapo toro, Reptiles: tortuga de río, cachoras, boa, iguana de rocas, camaleón, víbora de cascabel, coralillo, Mamíferos: margay, puma, lobo, lince, nutria, ardilla, venado cola blanca, jabalí, Aves: tórtola, churea, carpintero, velloso, tordo de ojos amarillos, gavilán pollero y codorniz escamosa.
El relieve del municipio se aprecia en la figura 17.

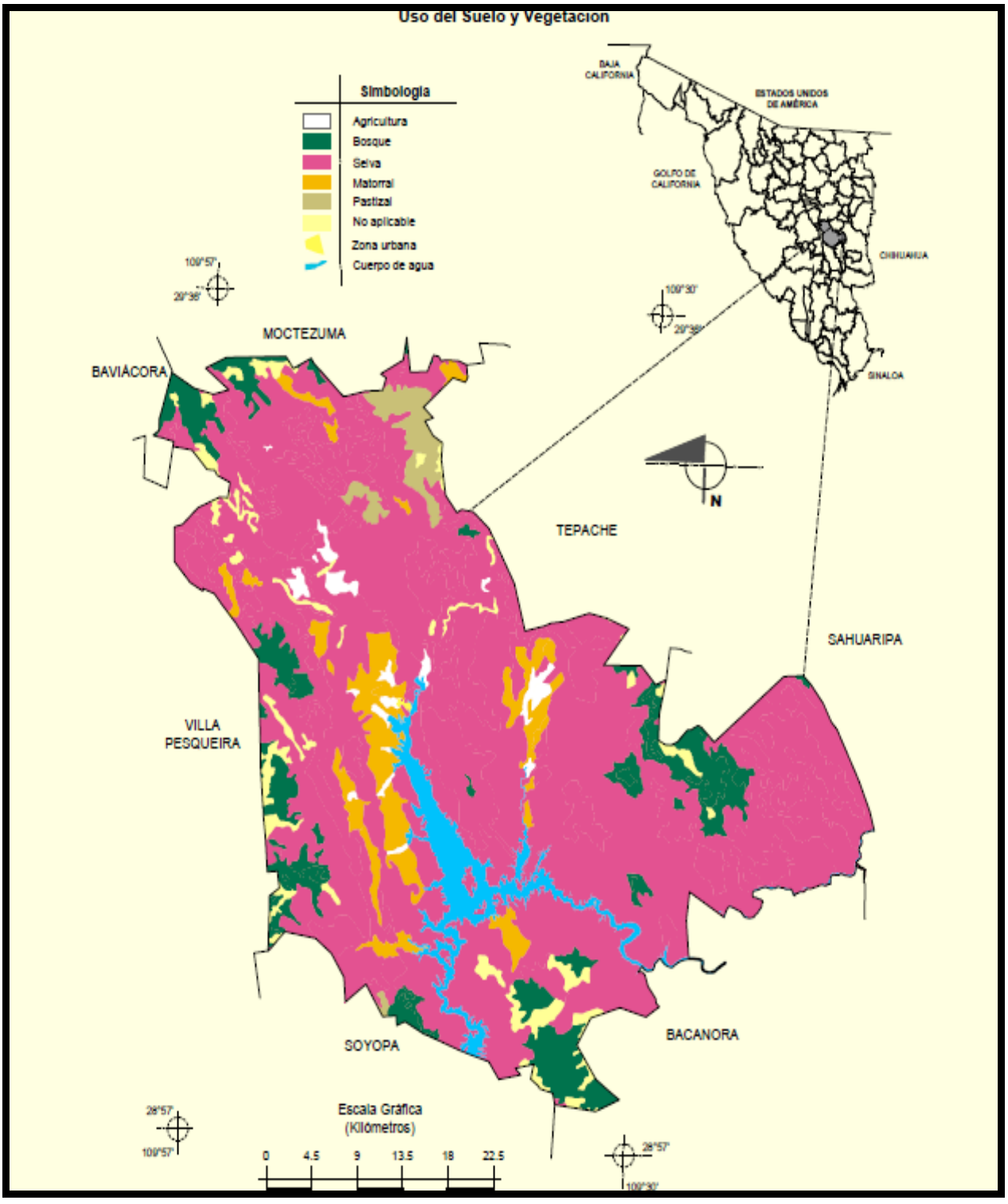


Figura 16.- Tipos de Suelo y Vegetación.

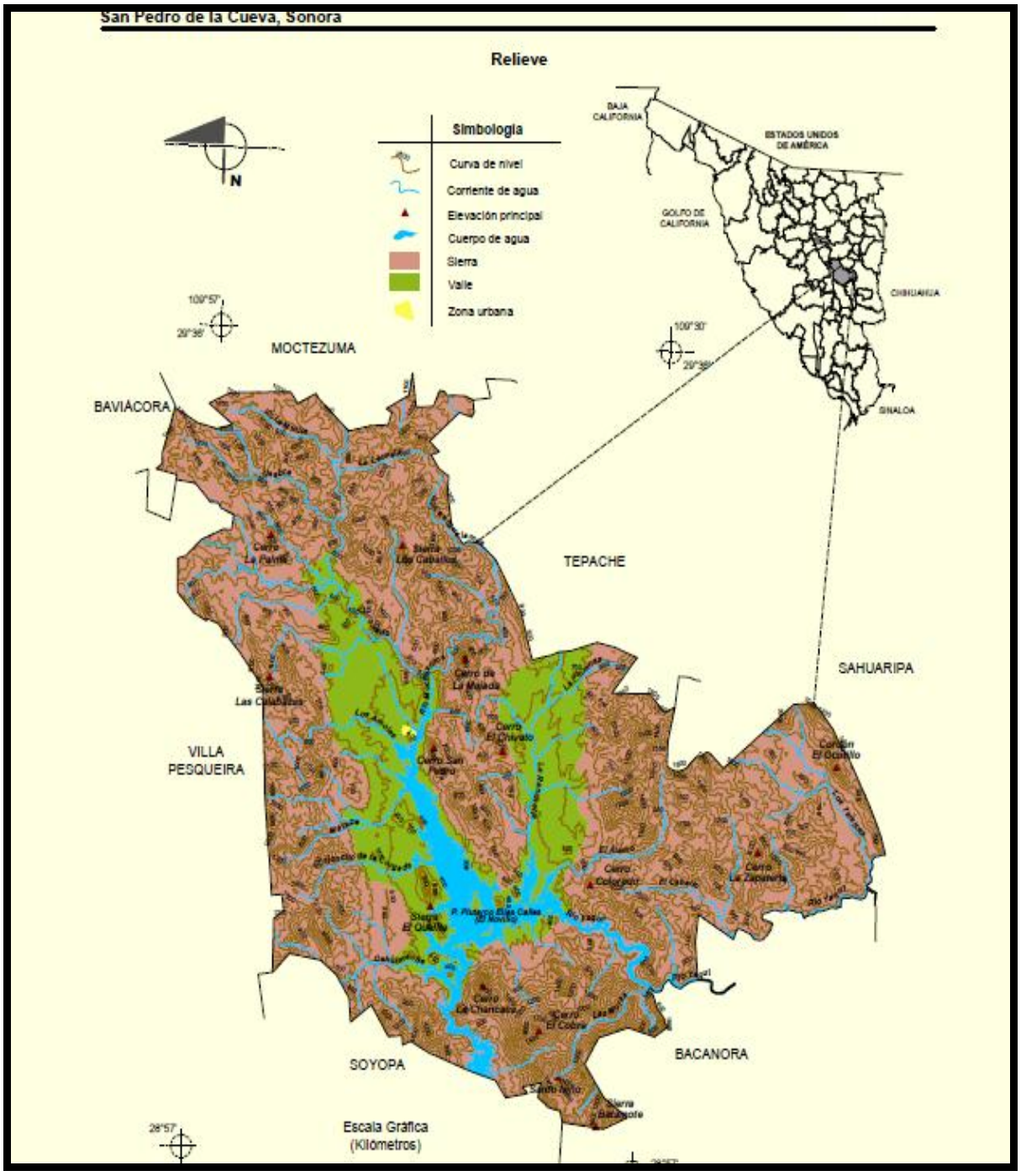


Figura 17.- Relieve del Municipio de San Pedro de La cueva, Sonora.

d) Tipo, características, distribución, uniformidad y continuidad de las unidades a ambientales.

De acuerdo al apartado de diagnóstico ambiental dentro de este Capítulo, el área del proyecto se identifica como una unidad ambiental homogénea.

Una vez puestos de manifiesto, tanto los recursos ambientales valiosos como los mayores impactos negativos del proyecto, resulta necesario expresar de alguna manera su papel específico en el ámbito de estudio.

Las unidades ambientales se definen como una unidad homogénea tanto en sus características físicas como en comportamiento o respuesta a estímulos. Las "unidades ambientales" son las zonas homogéneas de ecosistemas naturales e identifican las posibilidades y problemas para el desarrollo. Su delimitación y estructuración están básicamente concebidas en función de parámetros físicos, de humedad, temperatura, precipitación, caracterización fisonómica de vegetación, suelos y fisiografía (OEA, 2000)

En atención a la naturaleza del proyecto del que forma parte este Estudio, en la identificación, y delimitación de dichas unidades se observaron 3 características del área: el área natural, el área impactada por la actividad minera y ganadera durante décadas y el área rural. La primer área, se puede definir aquella en donde no existe ningún tipo de obra realizada por el hombre y que la diversidad de especies es acorde a la clasificación de Selva Baja Caducifolia, mientras que definiendo la segunda como el área que presenta afectación por las actividades antropogénicas, en donde se pueden apreciar minas, terreros abandonados antiguos en donde la vegetación emergente y oportunista y el tiempo ya cubrieron tales depresiones, solo pudiendo distinguirse por los terreros abandonados, y se puede apreciar la baja de diversidad en algunos sitios por efecto de especímenes invasivas que ocuparon en espacio de plantas nativas al ser afectadas por las actividades mineras. En esta misma área segunda, se pueden

apreciar actividades agrícolas y ganaderas de importancias, en donde los desmontes producidos por la apertura de praderas son evidentes. La tercera como el área rural de los poblados y rancherías cercanas, en donde las actividades principales son ganaderas.

e) Usos de suelo permitidos por el Plan de Desarrollo Urbano o Plan Parcial de Desarrollo Urbano aplicable para la zona (si existieran).

Según INEGI es el siguiente:

Uso del suelo y vegetación

Uso del suelo Vegetación	Agricultura (1.34%) y zona urbana (0.04%) Selva (73.21%), bosque (9.53%), matorral (5.96%), pastizal (1.85%) y No aplicable (8.07%)

Uso potencial de la tierra

Agrícola	Para la agricultura mecanizada continua (7.61%) Para la agricultura con tracción animal estacional (2.80%)
Pecuario	Para la agricultura manual estacional (0.79%) No apta para la agricultura (88.80%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (75.89%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (21.97%) Para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal (2.14%)

El municipio de San Pedro de la Cueva, ha determinado que el área del Proyecto es de vocación ganadera y en las Cartografía INEGI, Dirección General de Minas Fomento Minero del Estado de Sonora, lo catalogan además como de vocación minera.

IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental.

IV.2.1 Aspectos abióticos

Los datos son basados en la Estación Climatológica de San Pedro de La cueva, Sonora.

a) Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por E. García (1981), presentada por INEGI, en el área del proyecto se encuentran 3 tipos de clima que son los siguientes:

Clasificación	Descripción	Porcentaje
BS1hw	Semiárido, templado, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura 32% del mes más frío menor de18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C; con lluvias en verano del 5% al 10.2% anual.	32%
BS1h(x')	Semiárido, templado, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura 31% del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C; lluvias de verano mayores al 18% anual.	31
BSo(h')(x')	Árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22° C, temperatura del 27% mes más frío mayor de 18 °C; lluvias entre verano e invierno mayores al18% anual.	27
Otros		10

Tabla 22.- Tipos de clima en San Pedro de la Cueva, Sonora.

Temperaturas promedio.

En la Tabla 23 se pueden apreciar los promedios mensuales de temperatura y precipitación que se registran en la Estación Climatológica de San Pedro de la Cueva.

Parámetros climáticos promedio de San Pedro de la Cueva, Sonora (1951-2010) [ocultar]

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	33.5	38.5	40.0	43.5	46.0	49.5	48.0	47.0	44.0	43.0	42.0	36.0	49.5
Temp. máx. media (°C)	22.8	24.9	27.9	32.2	36.8	40.8	39.2	37.8	37.4	34.8	29.9	24.6	32.4
Temp. media (°C)	13.9	15.4	18.0	21.5	26.1	30.8	30.5	29.7	28.9	25.4	20.0	15.3	23.0
Temp. mín. media (°C)	5.0	6.0	8.1	10.9	15.4	20.8	21.9	21.5	20.3	16.0	10.2	6.0	13.5
Temp. mín. abs. (°C)	-2.5	-2.0	1.5	3.0	6.0	6.0	11.0	11.5	12.0	6.0	1.0	-5.0	-5.0
Precipitación total (mm)	33.9	17.3	9.4	4.9	5.3	24.0	155.9	118.6	52.2	22.3	18.9	46.7	509.4
Días de precipitaciones (≥ 0.1 mm)	2.9	1.7	1.2	0.5	0.3	2.3	11.7	8.5	4.7	1.9	1.6	3.6	40.9

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Actualizado el 13 de Diciembre de 2016.

Tabla 23.- Temperaturas y precipitaciones promedio.

En la siguiente figura 18, se aprecia un gráfico de la distribución de las temperaturas y precipitaciones que se registran durante todo el año en la zona del Proyecto Mina Cuproro.

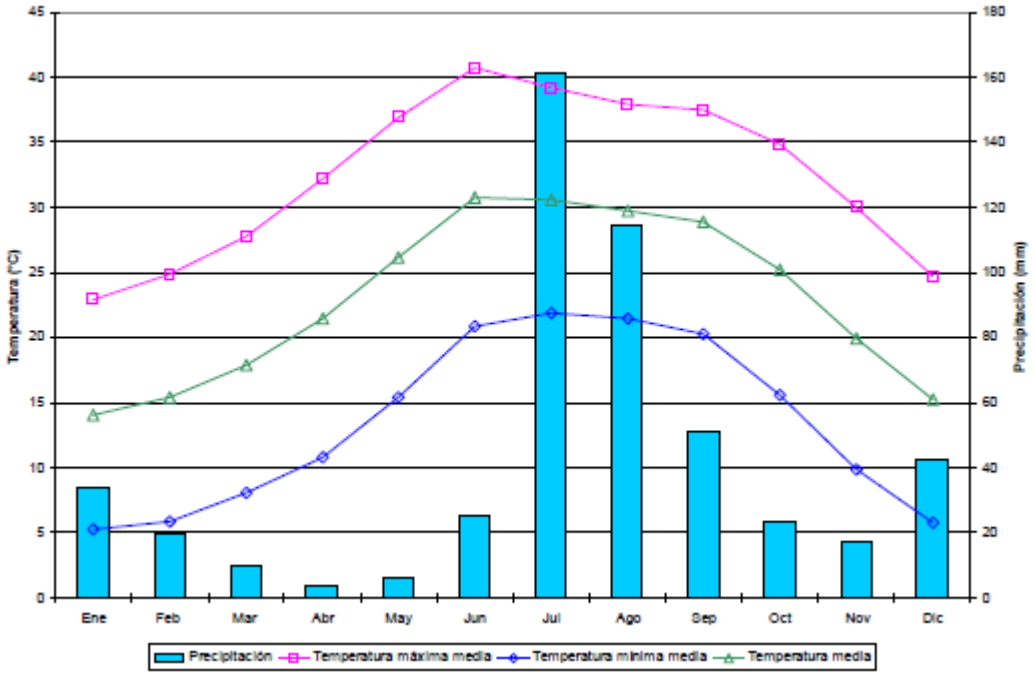


Figura 18.- Distribución de la temperatura y precipitación en la Estación de San Pedro de la Cueva.

Fenómenos climatológicos (nortes, tormentas tropicales y huracanes, entre otros eventos extremos).

Los fenómenos meteorológicos más frecuentes en la zona de San Pedro de la Cueva, no son los ciclones, huracanes o tormentas tropicales, vienen siendo principalmente vientos fuertes, frentes fríos, generalmente acompañados con granizadas.

En el año de 2011, en el mes de octubre, se presentaron heladas muy fuertes en la zona, tanto que se emitió una declaratoria de desastre natural perturbador a varios sectores productivos y el municipio de San Pedro de la Cueva fue beneficiario también de esta declaratoria presidencial.

c) Geología y geomorfología

Características litológicas del área

Geología Regional

En general el Estado de Sonora presenta un marco geológico muy complejo, con edades que varían del Precámbrico al Reciente y una gran heterogeneidad litológica, predominando las rocas ígneas, representadas en la Sierra Madre Occidental; por rocas extrusivas hacia el oriente y las intrusivas aflorando en todo el estado, destacando las de composición ácido e intermedio. Mientras que las rocas sedimentarias tanto continentales como marinas, se encuentran distribuidas desde Caborca y Agua Prieta hasta Sinaloa.

Por último las rocas metamórficas afloran principalmente en la porción noroeste y los sedimentos recientes se encuentran formando la llanura Sonorense. Esta región se ha visto afectada por una serie de eventos geológicos a lo largo del tiempo, como es la Orogenia Mazatzal de edad Proterozoico Temprano que fue la causante del metamorfismo regional (complejo Bámori), posteriormente, se depositó una secuencia carbonatada clástica del Proterozoico Tardío en zonas de plataforma de aguas someras.

Durante el Paleozoico hay una etapa de estabilidad tectónica, depositándose secuencias sedimentarias de facies de plataforma. Posteriormente durante el Triásico Tardío-Jurásico Temprano se genera un arco magmático, produciendo un metamorfismo regional.

Para el Cretácico Inferior se inicia una trasgresión marina, con una fase compresiva durante el Cretácico Medio, que provoca el plegamiento de la secuencia del Cretácico Inferior y terrenos de la faja volcánica Jurásica. En el intervalo entre el Cretácico Inferior y el Terciario Inferior se presenta la Orogenia Laramide con una etapa magmática

asociada. Este evento origina el emplazamiento durante el Cretácico Tardío-Terciario Temprano, de un importante conjunto volcano-plutónico.

La tectónica distensiva que origina la apertura del Golfo de California y la formación de la Provincia de Sierras y Valles Paralelos se considera del Mioceno Temprano.

Finalmente los procesos de erosión, eventos compresivos menores y erupciones por fisuras profundas, producen el desarrollo de depósitos no consolidados de aluviones y terrazas del Mioceno al Reciente.

De acuerdo a su contexto tectónico circundante el área de interés se encuentra dentro del terreno tectonoestratigráfico Cortés (Coney y Campa, 1983, citado por INEGI, 2003). Hacia la porción sureste de la carta se localizan afloramientos de rocas constituidos por arenisca y lutita con intercalaciones de conglomerado polimíctico, limolita y lutita carbonosa correlacionables con rocas del Grupo Barranca, específicamente con la Formación Santa Clara (TRsAr-Lu), del Triásico Superior. Estratigráficamente está sobre yacida, en forma discordante, por rocas de origen volcánico pertenecientes a la Formación Tarahumara. Se conoce por literatura que durante el Jurásico prevaleció un evento denominado orogenia Nevadiana, durante el cual ocurrieron grandes desplazamientos laterales con rumbo NW-SE, que produjeron cuencas tipo "Pull Apart", con fallamiento normal asociado de rumbo NW-SE, y la posterior depositación de grandes secuencias de sedimentos continentales y marinos en cuencas relacionadas a la apertura del golfo de México, de las cuales no se tiene registro alguno dentro de la carta. Durante el Cretácico tardío inicia la orogenia Laramide y se extiende hasta el Terciario temprano. Los rasgos principales de este evento consisten en levantamientos del basamento arqueado y limitado por fallas, junto con los cuales se desarrollaron cuencas intermontanas que se rellenaron por la erosión de partes levantadas. En la región esta orogenia se caracteriza por una fase de compresión, originando un arco magmático y su consecuente arco volcánico, evidenciado por el emplazamiento de

cuerpos intrusivos de dimensiones batolíticas y de rocas de índole volcanosedimentario de la Formación Tarahumara (KsA-TA). Los afloramientos de esta última se encuentran ampliamente distribuidos en diferentes localidades de la carta, siendo la unidad litológica que más aflora, cubriendo gran parte de la carta. Sobreyace, discordantemente y por contacto tectónico, a la secuencia del Paleozoico y a los sedimentos triásicos del Grupo Barranca, está cubierta, discordantemente y por contacto tectónico, por rocas volcánicas de la Formación Lista Blanca, sedimentos de la Formación Baúcarit del Mioceno y por los conglomerados del Pleistoceno. También se encuentran afloramientos de rocas plutónicas de composición granítica y granodiorítica (KsTpaGr-Gd), que afectan a las rocas ordovícicas, sedimentarias del Grupo Barranca y a las volcánicas de la Formación Tarahumara y están sobreyacidos por las rocas volcánicas del Oligoceno, conglomerados de la Formación Baúcarit y por los conglomerados del Pleistoceno. A principios del Eoceno, y hasta el Oligoceno, se genera un arco magmático continental, el cual es acompañado de cúpulas graníticas de menor magnitud que originan apófisis y troncos de diferentes composiciones que afectaron a las rocas anteriores; en la carta este evento está representado por las unidades litológicas TeoPR, TeoPA, TeoD y TeoqMz. El Mioceno está representado por sedimentos continentales de la Formación Baúcarit (TmCgp-Ar), los cuales rellenan fosas de gran magnitud producidas por el evento distensivo denominado Cuencas y Sierras, caracterizado por fallamiento normal de alto y bajo ángulo con rumbo preferencial NW-SE, conformando bloques levantados y escalonados y valles elongados, en donde también se genera, sintectónicamente, vulcanismo de composición bimodal de características fisurales (TmA-Da y TmR-TR). Las rocas del Cuaternario están representadas por conglomerado polimíctico-arena (QptCgp-ar) y arena-limo (Qptar-lm), de edad Pleistoceno y depósitos de aluvión de edad Holoceno (Qhoal). La interpretación del modelo digital de elevación nos muestra que la carta se conforma principalmente por una gran semi-fosa, la que al parecer tiene dimensiones regionales y cubre toda la parte central de la carta, esta estructura está constituida por

otras estructuras menores representadas por un sistema de fallas normales escalonadas de rumbo N-S.

Para referencia del presente trabajo los bloques se denominaron de la bloque Chichiquelite al alto tectónico y al bajo Mbloque Nicaragua, ambos ubicados en la parte poniente de la carta. Ambos bloques tienen un rumbo N-S. La gran semi-fosa fue nombrada como Suaqui Grande y, también presenta una orientación N-S, está delimitada hacia el oriente por lineamientos que están orientados N-S y nombrados como bloques Capulín, Santa Cruz, La Cieneguita y Las Varilleras. Hacia el margen oriente de la carta se conforman dos semi- fosas denominadas una El Obispo, la cual tiene una orientación NE-SW y se extiende hacia el mismo rumbo y la otra El Quemado, ubicada en la esquina sureste con orientación preferencial N-S, separadas por un pilar tectónico al que se le denominó Sayula, el cual es un bloque irregular de tendencia NW-SE. En cuanto a yacimientos minerales se identificaron Suaqui Grande, Suaqui Verde, Guadalupe y dos áreas 4 Hermanos y Las Guásimas. La zona mineralizada Suaqui Grande se ubica en la porción centro-noroeste de la carta, en donde la gran mayoría de los yacimientos se hospedan en rocas volcánicas y volcaniclásticas de la Formación Tarahumara, así como en rocas intrusivas de composición diorítica. En esta zona se localizan importantes yacimientos minerales de tipo metálico y no metálico. Los principales minerales de mena, con contenidos de Au, Ag, Cu, Pb y Zn, son oro libre, argentita, galena, pirita y calcopirita, además del oro de placer. Las alteraciones observadas son principalmente oxidación, sericitización y silicificación. Destacan por el contenido de minerales de interés económico los depósitos vetiformes El Ombligo con 8.6 g/t de Au, 15 g/t de Ag, 0.06 % de Cu y 1.8 % de Pb; Cecy con 1.8 g/t de Au, 6.05 g/t de Ag, 0.6 % de Cu y 0.008 % de Pb; San Joaquín con 10.4 g/t de Au, 187 g/t de Ag, 0.42 % de Cu y 0.6 % de Pb; La Cardeleña con 5.2 g/t de Au, 91 g/t de Ag, 1.8 % de Cu y 0.5 % de Pb y Águila Suaqui con 0.97 g/t de Au, 83 g/t de Ag, 0.03 % de Cu y 0.04 % de Pb. La zona mineralizada Suaqui Verde se localiza en la porción centro-este de la carta. Su ambiente geológico está representado por rocas volcánicas de composición

intermedia de la Formación Tarahumara, las cuales sobreyacen a rocas de la Formación Santa Clara, representadas por arenisca y lutita. Están afectadas por rocas intrusivas de carácter granito-granodiorita del Cretácico Superior-Paleoceno y por pórfidos andesíticos del Paleoceno, lo que produce zonas con moderada a fuerte oxidación y ligera a moderada alteración sericítica y silicificación. Los yacimientos minerales son de ambiente epitermal-mesotermal, de origen hidrotermal, en forma de vetas, brechas y diseminados con oro libre. Los minerales representativos que contienen los elementos de Au, Ag y Cu son argentita, galena, pirita, calcopirita, malaquita, turquesa, crisocola y esfalerita en una ganga de cuarzo, turmalina, hematita y limonita. Las rocas receptoras son andesita, pórfido andesítico y caliza. Dentro de la zona se tienen, entre minas, minas abandonadas, manifestación mineral y prospectos, 17 cuerpos mineralizados tales como Suaqui Verde, Templo 4, El Echal, El Tordillo, Santa Cruz, El Sapo, Suaqui Verde II, Las Planchas, El Tarais, Sombrerete, Piedra Blanca, Agua Nueva, Las Ánimas, La Ventana, San Lorenzo I, San Lorenzo II y La Tinaja. De los anteriores depósitos Suaqui Verde con 24 g/t de Ag y 6.95 % de Cu; Templo 4 con 1.5 g/t de Au, 2.5 g/t de Ag, 5.7 % de Cu y 9 % de Pb; El Tordillo con 1.4 g/t de Au, 28 g/t de Ag y 0.12 % de Cu y Sombrerete, con 4.8 g/t de Au, 390 g/t de Ag, 30.5 % de Cu y 0.24 % de Pb. La zona mineralizada Guadalupe se localiza hacia la porción noreste de la carta. El contexto geológico está representado por la unidad de andesita y toba andesítico de la Formación Tarahumara del Cretácico Superior, la cual está intrusionada por la unidad de granito-granodiorita de edad Cretácico-Terciario, y por pórfidos de composición andesítica y riolítica de posible edad Eoceno- Oligoceno. También se tienen rocas sedimentarias conglomeráticas correspondientes a la Formación Baúcarit, así como rocas de carácter dacítico de edad Mioceno. La mineralización existente encajona en rocas de la Formación Tarahumara y en los pórfidos andesíticos. Los tipos de yacimientos minerales comprenden vetas, brechas y zonas de placer con mineralización de pirita, calcopirita, malaquita, galena, esfalerita, acantita, turmalina, hematita, limonita y cuarzo con contenidos de Au, Ag, Cu, Pb y Zn. El agente mineralizante se atribuye a los cuerpos porfídicos de edad Eoceno-Oligoceno.

Entre los depósitos en forma de veta más atractivos están las minas abandonadas La Troja con 0.17 g/t de Au, 555 g/t de Ag y 0.2 % de Pb; Lidia Enriqueta con 0.17 g/t de Au, 317 g/t de Ag, 1,2 % de Pb y 0.28 % de Zn. Entre los depósitos minerales en forma de stockwork, susceptibles de contener valores atractivos de Au, Ag y Cu, están los prospectos Yaquis y Baúles, ambos con valores bajos de Au, Ag, Cu, Pb y Zn. Los placeres se localizan en sedimentos limo-arenosos recientes, destacando el placer Piñuelas. El área mineralizada 4 Hermanos se localiza en la porción centro-este del área de estudio y corresponde con la continuación de la zona mineralizada 4 Hermanos, que se ubica en la carta La Dura H12-D75, realizada por el Consejo de Recursos Minerales (SGM). El atractivo de esta área es que se tiene la continuidad del yacimiento mineral relacionado al sistema pórfido Cu-Mo, el cual penetra en una pequeña porción a la carta objeto de este estudio, manifestándose como una zona de alteración de óxido de hierro-sericita. En el renglón de depósitos no-metálicos tenemos el área mineralizada Las Guásimas, la cual se localiza en la porción noroeste de la carta, sus unidades litológicas corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Lista Blanca, constituidas principalmente por riolitas y dacitas del Mioceno, las cuales sobreyacen a rocas conglomeráticas de la Formación Baúcarit y a un intrusivo terciario de composición diorítica. En esta área se tienen yacimientos de tobas zeolíticas (puzolana), en la unidad de riolita-toba riolítica del Mioceno, los cuales fueron explotados hace aproximadamente 5 años para introducirla a la cementera Portland para la elaboración de cemento. La carta presenta gran potencial geológico-minero de interés económico, definiéndose que en la zona mineralizada Suaqui Verde y el área mineralizada 4 Hermanos es conveniente explorar por yacimientos tipo pórfidos auro-cupríferos, ya que presentan zonas de alteración hidrotermal con mineralización que contiene valores anómalos de oro y cobre en forma diseminada, en brechas y vetas. En el área mineralizada Suaqui Grande se recomienda prospectar, por yacimientos epitermales vetiformes de Au, Ag, Cu y Pb, las áreas de los prospectos Niño Dios y Los Cochis. La zona mineralizada Guadalupe presenta, casi en su totalidad, condiciones

favorables para la exploración de depósitos de tipo vetiformes y brechas con contenidos de Au, Ag, Cu, Pb y Zn.

Local.

En cuanto a los períodos geológicos encontrados en la zona de San Pedro de La Cueva, pueden definirse algunos como: Terciario (66.14%), Cretácico (13.87%), No definido (10.16%), No aplicable (4.60%), Neógeno (3.44%), Cuaternario (1.53%), Paleógeno (0.26%).

En cuanto al tipo de roca existen: Ígnea extrusiva: riolita-toba ácida (39.83%), toba ácida (6.33%), andesita (3.90%), basalto (3.05%), riolita (1.98%). Sedimentaria: conglomerado (17.78%), caliza (17.54%), arenisca-conglomerado (1.80%), lutita-arenisca (0.73%), caliza-lutita (0.16%). Ígnea intrusiva: granito (1.95%). Suelo: aluvial (0.34%) y No aplicable (4.60%)

La fisiografía del área de estudio Todos Santos corresponde a la parte noreste de la sierra Santo Niño, que queda comprendida en la Subprovincia Fisiográfica de Sierras y Valles Paralelos. Esta sierra tiene una dirección NW-SE, y está constituida por rocas sedimentarias (calizas y lutitas) del Paleozoico e intrusiones dioríticas y graníticas del Cretácico-Terciario. La topografía es abrupta y el relieve accidentado, con elevaciones que van desde los 400 msnm a un máximo de 2000 msnm.

En la siguiente figura 19 se aprecia el plano geológico de la zona del proyecto, mientras que en el plano 4 del Anexo 6 se presenta dicho plano con la explicación de las estructuras geológicas de la zona.

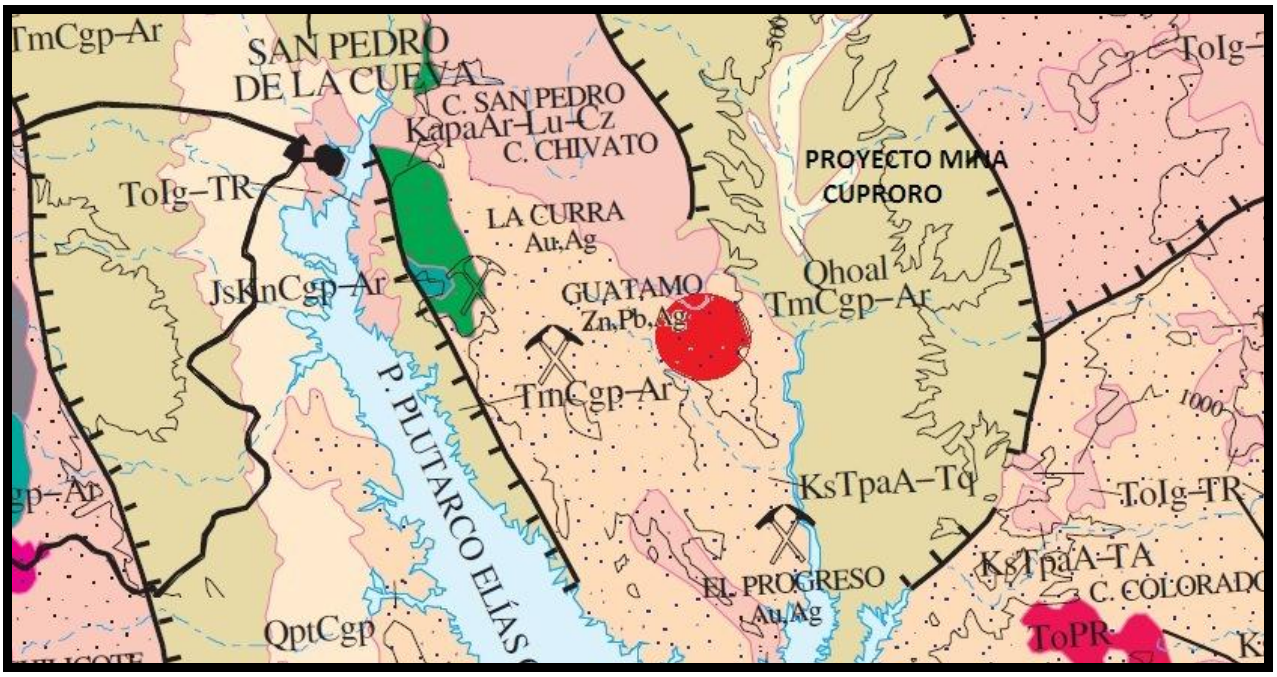


Figura 19.- Plano geológico de la zona del Proyecto Mina Cuproro. Carta Geológica Minera de Sonora.

Sismicidad.

El sitio del proyecto está localizado aproximadamente a 125 km del inicio de la placa tectónica continental, lo que permite catalogarlo como de nula a muy poco probable sismicidad. Excluyendo la distancia mencionada, el norte de México es relativamente asísmico.

En un radio mayor a 150 km alrededor del sitio del proyecto, se tienen registrados sismos de diferentes magnitudes. De acuerdo al Sistema Sismológico Nacional, no habiéndose presentado sismos en la última década.

La alta actividad sísmica en México se atribuye generalmente a la zona activa a lo largo de la costa sureste que está asociada con una serie de fallas y epicentros alrededor del contacto entre las placas tectónicas del Pacifico y Norteamericana (Figura 20).

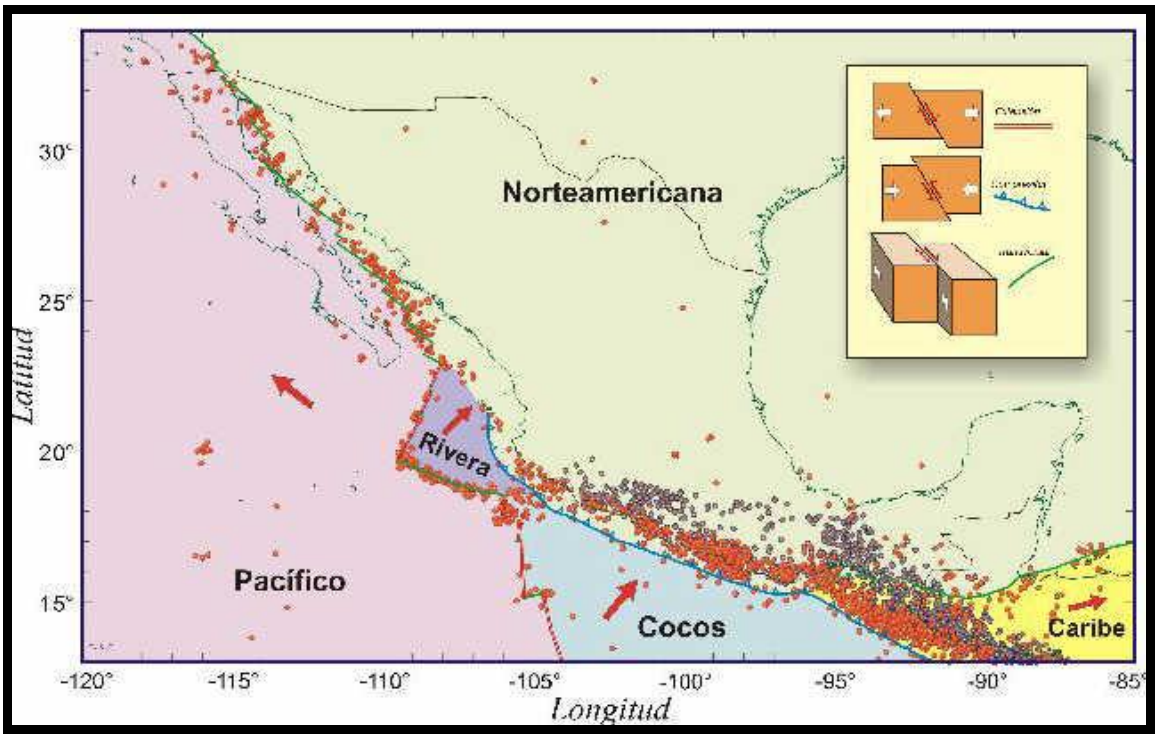


Figura 20.- México entre placas.

Para efectos de diseño antisísmico, el Servicio Sismológico Nacional dividió a la República Mexicana en cuatro zonas sísmicas (Figura 21); y tomando como base esta zonificación se deduce que el Proyecto está localizado en una zona asísmica, la cual se caracteriza por presentar sismos no tan frecuentemente.

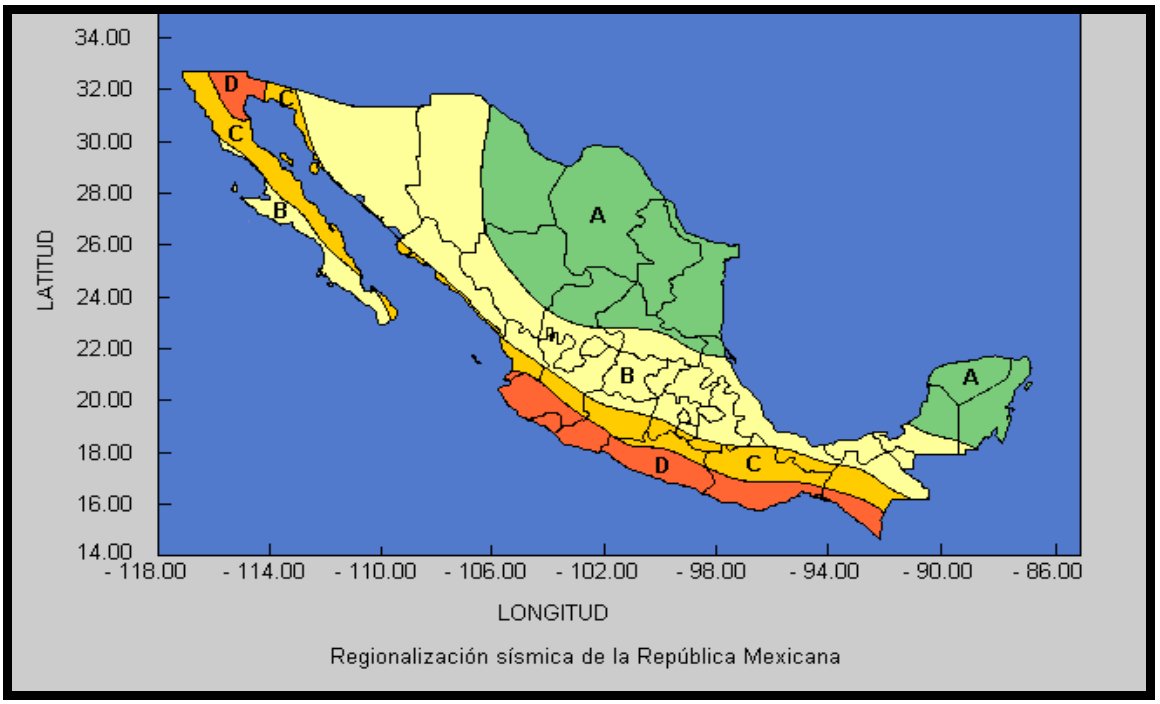


Figura 21. Zonas Sísmicas.

De acuerdo a. la categorización realizada *por e*l *Global Slsmic Hazard Assessment Program,* el proyecto se ubica en una zona en la que se esperaría una máxima aceleración del suelo entre 0.4 y 0.8 m/s^2, esto es aproximadamente al rango entre 4 y 8% de la aceleración de la gravedad.

Se puede concluir que el Proyecto Mina Cuproro está localizado en una zona de bajo riesgo de sismicidad. Las características litológicas, tectónicas, edafológicas, geomorfológicas y fisiográficas del sitio del proyecto, presentan condiciones estables que no amplificarían o agravarían los efectos de un movimiento telúrico en el caso de que ocurriese un evento que afecte al área, lo que hace más extrema la probabilidad de afectaciones al entorno natural y humano por eventos sísmicos.

Actividad volcánica

En México han sido trece los volcanes que han producido erupciones en tiempos históricos, actividad originada por la dinámica en la zona de subducción del Pacífico, las fallas Montagua-Polochic, la falla Rivera y la reactivación de la falla que de este a oeste configura el Eje Neovolcánico Transmexicano (Plan de contingencias del volcán Popocatépetl, Puebla 1995) Ver figura 22.

No existe actividad volcánica dentro del área de influencia del proyecto y la que existió se restringe en términos evolutivos al periodo volcánico terciario.

Figura 22.- Mapa que muestra las zonas geográficas de actividad volcánica en México, durante los últimos años, volcán de Colima y volcán Popocatépetl.

Otros fenómenos

La pendiente moderada del área del Proyecto, aunado al clima seco y a las características geológicas del área resultan en condiciones de buena, se puede considerar de baja susceptibilidad para ocurrencia de movimientos tales como derrumbes, flujos de lodos, deslizamientos de rocas y tierra, siempre y cuando la cubierta vegetal sea conservada.

Asimismo, la probabilidad de inundación es muy baja por el buen drenaje del área además de que no se encuentra localizado en arroyos de gran caudal. Las cabeceras de los arroyos existentes se dan en las cercanías del sitio del proyecto, por lo que la cantidad de agua que se colecta es relativamente pequeña y por tanto no representa riesgo de inundación.

c) Suelos

En el Plano 5 del Anexo 6 se muestra el plano edafológico del área del Proyecto Mina Cuproro tomado de la Cartografía Digital INEGI en su Versión V6.0, en donde se puede apreciar que el 100 % del terreno del proyecto se encuentra dentro de suelos tipo Leptosol y al Este y Oeste del proyecto es del tipo Regosol.

D) Geohidrología e hidrología superficial y subterránea

La Cuenca Río Yaqui es hidrológicamente la Cuenca más importante en el estado de Sonora. Queda comprendida dentro de la Región Hidrológica RH9 Sonora Sur, la cual tiene un área de cuenca de 78,356 km^2, de los cuales 74,529 km^2, están en territorio nacional y 3,827 km^2 en territorio estadounidense. La corriente superficial más importante es el río Yaqui que nace en el estado de Chihuahua, tiene como sus afluentes principales a los ríos Aros, Bavispe y Moctezuma, y su desemboque en el Golfo de California.

Propiamente el río Yaqui nace en la confluencia de los Ríos Bavispe y Papigóchic, aguas abajo de la presa “La Angostura”. El volumen medio anual escurrido es alrededor de 2,800 millones de m^3, presentándose los mayores gastos con las lluvias de verano en la parte alta de la sierra, sin dejar de tener importancia las lluvias de invierno y las nevadas. Se considera que el Río Yaqui termina su escurrimiento en la presa Álvaro Obregón. El río Yaqui representa una tercera parte del territorio estatal y en algunas zonas serranas, alcanza elevaciones de hasta 3000 m.s.n.m.

La cuenca del Río Yaqui colinda en su parte noroeste con la cuenca del río Sonora y al suroeste con la cuenca del río Mátape. En la porción sur-central está limitada por la cuenca del río Mayo a lo largo de su límite, es vecina de las Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes). La cuenca de esta corriente es rica en recursos forestales, mineros, hidroeléctricos y agrícolas.

El Río Yaqui drena la cuenca del mismo nombre, en una superficie de 71,452 km^2 hasta la presa Álvaro Obregón y 40,368 km^2 hasta la presa Plutarco Elías Calles (El Novillo) que representan el 56 % del total.

En la zona, se registra una precipitación que varía de 1800 mm en la zona serrana, hasta 200 mm en la parte baja. La precipitación media en el valle es de 280 mm. Tiene una precipitación media anual de la cuenca es de 511 mm y un coeficiente de escurrimiento de 7.9%, de acuerdo a datos de la Comisión Nacional del Agua.

De los registros de precipitaciones, se presenta una disminución a partir de 1995 para iniciar un periodo de sequía hasta el 2006, con años extremadamente secos como en los años 1999, 2002 y 2003, este último afectó las disponibilidades de agua en las presas en el 2004.

El volumen de escurrimiento medio anual del Río Yaqui es de 3290 Hm^3. Su gasto medio regulado por el sistema hidráulico del control de presas es de 200,000 m^3/mes. El Río Yaqui tiene dos principales tributarios, los cuales nacen en la parte alta de la Sierra Madre Occidental, ambos son corrientes perennes; el primero es el Río Papigochic y el segundo el Río Sirupa que nace en al Estado de Chihuahua y, aunque cambia el rumbo bruscamente, mantiene una dirección preferencial SE-NW, tomando el nombre de Río Aros al entrar a la jurisdicción de Sonora y uniéndose a la corriente del Río Bavispe, aguas arriba de la Presa Plutarco Elías Calles, para formar el Río Yaqui.

El tributario principal, el Río Bavispe, nace en la misma sierra unos 200 km al norte; entra al estado de Sonora y se une al Río Agua Prieta que nace en el Estado de Arizona, E.U.A., manteniendo el mismo nombre hasta que a su vez confluye con el Río Aros y toma el nombre de Río Yaqui. A 100 km al norte de esta confluencia y sobre el Río Bavispe se encuentra la Presa La Angostura, que almacena 1,270 millones de m^3.

Conforme a los principales regímenes de captación, la presa de la Angostura es una presa de invierno, lo que significa que cuando se recupera esta presa es en esta estación tanto por lluvias como por nevadas. Las demás presas, la Plutarco Elías Calles (El Novillo) y la presa Álvaro Obregón (Oviachic) se consideran como de verano.

Por ello, dentro de las políticas locales de operación hidroagrícola es muy importante manejar la presa Plutarco Elías Calles con la mayor capacidad posible, porque es la que menor evaporación presenta debido a que el vaso se localiza en un sitio encañonado. Los vasos de las otras presas son más abiertos y presentan mayores pérdidas por este concepto, entonces lo conveniente para los usuarios agrícolas es, de ser posible, tener el máximo de agua en la presa Plutarco Elías Calles, para disponerla conforme al plan de riegos, con previa generación de energía eléctrica.

Las aguas de este sistema de presas se destinan principalmente al riego de tierras agrícolas del Valle del Yaqui, a los aprovechamientos agropecuarios en la cuenca alta, a la generación de electricidad en la presa Plutarco Elías Calles y al uso urbano en Cajeme y algunas localidades del Valle. La infraestructura de riego de la cuenca se encuentra concentrada en los Distritos de Riego existentes que son: 083 Papigochic en Chihuahua, 018 Colonias Yaquis, 041 Río Yaqui en Sonora y 386 Urderales. La cuenca del río Yaqui no tiene problemas de sobreexplotación en los acuíferos como se presenta en la mayoría de las cuencas hidrológicas del estado de Sonora.

La zona del Río Sonora tiene una extensión de 281 km2, se ubica en la parte centro septentrional del estado y al norte de la región hidrológica Nº 9 Sonora Sur. El valle del Río Sonora presenta una forma alargada de orientación norte-sur suroeste, lateralmente está rodeado por elevaciones impermeables entre las que sobresalen las Sierras Bellotal y Verde, en el extremo este, y la de Aconchi en el oeste.

El acuífero de esta zona es de tipo libre con valores de transmisibilidad que varían entre 1 X10-3 y 8 X 10-2 m2/seg., emplazado en depósitos aluviales recientes constituidos por boleos, gravas, arenas, limos y arcillas, con una profundidad máxima de 60 m y espesores saturados no mayores a los 25 m.

La explotación del agua subterránea se efectúa con el auxilio de 656 aprovechamientos, en su gran mayoría norias, se extrae un volumen medio de 150 millones de m3 anuales con caudales promedio de 33 l.p.s para cada obra en el caso de los pozos. La alimentación del manto acuífero proviene de la infiltración de los escurrimientos superficiales, principalmente del Río Sonora, y es del orden de los 156.6 millones de m3 anuales, cifra que comparada con la extracción media anual nos permite visualizar una condición hidrológica equilibrada.
En general, la calidad del agua es buena con ligera tendencia a tolerable, ya que la concentración de sólidos totales disueltos está entre 400 y 800 mg/l. La relación del pH revela la existencia de aguas agresivas e incrustantes, predominando la familia cálcica, sódica, magnésica-bicarbonatada, sulfatada.

El flujo subterráneo general es de norte a sur, con una inflexión hacia el suroeste en la parte sur de la zona. El flujo local del agua subterránea en la zona, ha sufrido modificaciones como consecuencia de la extracción que se realiza, detectándose en ellas, conos de abatimiento e inversiones en la dirección del flujo oriental.

Hidrología superficial.

El Proyecto se encuentra en la región hidrológica RH-9 Sonora Sur (Figura 23) en la Cuenca del Río Yaqui, cercano a la presa Plutarco Elías Calles. En la Figura 24 se muestra un plano con los acuíferos y provincias hidrológicas de Sonora y en donde se aprecia que el proyecto se encuentra en la Cuenca del Río Moctezuma.

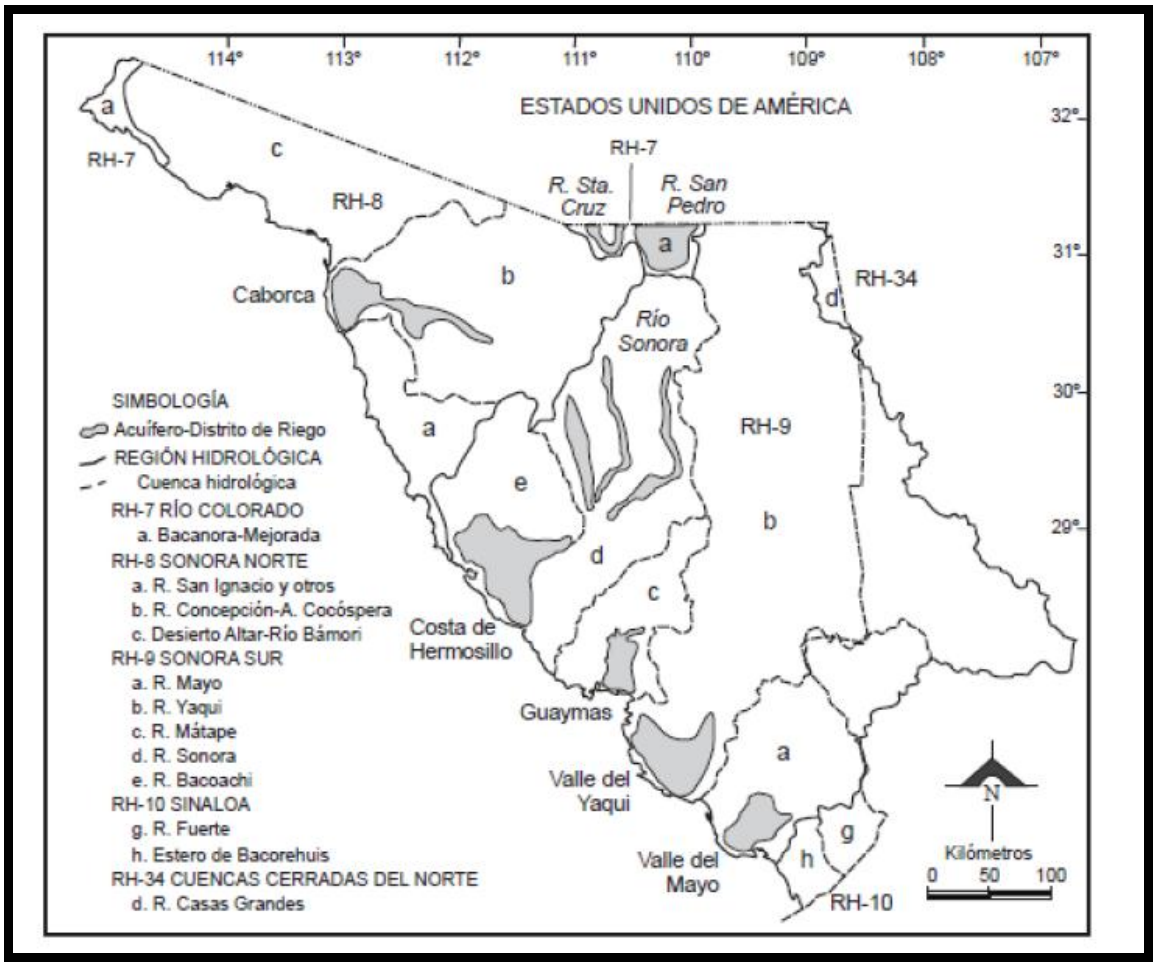


Figura 23.- Regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas y acuíferos.

Figura 24.- Acuíferos y Provincias hidrológicas de Sonora.

En el Plano 6 del Anexo 6, se presenta el Plano de Hidrología superficial representado los escurrimientos superficiales señalados por la cartografía digital del INEGI en donde se observa que el Proyecto se encuentra situado en un terreno con escurrimientos superficiales de un 10 a un 20%.

En cuanto al factor de las fallas tectónicas presentes en el área del proyecto, se encuentran una falla a casi 2 mil metros al Este de donde se establecerán los trabajos mineros y una fractura a 1200 metros al sur del mismo, por lo que se descartan problemas de transferencia de contaminantes por este tipo de fenómenos (Ver Plano 4 del Anexo 6), ya que estas fallas pudieran ser un factor considerable de una posible transferencia de contaminantes al subsuelo, por lo que las labores de impermeabilización y mantenimiento preventivo y correctivo que se realice en el proyecto; sobre todo en la presa de jales; deberá ser muy eficaz. Es por eso que se cuenta con un Programa de Monitoreo de la Calidad del agua que se presenta en Anexo 9, además de un Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Sistema de Conducción de Aguas de Proceso que se presenta en Anexo 10 del presente estudio.

El proyecto aprovechará el agua existente dentro de los tiros mineros que se encuentran en las zonas 1, 2 y 3 y el agua restante se traerá por medio de pipas del poblado de San Pedro de la Cueva, la cual se obtendrá por compra al Organismo Municipal Operador de Agua Potable.

El programa de Monitoreo de la calidad del agua analizará los siguientes parámetros:

- Cianuro total.
- Cationes y aniones.
- Metales pesados (Zn, Cu, Fe, Mn, Cd, Pb, Ni, As)
- Grasas y aceites.
- Sólidos totales disueltos.
- pH
- Conductividad eléctrica.

Estos análisis serán realizados por laboratorios acreditados por la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación). El monitoreo de las aguas, se realizarán cada 2 meses, en los pozos de muestreo que determine la Secretaría.

Hidrología subterránea.

El PROYECTO MINA CUPRORO se encuentra enclavado dentro de la Unidad geohidrólógica 5PB, como se aprecia en el Plano 7 del Anexo 6, por donde pasan todos los flujos subterráneos de dicha cuenca.

En dicho plano se aprecia que la permeabilidad de la zona del proyecto es baja por el tipo de material rocoso del área, lo que hacen del lugar un lugar propicio para la actividad por no representar un peligro con una permeabilidad moderada o alta que haría que cualquier líquido se pueda transmitir al subsuelo.

IV.2.2. Aspectos Bióticos

A. Vegetación

El proyecto se llevará a cabo en una zona identificada por INEGI en el 2007 de acuerdo a la Cartografía del mapa digital V6 de uso de suelo y vegetación con una vegetación compuesta por selva baja caducifolia y al Este del Proyecto Cuproro Matorral Xerófilo (ver figura 25 y Plano 8 del Anexo 6).

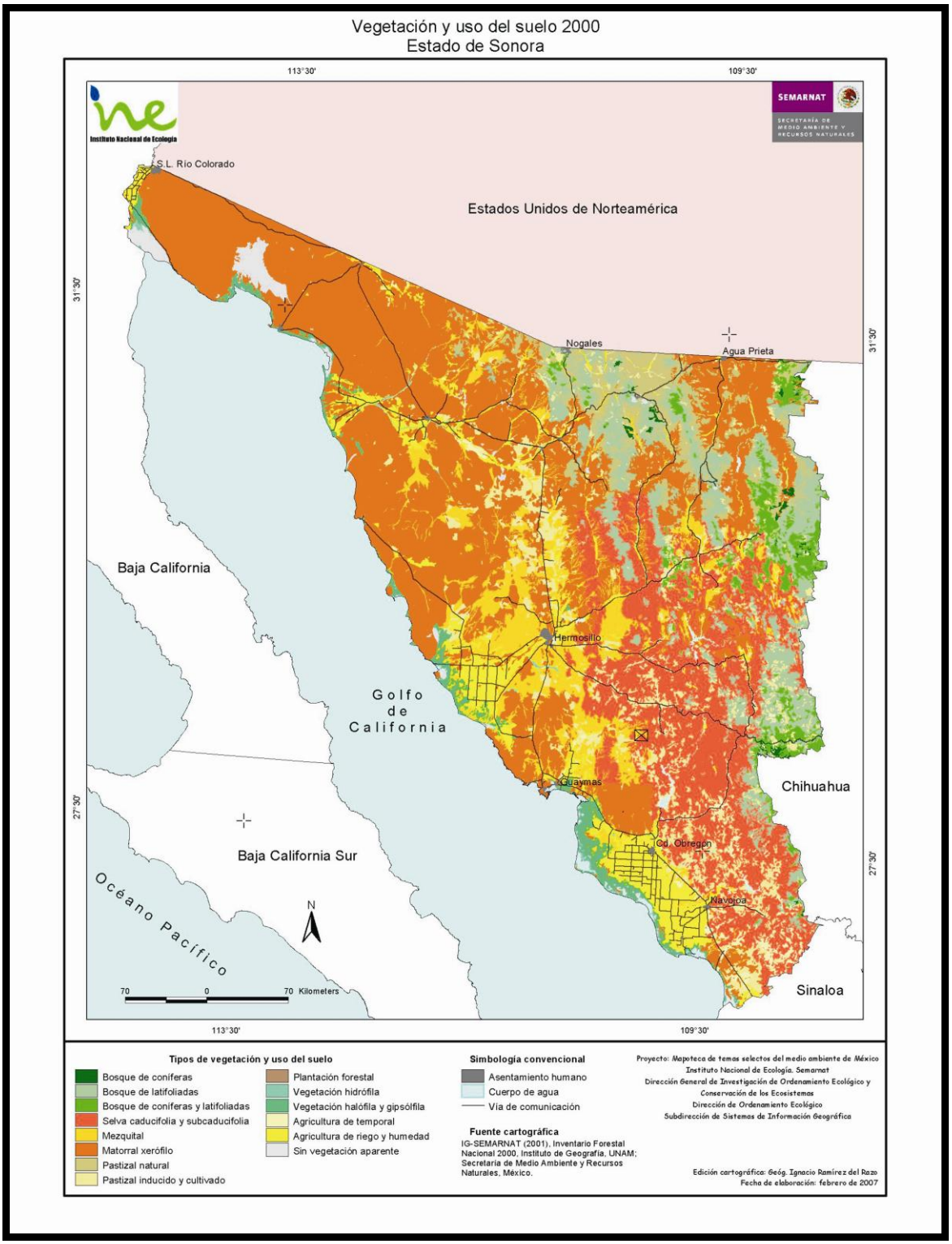


Figura 25.- Vegetación en el estado de sonora.

De acuerdo a una visita realizada el 30 de junio de 2017, se elaboró una composición florística en base a un muestreo por cuadrantes tomando en cuenta la delimitación del área de trabajo, el muestreo e identificación de plantas y la prospección de los caminos y obras requeridas. Debido a que en el área del Proyecto existe muy poca vegetación, los muestreos se realizaron en los alrededores.

El proyecto se llevará a cabo en un medio terrestre, en el cual se identificaron las especies enlistadas en la tabla 24 agrupadas según su nombre común, nombre científico y familia:

No	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Torote papelillo	*Bursera odorata spp.*	BURSERACEAE
2	Talayote	*Marsdenia edulis*	ASCLEPIADACEAE
3	Amapa	*Tabebuia impetiginosa*	BIGNONIACEAE
4	Pochote	*Ceiba acuminata*	BOMBACACEAE
5	palo de asta	*Cordia sonorae*	BORAGINACEAE
6	Torote rojo	*Bursera microphylla*	BURSERACEAE
7	Palo venado/ rama venado/ chuparroja	*Brusera laxiflora*	BURSERACEAE
8	Etcho	*Pachycereus pecten-aboriginum*	CACTACEAE
9	Nopal	*Opuntia bravoana*	CACTACEAE
10	Pitahaya	*Opuntia thurberi*	CACTACEAE
11	Cardo/ Mala mujer	*Argemone ochroleuca*	CACTACEAE
12	Sibiri	*Opuntia versicolor / Opuntia sibiri*	CACTACEAE
13	Chicurilla	*Ambrosia cordifolia*	COMPOSITAE
14	Palo santo	*Ipomoea arborescens*	CONCOLCULACEAE
15	Zacate buffel	*Pennisetum ciliare*	GRAMINEAE
16	Vara blanca	*Acacia willardiana*	LEGUMINOSAE
17	Brasil, Palo de Brasil	*Haematoxylon brasiletto*	LEGUMINOSAE
18	Mauto	*Lysoloma divaricatum*	LEGUMINOSAE
19	Chírahui, huinolo	*Acacia cochliacantha*	LEGUMINOSAE

20	Palo brea	*Cercidium praecox*	LEGUMINOSAE
21	Sámota, samo prieto, samo	*Corsetia glandulosa*	LEGUMINOSAE
22	Mezquite	*Prosopis velutina*	LEGUMINOSAE
23	Pintapan	*Anoda cristata*	MALVACEAE
24	Papache	*Randia echinocarpa*	RUBIACEAE
25	Palo piojo, guaje	*Alvaradoa amorphoides*	SIMAROUBACEAE
26	Garbancillo	*Colutea arborescens*	LEGUMINOSAE
27	Guayacán	*Guaiacum coulterio*	ZYGOPHYLLACEAE
28	Calabacilla loca/ chichicayota	*Cucurbita foetidissima*	CUCURBITACEAE
29	Hierba del monte	*Lycium andersonii*	SOLANACEAE
30	Chuparrosa	*Justicia candicans*	ACANTHACEAE
31	Cordoncillo, cola de alacrán	*Elytraria imbricata .*	ACANTHACEAE
32	Rama de toro	*Henrya insularis*	ACANTHACEAE
33		*Dicliptera resupinata*	ACANTHACEAE
34	Citabaro, huevito	*Vallesia glabra .*	APOCYNACEAE
35	Mezcal	*Agave sp.*	BORAGIBACEAE
36	Magnolita	*Cerastium texanum*	CARYPHYLLACEAE
37	hierva de pollo	*Commelina erecta*	COMMELINACEAE
38	Trompillo	*Ipomoea sp.*	CONVULVULACEAE
39	zacate bermuda/inglés/de lana	*Cynodon factylon*	GRAMINEAE
40	zacate Johnson	*Sorghum halepense*	GRAMINEAE
41	zacate volador	*Aristida sp.*	GRAMINEAE
42	Tapachorro	*Salvia setosa*	LABIATEAE
43	Malva	*Abuitlon sp.*	MALVACEAE
44	Cuernitos, uña de gato	*Proboscidea parviflora*	MARTYNIACEAE
45	San Miguelito	*Antigonon leptopus*	POLYGONACEAE
46		*Guiana sp.*	RHAMNACEAE
47		*Itracarpus hirtus*	RUBIACEAE
48		*Physalis purpurea*	SOLANACEAE
49		*Allstroemia grandifolia*	ZYGOPHYLLACEAE

Tabla 24.- Vegetación observada en los muestreos al predio.

Haciendo una clasificación en base a su familia se consideran los índices de dominancia e importancia más importantes y se muestran en la siguiente tabla 25:

No	FAMILIA	Individuos (abundancia)	Densidad	Densidad Relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura	Cobertura relativa	Importancia
1	MALVACEAE	43	0.096	0.045	21.5000	0.142	19.2030	0.0026	0.1907
2	CACTACEAE	348	0.441	0.209	43.5000	0.288	1589.406	0.2184	0.7153
3	LEGUMINOSAE	344	0.923	0.436	38.2222	0.253	3323.514	0.4567	1.1467
4	ZYGOPHYLLACEAE	50	0.082	0.039	8.3333	0.055	297.6666	0.0409	0.1352
5	BURSERACEAE	84	0.393	0.186	9.3333	0.061	1416.272	0.1946	0.4426
6	BIGNONIACEAE	13	0.058	0.027	2.1667	0.014	212.0580	0.0291	0.0714
7	BOMBACACEAE	6	0.047	0.022	6.0000	0.039	171.6099	0.0236	0.0859
8	SOLANACEAE	1	0.000	0.00	1.0000	0.006	3.1416	0.0004	0.0075
9	CONCOLCULACEAE	14	0.048	0.022	14.0000	0.092	173.5734	0.0239	0.1394
10	RUBIACEAE	7	0.019	0.009	7.0000	0.046	71.0787	0.0098	0.0655

Tabla 25.- Indicadores de análisis florístico.

Haciendo notar que la planta con mayor importancia son de la familia Leguminosae con una importancia de 1.14 seguido de las Cactáceas con 0.7153, las cuales son las más abundantes coincidiendo con las cartas de INEGI

Haciendo un análisis por especie obtenemos los resultados mostrados en la siguiente tabla 26:

No	Nombre común	Nombre científico	Familia	Abundancia	abundancia relativa	Cobertura	Densidad	Densidad Relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura relativa	Importancia
1	Torote papelillo	Bursera odorata spp.	BURSERACEAE	86	0.050	2431.5984	0.0956	0.0500	9.555	0.0500	0.1639	0.3140
2	Talayote	Marsdenia edulis S.	ASCLEPIADACEAE	3	0.001	37.6992	0.0033	0.0017	0.333	0.0017	0.0025	0.0078

		Wats										
3	Amapa	Tabebuia impetiginosa	BIGNONIACEAE	13	0.007	500.2998	0.0144	0.0076	1.444	0.0076	0.0337	0.0564
4	Pochote	Ceiba acuminata	BOMBACACEAE	16	0.009	804.2496	0.0178	0.0093	1.777	0.0093	0.0542	0.0821
5	palo de asta	Cordia sonorae	BORAGINACEAE	0	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
6	Torote rojo	Bursera microphylla	BURSERACEAE	7	0.004	197.9208	0.078	0.0041	0.777	0.0041	0.0133	0.0256
7	Palo venado / rama venado / chupar roja	Brusera laxiflora	BURSERACEAE	5	0.002	62.8320	0.0056	0.0029	0.555	0.0029	0.0042	0.0130
8	Etcho	Pachycereus pecten-aboriginum	CACTACEAE	62	0.036	1217.3700	0.0689	0.0361	6.888	0.0361	0.0820	0.1903
9	Pitahaya	Opuntia thurberi	CACTACEAE	2	0.001	56.5488	0.0022	0.0012	0.222	0.0012	0.0038	0.0073
10	Cardo/ Mala mujer	Argemone ochroleuca	CACTACEAE	1073	0.624	2157.3996	1.1922	0.6242	119.222	0.6242	0.1454	2.0180
11	Sibiri	Opuntia versicolor	CACTACEAE	2	0.001	4.0212	0.0022	0.0012	0.222	0.0012	0.0003	0.0038
12	Chicurilla	Ambrosia cordifolia	COMPOSITAE	0	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
13	Palo santo	Ipomoea arborescens	CONCOLCULACEAE	15	0.008	294.5250	0.0167	0.0087	1.666	0.0087	0.0199	0.0460
14	Zacate buffel	Pennisetum ciliare	GRAMINEAE	0	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
15	Vara blanca	Acacia willardiana	LEGUMINOSAE	193	0.112	3789.5550	0.2144	0.1123	21.444	0.1123	0.2554	0.5922
16	Brasil, Palo de Brasil	Haematoxylon brasiletto Karst.	LEGUMINOSAE	14	0.008	274.8900	0.0156	0.0081	1.555	0.0081	0.0185	0.0430
17	Mauto	Lysoloma divaricatum	LEGUMINOSAE	26	0.015	735.1344	0.0289	0.0151	2.888	0.0151	0.0495	0.0949
18	Chirahui, huinolo	Acacia cochliacantha	LEGUMINOSAE	1	0.000	7.0686	0.0011	0.0006	0.111	0.0006	0.0005	0.0022
19	Palo brea	Cercidium praecox	LEGUMINOSAE	6	0.003	75.3984	0.0067	0.0035	0.666	0.0035	0.0051	0.0156
20	Sámota, samo	Corsetia glandulosa	LEGUMINOSAE	3	0.001	9.4248	0.0033	0.0017	0.333	0.0017	0.0006	0.0059

	prieto, samo											
21	Mezquite	Prosopis velutina	LEGUMINOSAE	6	0.003	75.3984	0.0067	0.0035	0.666	0.0035	0.0051	0.0156
22	Pintapan	Anoda cristata	MALVACEAE	53	0.030	166.5048	0.0589	0.0308	5.888	0.0308	0.0112	0.1037
23	Papache	Randia echinocarpa	RUBIACEAE	8	0.004	56.5488	0.0089	0.0047	0.888	0.0047	0.0038	0.0178
24	Palo piojo, guaje	Alvaradoa amorphoides	SIMAROUBACEAE	0	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
25	Garbancillo	Colutea arborescens	LEGUMINOSAE	75	0.043	942.4800	0.0833	0.0436	8.333	0.0436	0.0635	0.1944
26	Calabacilla loca/ chichicayota	Cucurbita foetidissima	CUCURBITACEAE	1	0.000	3.1416	0.0011	0.0006	0.111	0.0006	0.0002	0.0020
27	Hierba del monte	Lycium andersonii	SOLANACEAE	2	0.001	39.2700	0.0022	0.0012	0.222	0.0012	0.0026	0.0061

Tabla 26.- Indicadores de diversidad por especie.

Haciendo notar que la especie más abundante es Argemone ochroleuca Sweet. También conocida como “cardo” o “mala mujer”, teniendo una importancia de 2.018, muy por encima de la especie que la prosigue que es Acacia willardiana, también conocida como “vara blanca” con 0.5922 de nivel de importancia y en tercer lugar *Bursera odorata spp*. Conocida como “torote papelillo”. Teniendo un índice de Simpson de 0.41 y un índice de Shanon de 0.67.

Aunque es importante mencionar que el chirahui o huinolo (*Acacia cochliacantha*) resultó con una importancia muy baja, existen lugares en el área del proyecto; sobre todo en las áreas de las 5 zonas de trabajo; en donde es la especie dominante. Sobre todo en espacios en donde existen impactos antropogénicos, en donde la minería antigua confinaba sus materiales de desecho (terreros y jaleros) agrupándolos en montículos que propiciaron que vegetación nativa perdiera espacios, dejando que especies invasivas como estas ocuparan sus lugares y redujeran significativamente la diversidad original del sitio.

.Actualmente las plantas existentes se utilizan por las rancherías cercanas como alimento para el ganado, como fuente de leña y con fines medicinales para aquellas plantas que aplican a algún remedio conocido por experiencia o por herencia familiar.

Dentro de las plantas mencionadas que están protegidas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 podemos mencionar a Opuntia bravoana la cual en caso de encontrarse en las áreas de trabajo, será trasplantada cuidadosamente y resembrada utilizando la técnica de la separación por pencas para semilla, se dispondrán en áreas propicias de poca vegetación y sin propuestas de aprovechamiento a mediano y a largo plazo.

B. Fauna.

La fauna se obtuvo de una serie de preguntas a los habitantes de la comunidad sobre su contacto con los mismos, identificando además del ganado, caballos, perros y demás especies domésticas las cuales se encuentran enlistadas en la siguiente tabla 27.

MAMIFEROS		
No	**Nombre común**	**Nombre científico**
1	Coyote	*Canis latrans*
2	Zorrillo	*Mephitis, Mephitis*
3	Jabalí	*Tayassu tajacu*
4	Coatí	*Nasua narica*
5	Ardilla café	*Spermophilus avariegatus*
6	Puma	*Felis concolor*
7	Lince	*Lynx rufus*
8	Venado cola blanca	*Ocodioleus virginianus couesi*
9	Tejón	*Taxidea taxus*
10	Mapache	*Procyon lotor mexicanus*
11	Armadillo	*Dasypus novenicintus*

12	Tlacuache	*Didelphis virginiana*
13	Rata de campo	*Chaetodipus sp.*
14	Ratón "canguro"	*Dipodomys spp.*
15	Liebre	*Lepus alleni*
16	Conejo	*Sylvilagus canicularis*
AVES		
No	**Nombre común**	**Nombre científico**
1	Zopilote	*Coragyps atratus*
2	Buitre	*Cthartes aura*
3	Gavilán	*Accipiter cooperii*
4	Halcón	*Buteo jamaicenci*
5	cara cara (quelele)	*cacara cheriway*
6	Chachalacas	*Ortalis poliocephala*
7	Urracas	*Calocitta colliei*
8	Perico (verde)	*Aratinga canicularis*
9	Cuervo	*Corvus sinaloae*
10	Lechuzas	*Tyto alba*
11	Paloma Pithayera	*Zenaida asiática*
12	Codorniz	*Lophortyx gambeli*
13	Cardenales	*Cardinalis cardinalis*
14	Cuervo	*corvus sp.*
15	Cenzontle	*mimus poliglottus*
16	Pájaro carpintero	*Picidae Campephilus sp.*
17	Guajolote	*Meleagris gallopavo*
18	Correcaminos o churea	*Geococcyx californianus*
REPTILES Y ANFIBIOS		
No	**Nombre común**	**Nombre científico**
1	Víbora de cascabel	*Crotalus molossus*
2	Iguana de árbol	*Iguana iguana*
3	Monstruo de Gila	*Squamata Sauria Helodermatediae*

		Heloderma sp.
4	Tortuga de tierra	*Chelonidis donosobarrosi*
5	Corúa, pichicuata	*Boa conscriptor*
6	Lagartija	*Coleonyx varuegatus*
7	Cachorón	*Crotaphytus collaris*
8	Sapo	*Bufi retiformis*
INSECTOS		
No	**Nombre común**	**Nombre científico**
1	Saltamontes/chapulín	*Melanopus difierentialis/ Sphrnarium mexicanum*
2	Chicharra	*Cacama valvata*
3	Hormiga	*Pogomyrmex rugous*
4	Tarántula desértica	*Aphonopelma chalcodes*

Tabla 27.-Especies animales posibles en el predio o sus alrededores.

Pudiendo mencionar como especies protegidas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 al Jaguar, la víbora de cascabel, el monstruo de gila, algunas especies iguanas y la corúa, las cuales no se observaron dentro del predio, sin embargo, se han observado por los habitantes de la zona, lo que los hacen susceptibles a consideración de este estudio.

También existen algunas especies de animales cotizados por su explotación en caza deportiva como es el venado cola blanca, jabalí y armadillo, haciendo estas especies de especial cuidado en su manejo.

Es importante recalcar que en el predio no se encontraron nidos, madrigueras o estancias de animales, de tal manera que no se verán afectados directamente, sin embargo tendrá un impacto indirecto en cuanto al movimiento de flora y vegetación, reagrupando sus actividades de vida.

Consideraciones sobre los efectos debido al proyecto.

La operación de la mina influye tanto en el desarrollo de la economía regional como al impacto positivo o negativo que ésta pueda ocasionar al ambiente.

Respecto a las afectaciones que se pudieran causar al ambiente, principalmente a los recursos bióticos, vegetación terrestre y fauna silvestre, en el hábitat del área de influencia y principalmente en el área de estudio, se encuentra fragmentado y alterado por diversas actividades antropogénicas de minería y actividades agropecuarias como apertura de praderas y otros cultivos agrícolas.

No se considera un incremento en forma significativa la presencia humana derivada de la mayor accesibilidad al sitio del proyecto, ya que estos caminos ya están establecidos.

No existe riesgo de incendios, además puede decirse que con la presencia del proyecto, habría más vigilancia para evitar incendios que se generaran de manera natural en tiempo de verano.

En el área del proyecto no se utilizarán sustancias como sales, herbicidas, biocidas, etc., en ninguna de las etapas del proyecto. La única sustancia que se manejará en una parte del área del proyecto es el cianuro de sodio en forma acuosa que es la forma como se maneja el proceso en la lixiviación dinámica de oro, pero debido a la tecnología e ingeniería que se utiliza durante su diseño (impermeabilización del suelo con materiales finos, la capa impermeable polimérica de alta resistencia (Liner HDPE) y las obras como control de escorrentías y zanjas, además del programa de monitoreo constante), son casi imposibles las fugas del sistema, por lo que la vegetación de los alrededores no se verá afectada.

En cuanto a la afectación a los cuerpos de agua aledaños al lugar del proyecto, se puede decir que debido al alto grado de impermeabilización con que se diseñarán los patios de lixiviación, no se presentarán, debido a que no se realizarán descargas de ninguna especie.

Debe abundarse que las dimensiones del área del proyecto, son pequeñas, de solo **50.5145 hectáreas**, por lo que los impactos que pudieran producirse no tendrán repercusión importante en los ecosistemas vecinos, además que no se encuentra cercano al proyecto o su área de influencia ningún área natural protegida o algún parque nacional.

En el área del proyecto y su área de influencia, la biodiversidad no presenta características únicas que le pudiesen conferir al lugar, algún cuidado especial, además es del interés del promovente Alex Minerales S.A. de C.V., realizar el menor número de impactos en la zona, así como recompensar ambientalmente el lugar, de manera que cuando se llegue a la etapa de abandono, el lugar posea mejores ventajas ambiéntales que como originalmente se encontraba.

IV.2.3 Paisaje

Los procesos de planeamiento deben incluir al paisaje como recurso y tratarlo como tal en la toma de decisiones. El paisaje se puede interpretar como la manifestación externa del territorio y de las distintas interacciones que sobre él actúan; puede considerarse definido por el entorno visual del punto de observación y caracterizado por los elementos que pueden ser percibidos visualmente por el hombre (Montoya et. al., sin año).

A lo largo de los últimos años los estudios del paisaje se han ido tomando en cuenta para dar respuesta a problemas prácticos de gestión del territorio.

Durante los últimos años la biodiversidad ha sido objeto de una creciente valoración social (Núñez et al., 2003), al tiempo que ha aumentado el interés por su estudio y conservación a nivel de paisajes (Boone y Krohn, 2000; Velásquez y Bocco, 2001; Moser et al., 2002). La conservación de la diversidad biológica depende ante todo de la preservación de los ecosistemas. Franklin (1993) ha sugerido que desarrollar enfoques de investigación y manejo al nivel de paisajes es el único camino para conservar la abrumadora masa (de millones de especies) de la diversidad biológica existente y los procesos en los habitaos y subsistemas ecológicos poco conocidos o desconocidos.

Relacionado con esto, un creciente número de estudios han documentado la importancia del conocimiento y análisis de la heterogeneidad espacial para la preservación y entendimiento de la distribución de la biodiversidad, así como para la comprensión de la dinámica de los procesos espaciales (Hoeting et al., 2000; Lichtein et al., 2002; Hooten et al., 2003). De acuerdo con la revisión hecha por Haines-Young y Chopping (1996), los resultados de los estudios de heterogeneidad son usados para cuantificar la estructura del paisaje en términos de su configuración espacial. La información es utilizada para hacer inferencias sobre procesos ecológicos particulares dentro del paisaje o como base para evaluar la conservación de patrones estructurales específicos. Sin embargo, como discuten Ernoult et al. (2003), ha resultado difícil relacionar los patrones obtenidos de las mediciones de heterogeneidad con la distribución de la biodiversidad.

Esto se debe al amplio predominio de enfoques basados en dinámica de poblaciones en la mayoría de estos estudios (modelo matriz-parche-corredor; Bastian, 2001), que se caracterizan por una fuerte visión biocéntrica en lo que Moss (2001) denominó la dirección bioecológica de la ecología del paisaje. Por esta razón, no son frecuentes los estudios de la relación entre heterogeneidad del paisaje y diversidad biológica, sobre la base de unidades definidas de paisajes geográficos.

Los procesos de planeamiento deben incluir el paisaje como recurso y tratarlo como tal en la toma de decisiones. El paisaje perceptible debe ser algo preciso definido por los componentes y características visuales básicas (ESCRIBANO, M. *et al*., 1987).

El paisaje se puede interpretar como la manifestación externa del territorio y de las distintas interacciones que sobre él actúan; el hombre interviene como una parte más del paisaje. En este enfoque se analiza el paisaje desde el exterior, el paisaje visto globalmente; el otro enfoque es el paisaje visual o paisaje a nivel de terreno, que está representado por el espacio definido fundamentalmente por la visión del observador. Así, el paisaje puede considerarse definido por el entorno visual del punto de observación y caracterizado por los elementos que pueden ser percibidos visualmente por el hombre.

Un inventario de vegetación y uso de la tierra dista mucho de reflejar la verdadera heterogeneidad ambiental de un territorio, pues no considera al resto de los componentes naturales y no incluye, por ejemplo, la complejidad geomorfológica en la definición de las unidades, muchas veces responsable de la diversidad ecológica de una región. Como señala Bastian (2001), la limitada comprensión de patrones individuales (refiriéndose a un solo geocomponente como la vegetación) no puede ser generalizada a los integralmente definidos geocomplejos (paisajes geográficos), los cuales son gradientes ecológicos en sí mismos.

En este sentido, el enfoque físico-geográfico complejo permite obtener una clasificación taxonómica coherente de la superficie terrestre, integrando todos los componentes naturales en una perspectiva holística, que facilita esclarecer las propiedades inherentes al geosistema como un todo.

El componente visual añade un aspecto más a la conceptualización del paisaje que puede agregarse al aspecto ecológico y completa la definición de paisaje como "expresión espacial y visual del medio", con la connotación de "indicador e incluso síntesis de las relaciones biológicas".

El paisaje es una realidad amplia que necesita estudios de muy diversos tipos (Ramos, 1986), y aunque no se trata de dictar normas exactas de estudio, sino de explorar posibilidades, la diversidad de enfoques para el estudio del paisaje se pude resumir en dos tendencias:

- Una primera considera la subjetividad como factor inherente a toda valoración personal del paisaje; se huye, por consiguiente, del empleo de técnicas, automáticas o no, y se da especial relieve a los mecanismos de consideración de los aspectos plásticos (color, escala).
- El segundo es un planteamiento más sistemático, que se apoya en el empleo de ciertas técnicas para los procesos de tipificación y valoración. Va dirigido, por lo general, al estudio de áreas extensas y al manejo de gran número de datos, posibilitado por el tratamiento automático de la información.

El objetivo de las metodologías señaladas no es otro que obtener el valor de un paisaje, por lo que en el presente trabajo se abordaran 3 temas para medir la calidad de los mismos: la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad visual.

Primeramente y antes de entrar en detalle, es necesario hacer una profunda observación del sitio para verificar su homogeneidad y heterogeneidad, continuidad y los límites de ambos, por lo que después de realizar esta observación se aprecia lo siguiente:

- Tomando la Carretera Estatal No. 20 desde la ciudad de Hermosillo, Sonora, se llega al poblado de Mazatán y se toma rumbo al Noreste sobre esa misma carretera hasta llegar a San Pedro de la Cueva viajando un total de 153.5 kilómetros. Conforme se llega a San Pedro de la Cueva, el terreno se hace más montañoso y se pueden apreciar a lo largo del camino diversas actividades de cultivo principalmente praderas hasta llegar a San Pedro de la Cueva en donde puede apreciarse la Presa Plutarco Elías Calles (El Novillo) en donde se realizan actividades de pesca en el lugar.

- Del poblado de San Pedro de la Cueva, se toma camino vecinal hacia el sureste rumbo al poblado de Suaqui y se maneja por 25 kilómetros a lo largo de la Presa El Novillo. El camino es muy sinuoso y montañoso, llegando a encontrar cerros de hasta 500 metros de altura.
- Se llega a la zona donde se pretende instalar el Proyecto Mina Cuproro, en donde son terrenos con lomeríos someros con alturas de 5 a 50 metros y en donde se aprecian claramente las actividades mineras por la presencia de terreros y tiros mineros así como tajos de minas viejas, terreros jaleros diseminados por el área del proyecto y sus terrenos aledaños.
- Desde el área del proyecto, la Presa El Novillo se encuentra a 5 kilómetros de distancia hacia el Sureste. En esta zona, rodeada de montañas de aproximadamente hasta 500 metros de altura y con altitudes de 450 a 1000 metros sobre el nivel del mar. Se puede apreciar una coloración roja amarilla en la roca mineralizada.

Después de hecha esta observación del área de influencia del sitio, se nombran las 3 zonas encontradas y se procederá a inventariarlas. Estas áreas son: a).- La zona A localizada principalmente hacia el Noroeste del proyecto que constituyen las zonas agrestes de la Sierra Las Calabazas existente entre Mátape y San Pedro de la Cueva las cuales presentan pocas actividades antropogénicas y una buena diversidad de flora. b).- La zona B, que es la zona de cerros y pendientes que van aumentando conforme se avanza al Sureste rumbo al Proyecto Mina Cuproro y teniendo como marco la Presa El Novillo y la c).- La Zona C que corresponde al lugar del proyecto en donde se encuentra rodeado por cadenas montañosas y en donde se aprecia la actividad minera en escala considerable.

La visibilidad.-

La visibilidad es el espacio del territorio, que puede apreciarse desde un determinado punto. Va a depender de distintas condiciones tanto topográficas como bióticas, en este caso, el punto que se tomará como base de observación es el área del Proyecto.

En la tabla 28, se aprecian distintas características de las 2 zonas y el valor de visibilidad que se le otorga a la zona en kilómetros.

Característica	Zona A	Zona B	Zona C
Altitud (m.s.n.m.)	400-1000	300-750	450-600
Orientación	NW-SE	NE-SW	NW-SE
Orografía	Montañoso	Montañoso/Planicie/ Cuerpo de Agua	Montañoso/Planicie
Densidad de Vegetación	Abundante	Abundante	Poca
Altura de Vegetación	0.5-20 mts.	0.5-20 mts.	0.5-20 mts.
Transparencia Atmosférica	Buena*	Buena*	Buena*
Valor de visibilidad	2000 mts	5 kms mts	2000mts

Tabla 28 Características de las 3 zonas del proyecto.

*. La transparencia depende de la época del año, ya que en temporada de verano pueden presentarse tolvaneras que obstaculizan la visión en gran manera.

Desde la Zona B, puede apreciarse desde aproximadamente 5 kilómetros, sobre todo en el área de la Presa el Novillo en donde no existen montañas que obstaculicen la vista, disminuyendo en la zona montañosa. Se pueden lograr ver a estas distancias pero no se pueden apreciar formas y contenidos, debido a la gran distancia.

La zona C que corresponde al Proyecto Cuproro, debido a que está rodeado de cerros no puede apreciarse a una distancia mayor de 2 kilómetros. Existen áreas planas rodeadas de montañas.

La calidad paisajística.-

En cuanto a la calidad paisajística, se trataron arriba ya algunos puntos de las características intrínsecas como la morfología y vegetación, solamente abundaríamos en cuanto a los puntos de agua, los cuales es básicamente el vaso de la Presa El Novillo que se encuentra a aproximadamente 5 kilómetros del proyecto. Existen además pequeños arroyos que se encuentran en los alrededores del proyecto son estacionales, ninguno que sea de cause constante.

En cuanto a la calidad visual del entorno inmediato a una distancia de 500 y 700 metros del área del proyecto, es de aspecto de lomeríos y cerros de elevación hasta de 500 metros. Tienen una orientación noreste-suroeste. Su composición litológica es variada, dominan las rocas ígneas intrusivas y extrusivas, roca simple y roca sedimentaria anteriores al Terciario, las cuales en el este están cubiertas por efusiones volcánicas del Cenozoico. En esta provincia, afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias del Precámbrico. El Paleozoico por lo general está representado por calizas, ortocuarcitas y dolomías metamorfizadas. El Mesozoico por calizas y rocas detríticas de ambientes marino y continental; además de volcánicas (con predominio de composición andesítica) e ígneas intrusivas (granitos y granodioritas) que son las de mayor distribución en el Desierto Sonorense. Del Cenozoico se encuentran rocas volcánicas. Los afloramientos de conglomerados del Terciario tienen también una amplia distribución; sin embargo, la mayor parte de esta provincia se encuentra cubierta por depósitos sin consolidar del Cuaternario, localizados en las llanuras y bajadas.

En cuanto a la calidad del fondo escénico, la intervisibilidad, que es la porción de terreno que se ve desde el proyecto, y tiene la capacidad de ser recíproco, se puede decir que debido a que el área del proyecto está a 450 msnm aproximadamente y el fondo al Este es franca pendiente. La Zona B presenta un paisaje con alto valor paisajístico debido a la presa, como se aprecia en el mapa del paisaje de la figura 26.

Aunque la vegetación es muy escasa en esta zona, el alto valor paisajístico se le debe, precisamente a la pendiente franca que lo hace más visible. Aunque debe de aclararse que en este punto la reciprocidad no es tanto desde la zona de planicie hacia el lugar del proyecto, ya que si puede visualizarse las formaciones montañosas pero no pueden distinguirse claramente el proyecto.

Los valores de intervisibilidad pueden obtenerse automáticamente de diversos softwares. Uno de ellos es el programa Visual Pro del Centro de Estudios Ambientales de Vitoria, pero no pudo ser obtenido y se calcularon estos valores de forma manual y se aprecia en el mapa de paisaje de la figura 26.

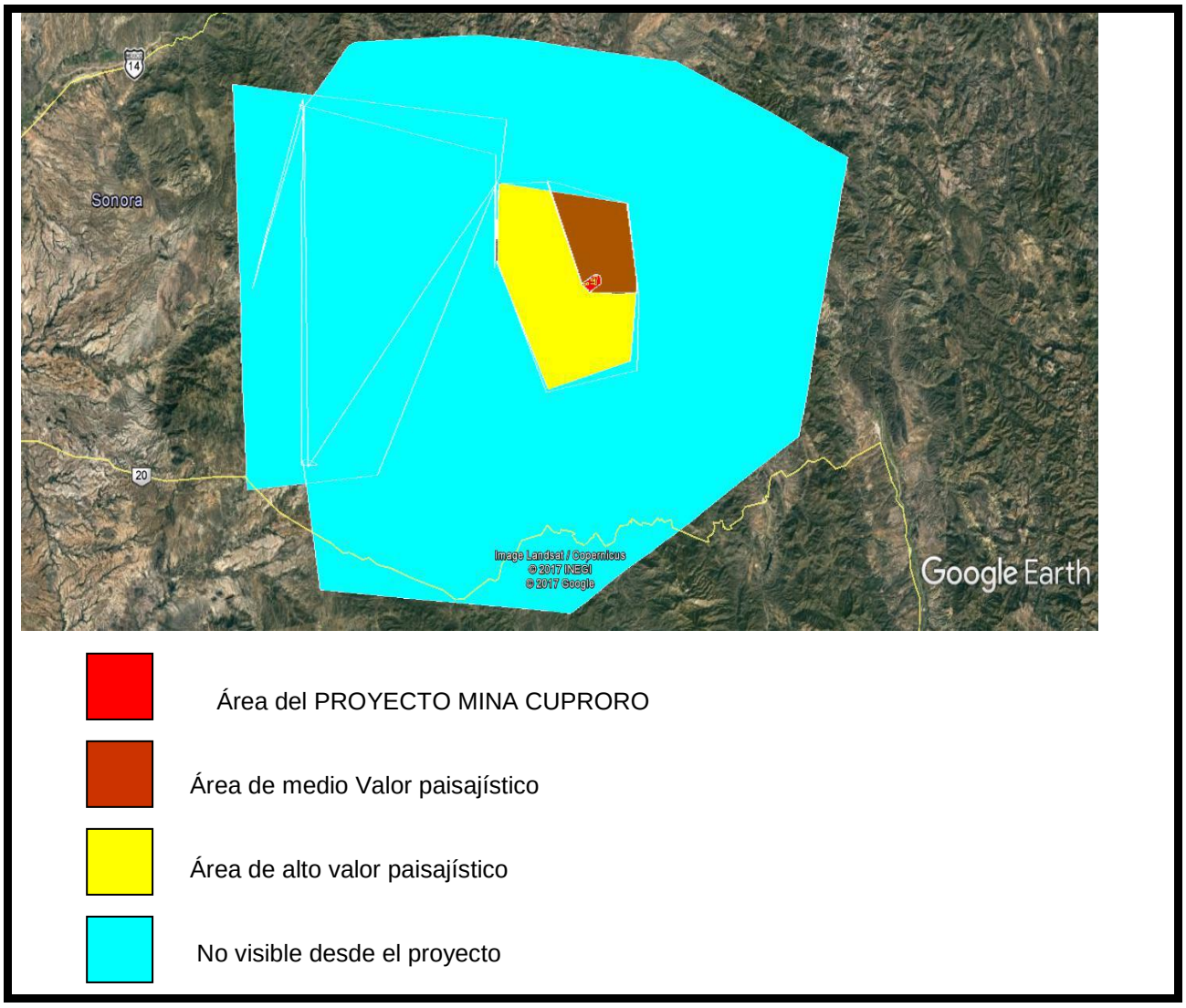


Figura 26. Mapa de paisaje.

La fragilidad del paisaje.-

El inventario de recursos visuales se puede llevar a cabo para conocer la calidad visual de un paisaje, o para determinar el impacto inducido por el desarrollo de una determinada actividad.

La estimación del impacto exige también el estudio previo de la fragilidad visual o de la capacidad de absorción visual. Como consecuencia de lo dicho, el presente trabajo tiene como objetivos: a). establecer un modelo general que permita la evaluación de la fragilidad visual del paisaje en la región del proyecto presente, y b). de terminar la fragilidad visual del paisaje de la misma región.

METODOLOGÍA

Se define la fragilidad visual como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él. Expresa el grado de deterioro visual que experimentaría el territorio ante la incidencia de determinadas actuaciones (RAMOS, 1979).

Este concepto es similar al de "Vulnerabilidad Visual" y opuesto al de "Capacidad de Absorción Visual" (VAC), que es la aptitud que tiene un paisaje de absorber visualmente modificaciones o alteraciones sin detrimento de su calidad visual. Según lo señalado, a mayor fragilidad o vulnerabilidad visual corresponde menor capacidad de absorción visual y viceversa.

Los elementos y características que se analizan en los estudios de paisaje pueden incluirse en tres grandes grupos: factores biofísicos derivados de los elementos característicos de cada punto; factores de visualización, derivados de la configuración del entorno de cada punto; factores histórico-culturales (AGUILO, 1981).

La Fragilidad Visual Intrínseca es función de los elementos y características ambientales que definen al punto, su entorno y otros puntos singulares del entorno que atraen visualmente al observador. La valoración anterior es independiente de la posible observación; es necesario añadir ciertas consideraciones referentes a la posibilidad "real" de visualizar la futura actuación por parte de un observador. Un ejemplo llevado al extremo sería el de una actuación ubicada en una zona de máxima fragilidad visual intrínseca, pero totalmente inaccesible a observadores. Esta es la razón por la que se

considera la Fragilidad Visual Adquirida, cuando a la caracterización intrínseca se le añade el matiz de la accesibilidad potencial a la observación.

La fragilidad del paisaje visual de la zona del presente Proyecto Mina Cuproro se ha realizado aplicando los conceptos anteriormente expuestos.

En la aplicación del modelo no se encontraron ningún antecedente sobre estos estudios en la región, así como tampoco mapas realizados sobre el tema paisajístico, por lo que el modelo usado en el presente estudio, básicamente serán de valores arbitrarios asignados.

Los valores singulares de atracción visual se comportan como un modificador del valor conjunto de fragilidad del punto y del entorno.

La Accesibilidad Visual es también como un modificador de la Fragilidad Visual Intrínseca que toma valores virtuales mientras no se integra con el potencial de observadores.

RESULTADOS

FRAGILIDAD VISUAL INTRÍNSECA Y FRAGILIDAD VISUAL DEL PUNTO

El valor de la fragilidad visual del punto se basa en la integración de los factores biofísicos de los elementos característicos de cada cuadrícula: vegetación y usos del suelo, pendiente y orientación.

Vegetación y usos del suelo

En función de las características propias de este elemento: estructura y variedad de las formaciones, se reclasifican las unidades de vegetación y usos del suelo. Así se

obtienen nuevos tipos con un comportamiento visual homogéneo para los que se determina su valor de fragilidad visual.

Estructura de la formación

La altura de la vegetación y el número de estratos presentes en la formación dan idea de su mayor o menor complejidad. Cuanto más alta y más estratos tenga más compleja será y, por lo tanto, mayor poder de camuflaje para ocultar posibles actuaciones. Los valores superiores corresponden a las formaciones con estructura menos compleja.

Variedad de la formación

Cuanto mayor es el número de especies presentes en la unidad, más cambia su aspecto (color, forma, y textura), más fácil será camuflar actuaciones en ella, y por consiguiente menor será la fragilidad visual de estas formaciones.

Pendiente

La pendiente condiciona el ángulo de incidencia visual del observador, de manera que aquellas zonas con mayor pendiente son más visibles y, por lo tanto, poseen mayor valor de fragilidad. Por ello, para determinar la fragilidad visual derivada de este factor se ha hecho una clasificación de los valores de pendiente del área de estudio atribuyendo mayor fragilidad a las pendientes mayores.

Orientación

La relación de la fragilidad con la orientación responde a un doble criterio: el primero a la iluminación que proporciona mayor fragilidad visual al destacar posibles contrastes y el segundo a la observación a contraluz que presenta poca definición y disminuye la fragilidad visual.

La combinación matricial de las clases consideradas en los tres elementos biofísicos estudiados, da como resultado la Fragilidad Visual del Punto.

FRAGILIDAD VISUAL DEL ENTORNO

Cada uno de los puntos del territorio tendrá una mayor o menor incidencia visual en el análisis de fragilidad en función de la proporción del territorio que se ve desde él. A esta propiedad se le llama INTERVISIBILIDAD y tiene la facultad de ser recíproca, aquellas áreas que se ven desde un punto, son zonas que también ven el punto.

En el área del Proyecto Mina Cuproro, se presenta un gran movimiento interno, carácter ondulado, que hace que la visualización desde los diferentes puntos del territorio presente muchas zonas ocultas, todo ello viene definido por las múltiples laderas, y puntas rocosas de la sierra donde se encuentra el proyecto, aunque la zona del área de la Presa, presenta gran visibilidad. Sin embargo el proyecto no es visible desde cualquier punto de la Zona B.

El análisis de visibilidad se ha realizado en cada punto del territorio, para una superficie circular de 30 kilómetros a la redonda, en donde un observador de aproximadamente 1.70 metros de altura, puede apreciar el panorama. Este panorama claro está, puede verse en su totalidad en la cima del cerro más elevado cercano al proyecto, con una visión total de 360°, mientras que en las partes bajas, la visibilidad es determinada por las serranías.

La Fragilidad Visual del Entorno, viene definida por el mayor o menor porcentaje de zonas vistas respecto del total posible. A mayor porcentaje de territorio visto se puede afirmar que el punto en cuestión es más frágil visualmente por lo que puede inferirse que en el área del proyecto; en sus partes más elevadas; la fragilidad visual es grande, mientras que en las zonas bajas; específicamente en el sitio del proyecto, la fragilidad visual es mínima.

VALORES SINGULARES DE ATRACCIÓN VISUAL

En el área de estudio hay dos zonas singulares: la primera es la que constituye la zona de sierras a todo el Norte Noreste y Noroeste del proyecto, que está constituida por formaciones rocosas de colores llamativos por la vegetación circundante (más visible en temporada de lluvias), la cual cuenta con cañones y laderas de apreciable belleza; aunque impactada ya por las labores mineras antiguas; y la segunda que es la zona de valles que se localizan en la periferia del proyecto, teniendo vista por el extremo oeste hasta aproximadamente 30 kilómetros del lugar del proyecto.

El paisaje tanto en la parte de las sierritas como en la parte plana, son de gran valor paisajístico, por su belleza, aunque la lejanía y las condiciones climáticas (sobre todo en verano), lo hacen poco visitado por las personas.

El sitio del proyecto y su área de influencia, forman parte de un ámbito paisajístico menor, presentando por poca diversidad de vegetación por las actividades mineras de antaño. Los polígonos del proyecto se encuentran básicamente en zonas planas (Zona 5) con zona de lomeríos muy ligeros, enmarcado hacia el este y oeste por cadenas montañosas en donde se encuentran las Zonas 1 a la 4.

La combinación de la Fragilidad Visual del Punto junto con la Fragilidad Visual del Entorno y modificada por los puntos que poseen Atracción Visual, da lugar a la Fragilidad Visual Intrínseca. Los puntos del territorio que están en el campo de visión como es la zona de valles aumenta su fragilidad. La Región del proyecto queda repartida entonces como aparece en la siguiente figura 27.

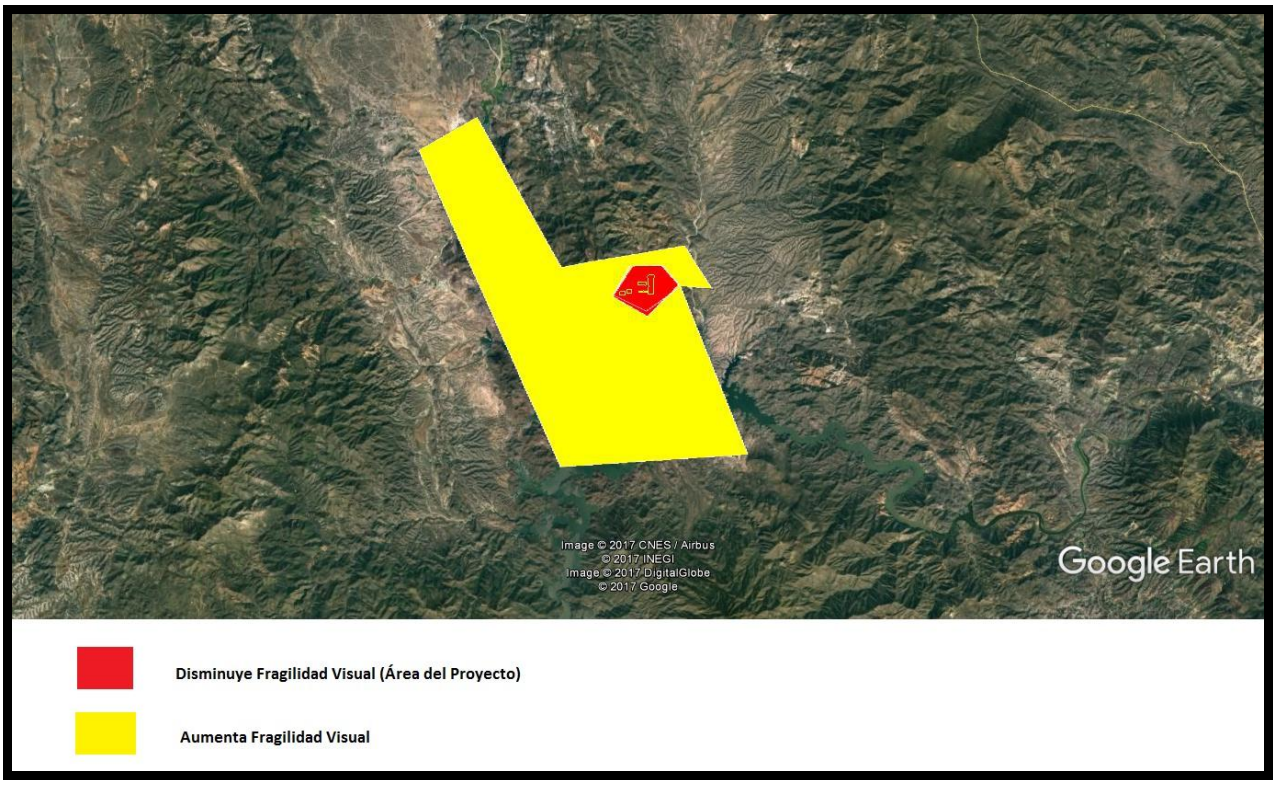


Figura 27. Mapa de fragilidad visual.

Observándose que el área donde estará el Proyecto Mina Cuproro es la zona de menos fragilidad visual por encontrarse en los límites de la zona montañosa.

CONCLUSIONES

En la zona que ese encuentra antes de llegar al proyecto entre la Sierra Las Calabazas y el poblado de San Pedro de La cueva son las áreas con alta fragilidad visual. La zona del proyecto se clasifica como la menos frágil debido a la presencia de cerros, en donde se tiene más posibilidad de ocultarse o camuflagear un impacto realizado en ellos.

FRAGILIDAD VISUAL ADQUIRIDA

El concepto de Fragilidad Visual Adquirida responde a la mayor o menor susceptibilidad de un territorio a ser observado, y depende, de la accesibilidad real de dichas zonas.

La Accesibilidad Visual actúa como modificador externo de la Fragilidad Visual Intrínseca del territorio. Las carreteras y los núcleos urbanos explican la mayor o menor Accesibilidad Visual que tiene la zona. La combinación de ambas da lugar a áreas del territorio con más posibilidad de concentración de observadores. Estas áreas y las vistas desde ellas, ponderadas según las zonas estén más o menos alejadas del punto de observación, verán aumentada su fragilidad.

En base a lo anterior, la zona del proyecto, se encuentra muy alejada de zonas urbanas (25kilómetros de San Pedro de la Cueva, en donde existen pocos observadores al sitio, debido a que para llegar al lugar, es muy accidentado por los caminos de terracería que lo hacen poco menos que inaccesible.

IV.2.4 Medio Socioeconómico

Todas de las estadísticas presentadas en el presente estudio, tienen como base las cifras del Consejo Estatal de Población (COESPO) en 2010.

a). Demografía.

Número de habitantes.

HOMBRES	TOTAL
856	1,604
MUJERES	
748	

Distribución Territorial.

Superficie (km^2):	1,926
Densidad de Población (hab./km^2):	0.8

Población urbana y rural.

DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO DE LOCALIDAD		
URBANA	San Pedro de la Cueva 1,056 hab.	65.8%
RURAL	548 hab	34.1%

Edades de la población.

ESTRUCTURA DE EDAD 2010

Niños (0-14)	Adolescentes (15-19)	Jóvenes (20-29)	Adultos (30-64)	Adultos Mayores (65 y más)
330	132	152	699	287
20.6%	8.3%	9.5%	43.7%	17.9%

Indicadores demográficos.

Tasa de Crecimiento Medio Anual	Tasa de Crecimiento Natural	Tasa de Crecimiento Social	Esperanza de Vida	Edad Mediana	Tasa Global de Fecundidad	Tasa de Fecundidad Adolescente (Por cada 100 Mujeres)
-0.59%	0.4%	-1.0%	77.0	39	3.0%	4.3%

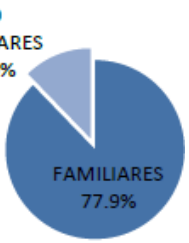
TASA DE DEPENDENCIAS ECONOMICA

INFANTIL: 33.6
TERCERA EDAD: 29.2
TOTAL: 62.8

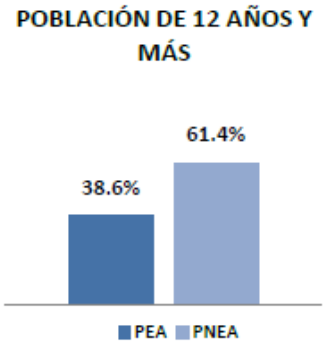
Vivienda y hogares.

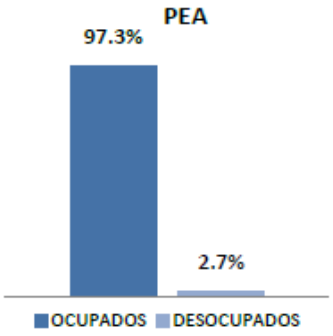
VIVIENDAS	567
OCUPANTES	1,604

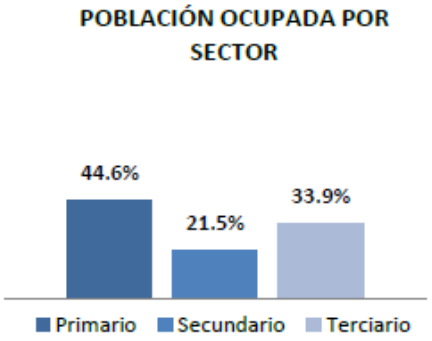
HOGARES	566
PROMEDIO DE PERSONAS EN HOGARES	2.8



Actividad económica.







	PERSONAS
PNEA	816
PEA	513
Ocupados	499
Desocupados	14

TASAS DE PARTICIPACIÓN ECONÓMICA POR GRANDES GRUPOS DE EDAD Y SEXO

	Total	12 a 14	15 a 24	25 a 59	60 y más
PEA	37.8 %	2.3 %	25.5 %	49.7 %	31.2 %
Hombres	56.5 %	2.4 %	33.0 %	72.1 %	51.0 %
Mujeres	17.0 %	2.22 %	18.8 %	23.7 %	7.1 %

Condición social.

MARGINACIÓN

Grado	Lugar en Sonora	Localidades marginadas	% Población en Loc. marginadas
BAJO	28	7	7.4%

POBREZA MULTIDIMENCIONAL

Total	Moderada	Extrema
45.3%	5.6%	39.6%

Indicadores socioeconómicos.

% Pob. >15 años analfabeta	4.7%
% Pob. >15 años sin primaria completa	33.7%
% Ocupantes en viviendas sin drenaje	3.6%
% Ocupantes en viviendas sin electricidad	1.0%
% Ocupantes en viviendas sin agua	4.1%
% De viviendas con hacinamiento	17.1%
% Ocupantes en viviendas con piso de tierra	2.6%
% Pob. En localidades de < 5 mil hab.	100%
% Pob. Ocupada que gana hasta 2 S.M.	50.1%

% DE POBLACIÓN CON CARENCIAS	
Rezago Educativo	24.3
Accesos a los servicios de salud	40.5
Acceso a la seguridad social	66.8
Calidad y espacios de la vivienda	4.1
Acceso a los servicios básicos en la vivienda	39.6
Acceso a la alimentación	7.8

A continuación, se analizarán los diferentes sectores económicos en el municipio de San Pedro de la Cueva, según el Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable en el Estado de Sonora, en donde se plantearán las diversas dificultades a las que enfrentan.

AGRICULTURA

En este municipio existe una superficie agrícola total de 5,164 hectáreas, de las cuales 93 son de riego, 1,876 de temporal y 3,195 mixtas.

Existen alrededor de 250 hectáreas que se siembran en forma eventual. Se cultiva trigo, cebada, avena, hortaliza, maíz, fríjol, cacahuate y sorgo.

Para el desarrollo de esta actividad cuenta con carretera pavimentada hasta la cabecera municipal faltando apoyo crediticio para poder reactivar la explotación de cultivos más rentables para el productor como frutales y hortalizas.

GANADERÍA

En este Municipio se practica la ganadería de bovinos, equinos, mular y caprina. Se cuenta con 20,088 cabezas de ganado bovino, 52 caprinos, 1,399 equinos y 7 cajones de abejas. La actividad ganadera se desarrolla en 185,000 hectáreas de agostadero beneficiando a 698 productores.

INDUSTRIA

La actividad industrial que se desarrolla en el Municipio es incipiente ya que se generan únicamente 85 empleos. Los establecimientos existentes son del tipo familiar, destacando la producción de queso regional como principal ramo de la actividad, así como la producción de obleas y se curten pieles para consumo regional en la producción de vaquetas para calzado y arreos de trabajo.

SERVICIOS

La actividad comercial del Municipio se desarrolla por 11 establecimientos, de los cuales 10 son negocios dirigidos por particulares y uno es del sistema CONASUPO. Se comercializan también las especies que son capturadas en la presa Plutarco Elías Calles, entre ellas destacan la mojarra, lobina negra, tilapia, capree y bagre.

Cuenta con servicios de hospedaje, preparación de alimentos y bebidas y venta de gasolina.

TURISMO

Cuenta con bellos parajes naturales así como también es sitio de interés la presa El Novillo donde se practica la pesca deportiva y acude turismo extranjero principalmente.

TURISMO

El Turismo se ha convertido en parte importante para el desarrollo económico del municipio. Basado en la pesca deportiva desarrollada en la presa Plutarco Elías Calles; sin embargo, no se cuenta con un programa de desarrollo y explotación racional que permita un crecimiento sustentable.

MINERIA

Se produce a baja escala grafito y en menores cantidades oro, plata y plomo.

PESCA

En San Pedro de la Cueva, Sonora se encuentra La presa El Novillo cuenta con un hermoso paisaje, áreas de descanso y para acampar, para realizar excursiones y paseos en caballo y motos. Aunque la principal misión de la presa es generar energía eléctrica, cuenta con varias especies acuáticas como: lobina negra, bagre, capree, tilapia, mojarra, lo cual atrae la pesca deportiva regional y con la presencia de personas de Estados Unidos.

IV.2.5 Diagnóstico ambiental

En esta sección se analizará toda la información que se recopiló en la caracterización ambiental que se hizo en capítulos pasados, con el fin de determinar las tendencias de los procesos de deterioro natural que se han estado llevando a cabo en el área del proyecto; así como su grado de conservación.

Se hará también un análisis a futuro de lo que pudiera pasar con estos ecosistemas cuando el proyecto esté en su máxima etapa productiva, sobre todo por el aumento demográfico que pudiese resultar con motivo de la operación del proyecto.

Para realizar el análisis anterior, se utilizó la cartografía elaborada a base de sobreposiciones. Esta cartografía consistió en utilizar planos de INEGI, INE y Secretaría de Economía, así como planos digitales de Versión V6 de INEGI en la página de internet http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/ mismos que se sobre posicionaron en imágenes satelitales de Google Earth, siendo ajustados digitalmente para acoplarse perfectamente y poder verse e identificarse los posibles puntos críticos que serían afectados con la realización del presente proyecto.

A continuación analizaremos cada una de las sobre posiciones realizadas.

Mapa de Vegetación y Uso de Suelo.

Por la importancia que representa la vegetación en todo ecosistema, este es el primero que se analizará. Dicho plano es el No 8 del ANEXO 6 del presente estudio.

Se observa en dicho plano que el Proyecto se localiza en la clasificación Selva Baja Caducifolia y al Este del mismo, matorral xerófilo, según la cartografía digital V6 del INEGI.

Observando esta sobre posición del plano de Vegetación y Uso de suelo, se aprecia que **NO EXISTEN PUNTOS CRÍTICOS**, ya que de las 50.5145 hectáreas del total del área del Proyecto, se encuentran impactadas por las actividades mineras antiguas y no va a requerirla Autorización del Cambio de Uso de Suelo, pues no hay vegetación natural de Selva Baja Caducifolia en el sitio. Con el retiro de los montículos de terreros y jaleros que existen en el área, se restablecerán los patrones de escurrimiento originales permitiendo la revegetación natural del sitio e impidiendo que las especies invasivas avancen más.

Con el Programa de Reubicación de Especies Cactáceas de Lento Crecimiento que se implementará en la zona, se lograrán reubicar estas especies y las que se encuentren enlistadas en la noma NOM 059 – SEMARNAT-2010 que se llegaran a encontrar en el predio y que pudieran ser afectadas.

Mapa Geológico.

Analizando el plano 4 del ANEXO 6, se observa que en el lugar de estudio, la configuración estructural de las rocas que afloran es muy compleja, debido en gran parte a la falta de continuidad de sus afloramientos y a la intensa erosión a que ha estado sujeta la región.

Según dicho plano geológico, en el lugar del Proyecto se encuentran rocas ígneas intrusivas y extrusivas y rocas sedimentarias.

En cuanto a las fallas Geológicas del área, existe una fractura a 1000 metros al Sur del Proyecto y una falla a aproximadamente 1000 metros al Este del mismo, por lo que **NO EXISTEN PUNTOS CRITICOS** que pudieran afectar la seguridad del proyecto.

Analizando la edafología en el Plano 5 del mismo Anexo 6, el proyecto se encuentra en su totalidad en suelos tipo Leptosol y aproximadamente a 1000 metros al Este suelo Regosol, correspondiente al suelo de la presa que son resultado del depósito reciente de roca y arena acarreadas por el agua de lluvia y tienen la característica, que al perder la vegetación que los cubre, la superficie se vuelve dura y costrosa impidiendo la infiltración del agua al subsuelo, lo que favorece al presente Proyecto en caso de que se dé por accidente algún derrame accidental tanto de hidrocarburos como de solución cianurada.

Mapa Hidrológico Superficial.

Volviendo a analizar el Plano 5, del Anexo 6, (Edafológico), y viendo que en su mayoría el proyecto se desarrollará en suelos tipo Leptosol, lo que indica que la zona es un lugar donde escurrimientos pluviales considerables (10 a 20%), por lo que representa **UN PUNTRO CRÍTICO IMPORTANTE**, pues dichas escorrentías pudieran ser un vehículo perfecto para transporte de contaminantes en el caso de algún accidente o fisuras que pudiera presentarse en el material impermeable de la cubierta de polietileno de alta densidad que se coloque en la presa de jales.

Es necesario que el Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua (Anexo 9), el Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las Soluciones de Agua de Proceso (Anexo 10) y el Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo (Anexo 11) se apliquen correctamente en el Proyecto de manera que el buen funcionamiento de la maquinaria, equipo e instalaciones funcionen de manera adecuada y se impida al máximo dicha transferencia de contaminantes al subsuelo.

Dicho lo anterior procederemos a analizar el Plano 6 del Anexo 6 de Hidrología Superficial y en donde se representan los escurrimientos superficiales de la zona del Proyecto que llega a un coeficiente de escurrimiento de 10 a 20%.

Lo anterior significa que en el área donde se realizarán las actividades se encontrará en un área con un coeficiente de escurrimiento poco significativo, sin embargo, aun así es un escurrimiento que representa un riesgo que se tiene que tomar en cuenta. Por lo que consideramos **ES UN PUNTO CRÍTICO** a considerar de baja significancia, aunque se debe abundar que las medidas de seguridad empleadas como la capa de arcilla impermeable, la capa de liner de alta densidad de 80 milésimas de pulgada que se colocarán en la Presa de Jales y los análisis de monitoreo de la calidad del agua que se realizarán, disminuyen al mínimo la posibilidad de un evento de este tipo.

Mapa Hidrológico Subterráneo.

Comenzaremos analizando el Plano 7 del Anexo 6 que representa a las cuencas hidrológicas en el área del Proyecto y se aprecia que el Proyecto Mina Cuproro se encuentra en una zona de permeabilidad baja (5PB) por las características rocosas del área, por lo que no se considera **UN PUNTO CRÍTICO** la permeabilidad al subsuelo en caso de algún derrame de contaminante y es poco posible la transferencia de estos hacia los cuerpos de agua.

Mapa Topográfico.

Analizando el Plano 9 del Anexo 6, se puede apreciar la topografía de la zona, en la cual, dicho mapa cataloga el área como “Zona de Minas” y alejado de cuerpos de agua, ya que el más cercano se encuentra a 5 kilómetros al menos así como de zonas arqueológicas o Áreas Naturales Protegidas, por lo que consideramos que **NO EXISTEN PUNTOS CRÍTICOS** en este rubro.

Habiendo realizado el análisis correspondiente con dicha sobre posición, se procede ahora a determinar los siguientes:

Deterioro natural y grado de conservación.- El área del proyecto, es un sitio ya de por si impactado por medio de las actividades gambusinas y agropecuarias de décadas. Existen áreas afectadas por ambas actividades en el área del Proyecto Mina Cuproro. Dichas afectaciones son; acumulamiento de terreros y jaleros, jales mineros, basura correspondiente a la actividad minera, represos, apertura de terreros, construcciones propias de campamentos o casas de ranchos.

Calidad de vida futura en el área del proyecto.- Aumento demográfico en la zona, no puede ser posible que se logre, por las condiciones agrestes del lugar. El único aumento demográfico que se lograría, sería el de los trabajadores de la mina, los cuales pueden ser de comunidades cercanas como San Pedro de la Cueva y Suaqui principalmente, pero en el lugar en sí es difícil que se logre establecer algún asentamiento humano.

Lo que si representará un cambio positivo en la calidad del lugar, ocurrirá durante la etapa de abandono del sitio, ya que se dará con la restauración y reforestación planteadas por la Empresa Alex Minerales S.A. de C.V., representará un freno a las tendencias de deterioro naturales. La reforestación del área permitirá que disminuyan la expansión de especies invasivas como el huinolo, que disminuyan los niveles de erosión, tanto hídrica como eólica del área del proyecto, lo cual permitirá que se sigan creando procesos de formación edáfica que aumentará sin lugar a dudas la diversidad biológica de la zona.

Los distintos procesos de restauración que se darán, incluyen técnicas de conservación de suelo adecuadas que frenen los procesos degradativos naturales del lugar.

a) Integración e interpretación del inventario ambiental.

El área del proyecto queda identificadas como una unidad ambiental homogénea, basado en la técnica de superposición de imágenes realizada, en los cuales se utilizaron parámetros temáticos del ambiente físico como geología, fallas, aguas superficiales y subterráneas, topográfico y vegetación y uso de suelo.

Para lograr esto fue necesario:

- Utilizando métodos de SIG, se sobre posicionaron índices temáticos como geología, hidrología, topografía y de vegetación. En donde la carta base fueron imágenes satelitales de Google Earth, acoplados a cartografía existente de INEGI, Secretaría de Economía, UNAM e INE, identificándose el sistema ambiental que compone el área de estudio.
- Se tabularon los principales atributos de referencia que predominaban en la zona por cada tema analizado.
- Se identificaron sus componentes críticos y relevantes de cada sistema ambiental.

b) Síntesis del inventario

Se identificó en el área del proyecto una Unidad Ambiental con las siguientes características:

Existen unidades agropecuarias en escala mediana y la poca producción a nivel de autoconsumo, definido principalmente por estacionalidades (temporada de lluvias), existiendo también la pesca a baja escala y la pesca deportiva en la Presa El Novillo. Estos sistemas productivos no se verían afectados por las actividades del proyecto, pero si se beneficiaría la planta comercial y de servicios, así como industrias y talleres

de tipo familiar existentes en la Región en comunidades pequeñas como San Pedro de la Cueva y Suaqui y en sí todas las poblaciones cercanas al proyecto.

Los productores agropecuarios y pescadores de la zona del proyecto no se verán afectados por la actividad minera a realizar, y si beneficiada, sobre todo por la rehabilitación de caminos constante que se realizaría y que normalmente, los propietarios de dichas rancherías, no cuentan con los recursos ni el equipo necesario para llevarla a cabo.

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En el presente estudio se aplicó una adaptación de la matriz de Leopold, la cual relaciona mediante un cuadro de doble entrada:

En el **eje vertical** los elementos afectados (componentes ambientales) por el proyecto.

En el **eje horizontal** las acciones del proyecto en sus diferentes etapas.

En el análisis se ponderan los componentes ambientales, en función de su vulnerabilidad o las modificaciones que sufrirá el entorno con las obras que se llevarán a cabo en el presente proyecto.

Las herramientas que se utilizaron para la caracterización e identificación de las fuentes de perturbación son.

- Utilización de SIG para sobre posicionar cartografía de los diferentes componentes ambientales con las obras mineras que se realizarán.

- Observaciones y estudios de campo con los temas de flora, fauna, suelo y aguas.
- Criterios de diseño y construcción de la obra minera.
- Fotografías del lugar.
- Documentación oficial de diferentes niveles de Gobierno sobre datos socioeconómicos, Decretos, Leyes, Reglamentos, Normas y Acuerdos, así como Planes de Desarrollo.

NIVEL DE IMPACTO PREVISIBLE

El impacto previsible concierne a la propiedad de un elemento del medio natural o del paisaje al ser modificado como consecuencia de la realización del proyecto.

Se han establecido tres niveles.

Perturbación alta:
Es considerado cuando un elemento resulta aniquilado, alterado o dañado por la realización del proyecto, de forma severa y su mitigación requiere de medidas técnicas especiales y de gran magnitud.

Perturbación Media:
Cuando un elemento es perturbado de manera relativa y aun cuando pierda calidad, puede coexistir con el conjunto de la obra. Requiere de obras técnicas no muy complicadas y realizables a bajo costo.

Perturbación Baja:
Cuando la modificación del elemento resulta nula o casi nula.

AMPLITUD DEL IMPACTO

Indica a qué nivel, en términos de espacio corresponden las consecuencias del impacto en el área. Se considera:

REGIONAL:
El impacto alcanzará el conjunto de la población del área de influencia o una parte importante de la misma.

LOCAL:
Llegará a una parte limitada de la población, dentro de los límites del territorio del proyecto.

PUNTUAL:
Alcanzará sólo un área determinada alrededor de la obra.

IMPORTANCIA DEL IMPACTO.

Queda definido como sigue:
Impacto mayor:
Cuando se provoca una modificación profunda en la naturaleza o en el uso de un elemento medioambiental de gran resistencia y estimado por una mayoría de la población.

Impacto medio:
Alteración parcial de la naturaleza. Resistencia media. Parte limitada de la población.

Impacto menor:
Alteración poco importante resistencia media o débil. Poco interés de la población.

Impacto nulo:

Es cuando existe una alteración mínima de la naturaleza o de la utilización de un elemento medioambiental cuya resistencia es muy débil y de importancia para algunos analistas.

Con base a lo anterior, a continuación, en la tabla 29 se describe en forma general y cualitativa los impactos que se esperan en el sitio donde se desarrollará el Proyecto Mina Cuproro.

Elemento ambiental	Intensidad de la alteración	Amplitud del impacto	Importancia del impacto
Agua superficial	Baja	Local	Baja
Agua subterránea	Nula	Nula	Nula
Suelo	Alta	Local	Medio
Flora	Nula	Nula	Nula
Fauna	Baja	Local	Baja
Atmósfera	Baja	Local	Menor
Paisaje	Media	Local	Medio
Socioeconomía	Alta	Regional	Mayor

Tabla 29. Impactos esperados en el proyecto.

V.1. Identificación de los impactos ambientales.

Para la identificación y evaluación de impactos ambientales que generará la ejecución del Proyecto, se tomó en consideración las interacciones de las obras y acciones y el medio ambiente que lo rodea.

Para una mejor identificación, se utilizó el método de la matriz de cribado, mientras que para su evaluación se aplicó el método de indicadores característicos, mismos que se describen y desarrollan en las secciones siguientes.

Como siguiente paso se procedió a hacer una identificación más detallada, aunque todavía subjetiva de los diferentes impactos, relacionado con sus causas. Para esto se construye una matriz de cribado en la Tabla V2 del Anexo 12, la cual permite identificar las interacciones que se esperan en el ambiente por las principales actividades en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y abandono de la mina.

La metodología de cribado empleada, se basa en la técnica de interacciones matriciales de Leopold (1971), en la cual se integra identificando y marcando cada acción propuesta y su correspondiente efecto.

Con el propósito de realizar una evaluación uniforme de la valoración de cada impacto, se utilizaron los siguientes criterios:

- No existen efectos adversos.
- ? No se sabe si los efectos son significativos.
- A Adverso significativo.
- a Adverso no significativo.
- B Benéfico significativo.
- b Benéfico no significativo

Para el caso del Proyecto Mina Cuproro, se relacionaron un total de 33 actividades de proyecto dentro de las cuatro etapas de desarrollo (eje X), de forma tal que la etapa de Preparación del Sitio y Construcción tiene 13 actividades, la de Operación y Mantenimiento 12 y la etapa de abandono tiene 6 actividades.

En la sección de componentes ambientales se presentan 33 en el Medio Natural. Los cuales se encuentran repartidos con 26 para el medio abiótico y 6 para el medio biótico o biológico. Los 7 restantes son de aspectos socioeconómicos.

En cuanto a los componentes ambientales (eje Y), se presentaron 33, separados según su medio: 20 pertenecientes al medio abiótico, 6 al medio biológico o biótico y 7 al medio socioeconómico. Haciendo un total de 1023 interacciones, siendo reales 498 de ellas (adaptadas a la naturaleza del proyecto), que representa el 48.68% del total potencial. Las interacciones realizadas sobre cada componente quedaron distribuidas de la siguiente manera: Medio abiótico 52.01%, Medio biótico 14.26%, Medio Socioeconómico 33.78%. Ver en Anexo 12 en la tabla V3 la matriz de identificación de impactos ambientales.

Así mismo, en cuanto a lo que cada una de las etapas del proyecto contribuyeron con sus interacciones, se tiene que: La etapa de Preparación del Sitio y Construcción con 43.78%, 23.90% para la etapa de explotación, 7.83% para la etapa de Planta de Beneficio y Presa de Jales y 24.50% para la etapa de abandono del proyecto. Ver tabla V.1 de Anexo 12.

Como resultado de las interacciones, se presentaron 35.54% de impacto benéficos significativos, 28.11 % de impacto benéficos no significativos, que representan el 63.65% del total.

Dentro de los factores adversos, resultaron un total de 7.43% de factores adversos significativos y 28.92% de factores adversos no significativos, que representan el 35.65% del total.

Como se observa, los valores resultantes indican que los impactos benéficos superan a los impactos adversos. Esto es más consistente durante la evaluación de los impactos por el Método de Indicadores Característicos, que se presenta más adelante.

En la Tabla V.4. se presenta el resumen global de la valoración de impactos analizada mediante la matriz de cribado por el Método de Leopold.

V.2. Evaluación de los impactos.

V.2.1. Indicadores de impacto.

Un indicador de Impacto Ambiental es un elemento del Medio Ambiente que se vio o puede verse afectado por un agente de cambio. Los indicadores deben tener representatividad y relevancia respecto al impacto de la obra. Además deben ser excluyentes, es decir, que no exista superposición entre los diferentes indicadores, ser de preferencia medibles en términos cuantitativos y ser fácilmente identificables.

La descripción de los indicadores que se identificaron en el Proyecto, se muestran a continuación:

Calidad del aire. Este componente ambiental, se verá afectado principalmente por la emisión de polvos debido al tránsito de los vehículos sobre los caminos de terracería existentes.

Los principales indicadores para evaluar el impacto de este componente son:

- Distancia de acarreo de materiales en camiones de volteo.
- Superficie expuesta a procesos erosivos.
- Calidad ambiente del aire, respecto a las condiciones iniciales del sitio. Se puede usar como referencia lo que señalan las estimaciones por factores de emisión del

AP-43, para partículas totales y partículas menores a 10 micras durante preparación y operación.

No se hará necesario el monitoreo de la calidad del aire, por el breve lapso de tiempo de explotación.

Ruido y vibraciones. Las principales fuentes de ruido y vibraciones, será el que genere la maquinaria pesada sobre todo en las etapas de Preparación del Sitio y Construcción. Estos se verán disminuidos durante la etapa de Operación, ya que básicamente será el ruido producido por la planta de Planta de Beneficio y Presa de Jales y los vehículos que transitan y esporádicamente cuando se necesite vaciar más material a la Planta de Beneficio. El indicador a utilizar para evaluar el ruido es La Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.

Hidrología superficial y subterránea. Las modificaciones topográficas que provocará el proyecto, serán básicamente; y en forma muy leve; los patrones de drenaje locales. La construcción del presente proyecto del área de Tajo y de la Presa de Jales, afectará dichos escurrimientos naturales del suelo, pero la construcción de ella no afectará ningún arroyo, debido a que no existen en el área del proyecto.

Los principales indicadores para evaluar este componente ambiental son:

- Calidad de las aguas conforme a la NOM-155-SEMARNAT-2007.
- Calidad del agua en el cuerpo receptor de las corrientes que son interceptadas o están cerca de las obras mineras. La calidad del agua se compara con las condiciones iniciales y se mide de acuerdo a lo que establece los criterios Ecológicos de la Calidad del Agua CE-CCA-001/89.
- Calidad del agua de potenciales descargas de las instalaciones mineras hacia los cauces naturales. Según lo establece la norma NOM-001-SEMARNAT-1996.

- Calidad del agua superficial en los puertos de monitoreo que se construirán aguas abajo de las instalaciones mineras.

Las modificaciones que se presentarán en los cauces superficiales, no provocarán daños importantes, porque serán redirigidos solamente fuera del área del proyecto y volverán a tomar su rumbo original metros más adelante.

En cuanto al agua subterránea, no se esperan impactos en este componente ambiental por el desarrollo de la Presa de Jales, debido al trabajo de impermeabilización, primero con la arcilla y luego con la geomembranas de alta densidad de 80 milésimas de pulgada.

Vegetación. La vegetación del área de 50.5145, no existe por lo que NO se necesitará la Autorización del Cambio de Uso de Suelo Forestal y se acatarán los términos y condicionantes que la regulen para disminuir los impactos. Los principales indicadores de este componente ambiental serán:

- Superficie a desmontar en áreas naturales.
- No hay especies protegidas afectadas, según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El impacto provocado por el desmonte no será permanente por la reforestación al final de la vida útil.

Durante la etapa de abandono del sitio, la mayor parte de las áreas afectadas serán reforestadas con cubiertas vegetales, por lo que paulatinamente los terreros se irán rehabilitando e integrando al entorno natural.

Fauna. La afectación a la fauna, se considera también de muy bajo alcance y se tomarán las medidas necesarias para que los ejemplares puedan transportarse a lugares más tranquilos, dándoles el suficiente tiempo para su traslado.

Los principales indicadores para evaluar el impacto en la fauna son:

- Número de especies protegidas que se identifican en la zona.
- Número e importancia de lugares especiales como son zonas de reproducción y alimentación, dentro de la zona del proyecto o en las proximidades.

Suelo. Al desarrollarse el proyecto minero, uno de los componentes ambientales que sufrirá mayor impacto es el suelo. Modificándose en forma permanente la topografía, estructura y calidad del suelo en las áreas donde se desarrollarán los patios de lixiviación.

El impacto al suelo está ligado con la alteración del paisaje, más no con la eliminación de la vegetación en el área del proyecto.

Los indicadores más importantes a utilizar para medir el impacto sobre el suelo son:

- Superficie del suelo a afectar por las obras mineras.
- Superficie expuesta a la erosión.
- Volumen desuelo fértil a remover.

La modificación que sufrirá el suelo del proyecto, puede considerarse temporal, ya que una vez restaurado el sitio, el terreno se reincorporará a las actividades productivas locales; así como las interrelaciones, antes que se rompiera la biocenosis del lugar, volverán a darse entre las diferentes partes del sistema. Es decir como estaba originalmente hace algunas décadas, pues siempre ha sido lugar impactado por las actividades mineras, desde antes de nuestra llegada.

Socioeconomía. El proyecto minero ofrecerá aún más oportunidades de trabajo a los pobladores de la región, por lo que disminuirá el número de migrantes en busca de empleo a otras regiones, mejorando con esto la economía regional. De manera indirecta, con el desarrollo del proyecto minero, se incrementarán también la demanda de bienes y servicios.

Los indicadores que se utilizarán para medir el impacto de este componente ambiental, son los siguientes:

- Número de empleos directos generados localmente.
- Número de empleos indirectos generados.
- Variaciones en la población local.
- Obras de infraestructura y servicios generados.

V.2.2. Criterios y metodologías de evaluación de impacto.

La metodología utilizada en la evaluación de los impactos, es por medio de matrices tipo Lizárraga (Lizárraga J.E., 1993), mediante el cual se asignan valores a una serie de características comunes al impacto ambiental, lo que permitirá cuantificar su importancia tanto benéfica como adversa al entorno.

Una vez analizados, cada uno de los impactos al proyecto, se sumarán los valores de cada una de las características que describen el impacto. El valor de cada impacto se obtiene al multiplicar la sumatoria de las unidades de importancia de cada impacto por un factor de peso total asignado a dicho impacto, de acuerdo a la prioridad de los objetivos de planeación del proyecto. Se asigna un factor de peso menor a la unidad, a cada objetivo. La suma de los factores de peso, deben ser siempre igual a la unidad.

$$VIi = \Sigma ICi * Fpi$$

Donde:

VIi = Valor asignado del impacto i

ΣICi = Sumatoria de las unidades de importancia de los impactos i

Fpi = Factor de peso total del impacto i

Para el PROYECTO Mina Cuproro, los objetivos prioritarios y sus factores de peso son:

Objetivo	Factor de peso.
Aprovechamiento del yacimiento mineral.	0.4
Desarrollo económico y social de la región.	0.3
Conservación del medio ambiente.	0.3

Tabla 30. Componentes del sistema ambiental del proyecto.

Los factores de peso para cada uno de los componentes que forman la estrategia u objetivo del proyecto, se asignan de acuerdo a la Tabla 31 siguiente:

Fase del proyecto	Aprovechamiento del yacimiento mineral	Desarrollo económico y social	Conservación del medio ambiente	Factor de peso total = Sumatoria del factor de peso (Fpi)
Preparación del Sitio y Construcción	0.3		0.3	0.6
Explotación	0.4	0.3		0.7

Beneficio y confinamiento en Presa de Jales	0.4	0.3		0.7
Abandono		0.3	0.3	0.6

Tabla 31. Factores de peso del proyecto para sus componentes ambientales.

Con base en estos criterios y de acuerdo con la identificación de impactos establecida en la matriz de cribado (Tabla V.1. del anexo 12), se desarrolla una matriz por cada etapa del proyecto para asignar valores numéricos a las características de cada impacto y encontrar el indicador característico y por lo tanto, su correspondiente valor de impacto. Los resultados se encuentran en la Tabla V.4 del anexo 12.

Para obtener una Evaluación Global de los Impactos Ambientales (VIGIA), se resume el valor numérico de los impactos por cada etapa del proyecto, como se muestra en la tabla V.4 del Anexo 12.

El **valor global del impacto**, se obtiene mediante la sumatoria de todos los impactos identificados y seleccionados.

$$VIGIA = \Sigma Vli$$

Que de acuerdo a los valores de impactos adversos y benéficos que se obtienen son:

$$VIGIA_{ADV} = \Sigma ic\ adv^* Fpi = -322$$

$$VIGIA_{BEN} = \Sigma ic_{BEN}^* Fpi = +502$$

El balance de los impactos benéficos y adversos es el **valor global del impacto** y es=180

Esto significa que los impactos positivos, son mayores a los negativos que pudiera tener el proyecto, y los beneficios serán tangibles a corto, mediano y largo plazo. Los impactos benéficos fueron el 58.2% del total de los impactos, mientras que los adversos fueron 41.8%.

V.3. Descripción de los efectos al ambiente señalados en el presente estudio.

Con base en los indicadores de impacto, se describen los efectos al ambiente producidos por las obras potenciales que se desarrollarán en cualquier proyecto, y el presente no es la excepción. Por lo que este análisis servirá mucho en la elaboración de las medidas de mitigación, por lo que a continuación se analizará cada componente del sistema. Ver Tabla V4 en Anexo 12.

Agua superficial.

Por los criterios de diseño y operación que se contemplan en el Proyecto, ninguna corriente superficial recibirá descargas directas ni indirectas de las áreas del presente Proyecto, sin embargo se estima que la migración de partículas finas del polvo hacia los cauces naturales, podría tener el efecto más importantes si no se toman las medidas adecuadas para prevenirlo durante las etapas del diseño y construcción de las obras.

No obstante, se reconoce la posibilidad de contaminar el agua superficial en caso de que se presenten uno o más de los siguientes eventos:

- Derrame considerable de soluciones de proceso por rotura de tuberías o desbordamiento de áreas de contención.
- Derrames considerables de sustancias químicas en las cercanías de los causes.
- Derrame de hidrocarburos en las cercanías de los causes.

- Lluvias extraordinarias que arrastren contaminantes derramados en las áreas de proceso.
- Fallas en el proceso de detoxificación durante la etapa de abandono.

Por la ubicación de la obra minera, el arroyo intermitente sería el principal receptor de cualquier derrame accidental de soluciones del proceso de lixiviación.

Otro efecto sería la modificación del curso de los escurrimientos, aguas arriba del patio. Se puede presentar erosión severa si las obras de desviación no contemplan refuerzo de los canales, especialmente en las zonas de pendientes donde aumentaría la velocidad del agua.

Agua subterránea.

Debido a las características geohidrológicas de la zona (cuenca aislada), y las medidas de protección que se aplicarán en el diseño, construcción y operación del proyecto, no se esperan efectos negativos en el agua subterránea local o regional.

Vegetación.

El efecto de la vegetación se dio por el desmonte de los terrenos por décadas. De la superficie a ocupar, existen zonas ya degradadas por actividades previas de exploración y explotación y actividades agropecuarias como la apertura de áreas para el desmonte y la siembra que por décadas se han llevado en la zona, así como por los caminos existentes.

Otro efecto en la vegetación aledaña al proyecto, sería la depositación de partículas finas por efecto de las actividades de acarreo y tránsito de vehículos, mismas que se

verán disminuidas por los riegos y por las bajas velocidades de tránsito local vehicular que se darán como medidas preventivas y de mitigación.

Fauna.

La afectación a la fauna se llevará solamente en el área de 50.5145 hectáreas de las 4 zonas de aprovechamiento de terreros y de la zona 5 donde estará la Planta de Beneficio y Presa de Jales, pero al momento de construir en dichos sitios se tomarán los cuidados necesarios para el desplazamiento de la fauna a otras áreas, por lo que se consideran despreciables.

Suelo.

El recurso suelo se verá afectado por el Proyecto en los siguientes componentes:

- Relieve. Las labores de relleno y nivelación y compactación, modificando con esto la cobertura, topografía y estructura del suelo.
- Grado de erosión. La eliminación de la cobertura vegetal, ha sido dada por décadas, de manera que la modificación en los patrones de drenaje natural ha producido áreas expuestas a la erosión. Las actividades de reforestación vendrán a mejorar este aspecto al final de la vida útil del proyecto.
- Contaminación. Los principales efectos de la calidad del suelo se darán en caso de presentarse derrames de soluciones de proceso e hidrocarburos,
- Uso. En cuanto al uso de suelo, no tendrá un cambio, ya que el uso de la zona es minero-industrial, lo cual tendrá repercusiones positivas en la zona, debido a la poca actividad productiva que se presenta.

Atmósfera.

Los efectos en este componente ambiental, serán ocasionados por la emisión de polvos fugitivos durante las actividades de Preparación del Sitio y Construcción por el movimiento de tierras y tránsito de vehículos y maquinaria y posteriormente durante la etapa de operación por las operaciones de acarreo y tránsito vehicular.

Se generarán partículas en algunas fuentes de emisión como los caminos y las zonas de volteo de material. Estas estimaciones se utilizan como una referencia y se debe tener en cuenta que las condiciones de cada sitio pueden variar sustancialmente, por lo que se verificará por medio de sus respectivos factores de emisión. Además se resalta que estas estimaciones no contemplan el efecto de las medidas de control y mitigación.

Otra causa de emisiones de partículas en el apilamiento de los terreros es el efecto erosivo del viento sobre las superficies expuestas, especialmente en las zonas de reciente conformación que no tengan suficiente compactación y humedad.

Además de las partículas, otros contaminantes al aire son los metales y gases de combustión que se generarán por los vehículos automotores que transiten en la zona, los cuales son despreciables.

Socios culturales.

El desarrollo del Proyecto Mina Cuproro**,** tendrá un efecto muy positivo y permanente en términos de socio economía local y regional, al traer empleos directos e indirectos e introducir infraestructura que difícilmente podría darse de otra forma, apoyando con esto a impulsar los planes del Municipio de San Pedro de la Cueva.

Las principales obras de infraestructura y servicios que se darán al desarrollarse el proyecto serán:

- Rehabilitación de caminos existentes.
- Sistemas de comunicación.
- Sistemas de abastecimiento de agua.
- Capacitación al personal.
- Demanda de bienes y servicios en la región.

Paisaje.

El paisaje se verá modificado por las obras, principalmente en su relieve, caracteres topográficos y ligeramente en cuanto a erosión, aunque esta será temporal por las labores de restauración y reforestación que dará el proyecto.

V.4. Descripción de los impactos más significativos.

Para complementar lo dicho en las secciones anteriores, se describirán a continuación las interacciones adversas más significativas al ambiente que suceden en cada etapa del proyecto.

Preparación del sitio y construcción.- En esta fase del proyecto, todas las actividades tienen un efecto muy favorable en el componente socioeconómico, ya que se crearán empleos y esto mejorará también la infraestructura del sitio mediante la rehabilitación de caminos existentes y con el consecuente incremento en la demanda de bienes y servicios en la región.

El impacto socioeconómico se considera de corto, mediano y largo plazo, parcialmente reversible y de consecuencias municipales y regionales.

En cuanto a los aspectos adversos más significativos en esta etapa, se presentan los estos en sus actividades principales:

Desmontes y despalmes.

a) En el drenaje, al eliminar la poca vegetación, se modifica la retención del agua en la superficie, afectando los drenajes locales. El impacto de este componente, se considera de mediano y largo plazo, parcialmente reversible, parcialmente controlable y de efecto local.
b) En el suelo, con la eliminación de la escasa cubierta vegetal se promueven procesos de erosión y depositación en las áreas de escurrimientos. Se considera un impacto de corto y mediano plazo, parcialmente reversible, parcialmente controlable y de efecto local.
c) Calidad del aire, que se afectará con todas las maniobras de remoción, carga, descarga y acarreo, alterando con esto la calidad del aire y su efecto será a corto plazo, localizados, parcialmente controlables y reversibles.
d) Fauna. Se tendrá un impacto negativo con la remoción de la vegetación, ya que muchos de estos son nichos ecológicos, afectando principalmente a los reptiles, mamíferos y aves. El desmonte donde se dé, no causará la migración del sitio del proyecto. El impacto se considera de corto y mediano plazo, localizado en la zona de influencia del proyecto, incontrolable y parcialmente reversible.

Cortes y rellenos.

a) Drenaje. Las excavaciones y preparación del suelo modificarán la capacidad de infiltración y los patrones de drenaje locales, considerándose un impacto de mediano y largo plazo, localizado, incontrolable e irreversible.

b) Suelo. La estructura y profundidad del suelo será modificada, incrementándose el potencial de erosión e inestabilidad del mismo. El impacto será de corto, mediano y largo plazo, localizado parcialmente, parcialmente controlable e irreversible.
c) Afectación del panorama. Los cortes y rellenos modificarán el relieve y paisaje natural del sitio, impactándolo a mediano y largo plazo, localizado, parcialmente controlable y parcialmente reversible.

Rehabilitación de caminos.

a) Se modificará la estructura del suelo ya impactado por el mismo camino, causando un impacto a corto y mediano plazo, localizado, parcialmente controlable y parcialmente reversible.
b) Afectación al panorama. Se modificará el relieve y paisaje natural del sitio y cuyo impacto será a mediano y largo plazo, localizado, parcialmente controlable y parcialmente reversible.

Construcción de Planta de Beneficio, Lixiviación Dinámica, Flotación y Centrifugación, Patios de Lixiviación y Presa de Jales.

a) Drenaje. El diseño de las instalaciones de esta planta contempla la desviación y re-encausamiento de los escurrimientos pluviales que modifican el drenaje local. El impacto será de corto plazo, controlable y reversible.
b) Suelo. El uso de suelo será modificado para dar cabida a la actividad minero-metalúrgica. El impacto se considera de corto y mediano plazo, localizado, controlable y parcialmente reversible.
c) Afectación al panorama. Se transformará el paisaje y relieve natural con la instalación de los equipos de proceso, de beneficio, patios y presa de jales. El impacto será corto y de mediano plazo, localizado, incontrolable y reversible.

Todas las demás actividades a realizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción tendrán impactos positivos en el entorno o negativos muy poco significativos.

Explotación.- En esta fase del proyecto todas las actividades presentarán un impacto benéfico significativo en las componentes socioeconómicas, ya que se crearán empleos y se favorecerá la economía del lugar por la demanda de bienes y servicios.

Extracción, cargado y acarreo de material.

a) Estructura y profundidad del suelo. La remoción de tierra cambiará la estructura actual y profundidad del suelo, lo cual no promoverá fuertemente la erosión e inestabilidad del mismo, ya que fue alterado anteriormente con las actividades gambusinas y mineras de antaño, del mismo modo que se verá levemente alterado el drenaje local. El impacto será localizado, irreversible, con efectos a corto y mediano plazo y parcialmente controlable.
b) Calidad del aire. Al menos, las partículas que se liberen por el movimiento de tierras provocarán un impacto localizado, reversible, parcialmente controlable y de muy corto plazo.
c) Fauna. El ruido que provoque la maquinaria pesada, promoverá la migración de la fauna del lugar hacia zonas aledañas con menos perturbación. El impacto se considera que será solo en el área de movimiento de materiales, será reversible, de corto plazo y parcialmente controlable.

Presa de Jales.

a) Estructura y profundidad del suelo. El relieve del sitio se verá alterado al construir la presa, pudiendo presentarse situaciones de inestabilidad y erosión severa en los nuevos montones a conformar. El impacto se considera localizado, irreversible, parcialmente controlable y de largo plazo.

Almacenamiento de combustible y lubricantes.

a) Calidad del suelo. Esta actividad repercutirá principalmente en la calidad del suelo, solo de presentarse derrames o infiltraciones de estas sustancias durante el transporte, almacenamiento y manejo de las mismas. El impacto será localizado, parcialmente reversible, parcialmente controlable y de corto plazo.

Beneficio.- Muchos de los impactos que se darán en esta etapa del proyecto, serán compensados con medidas preventivas y de control desde la fase de diseño y operación, resultando en menores impactos al entorno que las que se prevén para este tipo de procesos metalúrgicos. Algunas de las medidas preventivas y de control que se aplicarán durante las operaciones son: secado, recirculación de aguas, capacitación constante sobre el manejo de sustancias y condiciones operativas, recolección y disposición adecuada de residuos, monitoreo ambiental y laboral. Siendo las siguientes actividades las que presentarán los aspectos adversos más significativos:

Trituración del mineral.

- Calidad del aire. El proceso de la trituración del mineral producirá partículas suspendidas en las proximidades de las instalaciones, alterando principalmente la calidad del aire en el medio ambiente laboral y ambiental. El impacto es localizado, reversible, parcialmente controlable y de corto plazo.

Fundición.

- Calidad del aire. En el proceso se producirán emisiones a la atmósfera por los procesos de horno de fundición. El impacto se considera localizado, reversible, parcialmente controlable y de corto plazo.

Manejo y almacenamiento de sustancias químicas.

a) Calidad del agua superficial. Tanto durante el transporte como el almacenamiento y manejo de las sustancias químicas, existen riesgos de

derrames que si se dan cercanos a escurrimientos y en época de lluvias, afectaría la calidad del agua superficial. El impacto sería localizado, reversible, controlable y de corto plazo.

b) Calidad del suelo. Cualquier derrame de sustancias fuera de las áreas impermeabilizadas, impactará directamente la calidad del suelo. El impacto sería localizado, parcialmente reversible, controlable y de corto plazo.

Abandono.- Todas las actividades en esta etapa del proyecto repercuten en forma benéfica en el entorno natural, y la componente socioeconómica que se afectará, será la disminución drástica en la demanda de bienes y servicios y en los empleos.

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

VI.1 Medidas preventivas.

El Proyecto Mina Cuproro**,** integrará criterios para prevenir impactos severos al ambiente, desde los trabajos de Preparación del Sitio y Construcción hasta el Abandono con el fin de conservar la estabilidad de potenciales afectaciones al entorno por las obras mineras.

Se estableció la política de apegarse, en todas las fases del proyecto, a estándares ambientales vigentes en México, y en la ausencia de ellos, basarse en criterios internacionales aplicables a este tipo de actividad. Se pondrá especial atención en el diseño de las obras y se aplicarán controles de calidad durante la construcción de las mismas. Así mismo, durante las operaciones, se hará uso eficiente del agua y se aprovechará la infraestructura al máximo.

Con base en los impactos identificados en el capítulo anterior, se describen en este apartado las Medidas de Prevención y Mitigación que se aplicarán en las diferentes etapas del proyecto.

Medidas Preventivas.

- **Diseño óptimo de obras mineras.** La ubicación y extensión de la obra minera, se definió primeramente por la localización y cercanía de los trabajos minero antiguos existentes. Se escogió un sitio, que además de cercano, no tuviese excesiva vegetación que afectar o algún otro rasgo de importancia.

- **Desmonte-trasplante.** Al momento del desmonte se trasplantarán los árboles (sobre todo cactáceas de lento crecimiento) hasta un sitio donde no se vea afectado por la instalación de la planta, por lo que no se verá afectado el sitio en forma grave, favoreciendo a la flora y fauna local y evitando grandes erosiones o afectaciones al suelo.

- **Diseño adecuado de obras de drenaje y desviación de aguas pluviales.** Todas las obras como canales, alcantarillas, cunetas y otros, se diseñarán con base en el evento máximo de lluvia en 24 horas-100 años, introduciendo el desvío de estos drenajes a la pileta de demasías.

- **Pruebas de caracterización geoquímica al material.** Se realizarán pruebas de contabilidad ácido-base y pruebas de celdas húmedas a muestras representativas del material estéril, para conocer el potencial de estas rocas de producir drenaje ácido y disolver metales tóxicos. El resultado de estas pruebas deberá indicar que un alto porcentaje no presentará riesgos de generación de ácido o lixiviación de metales tóxicos por la exposición de la roca en montones al aire libre.

Por lo anterior, se espera que la producción de material generador de ácido sea mínima o nula. Cualquier cantidad de este material que se extraiga, se dispondrá de tal manera que no represente riesgo alguno al entorno.

- **Proceso de lixiviación y beneficio con cero descargas de aguas residuales.** El proyecto fue diseñado en base a las características de circuito cerrado, de tal forma que no permite pérdida alguna de agua o reactivo, que no sea el exclusivamente perdido por causas de evaporación en las piletas de los patios de lixiviación y presa de jales.
- **Señalizaciones.** Se colocarán señalamientos preventivos en materia de Seguridad y Protección al Ambiente en áreas estratégicas y sus alrededores.

- **Almacenes de reactivos, combustibles y residuos.** Todos los almacenes para estos fines, se construirán en apego a las especificaciones ambientales vigentes. Las áreas para almacenar combustibles estarán impermeabilizadas y tendrán cárcamos o bordos de contención donde se pueda captar el volumen almacenado en caso de derrames o fugas severas.

  Los almacenes de reactivos y residuos, se construirán de acuerdo a las especificaciones señaladas en el Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos de la LGEEPA.

- **Capacitación al personal.** La empresa, contará con un programa de capacitación formal de reclutamiento de las diferentes áreas operativas, para que según sus actividades, sigan procedimientos seguros y las medidas ambientales aplicables para prevenir impactos al ambiente.

VI.2. Medidas de mitigación.

A continuación se enlistarán las medidas de mitigación para cada una de las etapas del Proyecto Mina Cuproro

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

Reducción de emisiones de polvos y gases.- Se minimizará la emisión de polvos y gases generados por el tránsito de vehículos, regando con pipa los principales caminos de tránsito vehicular y vías de acceso.

En relación con las emisiones a la atmósfera ocasionadas por vehículos automotores, éstos deberán cumplir con el Programa de mantenimiento Preventivo y Correctivo periódico de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, con el objeto de estar en condiciones de cumplir con las normas:

- NOM-041-SEMARNAT-2015, que establece el nivel máximo permisible de gases contaminantes de escapes de vehículos que usan gasolina.
- NOM-042-SEMARNAT-2003, Nivel máximo permisible de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno de automotores nuevos, así como hidrocarburos evaporados.

- NOM-044-SEMARNAT-2006. Hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, `partículas suspendidas, opacidad de humo de motores que utilizan diesel.

- NOM-045-SEMARNAT-2006. Que establece los niveles máximos permitidos de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

Reducir la generación de ruido.- Los vehículos deben circular con el escape cerrado y a baja velocidad, tanto en los caminos de acceso, y dentro de las áreas de construcción del proyecto minero. Los vehículos deben cumplir con la Norma NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.

La maquinaria y equipo debe cumplir con la norma: NOM-011-STPS-2001 que establece los períodos de exposición frente al ruido por parte de los trabajadores de la obra.

Se debe proporcionar e inducir el uso de protectores auditivos para el personal expuesto al ruido en todas las etapas del proyecto.

Eficientizar el consumo de agua. Toda el agua que se requiera para el proceso se traerá de un pozo que se encuentra cercano al Proyecto, y del cual tendremos derecho de usar, pues se estipula en el contrato de arrendamiento. El agua potable se obtendrá de proveedores locales mediante garrafones.

Apegarse a las disposiciones legales para realizar el desmonte**.** Se determina que No se requerirá la Autorización del Cambio de Uso de Suelo Forestal para el polígono de 50.5145 hectáreas del área del Proyecto por encontrarse impactado con anterioridad.

Protección de la cobertura vegetal en áreas fuera del proyecto. Se realizarán perturbaciones únicamente en los sitios necesarios por el proyecto y autorizados para tal fin.

Queda estrictamente prohibido a todo el personal, clientes y proveedores, recolectar, dañar o comercializar las especies vegetales dentro y fuera de las áreas del proyecto.

Protección de la estructura y uso del suelo. Las actividades que se llevan a cabo actualmente son de repercusión muy local, no interferirá con las actividades que se realizan en la zona.

Obras de control de drenaje. Para el caso del presente proyecto, las obras consistirán de bordos, canales o cunetas que permitirán redirigir los escurrimientos fuera de las áreas de la Presa de Jales.

Protección de la red de drenaje y cauces. Después de realizados los trabajos de desmonte y despalme, se deberá restablecer la red local de drenaje superficial, evitando dejar tapones de tierra o residuos de desmonte.

Protección de la fauna. Previo a las actividades de preparación y construcción se debe cerciorar que la fauna existente sea ahuyentada y/o reubicada con el propósito de no incurrir en la eliminación de ejemplares.

En caso de encontrarse algún ejemplar en las labores, de los listados de la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, se deberá proceder a su rescate y reubicación en un sitio de características similares al del origen previo acuerdo con la autoridad ambiental.

Se prohibirá a todo el personal que labora en el proyecto, la recolección, captura y/o caza de especies de fauna silvestres, dentro o en los alrededores del sitio. Especial atención se dará a las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Manejo y disposición adecuada de hidrocarburos. Se establecerán rutinas de inspección física en la maquinaria y equipo que utiliza combustible, para corrección oportuna de fugas. La tierra contaminada con aceite producto de fugas se guardará en tambores de 200 litros u otro tipo de contenedor con tapadera y se almacenará temporalmente en el almacén temporal de residuos peligrosos que se construya para el proyecto, mientras se envía a disposición final.

Protección de vestigios arqueológicos. Se deben suspender las actividades de desmonte en caso de encontrar vestigios de valor histórico (construcciones, cimientos, vasijas, flechas, tepalcates, etc.), y se dará aviso al Centro Regional del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Lo anterior de acuerdo a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas arqueológicas, Artísticas e Históricas. En su caso, restituir la afectación en acuerdo con la autoridad competente.

Manejo del riesgo ambiental. Debido a que el cianuro que se utilizará en el área del Proyecto Mina Cuproro será cianuro de sodio en briquetas, el cual no se encuentra en ninguno de los 2 listados de actividades altamente riesgosas, el proyecto no requiere un Estudio de Riesgo.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Generación de empleos. Con el Proyecto Mina Cuproro, requerirá personal, por lo que en lo posible se contratará mano de obra y servicios de las poblaciones cercanas.

Obras de control de drenaje. Se construirán obras para desviar las aguas pluviales. Estas obras consistirán de bordos, canales o cunetas que permitan re- dirigir los escurrimientos fuera del área de los Patios de Lixiviación, Piletas y la Presa de Jales.

Manejo y disposición adecuada de la basura.- Todos los residuos no peligrosos, se depositarán en contenedores adecuados para disponer controladamente todos los desechos que se generarán en la etapa de construcción, operación y abandono del proyecto.

Manejo de residuos sólidos.- Los residuos sólidos deben ser dispuestos en la forma y en el lugar indicado por las autoridades.

Una parte del material producto de las excavaciones se utilizará para los bordos de contención de la Presa de Jales y el resto se dispondrá en el sitio donde permita la autoridad. El material de relleno y de compactación debe estar libre de residuos peligrosos.

Regulación de la generación de residuos peligrosos. Una de las primeras acciones a seguir, será el darse de alta como empresa generadora de residuos peligrosos, para los cuales, será indispensable llevar el registro y control de los movimientos por medio de una bitácora.

Se dispondrán los residuos de acuerdo al Reglamento de Residuos Peligrosos de la LGEEPA y también apegarse a los lineamientos de la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Manejo y disposición adecuada de hidrocarburos. Todas las áreas donde se almacenen o realicen maniobras de carga o descarga de combustibles, deberán impermeabilizarse de acuerdo al Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y contar con diques de contención

Protección de la fauna. Se prohibirá a todo el personal que labora en el proyecto la recolección, captura y/o caza de especies de fauna silvestres, dentro o en los alrededores del sitio. Especial atención se dará a las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Auditorías ambientales. Durante las operaciones de los Patios de lixiviación, Planta de lixiviación Dinámica y Flotación, Planta de Beneficio y Presa de Jales, se llevarán a cabo auditorías internas para evaluar el estado de cumplimiento respecto a las normas y criterios ambientales con los que se rigen las operaciones mineras, así como las condiciones de calidad del medio ambiente de los distintos resolutivos.

Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de conducción de soluciones de proceso. Se dará énfasis en los sistemas de bombas, tuberías y válvulas que transportan soluciones de proceso, con el objetivo de eliminar o reducir el riesgo de fugas. Se asegurará de la disponibilidad permanente de bombas emergentes para recirculación de soluciones en caso de derrames o lluvias extraordinarias. Este se presenta en Anexo 10.

Planes de contingencia. El Proyecto Mina Cuproro cuenta con un Programa de Contingencia el cual se presenta en Anexo 13 del presente estudio, y es adecuado para definir las medidas de respuesta a emergencia para los eventos de mayor riesgo que pudieran presentarse tales como:

1.- Derrame de soluciones cianuradas fuera de las áreas de proceso.
2.- Fugas o infiltraciones al subsuelo de soluciones de proceso.
3.- Derrame mayor de hidrocarburos.
4.- Derrame de sustancias químicas.
5.- Incendio o explosión dentro o cerca de las instalaciones mineras.

Estos planes serán divulgados y revisados como parte de la capacitación de los empleados.

Programas de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la maquinaria y equipo. Se cuenta con un Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo que se muestra en Anexo 11. Este programa preventivo calendarizado de mantenimiento a equipo y

maquinaria, son para incrementar la eficiencia y reducir la posibilidad de riesgos en las operaciones. Esta medida de mitigación también ayudará a reducir las emisiones de ruido, partículas y gases contaminantes a la atmósfera, así como los derrames al suelo de lubricantes y combustibles.

Obras de control de drenaje en los terreros. En la conformación de Los Patios de Lixiviación y la Presa de Jales, se irán realizando obras como bordos, cunetas y pendientes en el terreno para disminuir la erosión y dirigir los escurrimientos hacia áreas de mayor control.

Monitoreo e inspecciones periódicas de Patios de Lixiviación y Presa de Jales. Se deberá revisar periódicamente o al presentarse eventos severos de lluvia, para evaluar: condiciones de cárcamos, canales de desvío, tuberías y áreas susceptibles de deslizamientos.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA ETAPA DE ABANDONO.

Obras de control de drenaje. Se construirán obras para desviar las aguas pluviales de las áreas en contacto con cianuro, las cuales serán obras de construcción de bordos, canales o cunetas que permitirán re-dirigir los escurrimientos fuera de estas áreas.

Monitoreo ambiental. Se establecerá un programa de monitoreo para vigilar las condiciones ambientales del sitio. Este programa será formulado por la empresa y acordado con la SEMARNAT. Esta medida permitirá detectar posibles alteraciones importantes en la calidad del entorno que ameriten acciones de control para el cierre de las operaciones mineras.

Restauración durante las operaciones de áreas degradadas inactivas. Se planea realizar algunas actividades de restitución de obras en zonas inactivas de la mina como

pueden ser caminos fuera de operación, pozos o barrenos fuera de uso, obras de explotación minera las actividades de restauración consistirán principalmente de:

1.- Remoción y disposición adecuada de residuos (peligrosos y no peligrosos).
2.- Remoción de equipo, maquinaria y materiales fuera de uso.
3.- Limpieza de suelo contaminado.
4.-Suavización de pendientes y escarificado del suelo.

VI.3. Impactos residuales.

A continuación, se describirán los impactos residuales más significativos que se darán al medio ambiente, por etapa del proyecto. Se calificará su reversibilidad por las medidas de mitigación realizadas y también la magnitud de su efecto local o regional. En este análisis también se verán los impactos positivos de la obra.

Preparación del sitio y construcción.

En esta fase del proyecto, se tiene un efecto muy favorable en la componente socioeconómica, ya que se crearán empleos y se mejorará la infraestructura del sitio mediante la rehabilitación constante del camino existente, así como un incremento en la demanda de bienes y servicios en la Región.

El impacto socioeconómico se considera de corto, mediano y largo plazo, parcialmente reversible y de efecto municipal y regional.

A continuación, se describen los efectos adversos más significativos en esta etapa del proyecto:

Preparación y Construcción.- Esta actividad afectará directamente los siguientes componentes:

- Calidad del aire. Todas las maniobras de transporte, acarreo y descarga de material, aportarán cantidades apreciables de partículas a la atmósfera, alterando su calidad. Los efectos en la calidad del aire serán de corto plazo, localizado, parcialmente controlables y reversibles.

- Fauna. Como resultado de las operaciones del proyecto, se ahuyentará la fauna del lugar. Afectando principalmente a los reptiles, mamíferos y aves. El impacto se considera de corto y mediano plazo, localizado en la zona de influencia del proyecto, incontrolable y parcialmente reversible.

Rellenos.- El impacto se dará en los siguientes componentes ambientales:

- Drenaje. Los rellenos que se realizarán durante la etapa de Preparación del sitio, modificará la capacidad de infiltración y los drenajes locales. El impacto se considera de mediano y largo plazo, localizado, incontrolable e irreversible.

- Suelo. La estructura y profundidad del suelo serán modificadas, incrementándose el potencial de erosión e inestabilidad del mismo. El impacto será a corto, mediano y largo plazo, localizado, parcialmente controlado e irreversible.

- Cualidades estéticas. Los rellenos modificarán los relieves y el paisaje natural del sitio. El impacto se considera de mediano y largo plazo, localizado, parcialmente controlable y parcialmente reversible.

Operación y mantenimiento.

En esta etapa del proyecto, se presentarán los mayores impactos benéficos, sobre todo en el aspecto socioeconómico, ya que se crearán empleos y se favorecerá la economía del lugar por la demanda de bienes y servicios.

Acarreo de material y descarga.- Las actividades que causarán los impactos adversos más significativos al ambiente son:

- Estructura y profundidad del suelo. La remoción de terreros, cambiará la estructura actual y profundidad del suelo, lo cual promoverá fuertemente la erosión e inestabilidad del mismo, ya que el suelo fue alterado anteriormente, del mismo modo que se verá levemente alterado el drenaje local. El impacto será localizado, irreversible, con efectos a corto y mediano plazo y parcialmente controlable.

- Calidad del aire. Las partículas que se liberen durante el acarreo, volteo de camiones y transporte, provocará un impacto localizado, reversible, parcialmente controlable y de muy corto plazo.

- Fauna. El ruido que provoque la maquinaria pesada, promoverá el movimiento de la fauna hacia zonas aledañas con menos perturbación. El impacto se considera será solamente en el área del movimiento de materiales, será reversible, de corto plazo y parcialmente controlable.

Por estas actividades se provocarán alteraciones en los siguientes componentes:

- Estructura y profundidad del suelo. Se afecta principalmente el relieve siendo un impacto residual localizado, irreversible, muy poco controlable y de largo plazo. En este caso, la afectación al paisaje va muy ligado. Ya que en un principio, los

cerros o montañas, que por lo general son figuras asimétricas y amorfas, se verán afectadas con cortes abruptos.

- Calidad del aire. Las maniobras de descarga y transporte del material generan partículas suspendidas en el aire. Siendo este un impacto localizado, sujeto a las condiciones del viento, reversible, parcialmente controlable y de corto plazo.

Manejo de sustancias químicas.- El principal impacto de esta actividad se podría dar en:

- Calidad del agua superficial. Existe riesgo de derrame durante el manejo de sustancias químicas, como es el cianuro de sodio e hidrocarburos, ya que se encuentran cerca de cauces de escurrimientos y en época de lluvias, afectarán la calidad del agua superficial. El impacto sería localizado, ya que la zona de estudio es un lugar aislado hidrológicamente, sería reversible, controlable y de corto plazo.

- Calidad del suelo. Cualquier derrame de sustancias fuera de las áreas impermeabilizadas, impactará directamente sobre la calidad del suelo. El impacto sería localizado, parcialmente reversible, controlable y de corto plazo.

<u>Abandono.</u>

Todas las actividades de esta etapa del proyecto, repercuten en forma benéfica en el entorno natural, y la componente socioeconómica que se afectará por la disminución drástica en la demanda de bienes y servicios, así como los empleos.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1 Pronóstico del escenario

La lixiviación de minerales es uno de los métodos más utilizados en la actualidad a nivel mundial para la extracción de metales preciosos debido a su relativa simplicidad operativa, tecnológica y a su bajo costo de inversión en relación con otros métodos.

Los principales problemas ambientales de la operación de un sistema de lixiviación se asocian con el potencial de generación de drenaje ácido y la movilidad de metales del mineral lixiviado, así como por la pérdida de estabilidad del sistema. No considerando tanto la bibliografía los posibles derrames de las sustancias tóxicas lixiviantes sobre el suelo desnudo, debido a los diseños; cada vez; mejores de impermeabilizantes y programas de control, e inclusive asocia a accidentes más que nada de transporte de este tipo de sustancias.

A nivel internacional son reconocidos los efectos ambientales que se pueden generar debido al inadecuado manejo de este tipo de sistemas de beneficio de minerales. Los impactos ambientales pueden ser significativamente minimizados a través del desarrollo de instrumentos (medidas correctivas o de mitigación) que permitan el adecuado diseño, construcción, operación y eliminación de toxicidad de las instalaciones; así como de prácticas para el cierre definitivo y la restauración de este tipo de operaciones.

En el proyecto del presente estudio, el Proyecto Mina Cuproro considera un deber moral, el poder concluir adecuadamente el ciclo de explotación en este predio. En donde el cierre definitivo, permitirá un adecuado nivel de restauración del área, para que los propietarios puedan desarrollar en él sin ningún peligro cualquier actividad productiva, ya sea ganadería, agricultura de temporal o inclusive actividades cinegéticas.

El impacto residual más notable en el área del Proyecto Mina Cuproro, será el impacto de la geometría visual de los tajos que por su simetría; no concordará con el entorno de los cerros aledaños.

Pero este impacto residual, de menor repercusión ecológica, será camuflageado y disminuido por la vegetación producto de la reforestación y restauración del área.

Cualquier otro impacto residual, no tiene mayores implicaciones que una magnitud muy localizada y pequeña, como es el caso del cambio de drenaje superficial, en donde el área modificada es en realidad poco significativa.

Un escenario a futuro en este lugar, sería un ecosistema restaurado, debido a las medidas de mitigación que se implementarán, así como al plan de cierre y abandono, en donde se contemplan labores de reforestación.

Se tiene claro el punto de la peligrosidad de la actividad. En base a que se maneja una sustancia sumamente peligrosa como el cianuro de sodio, cualquier error en los sistemas de monitoreo del proyecto, significaría un costo ecológico muy grande, por lo que se redoblarán esfuerzos e implementará los mejores sistemas de control y monitoreo y tendrá como prioridad siempre, el cumplimiento irrestricto de la Normatividad Ambiental Vigente.

VII.2. Plan de Vigilancia Ambiental.

Se realizará un Programa de Vigilancia Ambiental el cual esté validado por la Secretaría del Medio Ambiente con el fin de controlar eficazmente los impactos y remediaciones que se presenten en el Proyecto Mina Cuproro.

VII.3. Conclusiones

La actividad minera es reconocida por la autoridad municipal, estatal y federal, como importante para el desarrollo económico y social de esta región, y una vez analizados los impactos que generará este proyecto en el medio físico abiótico y biótico, se considera que la afectación es poco significativa, debido a que esta zona ha sido impactada con anterioridad por la actividad minera y agropecuaria que se ha venido dando desde siglos atrás y considerando que los impactos son mitigables y que el impacto en el medio socioeconómico es muy significativo, por la generación de empleos y derrama económica, **se concluye que el Proyecto Mina Cuproro es ambientalmente viable.**

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

VIII.1. Formatos de presentación.

VIII.1.1. Planos definitivos.

Ver anexo 6.

VIII.1.2. Fotografías.

Ver anexo 14.

VIII.1.3. Videos.

No se presenta

VIII.1.4. Lista de flora y fauna.

Se incluye en la sección IV.2.2 Aspectos bióticos.

VIII.2. Otros anexos.

VIII.3. Glosario de términos.

Anexos

Anexo 1. Convenio de Ocupación Temporal
Anexo 2. Acta Constitutiva Alex Minerales S.A. de C.V.
Anexo 3. Cédula Fiscal.
Anexo 4. Identificación.
Anexo 5. Concesiones Mineras.
Anexo 6. Planos.
Anexo 7. Diagrama de Funcionamiento.
Anexo 8. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
Anexo 9. Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua.
Anexo 10. Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Sistema de Conducción de Aguas de Proceso.
Anexo 11. Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.
Anexo 12. Tablas de Cribado.
Anexo 13. Plan de Contingencia.
Anexo 14. Anexo Fotográfico.

PLANOS

Plano 1. Poligonales del Proyecto.
Plano 2. Distribución de Obras.
Plano 3. Presa de Jales.
Plano 4. Plano Geológico y Fallas.
Plano 5. Plano Edafológico.

Plano 6. Plano de Aguas Superficiales.

Plano 7. Plano de Aguas Subterráneas.

Plano 8. Plano de Vegetación.

Plano 9. Plano Topográfico.

Tablas.

Tabla 1. Activos fijos iniciales.

Tabla 2. Costos generales del proyecto durante el primer año.

Tabla 3: Proyección de la producción durante el primer año (Ventas).

Tabla 4: Balance General.

Tabla 5: Costos de mitigación ambiental.

Tabla 6. Distribución de infraestructura.

Tabla 7. Áreas impactadas y sin impacto.

Tabla 8. Programa general de trabajo.

Tabla 9. Área que ocuparán las obras en el patio de lixiviación.

Tabla 10. Diseño de la pila de lixiviados.

Tabla 11. Obras de la presa de jales.

Tabla 12. Sustancias usadas en la flotación.

Tabla 13. Velocidades de propagación Cp para algunos materiales, tomado de Sarria (2004).

Tabla 14. Valores máximos de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños (Norma DIN 4150, “Structural Vibration in Buildings. Effects of Vibration on Structures”).

Tabla 15. Valores máximos de velocidad de partícula establecidos en López-Jimeno et al. (2003).

Tabla 16. Residuos peligrosos generados durante la vida útil del proyecto.

Tabla 17. Emisiones Totales Diarias.

Tabla 18. Valores según NOM-025-SSA1-1993.

Tabla 19. Estimación de contaminantes emitidos en toneladas por año.

Tabla 20. Tipo de materiales para el manejo del ruido.

Tabla 21. Niveles de ruido esperado en el Proyecto Mina Cuproro.
Tabla 22. Tipos de clima en San Pedro de la Cueva, Sonora.
Tabla 23. Temperaturas y precipitaciones promedio.
Tabla 24. Vegetación observada en los muestreos al predio.
Tabla 25. Indicadores de análisis florístico.
Tabla 26. Indicadores de diversidad por especie.
Tabla 27. Especies animales posibles en el predio o sus alrededores.
Tabla 28. Características de las 3 zonas del proyecto.
Tabla 29. Impactos esperados en el proyecto.
Tabla 30. Componentes del sistema ambiental del proyecto.
Tabla 31. Factores de peso del proyecto para sus componentes ambientales.

Figuras.

Figura 1. Macro localización del Proyecto Mina Cuproro.
Figura 2. Carta topográfica H12-D 45 de la zona.
Figura 3. Diagrama de Gantt del Proyecto Mina Cuproro.
Figura 4.- Relación de altura máxima de taludes.
Figura 5. Relación de altura máxima de taludes.
Figura 6. Proceso de flotación.
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de flotación.
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe.
Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de fundición.
Figura 10. Variación del movimiento de partícula con el tipo de onda. a) Onda de compresión P, b) Onda de corte S, c) Ondas de Raleigh R. (USGS, 2007).
Figura 11. Lugar de confinamiento temporal de los residuos sólidos no peligrosos.
Figura 12. Severidad de las vibraciones.
Figura 13. Gráficos generados por el software MODFLOW 4.3.
Figura 14. Relación entre el pH y la degradación del cianuro de sodio y formación del ácido cianhídrico.

Figura 15. Suelos dominantes en el Municipio de San Pedro de la Cueva.
Figura 16. Tipos de Suelo y Vegetación.
Figura 17. Relieve del Municipio de San Pedro de La cueva, Sonora.
Figura 18. Distribución de la temperatura y precipitación en la Estación de San Pedro de la Cueva.
Figura 19. Plano geológico de la zona del Proyecto Mina Cuproro. Carta Geológica Minera de Sonora.
Figura 20. México entre placas.
Figura 21. Zonas Sísmicas.
Figura 22. Mapa que muestra las zonas geográficas de actividad volcánica en México, durante los últimos años, volcán de Colima y volcán Popocatépetl.
Figura 23. Regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas y acuíferos.
Figura 24. Acuíferos y Provincias hidrológicas de Sonora.
Figura 25. Vegetación en el estado de sonora.
Figura 26. Mapa de paisaje.
Figura 27. Mapa de fragilidad visual.

Imágenes Satelitales

Imagen satelital 1. Las 5 Zonas del Proyecto Mina Cuproro.
Imagen satelital 2. Croquis que indica el Proyecto Mina Cuproro.
Imagen satelital 3.- Proyecto Mina Cuproro con respecto a la Presa El Novillo.

Cuadros.

Cuadro 1. Superficie de las zonas de trabajo.

VIII.3. Glosario de Términos.

Ácido cianhídrico (HCN).- Compuesto químico de cianuro libre, también llamado cianuro de hidrógeno, cuyo equilibrio químico respecto al ión cianuro (CN-) depende del pH del sistema.

Agente de lixiviación.- Compuesto químico que se utiliza en los patios para la disolución y recuperación de valores del mineral.

Cianuros.- Todos los grupos CN- en compuestos cianurados que pueden ser determinados como ión cianuro.

Cierre.- Se refiere a las actividades de eliminación de toxicidad, estabilización final, restauración y monitoreo que se inician al término de la operación del sistema de lixiviación.

Compacidad (C).- Es la concentración de sólidos representada por la relación entre el volumen de sólidos y el volumen total de la masa de suelo de la pila. Se obtiene dividiendo el peso volumétrico seco del material ($\square_d$) entre el peso volumétrico de los sólidos ($\square_s$). Ejemplo: Si $\square_d$ = 1.5 t/m^3 y $\square_s$ = 2.5 t/m^3, C = 0.60; es decir, se tiene 60 % de concentración de sólidos.

Complejos débiles de cianuro-metal (WAD-CN).- Compuestos químicos constituidos por la formación de complejos solubles o insolubles de un metal con una o más moléculas del ión cianuro. En estos compuestos, el ión cianuro puede ser liberado del complejo por contacto con una solución ligeramente ácida a pH 4.5. La estabilidad química del compuesto depende del ión metálico involucrado, siendo los complejos de zinc y cadmio los más débiles (Constante de disociación en agua del orden de 1x10^{-17}).

Drenaje ácido.- Lixiviado, efluente o drenaje contaminante que ha sido afectado por la oxidación natural de minerales sulfurosos contenidos en rocas o residuos expuestos al aire, agua y/o microorganismos promotores de la oxidación de sulfuros.

Lixiviación dinámica.- Operación unitaria mediante el cual se realiza la extracción de un mineral a una pulpa por medio de un reactor con agitación y/o temperatura y un agente lixiviador como el cianuro de sodio.

Presa de Jales.- Obra de ingeniería para el almacenamiento o disposición final de los jales, cuya construcción y operación ocurren simultáneamente.

Proceso de lixiviación.- Beneficio de minerales, conforme a la definición del Artículo 3º fracción III de la Ley Minera, que implica la disolución selectiva de los minerales con valor económico.

Mineral lixiviado o gastado.- Residuo del mineral que ha sido tratado bajo un proceso de lixiviación, incluye la etapa de eliminación de toxicidad.

Sistema de lixiviación.- Conjunto de obras y servicios que integran el proceso de lixiviación en pilas de mineral de oro y plata de baja ley. Un sistema está constituido comúnmente por: [i] una pila o varias pilas construidas sobre una plataforma donde la base ha sido impermeabilizada para impedir la infiltración de la solución lixiviante; [ii] una pileta para la recolección de la solución preñada; [iii] una pileta de emergencia o de sobreflujo; [iv] una pileta para la recolección de la solución gastada; y [v] la planta metalúrgica para la extracción del oro y la plata de la solución preñada (ver Figura 22).

Solución gastada.- Aquélla en estado acuoso, a la que se le han despojado los valores económicos disueltos y que es generalmente acondicionada para ser utilizada nuevamente como agente de lixiviación en el proceso.

Solución preñada.- Aquélla en estado acuoso, cargada con los elementos de valor económico, una vez recuperada del proceso de lixiviación.

BIBLIOGRAFIA

1. Alencaster, G., 1961, Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central del Estado de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana, 11, 1-18.
2. AGUILO, M., 1981. Metodología para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica, Madrid.
3. Anderson, T.H. y Silver, L.T., 2005, The Mojave-Sonora megashear -Field and analytical studies leading to the conception and evolution of the hypothesis *en*: Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B. (eds.), The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper, 393, 1-50.
4. Anderson, T.H., Silver, L.T., 1979, The role of the Mojave–Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora, *en*: Anderson, T.H., Roldán-Quintana, J. (eds.), Geology of northern Sonora. Geological Society of America Field Trip Guidebook, 7, 59–68.
5. Anderson, T.H., Silver, L.T., 1977, U-Pb isotope ages of granitic plutons near Cananea, Sonora: Economic Geology, 72, 827–836.
6. Araujo-Mendieta, J.A., Estavillo-González, C.F., 1987, Evolución tectónica sedimentaria del Jurásico Superior y Cretácico Inferior en el NE de Sonora, México. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, 19, 4-67.
7. AS 2187 (1993). Explosives - Storage, Transport and Use, Australian Standard.
8. Bastian O (2001) Landscape Ecology - towards a unified discipline? Landscape Ecol. 16: 757-766.
9. Boone RB, Krohn WB (2000) Predicting broad-scale occurrences of vertebrates in patchy landscapes. Landscape Ecol. 15: 63-74.
10. Campbell, P.A., Anderson, T.H., 2003, Structure and kinematics along a segment of the Mojave-Sonora megashear: a strike-slip fault that truncates the Jurassic continental magmatic arc of the southwestern North America: Tectonics, 22, 16-1 – 16-21.
11. CNA, 2002, Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Los Chirriones, Estado de Sonora, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica, México, 5-14.
12. Cooper, G.A, Okulitch, V.J., Stoyanow, A., Villalobos, F.A., Arellano, A.R.V., Johnson, J.H., Lochman, C., 1952, Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwest Sonora, México; Smithsonian Miscellaneous Collections, 119 (1), 184.
13. Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1994. Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas áridas y semiáridas de México. SARH. .
14. Damon, P.E., Clark, K.F., Shafiqullah, M., 1983, Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization of Mexico, Canadian Journal of Earth Sciences, 20, 1052–1071.

15. De Cserna, Z., Kent, B.H., 1961, Mapa geológico de reconocimiento y secciones estructurales de la región de San Blas y El Fuerte, Estados de Sinaloa y Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas y Mineras 4, escala 1:100,000.
16. Departamento de Agricultura de US, 2004, Buró de Manejo de Tierras (BLM), Estudios Conjuntos, EUA, 2-29.
17. Dowding, C.H. (1985). Blast Vibration Monitoring and Control, Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
18. Ernoult A, Bureau F, Poudevigne I (2003) Patterns of organisation in changing landscapes: implications for the management of biodiversity. Landscape Ecol. 18: 239-251.
19. ESCRIBANO, M. et al., 1987. El paisaje. MOPU, Madrid.
20. FONATUR, 2006, Agenda. Programa Regional de Desarrollo Turístico del Corredor San Pedro de la Cueva-San Luis Rio Colorado, Sonora, Presentación.
21. Franklin JF (1993) Preserving biodiversity: species, ecosystems or landscapes? Ecol. Applicat. 3: 202-205.
22. García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. 3ª. ed. D.F., México. 252 p.
23. Gilmont, N.L., 1978, Geology of the Puerto La Bandera area, Sonora, Mexico: Northern Arizona University, United States, Thesis Master's, 112 p.
24. Gobierno del Estado de México. Plan de Emergencia Popocatépetl http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=10600_208&ID2=DO_TOPIC
25. Gobierno del Estado de Sonora, 2004, Programa de Mediano Plazo Sonora 2004-2009, Programa Sectorial: Cultura Ecológica.
26. González-León, C., 1994, Stratigraphy, depositional environments and origin of the Cabullona basin, northeastern Sonora, México: University of Arizona, tesis de doctorado, 144 p.
27. Gonzalez-León, C.M., Stanley, G.D., Gehrels, G.E., Centeno-García, E., 2005, New data on the lithostratigraphy, detrital zircon and Nd isotope provenance, and paleogeographic setting of the El Antimonio Group, Sonora, Mexico, *en*: Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B. (eds.), The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper, 393, 259-282.
28. Grijalva-Noriega, F.J., Roldán-Quintana, J., 1998, An overview of the Cenozoic tectonic and magmatic evolution of Sonora, northwestern Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 15(2), 145-156.
29. Haines-Young R, Chopping M (1996) Quantifying landscape structure: a review to forested landscapes. Progr. Phys. Geogr. 20: 418-445.
30. Hardy, L.R., 1981, Geology of the central Sierra de Santa Rosa, Sonora, Mexico, *en*: Ortlieb, L., Roldán Quintana, J. (eds.), Geology of northwestern Mexico and southern

Arizona: Universidad Nacional Autónoma de México y Geological Society of America Field Guide and Papers, Annual Meeting, 73-98.

31. Hendron, A.S. y Oriard, C. (1972). "Specifications for controlled blasting in civil engineering projects", Proceedings of the First American Rapid Excavation and Tunneling Conference, Society of Mines Engineers, AIME, Littleton, Colorado, pp. 1585-1560.
32. Hoeting J, Leecaster M, Bowden D (2000) An improved model for spatially correlated binary responses. J. Agricult., Biol. Environ. Stat. 5: 102-114.
33. Hooten MB, Larsen DR, Wikle CK (2003) Predicting the spatial distribution of ground flora on large domains using a hierarchical bayesian model. Landscape Ecol. 18: 487-502
34. IMTA, 2003, Informe Anual, México, D.F. 2-12.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1980 Carta Topográfica Nogales H12D73, escala 1:50,000, 1ª Impresión.

35. INEGI, 2003, Carta Geológica-Minera Suaqui Grande H12-D74, Son., Esc. 1:50,000.
36. INEGI, 2008, Regiones hidrológicas de México, Mapas Digitales. http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/son/rh.cfm?c=444&e=24
37. Keppie, J.D., Dostal, J., Miller, B.V., Ortega Rivera, A., Roldán Quintana, J. y Lee, W.K., 2006, Geochronology and geochemistry of the Francisco Gneiss: Triassic continental rift tholeiites on the Mexican margin of Pangea metamorphosed and exhumed in a Tertiary core complex: International Geology Review, 48, 1-16.
38. Lichstein J, Simons T, Shriner S, Franzreb K (2002) Spatial autocorrelation and autoregressive models in ecology. Ecol. Monogr. 72: 445-335.
39. Longoria, J.F., González, M.A., 1979, Estudios estratigráficos-estructurales en el Precámbrico de Sonora: geología de los cerros Gamuza y El Arpa: Universidad de Sonora, Departamento de Geología Boletín, 2(2), 106-149.
40. Longoria, J.F., Pérez, V.A., 1978, Bosquejo geológico de los cerros Chino y Rajón, cuadrángulo Pitiquito-La Primavera (NW de Sonora): Universidad de Sonora, Departamento de Geología Boletín, 1(2), 119-144.
41. Longoria, J.F., González, M.A., Mendoza, J.J., Pérez, V.A., 1978, Consideraciones estructurales en el cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NW de Sonora: Universidad de Sonora, Departamento de Geología Boletín, 1(1), 61-67.
42. Lucas, S.G., Estep, J.W., 1999, Permian, Triassic, and Jurassic stratigraphy, biostratigraphy, and sequence stratigraphy in the Sierra del Alamo Muerto, Sonora, Mexico, *en*: C. Bartolini, J.L. Wilson, T.F. Lawton (eds.), Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico: Geological Society of America Special Paper, 340, 271-286.
43. Lucas, S.G., Kues, B.S. y Gonzalez-León, C.M., 1995, Paleontology of the Upper Cretaceous Cabullona Group, northeastern Sonora *en*: Jacques-Ayala, C., Gonzalez-León, C.M. y Roldán-Quintana, J. (eds.), Studies on the Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico: Geological Society of America Special Paper, 340, 271-286.

44. Manrique M. J.A., 2005, Manejo de Pilas de Lixiviación de oro en Minera Yanacocha S.R.L., Tesis Digitales Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Tesis de Grado, Perú. 2-143.
45. Martínez, C.Z., 2003, Guías prácticas para situaciones específicas: manejo de riesgos y preparación para respuestas a emergencias mineras. CEPAL, ONU, Chile, 5-41
46. Martínez M. M.R., López Martínez R, Hernández Fuentes E., 2001, Relación Sedimentos – Erosión en la Cuenca Alta del Papaloapan, XI Congreso Nacional de Irrigación, Guanajuato, Guanajuato, México. http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=10600_208&ID2=DO_TOPIC
47. Martínez M., M. y V. J. Fernández. 1983. Jerarquización de acciones de conservación de suelos a partir de cuencas hidrológicas. Manuscrito. DGCSA, SARH. México. 12 p.
48. McDowell, F. W., Roldán-Quintana, J., Connelly, J. N., 2001, Duration of Late Cretaceous-Early Tertiary magmatism in east-central Sonora, Mexico: Geological Society of America, Bulletin, 113(4), 521-531.
49. McDowell, W.F., Roldán-Quintana J., Amaya-Martínez R., 1997, Interrelationship of sedimentary and volcanic deposits associated with tertiary extension in Sonora Mexico: Geological Society of America Bulletin, 109(10), 1349-1360.
50. McDowell, F.W., Clabaugh, S.E., 1979, Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico, *en*: Chapin, C.E., Elston, W.E. (eds.), Ash-flow tuffs: Geological Society of America Special Paper, 180, 113–124.
51. Minjárez Sosa, I., Montaño Jiménez, T.R., Ochoa Granillo, J.A., Grijalva Noriega, F.J., Ochoa Landin, L.H., Herrera Urbina, S., Guzmán Espinoza, J.B., Mancilla Gutiérrez, A., 2002, Carta Geológico-Minera Ciudad Obregón, G12-3: México, Consejo de Recursos Naturales, (con resumen), escala 1:250,000.
52. Molina J., Tudela M.L., Cano M.P., Bueno J.M., 2001, Minimización del impacto paisajístico en la Actividad Minera a Cielo Abierto. Demostración Teórica y Práctica de los Costes de Restauración, España, Papeles de Geografía, 33 (2001), 123-131.
53. Montoya A., Aramburu, M., M., Escribano, B. R., Sin año, La Fragilidad del Paisaje de los Tuxtlas, Veracruz, México, Cátedra de Planificación y Proyectos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, **http://www.sigte.udg.es/idrisi/recursos/secundari/reunion1/htmls/13/index.html#c1**
54. Mora-Álvarez, G., McDowell, F.W., 2000, Miocene volcanism during late subduction and early rifting in the Sierra Santa Ursula of western Sonora, Mexico, *en*: Delgado-Granados, H., Aguirre-Diaz, G., Stock, J.M. (eds.), Cenozoic tectonics and volcanism of Mexico; Geological Society of America Special Paper, 334, 123–141.
55. Moss MR (2001) Preamble. En Van der Zee D, Zonneveld IS (Eds.) Landscape Ecology Applied in Land Evaluation, Development and Conservation. ITC publ. 81. IALE publ. MM-1, ix-x.
56. Moser D, Zechmeister HG, Plutzar C, Sauberer N, Wrbka T, Grabher G (2002) Landscape

patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscape. Landscape Ecol. 17: 657-669.

57. Mullan, H.S., 1978, Evolution of part of the Nevadan orogen in northwestern Mexico: Geological Society of America Bulletin, 89 (10), 1175–1188.
58. Núñez I, González-Gaudiano E, Barahona A (2003) La biodiversidad: Historia y contexto de un concepto. Interciencia 28: 387-393
59. Organización de Estados Americanos, 2000, Comisión Mixta de Cooperación Amazónica - Ecuatoriano – Colombiana Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas de los Ríos San Miguel y Putumayo, Secretaria Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales, Departamento de Desarrollo Regional Washington, D.C., 1-8.
60. Oskin, M., 2001, Tectonic evolution of the northern Gulf of California, Mexico, deduced from conjugate rifted margins of the Upper Delfín basin: California Institute of Technology, Tésis de Doctorado, 481 p.
61. Page, W.R., Harris, A.G., Poole, F.G., Repetski, J.E., 2003, Reinterpretation of the stratigraphy and structure of the Rancho Las Norias area, central Sonora, Mexico: Journal of South American Earth Sciences, 16, 523-540
62. López-Jimeno, C., López-Jimeno, E., García-Bermúdez, P., (2003). Manual de Perforación y Voladura de Rocas, E.T.S.I. de Minas, Madrid, España.
63. Poole, F.G., Perry, W.J.Jr., Madrid, R.J. y Amaya-Martínez, R., 2005, Tectonic synthesis of the Ouachita-Marathon-Sonora orogenic margin of southern Laurentia: Stratigraphic and structural implications for timing of deformational events and plate-tectonic model *en*: Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B. (eds.), The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper, 393, 543-598.
64. Poole, F.G., Madrid, R.J., Oliva-Becerril, F., 1991, Geological setting and origin of the stratiform barite in central Sonora, Mexico, *en*: Raines, G.L., Lisle, R.E., Schafer, R.W., Wilikinson, W.H. (eds.), Geology and ore deposits of the Great Basin; Reno, Nevada, Geological Society of Nevada Symposium Proceedings, 1, 517–522.
65. Premo, W.R., Iriondo, A., Nourse, J.A., 2003, U-Pb zircón geochronology of paleoproterozoic basement in northwestern Sonora, Mexico: evidence from affinity to SW US provinces (abstract), *en*: Geological Society of America, Cordilleran Section 99th annual Meeting, Abstracts with Programs, 35 (4), 32.
66. Priego- Santander A.G., Palacio-Prieto, J.L., Moreno-Casasola P., López-Portillo, J. y Geissert Kientz D., 2004, Heterogeneidad del Paisaje y Riqueza de Flora. Su Relación en el Archipiélago de Camagüey, Cuba, Interciencia INCI v.29 n.3 Caracas mar. 2004.
67. Ramos, A.,1976, “Visual landscape evolution. A grid technique”. Landscape Planning, 3, pg. 67-88.
68. RAMOS, A., 1986. El paisaje del agua. In: A. Ramos (Ed.). *Jornadas Internacionales sobre el Paisaje del Agua*. Canal de Isabel II. Madrid.

69. Ramírez, J.E., 2006, Inventario y Cartografía del Paisaje Departamento de Ingeniería Gráfica. Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Universidad de Sevilla. http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1350

70. Rodríguez Castañeda, J.L., 2003, Tectónica Cretácica y Terciaria en la margen suroeste del Alto de Cananea, Sonora, norte-central: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis de Doctorado, 217 p.

71. Roldán-Quintana, J., 1991, Geology and chemical composition of the Jaralito and Aconchi batholiths in east-central Sonora, Mexico, *en*: Pérez-Segura, E., Jacques-Ayala, C. (eds.), Studies of Sonoran geology: Geological Society of America Special Paper, 254, 69-80.

72. Ruiz Valencia, D., Otálora Sánchez C., Rodriguez Ordónez, J.A., 2007, Efecto de las vibraciones generadas por voladuras en minas sobre edificaciones residenciales de mampostería simple en Colombia, Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 7(2-3) 259.

73. Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 pp.

74. SAGARPA, Sin año, Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable del Municipio de Caborca, Sonora, México, 5-35.

75. SAGARPA, Sin año, Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable Distrito de Desarrollo Rural 139 Caborca, Sonora, México, 12-150.

76. Sarria, A. (2004*). Investigación No Destructiva y Cargas Extremas en Estructuras*, Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia.

77. Secretaría de Economía, 1999, Carta Magnética Nogales H 12-2, Estado de Sonora, Escala 1:250,000, Editada por el Consejo de Recursos Minerales © Primera Edición 1999, México, 1-19.

78. Secretaría de Gobernación, 1988, Enciclopedia de los municipios de México, Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F.

79. Shreve, F. and Ira Wiggins L. 1964. Vegetation of the Sonoran Dessert. Vol. 2; Stanford University Press. California, USA. pp: 1511-1515.

80. Siskind, D., Stagg, M., Kopp, J. y Dowding, C. (1980). Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Blasting, U.S. Bureau of Mines Report of Investigations 8507 (USBM RI 8507), Washington,D.C.

81. Stewart, J.H., Amaya-Martínez, R., Palmer, A.R., 2002, Neoproterozoic and Cambrian strata of Sonora, Mexico: Rodinian supercontinent to Laurentian Cordilleran margin *en*: Barth, A. (ed.), Contributions to crustal evolution of the southwestern United States; Geological Society of America Special Paper, 365, 5- 48.

82. Stewart, J.H., Poole, F.G., Ketner, K.B., Madrid, R.J., Roldán-Quintana, J., Amaya-Martínez, R., 1990, Tectonics and stratigraphy of the Paleozoic and Triassic southern margin of North America, Sonora, Mexico, *en*: Gehrels, G.E., Spencer, J.E. (eds.), Geologic excursions through the Sonoran Desert region, Arizona and Sonora; Arizona Geological Survey Special Paper, 7, 183-202.

83. Stewart, J.H., McMenamin, M.A., Morales-Ramirez, J.M., 1984, Upper Proterozoic and

Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, Mexico -Physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies, and regional relations: U.S. Geological Survey Professional Paper, 1309, 36.

84. Taliaferro, N.L., 1933, An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora, Mexico: Journal of Geology, 41(1), 12-37.
85. Tosdal, R. M., Miller, R.J., 1988, Thermo-tectonic terranes of the Ajo and Lukeville 1° by 2° quadrangle: K-Ar geochronology of early Tertiary and older rocks, U.S. Geological Survey Open File Report, 88–217, 5 – 8.
86. Valentine, W.G., 1936, Geology of the Cananea mountains, Sonora, Mexico: Geological Society of America Bulletin, 47(1), 53-86.
87. Velázquez A, Bocco G (2001) Land unit approach for biodiversity mapping. En Van der Zee D, Zonneveld IS (Eds.) Landscape Ecology Applied in Land Evaluation, Development and Conservation. ITC publ. 81. IALE publ. MM-1, pp. 273-285.
88. Villaseñor, A.B., González-León, C., Lawton, T.F., Aberhan, M., 2005, Upper Jurassic ammonites and bivalves from the Cucurpe Formation, Sonora, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 22(1), 65-87.
89. Wilson, I.F., Rocha, V.S., 1949, Coal deposits of the Santa Clara district near Tónichi, Sonora, Mexico: U.S. Geological Survey Bulletin, 962-A, 1-80.

LOS ABAJO FIRMANTES BAJO PROTESTA DE DECIR VERDAD, MANIFIESTAN QUE LOS RESULTADOS SE OBTUVIERON ATRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS MEJORES TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS COMÚNMENTE UTILIZADAS POR LA COMUNIDAD CIENTÍFICA DEL PAÍS Y DEL USO DE LA MAYOR INFORMACIÓN DISPONIBLE, Y QUE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN, ASÍ COMO TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS SUGERIDAS SON LAS MÁS EFECTIVAS PARA ATENUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

PROMOVENTE O REPRESENTANTE

_____

TRIDAD GONZALEZ CELAYA
ADMINISTRADOR ÚNICO
ALEX MINERALES S.A. DE C.V.
PROYECTO MINA CUPRORO.

CONSULTOR RESPONSABLE DEL ESTUDIO

_____

M. EN C. CARLOS ROLANDO MERINO GARCÍA

FECHA DE CONCLUSION DE ESTUDIO: AGOSTO 2017