



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	i
I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	1
I.1 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 .....	2
I.1.4 Presentación de la documentación legal .....	3
I.2 Promovente .....	4
I.2.1 Nombre o razón social .....	4
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente .....	4
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal .....	4
I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones ..	4
I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental .....	5
I.3.1 Nombre o razón social .....	5
I.3.2 Registro federal de contribuyentes .....	5
I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio .....	5
I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio .....	6
II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	8
II.1 Información general del proyecto .....	8
II.1.1 Naturaleza del proyecto .....	8
II.1.2 Selección del sitio .....	10
II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización .....	10
II.1.4 Inversión requerida .....	13
II.1.5 Dimensiones del proyecto .....	14
II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias	14
II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos .....	20
II.2 Características particulares del proyecto .....	20
II.2.1 Programa general de trabajo .....	23
II.2.2 Preparación del sitio .....	24
II.2.3 Etapa de construcción .....	28
II.2.4 Construcción de obras asociadas y actividades provisionales del proyecto .....	41
II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento .....	45

II.2.6	Etapa de abandono del sitio .....	47
II.2.7	Utilización de explosivos.....	49
II.2.8	Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera .....	49
II.2.9	Infraestructura para el manejo y disposición adecuada de los residuos .....	52
II.2.10	Otras fuentes de daños .....	54
III.	VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULARIZACIÓN DE USO DE SUELO .....	65
III.1	<i>Información sectorial</i> .....	65
III.2	<i>Vinculación con las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo de la región..</i>	68
III.2.1	Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 .....	68
III.2.2	Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 del Estado de Zacatecas (PED) .....	69
III.2.3	Plan de Desarrollo Municipal 2014-2016 del Municipio de Fresnillo (PDM) .....	70
III.2.4	Programa de Ordenamiento Ecológico .....	71
III.2.5	Áreas de protección y conservación de recursos .....	74
III.3	<i>Ordenamientos jurídicos en materia de impacto ambiental</i> .....	80
III.4	<i>Normas Oficiales Mexicanas</i> .....	81
III.5	<i>Vinculación detallada del Proyecto con la NOM-141-SEMARNAT-2003 y cumplimiento a criterios de diseño y seguridad.....</i>	83
IV.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. INVENTARIO AMBIENTAL .....	86
IV.1	<i>Delimitación del área de estudio</i> .....	86
IV.2	<i>Caracterización y análisis del Sistema Ambiental</i> .....	90
IV.2.1	Aspectos abióticos .....	90
IV.2.2	Aspectos bióticos .....	121
IV.2.3	Paisaje .....	147
IV.2.4	Medio socioeconómico .....	154
IV.2.5	Diagnóstico ambiental .....	159
V.	IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	174
V.1	<i>Identificación de impactos</i> .....	174
V.1.1	Metodología empleada .....	174
V.1.2	Estimación general de impactos .....	176
V.1.3	Identificación de Factores ambientales.....	178

V.1.4	Identificación de Indicadores de Impacto Ambiental .....	180
V.1.5	Elementos impactantes del Proyecto .....	182
V.1.6	Identificación cualitativa de impactos ambientales .....	183
V.1.7	Determinación de la importancia de los impactos ambientales .....	187
V.1.8	Valoración de impactos ambientales con ponderación de importancia de los Factores ambientales .....	198
V.2	<i>Caracterización de los impactos</i> .....	202
V.2.1	Descripción de los impactos principales identificados .....	202
V.2.2	Impactos identificados por etapas del proyecto .....	207
V.3	<i>Impactos Acumulativos</i> .....	208
VI.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	209
VI.1	<i>Descripción de las medidas de prevención, mitigación o compensación para los impactos relevantes identificados</i> .....	210
VI.2.1	Atmósfera .....	210
VI.2.2	Geomorfología .....	213
VI.2.3	Suelos .....	214
VI.2.4	Fauna .....	216
VI.2.5	Paisaje .....	219
VI.2.6	Medio Económico .....	219
VI.2	<i>Medidas de prevención, mitigación o compensación para los impactos Secundarios identificados, por componente ambiental</i> .....	220
VI.3	<i>Supervisión Ambiental</i> .....	223
VII.	PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ....	225
VII.1	<i>Pronóstico del escenario</i> .....	225
VII.1.1	Descripción y análisis del escenario sin proyecto .....	226
VII.1.2	Descripción y análisis del escenario con proyecto .....	229
VII.1.3	Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación .....	231
VII.1.4	Pronóstico ambiental .....	233
VII.1.5	Impactos residuales .....	233
VII.2	<i>Programa de Vigilancia Ambiental</i> .....	235
VII.3	<i>Conclusiones</i> .....	236



VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES .....	240
VIII.1 <i>Formatos de presentación</i> .....	240
VIII.1.1     Planos definitivos .....	249
VIII.1.2     Fotografías.....	249
VIII.1.3     Videos.....	249
VIII.1.4     Listas de Flora y Fauna .....	249
VIII.2 <i>Otros anexos</i> .....	249
VIII.3 <i>Glosario de términos</i> .....	249
VIII.4 <i>Bibliografía</i> .....	251
IX. LISTA DE ANEXOS .....	254
IX.1 <i>Anexos</i> .....	254





## **PROYECTO DEPÓSITO DE JALES SAN CARLOS**

### **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

Sector Minero  
Modalidad Particular

#### **Minera Fresnillo, S.A. de C.V.**

Avenida Hidalgo No. 451  
Colonia Centro  
Fresnillo, Zacatecas  
C.P. 99000  
Teléfono 01 (493) 983 9000

## **INTRODUCCIÓN**

Minera Fresnillo, S.A. de C.V., como parte de Fresnillo PLC (Public Listed Company), opera actualmente la Unidad Fresnillo, integrada por infraestructura industrial para el beneficio de minerales mediante el proceso de flotación (oro, plata, plomo y zinc) y por la mina Proaño, una mina subterránea que ha sido explotada desde el año 1554, y que es hoy la más larga en su tipo a nivel mundial; ubicada a 60 km al Noroeste de la ciudad de Zacatecas, capital del estado homólogo.

Con base en las reservas totales de mineral, reportadas en 2014 en 229.3 millones de onzas de Plata y 550,000 onzas de Oro, la capacidad de procesamiento de la Unidad Minera que es de 8,000 toneladas por día (tpd) para un total anual de 2,760,000 toneladas, se mantendrá en un periodo operativo por 10.2 años más, sin descartar aún una posible extensión del tiempo de vida útil y una expansión de la capacidad total conforme a los resultados del continuo programa de exploración minera que se realiza dentro de los lotes mineros de Fresnillo, tanto en superficie como en interior mina, procurando ampliar los yacimientos minerales que forman parte de las reservas.

El mineral extraído en la mina subterránea es llevado a la superficie a través de tiros y transportado a la planta para su concentración. El beneficio de minerales genera colas al final del proceso (residuos mineros) conocidas como jales, que son una pulpa con 50% de sólidos y 50% de agua. Los jales son conducidos a depósitos específicamente diseñados y construidos para su almacenamiento (durante la operación) y disposición final (al cierre de los depósitos). En los Depósitos de Jales se recupera el agua de la pulpa y se retorna en su totalidad a la planta de beneficio para su reutilización como agua para el proceso industrial. Normalmente una parte del agua se queda atrapada en los jales y otra parte se pierde por evaporación.

Por la extensa historia minera de Fresnillo, la unidad minera cuenta con diversos depósitos de jales, algunos en operación, otros restituidos y otros en proceso de cierre y restitución. Los Depósitos Antiguos, ahora transformadas en el Parque Ecológico Los Jales, así como los Depósitos de Jales Los Chinos 1 y 2, son áreas que actualmente se encuentran restituidas y no forman parte del proceso productivo de la Unidad Fresnillo; mientras que los depósitos de jales Beleña y Los Chinos 3, que también están fuera de operación, continúan proceso de reforestación. En la actualidad, los jales



producidos son enviados a dos depósitos activos: San Luis, Ampliación Poniente San Luis; la Presa de Jales 7, también denominada como Presa de Jales 2ª Sección, ya no está operando, pero aún no inician las labores de cierre.

No obstante, Minera Fresnillo ha identificado la necesidad de construir un nuevo depósito de jales para continuar operando de forma eficiente y al ritmo de producción proyectado hasta el final de la vida útil de la unidad minera, ya que a los depósitos activos les quedan 3.5 años de operación antes de que alcancen su nivel máximo. Previendo una posible interrupción en la producción debido a la ausencia de un sitio adecuado para disponer los residuos mineros generados durante el proceso de beneficio, la promovente ha diseñado una obra para este fin, con capacidad suficiente para almacenar el volumen de jales que se generaría durante 9 años de producción continua a un ritmo de 8,000 toneladas por día. Dicha obra se ha denominado como Depósito de Jales San Carlos (Proyecto), y es la que suscita la elaboración y presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para su autorización en materia de impacto ambiental, conforme al marco jurídico aplicable, teniendo como base la Guía para obras del Sector Minero en su modalidad Particular.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (SEMARNAP, 1988) establece que la realización de obras o actividades públicas o privadas que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y las normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación para proteger al ambiente, deberán sujetarse a la autorización previa del Gobierno Federal por conducto de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) o de las entidades federativas o municipios conforme a las competencias que señala dicha Ley, así como el cumplimiento de los requisitos que se impongan una vez evaluado el impacto ambiental que pudieran originar.

El presente estudio se elaboró entre los meses de Enero y Febrero de 2016, para lo cual se recopiló la documentación que había sido generada por distintas fuentes para el proyecto y se estructuró un acervo de la información ambiental regional, se realizó una visita de reconocimiento del sitio, un análisis de la información técnica desarrollada (diseño e ingeniería), y de los datos obtenidos en campo. Con todo ello, se elaboraron e integraron todos los capítulos que dan forma a la MIA del Proyecto Depósito de Jales San Carlos.

En este documento se presenta primeramente la información técnica más relevante de las obras y actividades que conforman el proyecto pretendido; luego se identifican y vinculan los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y de regulación del uso de suelo; posteriormente se realiza una caracterización del medio (componentes biótico, abiótico y socioeconómico); y a partir de la información anterior, se efectúa un análisis detallado de las interacciones que se presentarán entre los componentes del proyecto y los componentes ambientales, lo que permite identificar, evaluar y jerarquizar los impactos que potencialmente podría generar el desarrollo del proyecto en el sitio donde se pretende ubicar. Con base en los principales impactos que se prevé que se ocasionarán, se proponen las correspondientes medidas de prevención, mitigación y compensación, cuyo objetivo es hacer este proyecto ambientalmente viable, socialmente aceptable y económicamente redituable.



Para la localización del proyecto, ubicación de la infraestructura y la caracterización de los aspectos del medio natural del área de trabajo, se desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permitió evaluar la información obtenida desde las diferentes perspectivas tratadas y presentar los resultados de manera clara y concisa.

El análisis para la identificación, evaluación y jerarquización de los impactos se realizó a través de una secuencia de pasos que en esencia conducen progresivamente de una revisión general a un análisis particular y detallado, a través de la fragmentación y reagrupamiento en conjuntos cada vez más reducidos de los elementos que interactúan e influyen en la estimación o previsión de los impactos, como lo son las obras/actividades del proyecto, por etapas, y los factores representativos de cada uno de los componentes ambientales. En última instancia, se emplearon matrices de identificación y jerarquización. La metodología utilizada para la elaboración de la MIA fue seleccionada en relación con las características del proyecto, del medio natural y de la intensidad y extensión de los posibles impactos generados por la ejecución del proyecto.

Los objetivos principales de la presente MIA son:

- Obtener la autorización en materia de impacto ambiental para el desarrollo de las obras y actividades que contempla el Proyecto Depósito de Jales San Carlos
- Desarrollar el proyecto en un entorno basado en la sustentabilidad, en donde, al identificar las áreas ambientales susceptibles de ser alteradas y los recursos ambientales y socioeconómicos que podrían verse impactados de forma positiva o negativa por el desarrollo del proyecto, se establezcan también las medidas de prevención, control, mitigación y restitución necesarias para contrarrestar los efectos negativos.
- Demostrar, a través de una metodología probada de evaluación, que el proyecto es viable y necesario para la continuidad operativa eficiente de la Unidad Minera Fresnillo, y con esto, la contribución a la estabilidad y desarrollo económico de la región.

La presente MIA ha sido elaborada por la empresa mexicana de consultoría ambiental Clifton Associates Ltd. (MR) Natural Environment S.C.



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

### ***I.1 Proyecto***

#### **I.1.1 Nombre del proyecto**

El proyecto que origina la elaboración y presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), Modalidad Particular se denomina “Depósito de Jales San Carlos”, promovido por Minera Fresnillo, S.A. de C.V. En el Anexo 1.1 se presenta el acta que comprueba la constitución de la empresa promovente.

A lo largo del documento, terminología como “El Proyecto” o “El Depósito de Jales”, hace referencia al proyecto en sí mismo; cuando se trate de otro proyecto se especificará claramente que se habla de un sub proyecto o un proyecto distinto.

#### **I.1.2 Ubicación del proyecto**

**Entidad Federativa:** Zacatecas  
**Municipio:** Fresnillo  
**Localidad:** Fresnillo de González de Echeverría

El área del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, es parte de los terrenos en propiedad de Minera Fresnillo, S.A. de C.V. que conforman a la “Unidad Fresnillo”, localizada en el municipio homólogo, cuya Cabecera Municipal, denominada "Fresnillo de González Echeverría", está ubicada a 63 km al Noroeste de la Ciudad de Zacatecas, por la Carretera Federal No.45 y se encuentra a una altitud de 2,249 m.s.n.m. El sitio para el Depósito de Jales San Carlos, especificado a detalle más adelante, se encuentra al Este de la Rampa y Tiro Candelaria, entre el patio de maniobras de estas obras mineras y la Carretera Federal No. 23 Fresnillo-Jerez de García Salinas. A esta carretera entroncan varios caminos internos de la unidad minera y caminos parcelarios, a través de los cuales se puede llegar al predio donde se pretende establecer el Depósito de Jales San Carlos.

En la Figura 1.1 se muestra la ubicación a nivel regional del proyecto que suscita la elaboración y presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental. De la misma forma, en el Anexo 1.2 se muestra la localización del sitio del Depósito de Jales San Carlos y las vías de comunicación hacia el predio.



**Figura 1.1. Ubicación regional del proyecto**

### **I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto**

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos requerirá de 15 años para su ejecución, desglosado por etapas como se muestra a continuación:

**Preparación del sitio:** 7 meses

**Construcción:** 29 meses a partir del inicio de obras

**Operación:** 9 años

**Cierre y abandono (conceptual/preliminar):** 3 años (1 año para estabilización física y química, 2 años para reforestación y mantenimiento)

Para la preparación y construcción del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, se requieren 3 años. Dado que el depósito estará constituido por los bordos iniciadores de las dos celdas contiguas y 4 bordos de sobreelevación, como se describe más adelante, el periodo para la preparación y construcción del Proyecto contempla un desarrollo por fases, comenzando con la construcción de la Celda 2 y luego Celda 1, con duración de 1.44 y 0.96 años, respectivamente; las respectivas sobreelevaciones de ambas celdas se construirán después de que haya iniciado el vertido de jales al depósito (etapa de operación). En otras palabras, para fines de vigencia del proyecto, se considera un periodo de 3 años para la preparación y construcción inicial del proyecto, pero se considerará que parte de la etapa de construcción y la etapa de operación ocurren de manera simultánea.

Por otra parte, el diseño del Depósito de Jales San Carlos contempla una vida útil operativa de 9.04 años, considerando que la tasa de producción es de 8,000 toneladas por día.

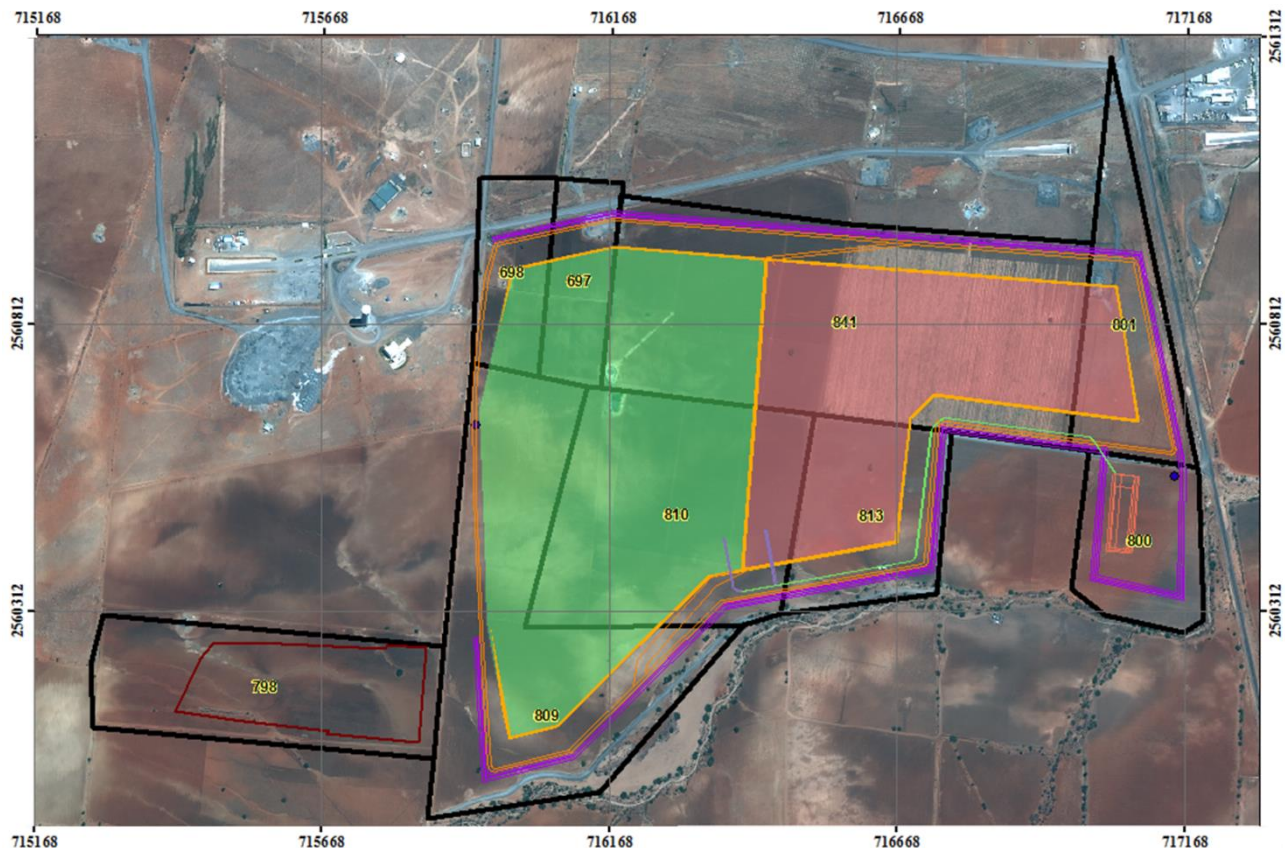


Para el cierre y abandono tentativo de la obra, se está contemplando devolverle al sitio un uso forestal. Para lograr el establecimiento de vegetación se tendrán que realizar primeramente las actividades que sean requeridas para garantizar la estabilización permanente de los taludes, así como reubicar y fijar el sustrato fértil, lo que se estima tomará 1 año. Los siguientes 2 años serán para la reforestación del sitio y mantenimiento de los individuos reforestados. Cabe aclarar que este plan es solo un esquema general de lo que deberá realizarse para el adecuado y seguro abandono del sitio del Depósito de Jales San Carlos, pero las actividades, los tiempos de ejecución o incluso hasta los usos de suelo futuros, podrían variar conforme se vaya acercando el inicio de la etapa post-operativa y en función de las condiciones que prevalezcan en su momento. En la Sección II.2.6 se ofrecen más detalles.

#### **I.1.4 Presentación de la documentación legal**

La documentación que acredita la personalidad legal de la empresa y de su representante legal, ha sido incorporada en los puntos correspondientes.

Los predios donde se pretende construir el Depósito de Jales San Carlos, son parte de los terrenos de la Unidad Fresnillo, reconocidos con los Números 698, 697, 798, 800, 801, 809, 810, 813 y 841 de los cuales Minera Fresnillo, S.A. de C.V. es propietaria. En la Figura 1.2 se presenta un plano de propiedades donde se identifican los predios en cuestión.



**Figura 1.2. Predios involucrados en el Proyecto Depósito de Jales San Carlos**



Las obras para la conducción de jales y conducción de agua clarificada, por su naturaleza lineal, se distribuyen en otros lotes adicionales, los cuales siguen siendo parte del conjunto predial en propiedad de Minera Fresnillo.

Para un uso responsable del papel y apoyados en las facilidades tecnológicas, la información legal de los predios involucrados en el Proyecto Depósito de Jales San Carlos se presenta en formato electrónico a través de un disco compacto (CD) con archivos en formato PDF (“Anexo Digital A”). El promovente cuenta con la información impresa de todo el conjunto predial la cual puede ser solicitada por la SEMARNAT en caso de que así lo considere conveniente.

## **I.2 Promovente**

### **I.2.1 Nombre o razón social**

Minera Fresnillo, S.A. de C.V.



### **I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente**

En el Anexo 1.3 se presenta una copia de la inscripción de Minera Fresnillo en el Registro Federal de Contribuyentes.

### **I.2.3 Nombre y cargo del representante legal**

El Representante Legal es Aurelio Devora López, Líder Funcional de Relaciones Industriales de Minera Fresnillo, S.A. de C.V., cuya personalidad se acredita mediante la Escritura pública Número 53,667, Libro Número 1708, México D.F. a 30 de enero de 2007, adjunta en el Anexo 1.4 (Poder del Representante Legal). Su identificación oficial (IFE) y su Clave Única de Registro de Población (CURP) se encuentran en el Anexo 1.5.

### **I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones**

En la Tabla 1.1 se anota el domicilio para oír y recibir notificaciones.

**Tabla 1.1. Dirección para oír y/o recibir notificaciones**

Nombre	
CURP	
Puesto	
Empresa	Minera Fresnillo, S.A. de C.V.
Calle	Avenida Hidalgo No. 451
Colonia	Centro



C. P.	99000
Delegación	Fresnillo
Entidad Federativa	Zacatecas
Teléfono	01 (493) 983 9000 Ext. 9070
Personal autorizado para recibir notificaciones	
Puesto	
Correo electrónico	

### ***I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental***

#### **I.3.1 Nombre o razón social**

NATURAL ENVIRONMENT S.C.



**Clifton Associates Ltd.**  
ingeniería \* ciencia \* tecnología  
Natural Environment S.C.



Natural Environment SC

#### ***Descargo de responsabilidad***

La presente Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto Depósito de Jales San Carlos, fue elaborada por Natural Environment S.C. La calidad de la información, conclusiones y estimaciones contenidas en el mismo son consistentes con la calidad de nuestros servicios, basados en:

- 1) La información disponible durante la elaboración del estudio;
- 2) Los datos entregados por otras fuentes, incluyendo a Minera Fresnillo, S.A. de C.V.;
- 3) El presente reporte fue elaborado para ser utilizado sujetándose a los términos y condiciones del contrato de Natural Environment S.C. con Minera Fresnillo, S.A. de C.V.

Cualquier otro uso de este reporte por una tercera parte es bajo su responsabilidad.

#### **I.3.2 Registro federal de contribuyentes**

#### **I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio**

En la Tabla 1.2 se describen los generales del responsable Técnico del Estudio y en el Anexo 1.6 se incluye su copia de la Cedula Profesional.

**Tabla 1.2. Datos del responsable técnico del estudio**

Nombre	
RFC.	





CURP	
Cédula profesional	
Puesto	
Correo electrónico	

Los participantes en la elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental y las áreas en que contribuyeron se muestran en la siguiente Tabla 1.3:

**Tabla 1.3. Participantes en la elaboración del estudio**

<b>Nombre</b>	<b>Profesión</b>	<b>Área de participación</b>	<b>Firma</b>
Guillermo Gómez Romero	Biólogo	Coordinación del estudio, identificación y evaluación de impactos ambientales, medidas de prevención y mitigación	
Omar Saucedo Mora	Ing. Ambiental	Coordinación del estudio, descripción del proyecto, vinculación con ordenamientos jurídicos, diagnóstico ambiental, evaluación de impactos ambientales, medidas de prevención y mitigación, pronósticos ambientales, edición texto	
Jorge A. Pérez González	Lic. Economía Ambiental	Análisis histórico sobre posibles accidentes, vinculación con ordenamientos jurídicos, diagnóstico ambiental, descripción del medio físico, medidas de prevención y mitigación	
José Ramón Martínez Aguilar	Ingeniero en ciencias forestales	Recorridos en campo y levantamiento de información	
Marko Guzmán Vargas	Biólogo	Recorridos en campo y levantamiento de información	
Víctor H. Marín Cruz	Geógrafo	Recorridos en campo y levantamiento de información	
Ignacio Jiménez López	Ing. Sistemas	Sistema de Información Geográfica (SIG) y Anexos	
Giovanni Ángeles Castro	Biólogo	Sistema de Información Geográfica (SIG)	
Edén Ángeles Castro	Técnico	Anexos fotográficos, edición, impresión y armado de carpetas	

#### **I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio**

**Tabla 1.4. Datos de la empresa responsable del estudio**

Nombre	
--------	--



Calle	
Colonia	
C.P.	
Municipio	
Entidad Federativa	
Teléfono	
Portal web	



## **II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### ***II.1 Información general del proyecto***

#### **II.1.1 Naturaleza del proyecto**

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos consiste esencialmente en una obra asociada a las actividades de beneficio de minerales que realiza desde antaño Minera Fresnillo, S.A. de C.V. en el sitio, cuyo propósito será el almacenamiento adecuado y disposición final de los residuos minero-industriales (colas finales) que son generados durante el proceso de concentración de minerales.

Esta obra estará compuesta por dos celdas contiguas, delimitadas por la construcción de un bordo contenedor intermedio inicial, que recibirán los jales mediante una tubería de polietileno de alta densidad con espigas desde el tanque espesador de colas finales de la planta de beneficio de la Unidad Fresnillo, localizada en el área conocida como Tiro General, al Norte del depósito. Su diseño contempla un sistema decantador con una torre (chinos) para la recuperación de agua del depósito y su recirculación al proceso industrial.

El Depósito de Jales San Carlos alcanzará una altura máxima de 35 m en la Celda 1, tomando en cuenta la altura del bordo iniciador y de 4 bordos de sobreelevación, llegando a una elevación final de corona de 2,243 m.s.n.m. y un bordo libre de 2 m. Entre las dos celdas del depósito se tendrá una capacidad de almacenamiento de 23,874,617 ton (12,237,118 m<sup>3</sup>), y una ocupación superficial de 54.6889 ha dentro de terrenos adquiridos previamente por la promovente, los cuales cuentan con un uso de suelo agrícola, lo que supone una ventaja ambiental al no requerir un desmonte de vegetación forestal, sino que se empleará un terreno que previamente fue modificado respecto a su condición natural por actividades ajenas a la minería.

Así mismo, cabe resaltar que el principal material de construcción de los bordos será obtenido de una tepetatera de la Unidad Minera Saucito (UMS), localizada al Suroeste del Proyecto, y que es operada por una empresa subsidiaria del mismo grupo que Minera Fresnillo, S.A. de C.V. Este material se trata de tepetate de mina, catalogado como residuo minero producido durante el proceso de explotación subterránea de minerales, mismo que cuenta con las características necesarias para su empleo en la construcción del Depósito de Jales San Carlos. Esto representa potencialmente más ventajas ambientales a corto plazo, tanto en el sitio del proyecto como en la región, dado el aprovechamiento y reutilización de un residuo minero dispuesto en superficie, incrementando a su vez la capacidad y vida útil de la tepetatera en la UMS, para un uso más eficiente del terreno; y por la reducción de la huella de afectación del Proyecto, al no requerir un nuevo banco de materiales, etc.

Por otra parte, se planea la construcción de obras complementarias para la estabilidad y seguridad del depósito de jales, como un dentellón sobre el área de desplante del bordo iniciador para evitar su desplazamiento y para impedir la socavación que produciría el reflujo hidráulico causado por el agua; una berma de refuerzo perimetral en ambas celdas que cubrirá los bordos de sobreelevación 1 y 2, para lograr un factor de seguridad confiable; un canal de desvío para evitar que escurrimientos pluviales desde la cuenca de aportación ingresen al vaso del depósito; un bordo de protección perimetral con el propósito de evitar que el jal se derrame hacia el arroyo por el canal de desvío; dos vertedores de demasías por si se presenta una lluvia extraordinaria para liberar el



excedente de las avenidas pluviales captadas por el vaso más el agua de proceso; y un canal colector que llevará, dado el caso, el volumen derramado por los vertedores de demasías a una pileta de agua recuperada, garantizando una operación en ciclo cerrado con cero descargas de aguas residuales. Así mismo, se dispondrá de un espacio (banco de tiro) para el almacenamiento del suelo orgánico recuperado y del material extraído durante las actividades de preparación del sitio, cuyas características mecánicas no son aptas para la construcción de las obras.

El desarrollo del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, empleará una fuerza laboral total de 82 trabajadores, entre mano de obra calificada y no calificada, de los cuales 6 serán empleos permanentes, 47 serán temporales y 29 serán extraordinarios. Para la preparación del sitio, se requerirán 15 trabajadores, 36 para la construcción, 10 para la operación y 21 para la etapa de post-operación y cierre.

De forma concreta, el Proyecto Depósito de Jales San Carlos contempla los siguientes componentes (obras principales y obras asociadas), los cuales se describen en las siguientes secciones de este Capítulo II.

1. Bordo iniciador (incluye dentellón en área de desplante)
2. Bordos de sobreelevaciones (incluye un bordo de refuerzo)
3. Celda 1 y Celda 2 (Vaso del Depósito de Jales San Carlos)
4. Línea de conducción de jales
5. Sistema decantador drenante (Incisión y Torre decantadora -chinos)
6. Línea de conducción de agua clarificada
7. Vertedores de demasías
8. Canal colector
9. Pileta de agua recuperada
10. Bordo de protección
11. Canal de desvío
12. Banco de tiro
13. Camino de servicios

La Unidad Fresnillo, catalogada como la mayor mina de plata primaria del mundo, ha construido y operado diversos depósitos de jales, algunos de los cuales alcanzaron en el pasado su capacidad máxima y ya han sido restituidos y restaurados; sin embargo, las reservas minerales con las que aún cuenta la mina, hacen posible continuar la explotación y el beneficio de minerales, requiriendo para ello un nuevo espacio destinado para el adecuado manejo de los residuos mineros, y extendiendo así por más años los beneficios directos e indirectos que genera esta actividad productiva; especialmente en la ciudad de Fresnillo, la cual dependió por mucho tiempo de la minería desde que fue constituida en el Siglo XVI cuando se establecieron expediciones españolas que buscaban yacimientos minerales, y que actualmente es considerada como la de mayor importancia económica del estado de Zacatecas debido a su alta producción minera, además de su actividad comercial.

En este contexto, la Unidad Fresnillo representa un factor importante en el desarrollo y estabilidad social y económica en la región, además de que se ha demostrado el esfuerzo y el interés de Minera Fresnillo por la protección medio ambiente, contando con varios certificados expedidos



por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) para diversas instalaciones de su propiedad, como en el Parque Ecológico y Mina Turística Proaño, que se desarrolló sobre depósitos de jales antiguos restituidos y que cuenta con el certificado de Calidad Ambiental Turística, o como el Club de Golf Fresnillo que también cuenta con el mismo tipo de certificado; por su parte, la unidad minera contaba con dos recertificaciones como Industria Limpia, y actualmente está proceso de revalidar este certificado. Con el firme compromiso adquirido por la empresa para mejorar su desempeño ambiental de forma constante, el Proyecto Depósito de Jales San Carlos se alinearán con la Política sustentable de la empresa, adoptando todas las medidas necesarias para que la ejecución del proyecto sea ambientalmente viable, socialmente aceptable y económicamente redituable.

### **II.1.2 Selección del sitio**

En virtud de que la Unidad Fresnillo se encuentra entre los límites de la mancha urbana de la ciudad de Fresnillo y un valle con intensa actividad agrícola y escasos relictos de vegetación forestal, el principal criterio empleado para la selección del sitio consistió en un aspecto de índole legal, tomando en cuenta los predios en propiedad de Minera Fresnillo, S.A. de C.V., que reunieran las condiciones más apropiadas para la construcción del depósito, considerando además que tuvieran un fácil acceso y que no se localizarán demasiado lejos de la planta de beneficio, para reducir costos a la vez que se reduce el consumo de energía por bombeo (conducción de jales y del agua clarificada recuperada).

De entre las opciones analizadas, ninguna presentaba mayores ventajas de carácter técnico, socioeconómico o ambiental, por lo que se optó por los predios más cercanos a la planta y a la pileta San Luis, donde se almacena el agua recuperada de los otros depósitos de jales en operación y a donde se conducirá el agua clarificada del Proyecto. Una vez seleccionado el sitio, se diseñaron las celdas del Depósito de Jales San Carlos tal manera que la afectación fuera la mínima posible, evitando ocupar el cauce de la escorrentía intermitente conocida como Arroyo Prieto.

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

Los predios donde se pretende la construcción y operación del Depósito de Jales San Carlos, se localizan a 2.5 km en línea recta de la planta de beneficio con dirección al Suroeste, y a 1.1 km aproximadamente al Oeste del Depósito de Jales Ampliación San Luis Oeste, entre la zona conocida como Tiro Candelaria y la Carretera Federal No. 23 Fresnillo-Jerez de García Salinas, tal como se observa en la Figura 2.1, en la que se demarca el denominado “Polígono del Proyecto”, el cual abarca el vaso del depósito, los bordos, el banco de tiro, las líneas de conducción de jales y agua clarificada, el camino de servicio perimetral, y toda la infraestructura de seguridad y para el manejo y control del agua.

El Polígono del Proyecto quedó conformado por 210 vértices, cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 2.1. En el Anexo 2.1 de esta MIA se muestra el plano georeferenciado y a una mayor escala con la localización específica del Proyecto Depósito de Jales San Carlos. Todas las coordenadas mostradas en este estudio, están en el Sistema UTM, Datum WGS84, Zona 13 Q.

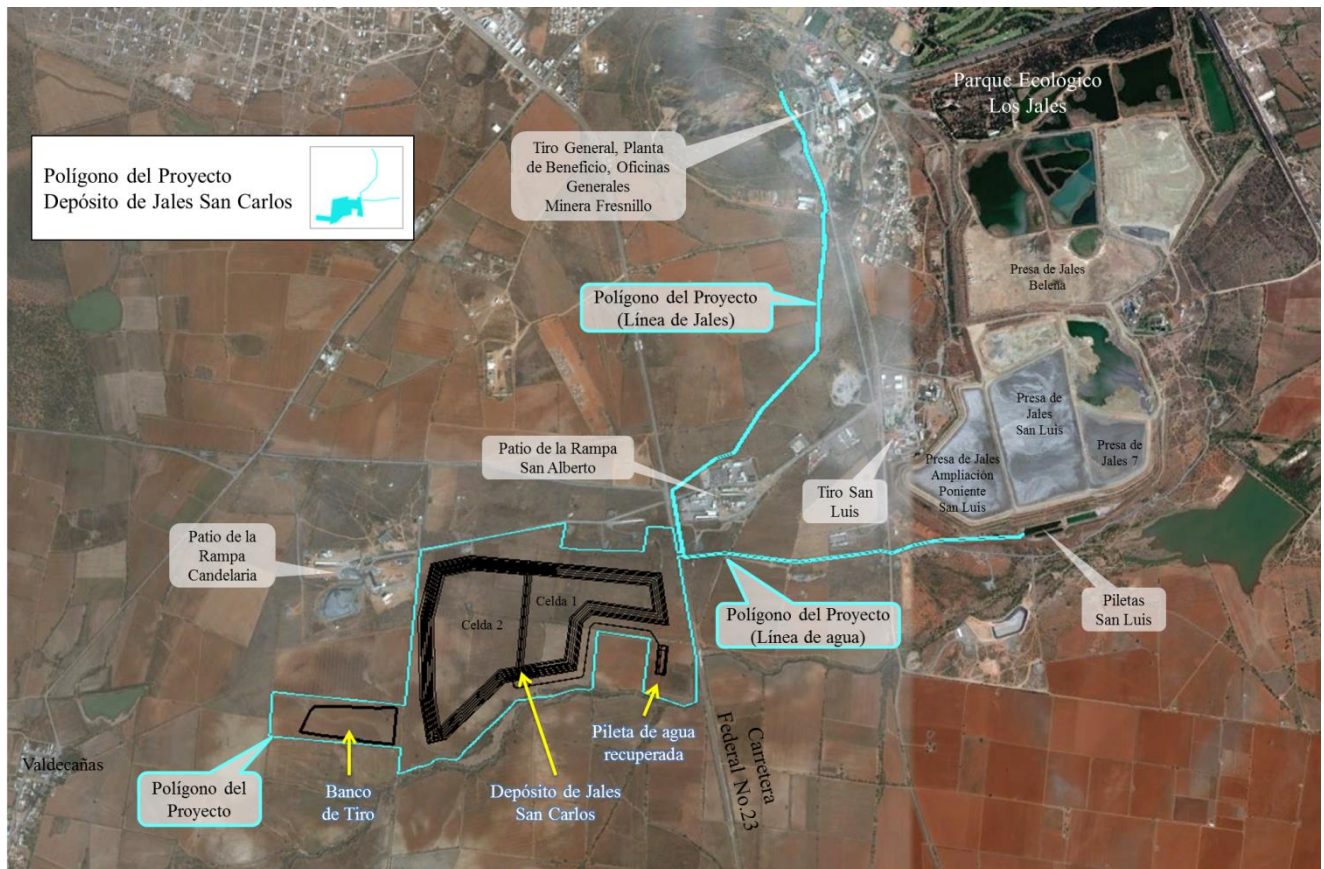


**Tabla 2.1. Coordenadas del Polígono del Proyecto**

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	717,154.34	2,560,980.33	52	717,127.71	2,560,959.95	103	716,610.41	2,561,105.32
2	717,150.74	2,560,971.86	53	717,182.38	2,560,679.02	104	716,588.93	2,560,991.44
3	717,164.58	2,560,960.08	54	717,221.54	2,560,477.76	105	716,676.72	2,560,982.96
4	717,341.86	2,560,982.19	55	717,223.65	2,560,295.62	106	716,968.75	2,560,979.50
5	717,342.48	2,560,982.23	56	717,164.74	2,560,273.56	107	716,987.03	2,561,093.50
6	717,343.04	2,560,982.20	57	716,975.92	2,560,336.18	108	717,102.70	2,561,088.51
7	717,645.10	2,560,947.84	58	717,002.50	2,560,580.58	109	717,124.90	2,560,974.42
8	717,693.62	2,560,946.48	59	716,766.85	2,560,611.82	110	717,141.52	2,560,975.76
9	718,002.95	2,560,991.89	60	716,761.42	2,560,607.75	111	717,144.54	2,560,982.83
10	718,061.99	2,561,003.13	61	716,742.40	2,560,358.52	112	717,125.61	2,561,078.01
11	718,062.62	2,561,003.21	62	716,741.73	2,560,348.33	113	717,091.15	2,561,257.23
12	718,063.26	2,561,003.20	63	716,727.46	2,560,342.90	114	717,091.07	2,561,258.01
13	718,063.88	2,561,003.12	64	716,705.05	2,560,344.25	115	717,091.11	2,561,258.80
14	718,115.19	2,560,992.78	65	716,668.38	2,560,344.25	116	717,091.28	2,561,259.57
15	718,214.91	2,561,029.77	66	716,635.79	2,560,337.46	117	717,091.57	2,561,260.31
16	718,215.61	2,561,029.97	67	716,594.36	2,560,323.20	118	717,091.96	2,561,260.99
17	718,318.39	2,561,051.58	68	716,562.44	2,560,313.02	119	717,092.47	2,561,261.60
18	718,318.55	2,561,051.61	69	716,535.28	2,560,310.30	120	717,093.06	2,561,262.12
19	718,319.11	2,561,051.68	70	716,485.02	2,560,305.55	121	717,292.23	2,561,412.52
20	718,707.52	2,561,075.37	71	716,453.79	2,560,298.75	122	717,292.94	2,561,412.97
21	718,722.77	2,561,089.50	72	716,430.02	2,560,293.32	123	717,293.72	2,561,413.29
22	718,724.01	2,561,080.33	73	716,403.53	2,560,294.00	124	717,375.13	2,561,439.37
23	718,708.13	2,561,065.39	74	716,391.31	2,560,287.21	125	717,498.03	2,561,637.44
24	718,320.09	2,561,041.72	75	716,360.07	2,560,251.22	126	717,498.44	2,561,638.02
25	718,218.03	2,561,020.26	76	716,296.91	2,560,188.74	127	717,498.63	2,561,638.22
26	718,117.32	2,560,982.91	77	716,245.98	2,560,142.56	128	717,614.51	2,561,761.93
27	718,116.66	2,560,982.71	78	716,206.59	2,560,099.78	129	717,749.94	2,561,910.07
28	718,115.98	2,560,982.61	79	716,161.77	2,560,057.67	130	717,754.72	2,562,094.43
29	718,115.29	2,560,982.61	80	716,140.04	2,560,026.43	131	717,756.85	2,562,176.81
30	718,114.61	2,560,982.70	81	716,123.74	2,560,015.57	132	717,756.87	2,562,177.10
31	718,062.87	2,560,993.12	82	716,109.48	2,560,017.61	133	717,765.44	2,562,279.13
32	718,004.68	2,560,982.04	83	716,089.11	2,560,018.96	134	717,776.96	2,562,389.79
33	718,004.50	2,560,982.01	84	716,063.30	2,560,023.72	135	717,766.10	2,562,532.88
34	717,694.64	2,560,936.53	85	716,039.53	2,560,020.32	136	717,766.10	2,562,533.63
35	717,693.92	2,560,936.47	86	716,023.24	2,560,014.21	137	717,766.21	2,562,534.37
36	717,693.78	2,560,936.47	87	716,006.94	2,559,997.91	138	717,766.44	2,562,535.09
37	717,644.60	2,560,937.85	88	715,996.75	2,559,993.84	139	717,766.76	2,562,535.77
38	717,644.18	2,560,937.88	89	715,979.77	2,559,989.08	140	717,767.19	2,562,536.39
39	717,342.51	2,560,972.19	90	715,950.57	2,559,983.65	141	717,767.70	2,562,536.93
40	717,163.63	2,560,949.88	91	715,920.69	2,559,971.43	142	717,780.12	2,562,548.36
41	717,162.81	2,560,949.85	92	715,902.35	2,559,964.64	143	717,760.75	2,562,640.18
42	717,161.99	2,560,949.95	93	715,880.62	2,559,955.13	144	717,731.27	2,562,709.04
43	717,161.20	2,560,950.19	94	715,859.37	2,559,950.15	145	717,687.17	2,562,801.04
44	717,160.46	2,560,950.55	95	715,860.53	2,559,963.13	146	717,686.98	2,562,801.49
45	717,159.79	2,560,951.03	96	715,870.09	2,560,070.42	147	717,686.76	2,562,802.26
46	717,145.02	2,560,963.60	97	715,275.54	2,560,119.47	148	717,668.87	2,562,895.97
47	717,143.13	2,560,961.95	98	715,288.45	2,560,321.16	149	717,626.96	2,562,960.56
48	717,142.48	2,560,961.48	99	715,776.72	2,560,275.66	150	717,597.47	2,562,991.22
49	717,141.77	2,560,961.12	100	715,887.34	2,560,264.01	151	717,597.03	2,562,991.74
50	717,141.00	2,560,960.88	101	715,916.72	2,560,593.67	152	717,596.67	2,562,992.31
51	717,140.21	2,560,960.77	102	715,948.53	2,560,972.42	153	717,571.14	2,563,039.50



Vértice	X	Y	Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
154	717,570.84	2,563,040.17	173	717,770.24	2,562,643.40	192	717,759.38	2,561,905.87
155	717,570.76	2,563,040.39	174	717,770.43	2,562,642.73	193	717,759.03	2,561,905.26
156	717,561.07	2,563,071.50	175	717,790.49	2,562,547.64	194	717,758.58	2,561,904.70
157	717,562.06	2,563,079.39	176	717,790.59	2,562,546.79	195	717,621.85	2,561,755.14
158	717,571.27	2,563,079.57	177	717,790.55	2,562,545.93	196	717,506.26	2,561,631.75
159	717,570.62	2,563,074.47	178	717,790.36	2,562,545.09	197	717,382.66	2,561,432.53
160	717,580.17	2,563,043.83	179	717,790.03	2,562,544.29	198	717,382.25	2,561,431.96
161	717,605.14	2,562,997.67	180	717,789.56	2,562,543.57	199	717,381.76	2,561,431.45
162	717,634.50	2,562,967.15	181	717,788.98	2,562,542.93	200	717,381.20	2,561,431.02
163	717,634.73	2,562,966.89	182	717,776.26	2,562,531.22	201	717,380.59	2,561,430.67
164	717,635.09	2,562,966.40	183	717,786.96	2,562,390.09	202	717,379.94	2,561,430.40
165	717,677.80	2,562,900.59	184	717,786.97	2,562,389.71	203	717,297.58	2,561,404.03
166	717,678.11	2,562,900.03	185	717,786.95	2,562,389.20	204	717,101.57	2,561,256.02
167	717,678.35	2,562,899.43	186	717,775.40	2,562,278.19	205	717,135.43	2,561,079.93
168	717,678.51	2,562,898.81	187	717,766.85	2,562,176.40	206	717,154.65	2,560,983.26
169	717,696.47	2,562,804.77	188	717,764.71	2,562,094.17	207	717,154.74	2,560,982.52
170	717,740.33	2,562,713.26	189	717,759.89	2,561,907.94	208	717,154.72	2,560,981.77
171	717,740.42	2,562,713.07	190	717,759.82	2,561,907.23	209	717,154.59	2,560,981.04
172	717,770.14	2,562,643.66	191	717,759.65	2,561,906.54	210	717,154.34	2,560,980.33



**Figura 2.1. Localización del Predio y del Polígono del Proyecto**



#### II.1.4 Inversión requerida

Para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos se ha presupuestado una inversión aproximada de \$182'435,700 MXN, que resultan de la ejecución de todas las actividades requeridas para la construcción del proyecto, tal como se desglosa de forma general en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2. Presupuesto para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos**

ID	Concepto	Presupuesto en Moneda Nacional (MXN)
1	Preparación del sitio (despalme e impermeabilizado Celdas 1 y 2)	\$48,543,050
2	Construcción de Bordos (Celdas 1 y 2)	\$77,404,688
3	Construcción de Líneas de Conducción de Jales y Agua Clarifica	\$973,703
4	Construcción de Berma de refuerzo	\$11,051,040
5	Sistema Decantador Drenante (incisión, torres decantadoras, andamios)	\$12,642,991
6	Obras para el control y manejo del agua (Vertedores, Canal colector, Pileta de recuperación de agua)	\$6,001,004
7	Canal de Desvío	\$776,288
8	Camino de servicio	\$1,062,935
9	Banco de tiro	\$5,225,808
10	Sistema de monitoreo (pozos y piezómetros)	\$6,965,780
11	Control de calidad (laboratorio mecánica de suelos y topógrafos)	\$1,783,577
12	Obras de abandono preliminares (reubicación del suelo orgánico, reforestación, bajadas pluviales)	\$10,004,836
<b>Total</b>		<b>\$180,652,123</b>

Debido que este proyecto es una obra de servicios asociada de forma directa a la operación de la Unidad Fresnillo, no tiene un periodo neto de recuperación de capital. La recuperación de la inversión se obtendrá a través del aprovechamiento de las reservas minerales, de modo tal, que cada tonelada producida, llevará un costo por la inversión y operación de este Proyecto.

La inversión para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos proviene completamente de los recursos de Minera Fresnillo, S.A. de C.V., es decir, es un proyecto financiado por la propia empresa promotora (inversión privada).

Vale la pena mencionar también que estos montos son exclusivos de este Proyecto ya que cada proyecto se considera como una obra independiente, por lo que la inversión es adicional de cualquier otra que pueda manejarse como presupuesto de la Unidad Minera y sus obras asociadas.

Por la aplicación de las medidas manifestadas en el Capítulo VI de esta MIA, propuestas para la prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales identificados a través del proceso de evaluación realizado, se estima una inversión adicional de aproximadamente de \$2,000,000 MXN.





### **II.1.5 Dimensiones del proyecto**

El Polígono del Proyecto (Figura 2.1) que abarca la totalidad de las obras y actividades que integran al Depósito de Jales San Carlos, cubre una superficie de 111.1875 hectáreas (1,111,875 m<sup>2</sup>), la cual es en última instancia el área solicitada a través de esta Manifestación de Impacto Ambiental para la autorización de la ejecución del Proyecto.

Dado que el proyecto se localizará sobre predios cuyo uso previo era agrícola, no se afectará superficie con cobertura vegetal. Sin embargo, sobre ello cabe puntualizar que la línea de conducción de jales atravesará un predio que aún conserva cobertura vegetal correspondiente a Matorral Crasicaule, aunque ésta exhibe un bajo grado de conservación. La superficie del Polígono del Proyecto que atraviesa este predio es de aproximadamente 6,200 m<sup>2</sup>, que equivale al 0.56% de la superficie total del polígono. Como se describe en la Sección II.2.3, las líneas de conducción de jales y de agua clarificada estarán dentro de una trinchera enterrada, por lo que la ocupación del terreno será temporal y no se requiere hacer un cambio de uso de suelo para estas actividades. La preparación de este sitio para la construcción de la línea de jales se realizará de forma manual reduciendo al mínimo la afectación de la vegetación, y se realizará una reforestación sobre el área provisionalmente ocupada.

La huella del proyecto, entendiéndose ésta como la superficie de ocupación para obras permanentes, se conforma del área que ocuparán las celdas del depósito, el pateo del bordo iniciador, el bordo de protección, el banco de tiro, el camino de servicios, y las obras para manejo y control del agua (canal de desvío, vertedores de demasías, canal colector y pileta de agua recuperada); se excluyen las líneas de conducción de agua clarificada y jales en virtud de que son obras que irán dentro de trincheras y quedarán bajo el suelo, sin ocupar de forma permanente una superficie. La huella del proyecto equivale a 686,149 m<sup>2</sup>, (68.6149 ha) que representan el 61.71% de la superficie del Polígono del Proyecto. El otro 38.29% de la superficie se divide entre las líneas de conducción (0.39%), y los terrenos comprendidos entre las obras, mismos que suman una superficie de 421,341 m<sup>2</sup>. Siendo terrenos agrícolas, éstos podrán ser ocupados temporalmente como patios de maniobras durante las etapas de preparación y construcción, contemplando en estos casos todas las medidas pertinentes para evitar la contaminación del subsuelo en el sitio, la pérdida del suelo por erosión, la excesiva compactación del terreno, el arrastre de materiales, etc. En cualquier caso, los terrenos ocupados de forma temporal deberán estar restringidos a los límites del Polígono del Proyecto, y deberán ser regresados a su condición previa al finalizar la ocupación de los mismos.

Las dimensiones particulares de cada obra se especificarán en la descripción de cada una, dentro de las secciones II.2.3 y II.2.4.

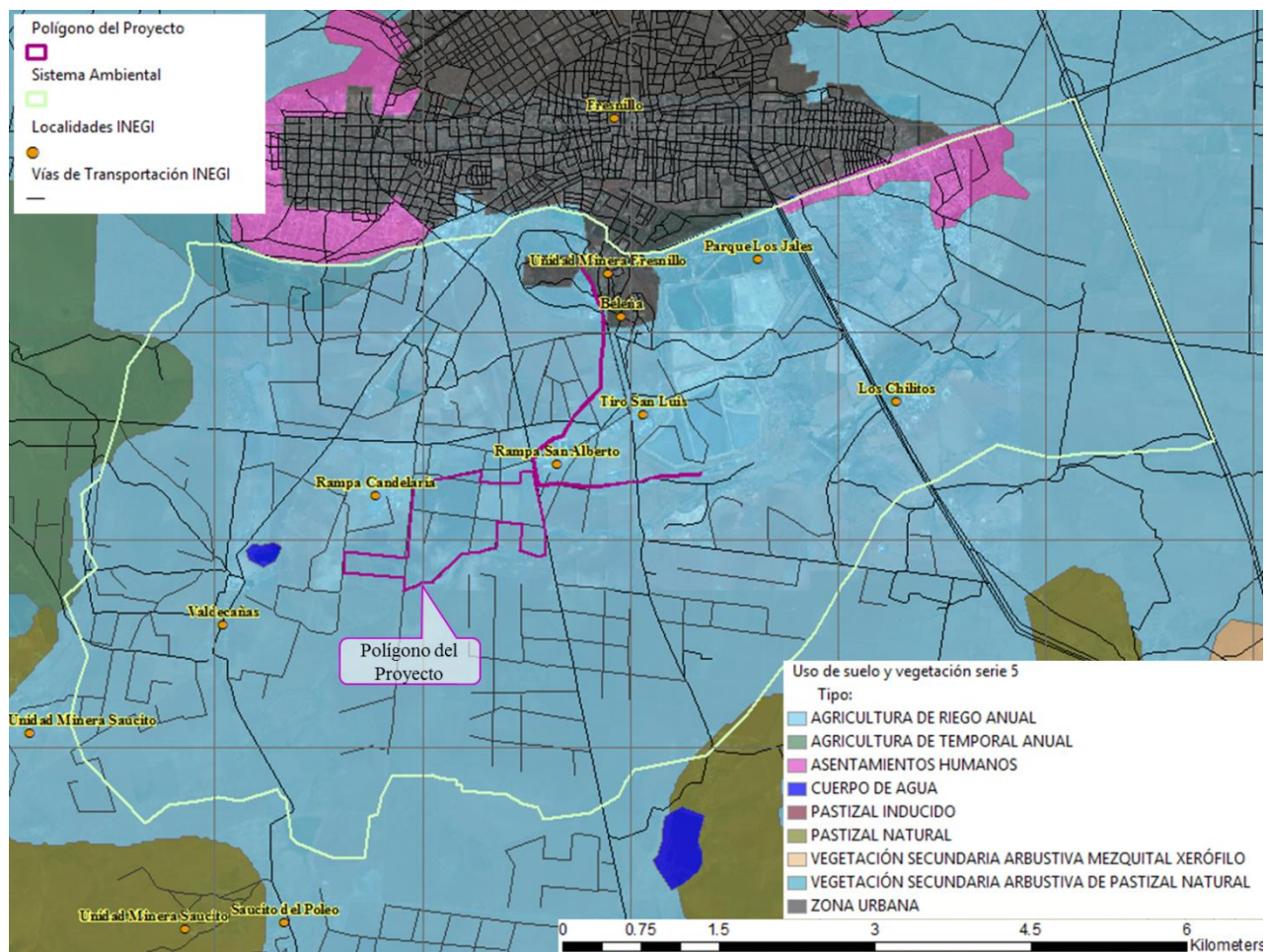
### **II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias**

#### *Usos de suelo*

Para un análisis detallado acerca del uso del suelo en las áreas donde se pretende desarrollar el Proyecto Depósito de Jales San Carlos, se cargó la información digital (metadatos) más actualizada al SIG del Proyecto, sobre el Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000 Serie V (Capa Unión), recuperada directamente del sitio web del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI).

Posteriormente, con el grupo que participa en la elaboración de este estudio y que estuvo presente en los trabajos de campo, se elaboró una interpretación de los usos actuales del suelo para el Sistema Ambiental del Proyecto, cuya delimitación y características se describen en el Capítulo IV de esta MIA.

Según la información digital generada y actualizada por el INEGI (Serie V), el uso del suelo dentro del Polígono del Proyecto es prácticamente en su totalidad para agricultura de riego anual, con puntuales intersecciones de la línea de conducción de jales sobre la zona urbana de Fresnillo. A la escala del Sistema Ambiental (SA), la Serie V del INEGI identifica que la mayor parte de la superficie dentro de su delimitación tienen un uso agrícola de riego anual, con puntuales incidencias sobre la zona urbana, sobre asentamientos humanos, sobre terrenos donde se practica la agricultura de temporal anual, y sobre donde se encuentra vegetación primaria correspondiente a Pastizal Natural (al Sur del SA), y sobre suelos con Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural (al Noroeste del SA). Lo anterior queda de manifiesto en la Figura 2.2, con la zonificación de los usos de suelo según el INEGI.



**Figura 2.2. Localización del Predio y del Polígono del Proyecto**

Es necesario hacer notar que el INEGI no ha registrado en su cartografía la existencia de las obras y actividades mineras e industriales que se llevan a cabo en la Unidad Fresnillo, aun cuando la



zona ha tenido históricamente un uso de explotación minera desde el Siglo XVI, y de forma más intensa desde hace décadas; motivos con los que se puede aseverar que las obras del proyecto son compatibles con las regulaciones existentes con respecto al uso de suelo asignado para la zona (Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio), el cual declara a la minería y a la ganadería como actividades productivas rectoras del desarrollo en la zona

En los recorridos de campo y con base en los muestreos de vegetación realizados para el Proyecto, se ha definido que la mayoría de las obras pretendidas, incluyendo al vaso de ambas celdas del Depósito de Jales San Carlos, se encuentran sobre terrenos agrícolas con escasos individuos arbóreos dispersos en las parcelas involucradas. Únicamente las líneas de conducción de jales y de agua clarificada atraviesan derechos de vía de caminos y carreteras, además de que la línea de conducción de jales atraviesa un predio que mantiene cobertura vegetal, definida como Matorral Crasicaule, como se detalla en la Sección IV.2.2.

Una memoria fotográfica general de las condiciones actuales del terreno y sus colindancias, observadas durante los recorridos de campo, se presenta en el Anexo 2.2.

#### *Cuerpos de agua*

En las inmediaciones del Proyecto existen varios cuerpos de agua pequeños (Figura 2.3) y corrientes de carácter intermitente (Figura 2.4). De acuerdo a información del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) del INEGI, a menos de 500 m al Este de la Pileta San Luis (a donde se conducirá el agua clarificada recuperada en el Depósito de Jales San Carlos) se encuentra la Presa Plan Juárez, a donde llega el Arroyo Prieto, que corre al Sur del Polígono del Proyecto, con dirección SO-NE.

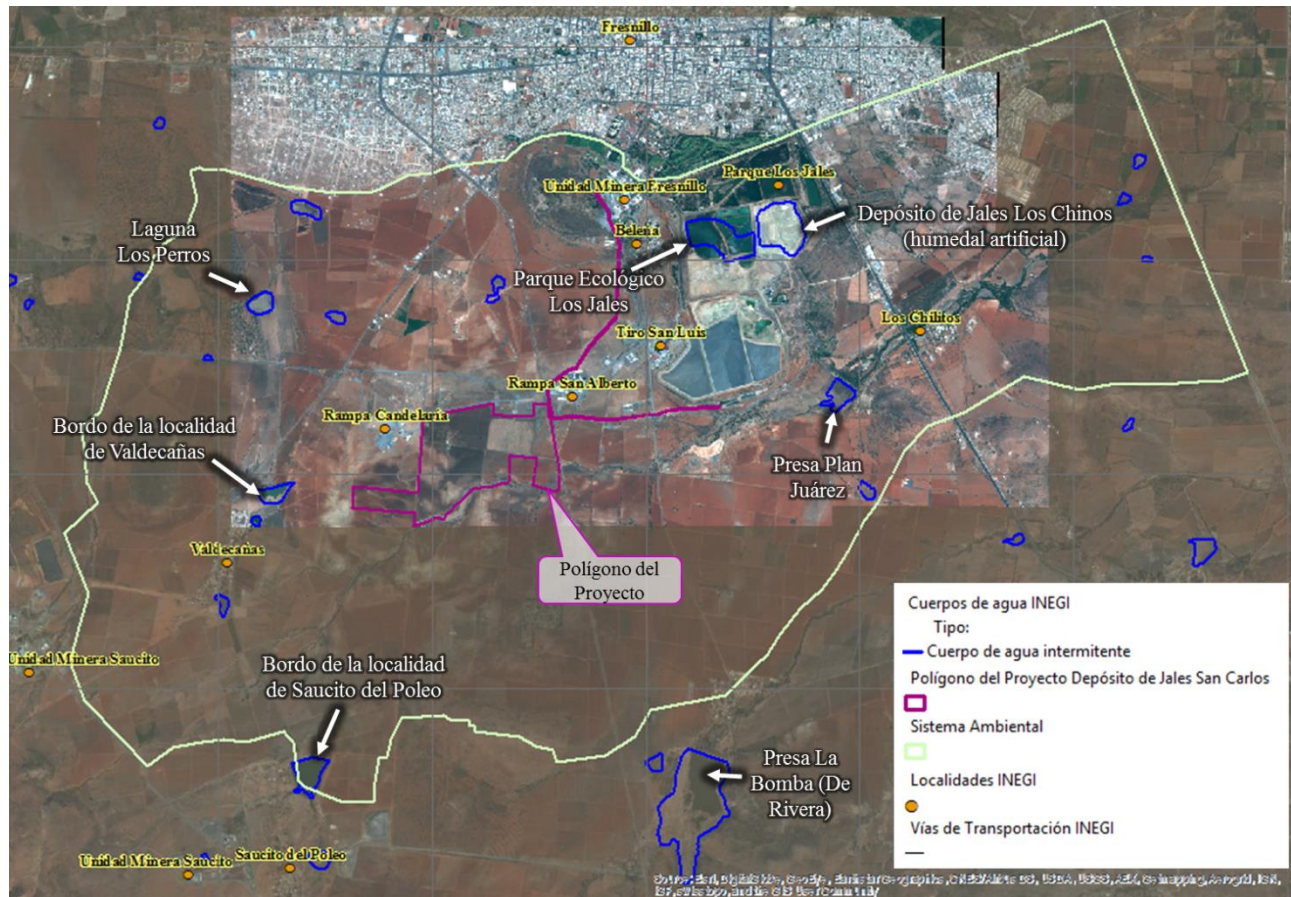
Al Noreste del Polígono del Proyecto se localiza el depósito de jales Los Chinos, que por cuestiones operativas quedó dividido en tres celdas (1, 2 y 3); actualmente las celdas 1 y 2 han sido restituidas y transformadas en un humedal artificial donde crecen tulares, que a su vez dan refugio a diferentes especies de patos de la región y migratorios, que anidan y se reproducen en estas zonas. Por tal motivo, el INEGI los reconoce como cuerpos de agua.

En la Figura 2.5 se muestra un mosaico de fotografías de los cuerpos de agua más relevantes que colindan con el área del Proyecto.

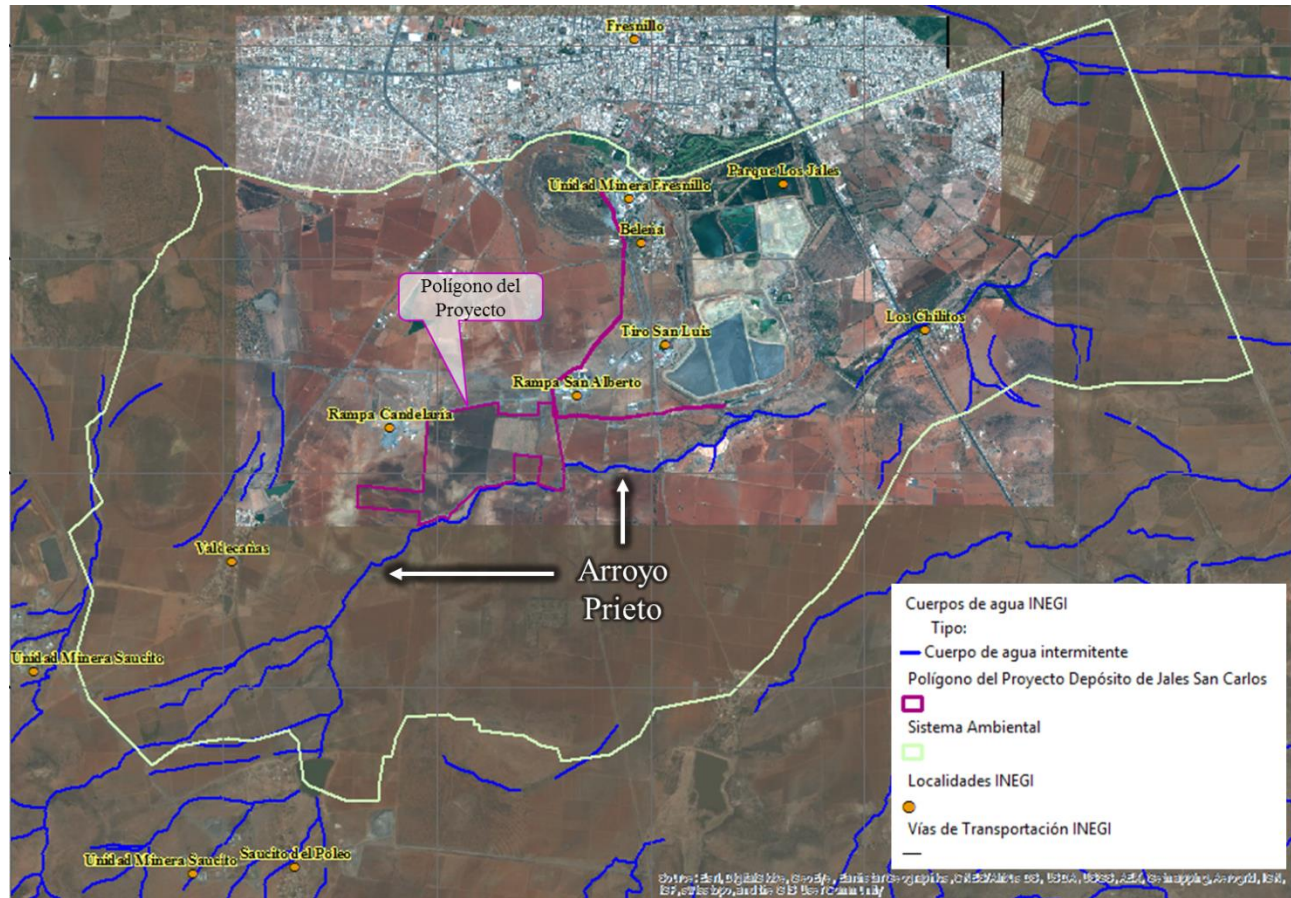
Los depósitos de jales Los Chinos 1 y 2, son manejados administrativamente por Minera Fresnillo como parte del Parque Ecológico Los Jales, el cual también se trata de un área rehabilitada y transformada en espacio público recreativo, contiguo a los humedales artificiales. En el Parque Ecológico Los Jales existe un lago artificial y canales navegables alimentados con el agua de laboreo de la mina. Otros cuerpos de agua relevantes se presentan al Oeste del SA, donde se localiza la laguna Los Perros; y al más al Sur del límite del SA se encuentra la presa La Bomba, también conocida en la zona como Presa de Rivera, construida por la desaparecida Secretaría de Recursos Hidráulicos, y que ahora es responsabilidad de la CONAGUA, para el almacenamiento de agua en sus casi 50 hectáreas, que es utilizada para el riego de cultivos de chile y frijol aledaños a la presa.



El resto de los cuerpos de agua que se observan en la Figura 2.3 y en la Figura 2.4, son pequeños bordos construidos para el riego de las parcelas, además de escorrentías naturales que drenan el agua pluvial hacia puntos más bajos durante las lluvias estacionales (corrientes de agua intermitentes).



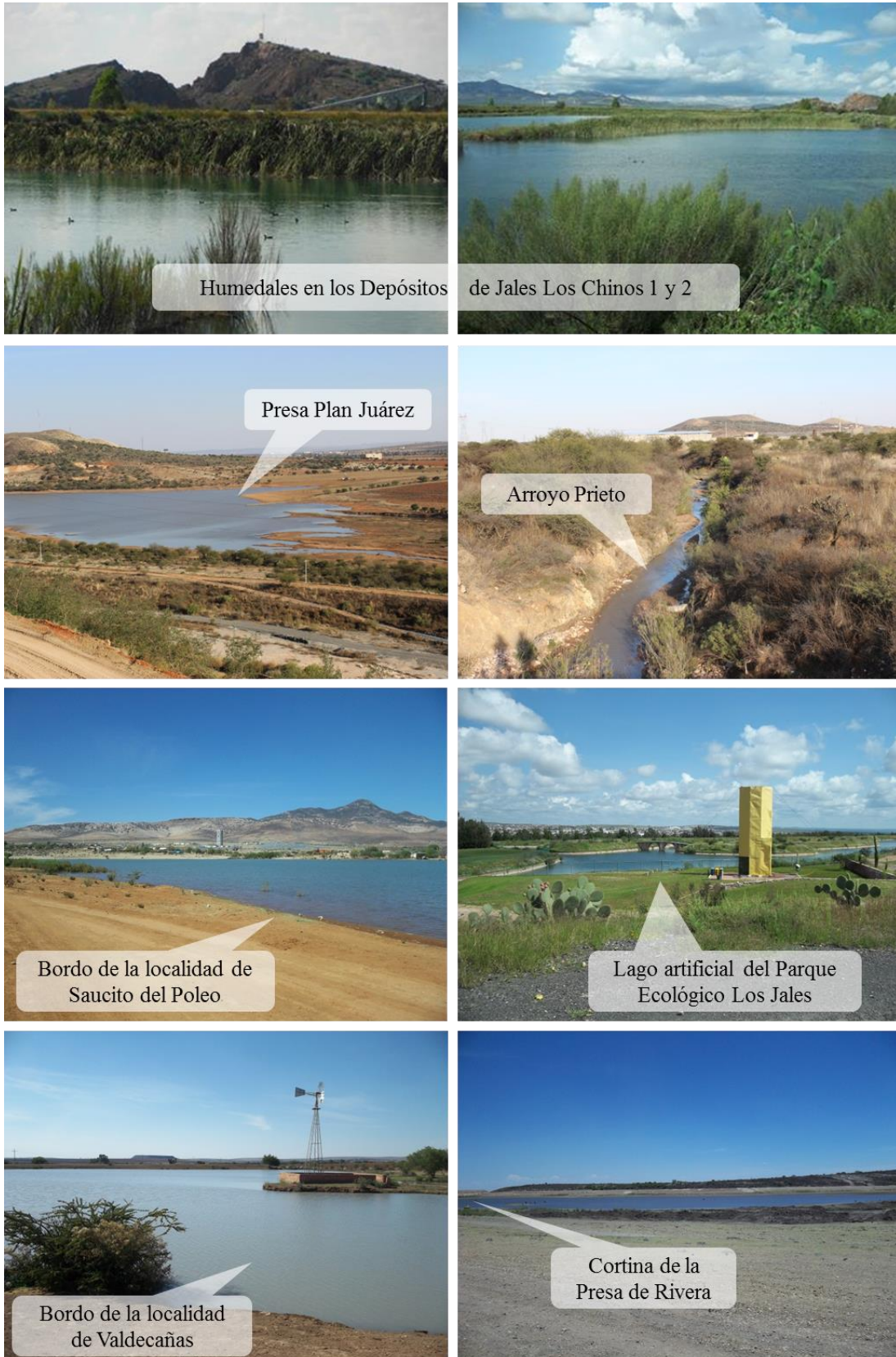
**Figura 2.3. Cuerpos de agua, INEGI**



**Figura 2.4. Corrientes y vías de conducción de agua, INEGI**

Como se evidencia con la Figura 2.3 y la Figura 2.4, el Arroyo Prieto que descarga en la Presa Plan de Juárez, y la propia presa, son los cuerpos de agua más relevantes para el Proyecto dada la cercanía al Polígono del Proyecto. No obstante, como es descrito con detalle en la Sección II.2 de esta MIA, el diseño del Proyecto contempló medidas específicas de protección para éstos cuerpos de agua, con la finalidad de evitar su contaminación y deterioro de la calidad del agua.





**Figura 2.5. Cuerpos de agua cercanos a la Unidad Fresnillo**



### **II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos**

El municipio de Fresnillo es el de mayor población en el estado de Zacatecas, y el de mayor importancia económica debido a su alta producción minera, agrícola y a su actividad comercial. Estas condiciones, y la cercanía del Proyecto con la ciudad de Fresnillo y con diversas zonas de la propia unidad minera como el Tiro Candelaria o Tiro San Luis), facilitan la provisión de todos los servicios que se pudieran requerir, como vías de acceso, agua tratada para riego, maquinaria, provisión de combustible y mantenimiento a maquinaria y equipos, energía eléctrica, sitios para almacenamiento de residuos peligrosos y disposición final de residuos sólidos urbanos, servicios sanitarios móviles (letrinas a través de contratista especializado), etc.

En otras palabras, el Depósito de Jales San Carlos es una obra complementaria ligada al proceso de beneficio que realiza Minera Fresnillo, S.A. de C.V. en la zona, que no requiere de la construcción de infraestructura adicional para su ejecución, ni de la urbanización del área más de lo que actualmente se encuentra.

### **II.2 Características particulares del proyecto**

El Depósito de Jales San Carlos, diseñado con base en la NOM-141-SEMARNAT-2003 (Anexo 3.1), que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post-operación de depósitos de jales, estará conformado por dos celdas independientes, divididas por un bordo intermedio. Será del tipo constructivo Aguas Arriba con espigas y estará conformada por un bordo iniciador y cuatro bordos de sobreelevaciones. Para el aprovisionamiento de materiales de construcción, se analizaron diferentes materiales de la misma cantidad de bancos, resultando en varios casos que no contaban con las características adecuadas para la construcción de bordos; el único material que cumplió con los objetivos fue el tepetate de mina generado en la Unidad Minera Saucito, que se localiza a 4 km al Sur del Proyecto y que es operada por Minera Saucito S.A. de C.V., una empresa del mismo grupo que Minera Fresnillo S.A. de C.V. (Fresnillo PLC). Este material, no obstante, por sus características de permeabilidad requiere de una impermeabilización del pateo interno del bordo iniciador y los bordos de sobreelevación con arcillas compactadas. En el caso de los bordos de sobreelevación se debe de impermeabilizar el desplante de cada bordo con la finalidad de evitar infiltraciones en la base.

- *Caracterización de jales*

Es importante señalar que el Proyecto implica la construcción de una nueva obra para la disposición de los jales producidos en el proceso operativo de beneficio actual, lo que implica que la composición de los jales que se dispondrán en el Depósito de Jales San Carlos es la misma de los jales que son enviados a los depósitos activos (San Luis, Ampliación Poniente San Luis y Presa de Jales 7). Los minerales explotados de mina, corresponden de forma dominante a óxidos con altos contenidos calcáreos (rocas alcalinas) y sulfuros de vetas. Las caracterizaciones de los jales resultantes de proceso, en la actualidad, corresponden a colas de proceso no generadoras de drenaje ácido (alto potencial de neutralización) y material sin características de residuos peligrosos. La caracterización de jales conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-052-SEMARNAT-2005, se presenta en el Anexo 2.3.

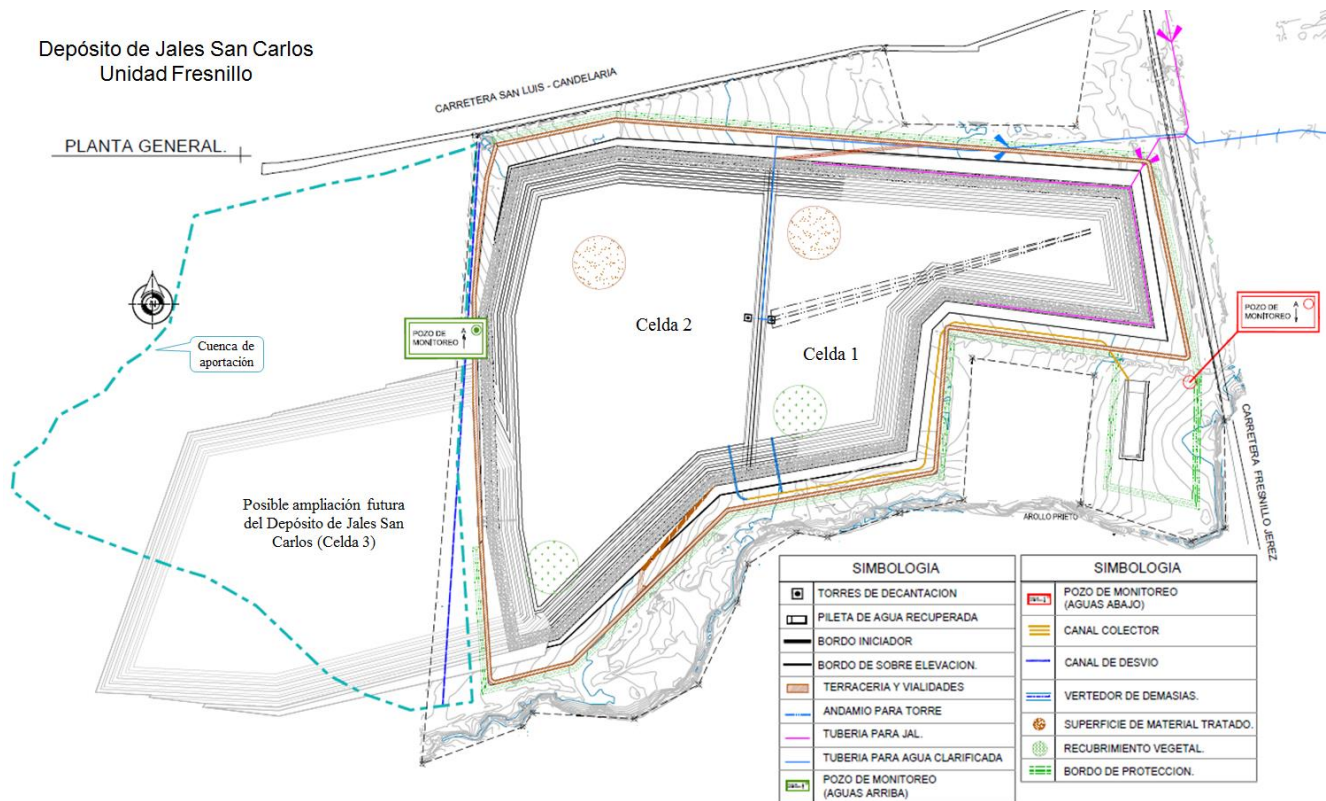
- *Parámetros de diseño*

El diseño del Depósito de Jales San Carlos ha sido realizado por la empresa “GP Ingeniería”. Los requerimientos iniciales para el diseño de las obras contemplan una descarga de jales de 8,000 toneladas por día, con una densidad de  $1,951 \text{ kg/m}^3$ , operando 330 días por año; y considerando que la composición de los jales es de 50% de sólidos y 50% de agua.

Los parámetros de diseño están sustentados con base en el estudio geotécnico realizado para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos, el cual se encuentra en el Anexo 2.4.

En la siguiente figura se presenta la planta general del Depósito de Jales San Carlos, en la cual se muestran la forma de las dos celdas y los componentes u obras asociadas que integran a la huella del proyecto. Así mismo, en la Figura 2.6 se aprecia delimitada la cuenca de aportación aguas arriba del proyecto, es decir, la superficie que naturalmente drena el agua pluvial hacia el sitio del depósito, y para la cual se ha diseñado el canal de desvío.

Aun cuando no es parte del presente Proyecto Depósito de Jales San Carlos, en la Figura 2.6 se muestra al Oeste de la Celda 2 la tentativa localización de lo que sería en un futuro la Celda 3, contemplada como un potencial proyecto de ampliación, que de ser requerido por la promotora, será sometido oportunamente a evaluación de SEMARNAT previo a su desarrollo, como una modificación al proyecto autorizado en materia de impacto ambiental.



**Figura 2.6. Planta general de las obras permanentes que integran al Proyecto**





- *Captación y vida útil*

A partir de los parámetros y criterios de diseño considerados para el Depósito de Jales San Carlos, tanto por cumplimiento de la normatividad como por condición solicitada por la promovente, las celdas del depósito tendrán la siguiente capacidad y vida útil.

**Tabla 2.3. Celda 1. Captación y Vida Útil**

Concepto	Captación (m <sup>3</sup> )	Captación (Ton)	Vida Útil (años)	Nivel de llenado máximo (m.s.n.m.)
Bordo Iniciador	2,815,137.53	5,492,333.31	2.08	2,227
Sobreelevación 1	751,940.95	1,467,036.79	0.56	2,231
Sobreelevación 2	691,945.17	1,349,985.02	0.51	2,235
Sobreelevación 3	621,100.53	1,211,767.13	0.46	2,239
Sobreelevación 4	558,908.57	1,090,430.61	0.41	2,243
<b>Totales</b>	<b>5,439,032.74</b>	<b>10,611,552.87</b>	<b>4.02</b>	

**Tabla 2.4. Celda 2. Captación y Vida Útil**

Concepto	Captación (m <sup>3</sup> )	Captación (Ton)	Vida Útil (años)	Nivel de llenado máximo (m.s.n.m.)
Bordo Iniciador	1,633,441.56	3,186,844.48	1.21	2,227
Sobreelevación 1	1,168,723.89	2,280,180.31	0.86	2,231
Sobreelevación 2	1,096,087.23	2,138,466.19	0.81	2,235
Sobreelevación 3	1,034,570.63	2,018,447.30	0.76	2,239
Sobreelevación 4	964,135.35	1,881,028.07	0.71	2,243
Sobreelevación 5	901,126.80	1,758,098.39	0.67	2,247
<b>Totales</b>	<b>6,798,085.46</b>	<b>13,263,064.73</b>	<b>5.02</b>	

**Tabla 2.5. Captación y Vida Útil del Depósito de Jales San Carlos**

Concepto	Captación (m <sup>3</sup> )	Captación (Ton)	Vida Útil (años)	Nivel de llenado máximo (m.s.n.m.)
Celda 1	5,439,032.74	10,611,552.87	4.02	2,243
Celda 2	6,798,085.46	13,263,064.73	5.02	2,247
<b>Totales</b>	<b>12,237,118.20</b>	<b>23,874,617.60</b>	<b>9.04</b>	

En atención a la NOM-141-SEMARNAT-2003, las capacidades de almacenamiento manifestadas en las tablas anteriores para el vaso del Depósito de Jales San Carlos, tanto para el bordo iniciador como para cada uno de los bordos de sobreelevación, están ya considerando un bordo libre de 2 metros, definido en función de la zona en la que se localiza el Proyecto conforme a la NOM-141, catalogada como una zona húmeda. Para más detalles, en el Anexo 3.1 se adjunta la vinculación puntual del Proyecto con la norma en cuestión.

En el Anexo 2.5 se presentan los correspondientes planos con las vistas de planta, perfiles y secciones de la Celda 1 y de la Celda 2 del Depósito de Jales San Carlos.



- *Factor de seguridad*

Por la naturaleza del Proyecto, es necesario garantizar la estabilidad de la obra desde el inicio de su construcción y de forma permanente. Siendo así, el análisis de la estabilidad de los taludes se hizo tanto con el método estático como con el método dinámico, empleando para ello software especializado: Slope/W 2012 para el análisis estático; y Quake/W 2012 para el análisis dinámico.

Para alcanzar un factor de seguridad confiable se incluyó en el diseño una berma de refuerzo perimetral con tepetate (del mismo con el que se construyen los bordos) en ambas celdas, la cual cubrirá los bordos de sobreelevación 1 y 2.

Considerando las características físicas y mecánicas de los materiales a emplear para la construcción de los bordos del Depósito de Jales San Carlos, así como la berma de refuerzo, los valores obtenidos en el análisis de estabilidad de taludes tiene como resultados confiables y seguros tanto el análisis estático como el análisis dinámico, para el diseño geométrico. En la siguiente tabla se indican los factores de seguridad (fs) del Proyecto

**Tabla 2.6. Factor de seguridad para el Depósito de Jales San Carlos**

<b>Método de Análisis</b>	<b>Factor de seguridad del Proyecto</b>	<b>Factor de seguridad mínimo aceptable</b>
fs Estático	1.603	1.5
fs Dinámico	1.325	1.25

Durante la construcción y operación del bordo iniciador, de cada bordo de sobreelevación y de la berma de refuerzo, se llevará un control topográfico estricto, ya que con cualquier modificación al modelo geométrico puede verse afectado el factor de seguridad.

## **II.2.1 Programa general de trabajo**

El desarrollo del Proyecto contempla un periodo estimado de 6 meses, previo al inicio de trabajos en el sitio, para la obtención de la autorización en materia de impacto ambiental por parte de SEMARNAT.

Obtenida la anuencia, el desarrollo de las obras se planificó de acuerdo a un programa de trabajo, con una duración aproximada de 741 días efectivos de los cuales 141 corresponden al periodo de desarrollo de las actividades para la preparación del sitio y 600 días para la construcción de las obras contempladas en el Proyecto. De lo anterior, cabe destacar que la obra de contención (bordo iniciador) abarca 262 días. Se asumió que el periodo mensual de construcción es de 26 días efectivos, reales trabajados, que contemplan los días de asueto; y para establecer los rendimientos de la programación de las actividades, se establecieron 2 jornadas de trabajo de 8 horas.

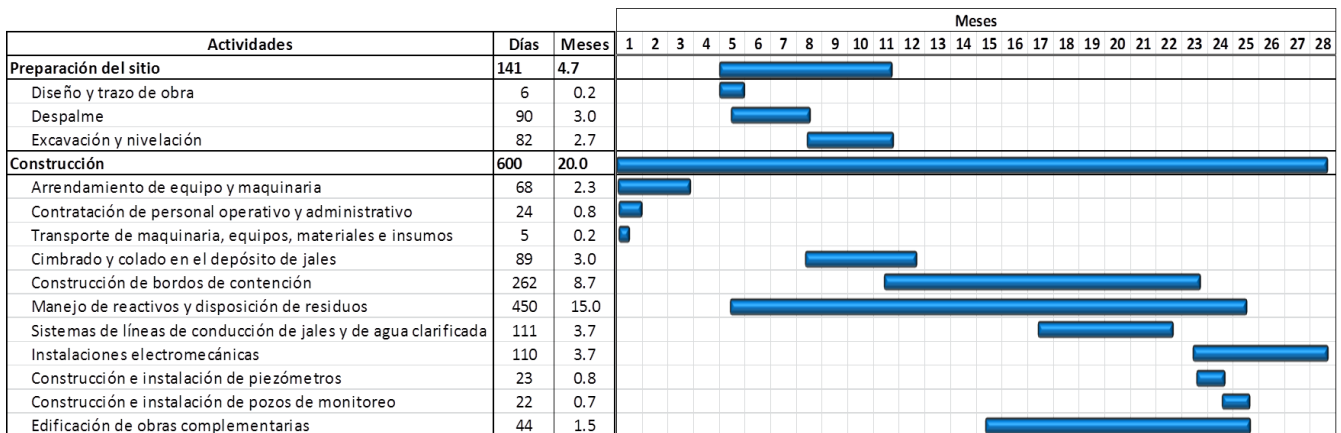
Una vez terminada la construcción de las obras principales y las asociadas, se considera como iniciada la etapa de operación del Proyecto, la cual se estima que tendrá una duración de 9 años, con base en el régimen de operación de la obra (8,000 toneladas por día) y su capacidad de almacenamiento (23,874,617 ton).

Para la etapa post-operativa o de cierre de la obra, se está considerando de forma preliminar un periodo de 3 años como resultado del tiempo que tomaría la estabilización física y química del depósito (1 año), y la estabilización biológica a través de una reforestación y su mantenimiento con una duración estimada de 2 años. El programa de trabajo para la etapa post-operativa no puede definirse con precisión por lo prematuro que es actualmente el proyecto. De forma oportuna, Minera Fresnillo, S.A. de C.V. incorporará el Depósito de Jales San Carlos al Plan de Restitución y Cierre Final para la Unidad Fresnillo, en el cual se deberán especificar los tiempos de ejecución y las maniobras requeridas, con base en el análisis de las condiciones que entonces prevalezcan, además de los estudios y peritajes que se realicen a la obra hacia el final de su vida útil.

En los siguientes diagramas se muestra tanto el programa general de trabajo por etapas, como un desglose de las actividades requeridas para la preparación del sitio y la construcción del Proyecto, de acuerdo a la información anterior.



**Figura 2.7. Diagrama de Gantt del Programa General de Trabajo**



**Figura 2.8. Diagrama de Gantt con las actividades de preparación de sitio y construcción**

## II.2.2 Preparación del sitio

- *Delimitación de las áreas*

La primera actividad que se realizará durante la etapa de preparación del sitio consistirá en la delimitación del área de trabajo, para la cual una brigada de topografía demarcará los sitios manifestados y autorizados para el desarrollo del Proyecto, con base en los planos específicos de las obras. Esta cuadrilla indicará con ayudas visuales (estacas, postes, mojoneras, banderines, etc.) los



límites de las zonas a ocupar para el desplante del bordo iniciador, del bordo de protección, del banco de tiro, del canal colector y de la pileta de agua recuperada. Así también se marcarán los puntos de inflexión de las líneas de conducción de jales y de agua clarificada.

- *Despalme*

Una vez delimitadas las superficies a ocupar por los componentes, se procederá a realizar maniobras de despalme, extrayendo la capa de suelo con mayor contenido orgánico, cuyas características mecánicas no lo hacen apto para el desplante de las obras, ni para la impermeabilización del vaso del depósito de jales (Celda 1 y Celda 2). Se estima un corte de 30 cm de profundidad de suelo, lo que generará aproximadamente 177,000 m<sup>3</sup> de material que habrá de colocarse en el banco de tiro, dentro del mismo predio, sin afectar los trabajos de construcción ni operación del Proyecto. Este material será resguardado durante la vida útil del Depósito de Jales San Carlos, y posteriormente será reutilizado en la etapa de cierre como sustrato para la reforestación de los taludes y del vaso.

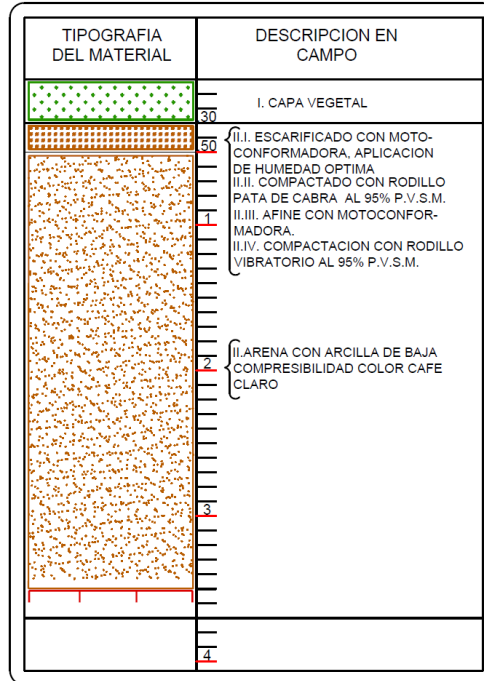
- *Impermeabilización del vaso*

De acuerdo a los criterios para la preparación del sitio establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003 (Anexo 3.1), en caso de que exista un acuífero vulnerable en el sitio, que los jales sean peligrosos y/o que existan aprovechamientos hidráulicos subterráneos próximos a la obra, es necesario incluir medidas para garantizar técnicamente que no se afectará al agua subterránea. Aun cuando el Depósito de Jales San Carlos no cae en ninguno de estos supuestos, se impermeabilizará el vaso del depósito, ya que de acuerdo con el Estudio Geotécnico realizado en diciembre de 2015 por la empresa GP Ingeniería (Anexo 2.4), el suelo es permeable en la forma natural en que se encuentra. Sin embargo, con un tratamiento de compactación como el proyectado, el suelo quedará impermeable tal como se evidenció con los resultados de las pruebas de laboratorio de permeabilidad de los materiales.

El proceso de impermeabilización del vaso iniciará de forma posterior al despalme, con un escarificado del suelo mediante el uso de una motoconformadora; después se aplicará el nivel de humedad óptima conforme a los planos constructivos, para luego realizar un compactado con rodillo pata de cabra al 95% del peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M.); al terminar este paso se considera un afine con motoconformadora; y finalmente una segunda compactación con rodillo vibratorio al 95% P.V.S.M.

En la Figura 2.9 se esquematiza la estructura natural del suelo en el sitio, así como el tratamiento que se le dará para lograr su impermeabilización, evitando con ello infiltraciones que podrían alterar las características actuales del subsuelo y/o del agua subterránea.

Cabe resaltar que el material encontrado en el subsuelo después de la capa de suelo orgánico a despalmar, es adecuado para recibir las cargas derivadas del desplante de la estructura sin ceder ni presentar deformaciones considerables, garantizando la estabilidad de la obra, como se ha concluido con el Estudio Geotécnico (Anexo 2.4).

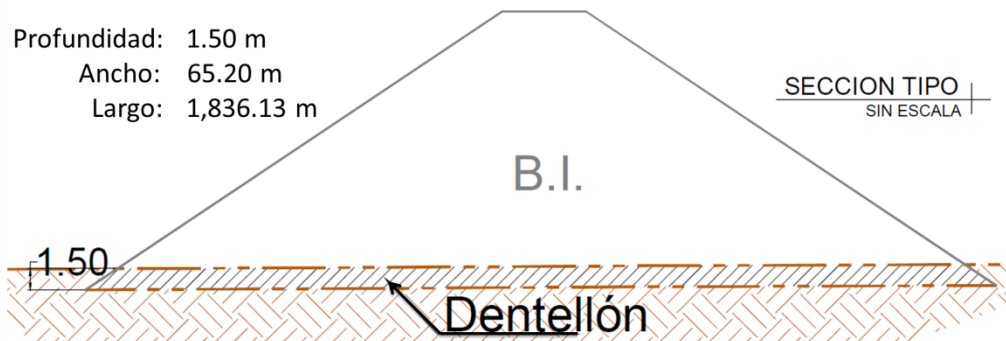


**Figura 2.9. Estructura natural del suelo en el sitio del Depósito de Jales**

- *Dentellón*

Además de corregir cualquier defecto que se encuentre en el área de desplante del bordo iniciador, principalmente retirando los materiales sueltos y frágiles, se realizará un mejoramiento del área donde se ubicará el bordo. Asimismo, se construirá un dentellón para el desplante del bordo de la Celda 1 en particular. Esta obra impedirá la socavación que produciría el reflujo hidráulico causado por el agua, así como problemas de tubificación debajo de la estructura contenedora.

El dentellón tendrá las siguientes dimensiones:



**Figura 2.10. Sección típica del dentellón**

La excavación de material para la preparación del dentellón generará un volumen de material de aproximadamente 147,800 m<sup>3</sup> de tepetate (material no apto para construcción).



- *Cortes y excavaciones*

Además del despalme del vaso, de la preparación del sitio de desplante del bordo iniciador y de la construcción del dentellón, el proyecto requiere más cortes y excavaciones sobre el terreno dentro del Polígono del Proyecto, previo a la construcción de las otras obras que componen al Depósito de Jales San Carlos.

En términos generales, las actividades de cortes y excavaciones corresponden a la extracción de materiales, suelos, rocas o cualquier otro que es ejecutada a cielo abierto y con el objetivo de nivelar la subrasante, además de retirar el material no apto para construcción, para favorecer las cimentaciones, instalación de tuberías, entre otras obras.

El material que resulte de estas actividades será reutilizado en la medida de lo posible para el relleno requerido para la construcción de la pileta de agua recuperada, para los terraplenes para conformación del camino de servicios, para las trincheras de las líneas de conducción de jales y de agua clarificada, y principalmente para la construcción del bordo de protección perimetral. El material sobrante será dispuesto en el banco de tiro, localizado al Este del vaso del depósito.

En la Tabla 2.7 se presenta un resumen de los volúmenes de excavaciones, mientras que en la Tabla 2.11 se presenta los volúmenes mencionados previamente, requeridos para la construcción de las obras complementarias.

**Tabla 2.7. Resumen de los volúmenes de excavaciones para la etapa de preparación de sitio**

Descripción	Volumen (m <sup>3</sup> )
Despalme en área de vaso en Celda 1	77,000
Despalme en área de vaso en Celda 2	100,000
Corte para conformación de dentellón para desplante de BI Celda 1	147,800
Corte para conformación de camino de servicios	2,303
Corte para conformación de rampa de acceso a bordos norte	2,180
Corte para conformación de rampa de acceso a bordos sur	2,179
Corte para conformación de trinchera para línea de agua recuperada	5,350
Corte para conformación de trinchera para línea de jales	2,850
Corte en incisión para decantación	28,000
Corte para conformación de pileta de agua recuperada	5,710
Corte para conformación de vertedor de demasías 1	281
Corte para conformación de vertedor de demasías 2	304
Corte para conformación canal de desvío	4,899
Corte para conformación bajadas pluviales	1,876

- *Mano de obra, maquinaria y equipo necesarios para la etapa de preparación de sitio*

Para la etapa de preparación de sitio se requerirá de un total de 15 trabajadores, tal como se desglosa en la siguiente tabla.

**Tabla 2.8. Mano de obra para la etapa de preparación de sitio**

Tipo de Mano de Obra	Tipo de Empleo		
	Permanente	Temporal	Extraordinaria
No calificada	0	7	3
Calificada	0	3	2

La maquinaria y equipo a emplearse para la ejecución de las actividades que conciernen a la preparación del sitio del Proyecto Depósito de Jales San Carlos se presenta a continuación:

**Tabla 2.9. Maquinaria y equipo para la etapa de preparación de sitio**

Equipo	Cantidad	Tiempo estimado (mes)	Tipo de combustible	Tiempo de operación (día )
Aplanadora (pata de cabra)	3	6	Diésel	12 h
Aplanadora (rodillo vibratorio)	3	6	Diésel	12 h
Camión pipa	3	6	Diésel	12 h
Camión volteo 14 m <sup>3</sup>	8	6	Diésel	12 h
Camioneta de 3 ton	3	6	Gasolina	12 h
Camioneta Pick - up	2	6	Gasolina	12 h
Cargador Frontal	3	6	Diésel	12 h
Equipo Topográfico	2	N/A	N/A	N/A
Retroexcavadora	1	6	Diésel	12 h
Motoconformadora	2	6	Diésel	12 h

## II.2.3 Etapa de construcción

### a) Exploración

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos no incluye actividades de exploración minera.

### b) Explotación

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos no incluye actividades de explotación de minerales.

### c) Beneficio

Aunque el pretendido Depósito de Jales es una obra complementaria a las actividades de beneficio que realiza Minera Fresnillo, el Proyecto consiste únicamente en el desarrollo de infraestructura para la conducción y almacenamiento de los residuos del proceso de beneficio (jales), así como de la recuperación y recirculación del agua clarificada del depósito a la planta. El procesamiento industrial de minerales para su concentración, actualmente en operación en la Unidad Fresnillo, no sufrirá ningún cambio a partir del desarrollo del proyecto, por lo que se excluye del alcance de la presente Manifestación de Impacto Ambiental para la autorización del Proyecto Depósito de Jales San Carlos.

Enseguida se describen pormenores sobre la construcción de la obra principal del Proyecto.



## - Depósito de Jales

Acorde con los criterios de construcción establecidos en la NOM-141-SEMARNAT-2003, la conformación del cuerpo de los bordos contenedores se debe realizar verificando que la distribución y colocación de los materiales en los taludes de los mismos se efectúe de acuerdo a las condiciones especificadas en el proyecto, alcanzándose el grado de compactación y humedad de diseño. A este respecto cabe señalar que los planos constructivos con la ingeniería de detalle del Proyecto manifestarán las especificaciones particulares para la construcción de cada obra, especialmente tratándose de los bordos del depósito; y se garantizará que las labores constructivas se ejecuten con estricto apego al diseño mediante la supervisión continua y especializada por parte tanto de la empresa contratista responsable de la construcción del proyecto, como por parte de la promovente y por la empresa que desarrolló el diseño (en caso de que no sea la misma constructora).

El proceso constructivo de las obras se sintetiza en los correspondientes apartados donde se describen las particularidades de cada componente del Proyecto.

### • Análisis de los métodos constructivos permitidos por la NOM-141-SEMARNAT-2003

En la fase preliminar de planeación, previa a la definición y realización del diseño e ingeniería del Depósito de Jales San Carlos, se analizaron los diferentes métodos constructivos que de acuerdo al “Anexo Normativo 3: Clasificación de presas de jales en la República Mexicana” de la norma NOM-141-SEMARNAT-2003, estaban permitidos para su desarrollo en función del tipo de terreno, de la clasificación de la zona por hidrología y por la región sísmica en la que se encuentra. Conforme a este lineamiento, el Depósito de Jales San Carlos corresponde al Grupo III, Sub-grupo 8, Categoría 23 (terreno plano, zona húmeda y región penesísmica). Para más detalles, consultar el Anexo 3.1 de esta MIA, el cual contiene la vinculación puntual del Proyecto con la NOM-141.

Grupo	Subgrupo	Categoría	Topografía			Hidrología			Sismicidad			Método Constructivo										Análisis de estabilidad					Monitoreo				Sistema Decantador Drenante			
			Terreno			Zona			Zona																									
			M	L	P	C	H	S	S	P	A	Cs	↑Ac	↑Ae	↓Ae	↓Ach	↓Ac	↑Acf	↓Acf	Sg	Ec	Er	Pe	Sr	Sn	P	I	R	S	Sp	Cc	Bb	S	
III	8	23			X		X			X		1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2	3	4		
												Concentración de sólidos			Aguas arriba		Aguas abajo		Aguas abajo y Aguas arriba		Presa convencional sección gubulada			Estático		Sísmico			Alcantarilla					
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales			Conducto circular o cuadrado		
															Espigas		Homogénea con filtro		Arenas "cicloneada" y compactada		Emboqueamiento y espigas			Elemento finito		Red neuronal			Referencias superficiales</					





➤ **Aguas Arriba con Espigas (  $\uparrow A_e$  )**

Este método es permitido por la norma y el más adecuado para este proyecto, dadas las condiciones solicitadas por el promovente.

➤ **Aguas abajo con enrocamiento (  $\downarrow A_e$  )**

Con este método se reduce considerablemente la vida útil del proyecto, además la cantidad de material a utilizar es mucho mayor que en el método elegido, resultando incosteable.

➤ **Aguas abajo homogénea con filtro (  $\downarrow A_{ch}$  )**

No es el más adecuado debido a las mismas razones que en inciso anterior, además de encarecerlo por la gran cantidad de grava que se tendría que comprar para la construcción de filtros.

➤ **Aguas abajo con arena cicloneada (  $\downarrow A_c$  )**

El factor de seguridad es más bajo que el mínimo permitido pues las características mecánicas del jal son malas para utilizarlo en la construcción de bordos.

➤ **Aguas abajo y aguas arriba con enrocamiento y arena cicloneada (  $\downarrow A_{cf}$  )**

Este método es económicamente incosteable por la gran cantidad de material que se requiere para su construcción.

➤ **Aguas abajo y aguas arriba con enrocamiento y espigas (  $\downarrow A_{ef}$  )**

Con este método se reduce considerablemente la vida útil del proyecto, además la cantidad de material a utilizar es mucho mayor que en el método elegido resultando incosteable.

➤ **Presa convencional de sección graduada (Sg)**

Este método es permitido pero incosteable por la gran cantidad de grava lavada que se necesita para la construcción del filtro.

• *Materiales y volúmenes de construcción*

Los materiales a emplearse en la construcción del Proyecto fueron estudiados como parte del estudio geotécnico (Anexo 2.4), para el cual se obtuvieron en campo muestras de sondeos con penetración estándar y de sondeos de pozo a cielo abierto, de los diferentes bancos de materiales disponibles y del jal, mismas que fueron sometidas a distintos tipos de pruebas de laboratorio para determinar sus características físicas y mecánicas. Luego se realizó la clasificación de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) según carta ASTM 2000, análisis granulométricos y lavados según ASTM D-422, límites de consistencia líquido y plástico según ASTM D-4318.

De los diferentes materiales analizados, fueron varios los casos que no contaban con las características adecuadas para la construcción de bordos. Las características de los materiales que resultaron aptos para el Proyecto, así como los parámetros empleados para el diseño de las obras en las que se emplearán estos materiales, se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 2.10. Materiales a emplear en la construcción de los bordos**

<b>Parámetro de diseño y unidades</b>	<b>Material de Préstamo<sup>1</sup></b>	<b>Jales<sup>2</sup></b>	<b>Arcilla<sup>3</sup></b>	<b>Tepetate de la Unidad Saucito<sup>4</sup></b>
P.V.H.M. (kg/m <sup>3</sup> )	2,125.99	1,999.66	1,943.27	2,315.35
P.V.S.M. (kg/m <sup>3</sup> )	1,902.46	1,720.43	1,610.00	2,188.42
H (%)	11.75	16.23	20.70	5.80
k (cm/seg)	1.18 E-5	1.08 E-6	2.25 E-6	9.24 E-4
Clasificación S.U.C.S. (clave)	SC	CL	CL	GW
Clasificación S.U.C.S. (tipo)	Arena arcillosa	Arena arcillosa	Arena arcillosa	Grava bien graduada
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	1.23	0.19	1.59	0.24
Ángulo de fricción interna (°)	43°	6°	24°	41°

**Observaciones:**

1. Material con sección impermeable para su aplicación en presas y diques. El P.V. de diseño se contempló el 95% del P.V.S.M. Material extraído de la obra de aprovisionamiento con el que se construyen los bordos de sobreelevación en el Depósito de Jales San Luis.
2. Material con sección impermeable para su aplicación en presas y diques. P.V. natural = 1,951 kg/m<sup>3</sup>
3. Material con sección impermeable para su aplicación en presas y diques.
4. Material con sección permeable para su aplicación en presas y diques.

El único material que cumplió con los objetivos constructivos del bordo, fue el tepetate obtenido de la Unidad Minera Saucito ya que cuenta con un ángulo de fricción alto y un valor de la cohesión muy adecuado; sin embargo, por sus características de permeabilidad se requerirá impermeabilizar el pateo interno del bordo iniciador y de los bordos de sobreelevación, así como ambas caras del bordo intermedio entre las dos celdas; para ello se empleará de la misma arcilla analizada, obtenida del propio sitio del Proyecto, la cual deberá estar libre de toda materia orgánica e impurezas para ser colocada y compactada sobre los taludes. En el caso de los bordos de sobreelevación, también se debe de impermeabilizar el desplante de cada bordo con la finalidad de evitar infiltraciones en la base.

El material que se empleará para el enrocamiento de los bordos, obtenido de las tepetateras de la Unidad Minera Saucito (UMS), deberá ser seleccionado adecuadamente para obtener los resultados deseables, y será transportado al sitio del Proyecto en camiones de volteo de 14 m<sup>3</sup> a través de los caminos existentes.

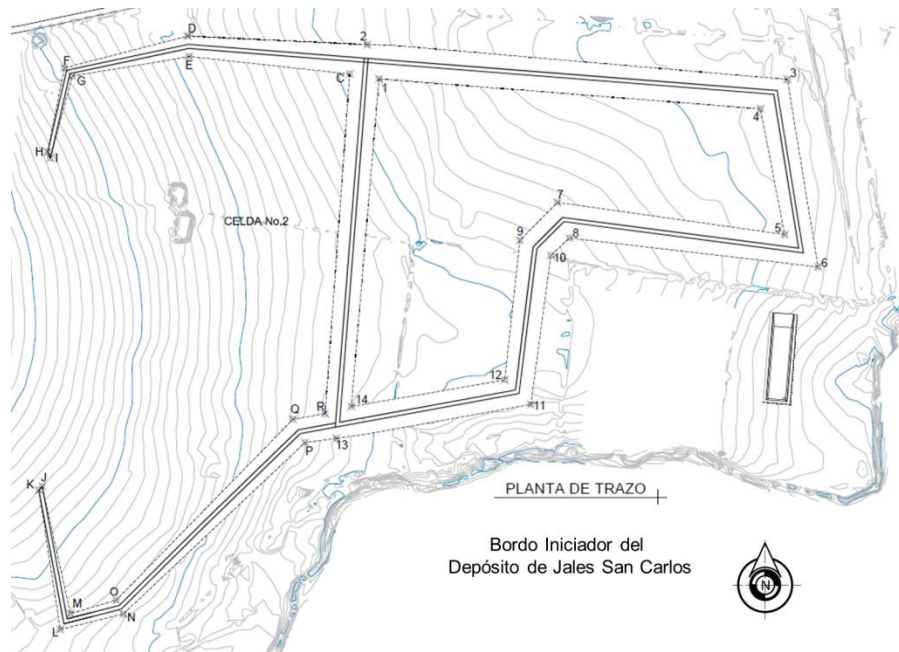
De acuerdo con las estimaciones de diseño, para la construcción de todos los bordos del Depósito de Jales San Carlos, se requerirá de 1'485,432 m<sup>3</sup> de grava bien graduada (tepetate), y de 156,621 m<sup>3</sup> de arcillas de baja compresibilidad (material impermeable). El desglose de material requerido por cada celda y para cada bordo, así como los volúmenes requeridos para la construcción del resto de las obras que conforman al Proyecto, se presentan en la Tabla 2.11.

**Tabla 2.11. Volúmenes de construcción**

Descripción		Volumen (m <sup>3</sup> )
Celda 1	Construcción de bordo iniciador con tepetate, elevación 2,227	1,049,608
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 1 con tepetate elevación 2,231	89,600
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 2 con tepetate elevación 2,235	87,018
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 3 con tepetate elevación 2,239	84,415
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 4 con tepetate elevación 2,243	81,812
	Impermeabilizado de bordo iniciador con capa de 2 m de arcilla	37,709
	Impermeabilizado de bordos de sobreelevación con capa de 30 cm de arcilla	52,133
	Construcción de berma de refuerzo	97,500
	Recubrimiento con material vegetal para abandono	88,115
Celda 2	Construcción de bordo iniciador con tepetate, elevación 2,227	140,366
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 1 con tepetate elevación 2,231	67,534
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 2 con tepetate elevación 2,235	66,070
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 3 con tepetate elevación 2,239	64,586
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 4 con tepetate elevación 2,243	63,123
	Construcción de bordo de sobreelevación No. 5 con tepetate elevación 2,247	81,861
	Impermeabilizado de bordo iniciador con capa de 2 m de arcilla	13,912
	Impermeabilizado de bordos de sobre elevación con capa de 30 cm de arcilla	52,868
	Construcción de berma de refuerzo	95,700
	Recubrimiento con material vegetal para abandono	108,182
Obras asociadas	Relleno para construcción de pileta de agua recuperada	700
	Terraplén para conformación de camino de servicios	90
	Terraplén para conformación de trinchera para línea de agua clarificada	1,200
	Terraplén para conformación de trinchera para línea de jales	9,300
	Construcción de bordo de protección perimetral con material producto de cortes	105,750

- *Bordo Iniciador*

Por la pendiente del terreno, el bordo iniciador se construirá delimitando completamente la Celda 1 (incluyendo al bordo iniciador intermedio), y parcialmente para la Celda 2 ya que ésta no requerirá inicialmente un bordo por la parte posterior, que se encuentra a una mayor elevación. En la Figura 2.12 se muestra el trazo sobre el que se desplantará el bordo iniciador en ambas celdas y el bordo iniciador intermedio.



**Figura 2.12. Trazo del bordo iniciador en Celdas 1 y 2, y bordo iniciador intermedio**

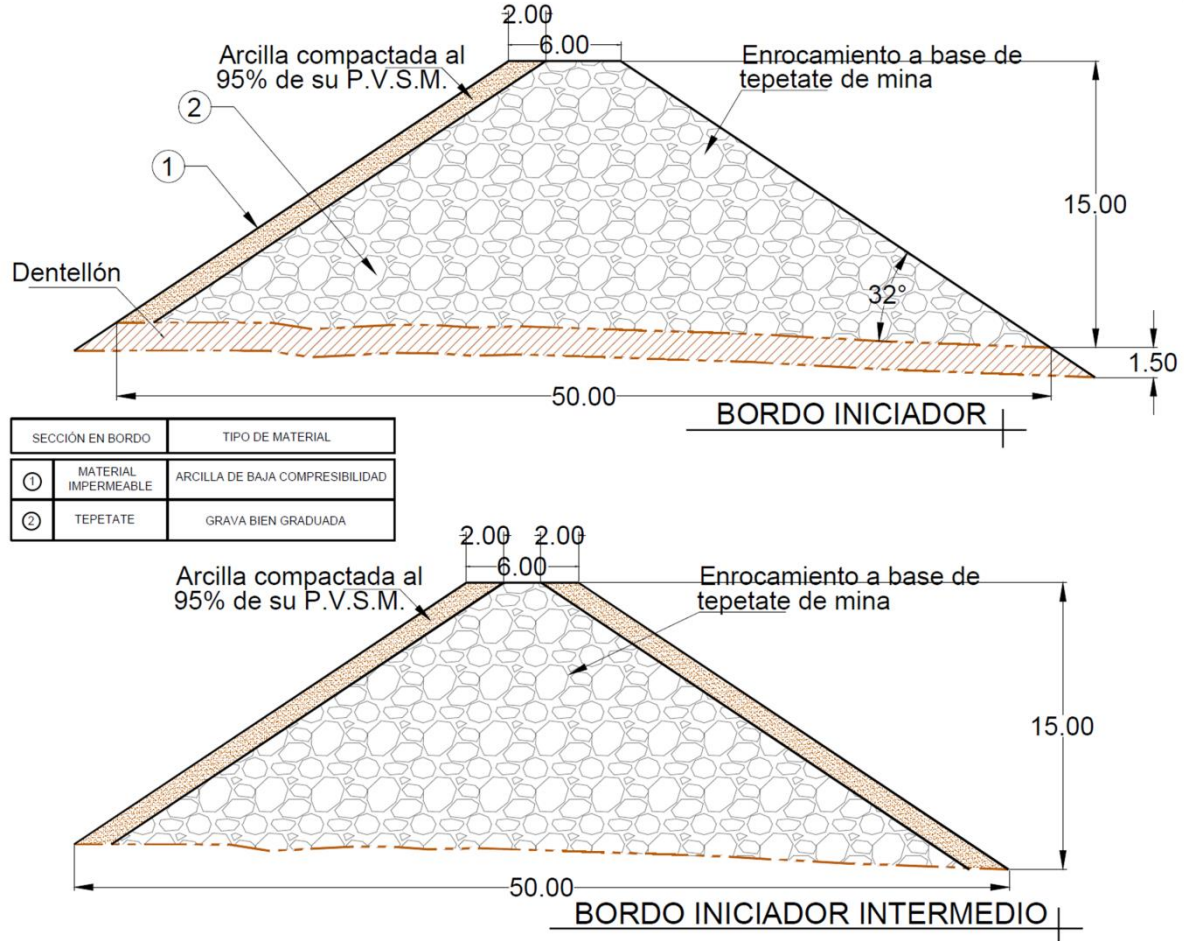
Como se describió previamente, el bordo iniciador será conformado de tepetate de mina (procedente de la UMS), el cual se irá colocando sobre el dentellón en capas no mayores a 30 cm, que serán compactadas hasta alcanzar el 80% de su peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M.), antes de colocar la siguiente capa de material conforme a la forma del bordo, respetando la inclinación del talud de  $32^\circ$  respecto a la horizontal, es decir, generando una pendiente de 1.5:1. La sección trapezoidal del bordo iniciador tendrá las siguientes dimensiones:

- Base (B) = 50 m
- Corona (b) = 6 m
- Altura (h) = 15 m

A su vez, para la construcción de la capa impermeable en el talud interno del bordo iniciador, se distribuirán las arcillas y se compactarán en capas con espesor máximo de 30 cm en estado suelto. Cada capa deberá compactarse con rodillo de almohadillas de 100 kN de peso estático, al 95% de su P.V.S.M. Proctor y su humedad óptima. La capa final de arcillas tendrá un ancho de 2 m.

El bordo iniciador intermedio tendrá las mismas características, con la única diferencia de que la capa impermeable de arcillas estará recubriendo ambos taludes.

En la siguiente figura se presenta la sección del bordo iniciador y del bordo iniciador intermedio, mostrando las dimensiones generales y los materiales constructivos.



**Figura 2.13. Esquema del bordo iniciador y del bordo iniciador intermedio**

- *Bordos de sobreelevación*

Después del inicio de operaciones en el Depósito de Jales San Carlos, y de forma previa a que el vertido de jales llegue al nivel de llenado máximo del bordo iniciador (elevación 2,227 m.s.n.m.), lo que se estima que ocurrirá a los 2.08 años de operar la Celda 1 y a los 1.21 años en el caso de la Celda 2, se iniciarán las labores constructivas de los bordos de sobreelevación para el crecimiento del Depósito de Jales.

Para la Celda 1 se han considerado 4 bordos de sobreelevación que incrementarán de forma gradual la altura de la estructura contenedora del depósito, mientras que para la Celda 2 se consideran 5 bordos de sobreelevación, lo que a su vez requerirá oportunamente el crecimiento del bordo intermedio en 5 ocasiones, tal como se muestra en el perfil de ambas celdas y del bordo intermedio presentado en la Figura 2.15.

Cada uno de los bordos de sobreelevación del depósito de jales será construido con los mismos materiales y bajo el mismo procedimiento con los que se construirá el bordo iniciador, guardando las respectivas diferencias en cuanto a las dimensiones de cada bordo, y se realizarán de manera progresiva, conforme se vaya llenando el vaso del depósito, pero con el tiempo suficiente



para evitar llegar al nivel máximo de llenado del bordo previo sin haber concluido la nueva sobreelevación, pues esto implicaría un paro en la operación de la obra.

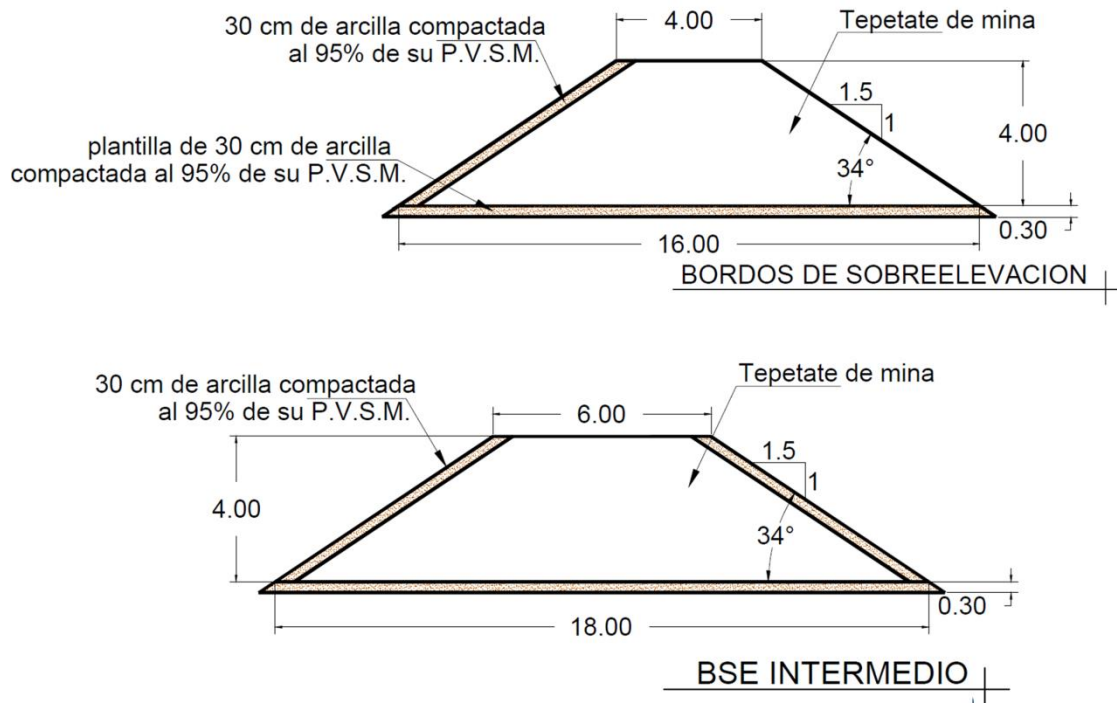
Los bordos de sobreelevación en ambas celdas se realizarán con el método constructivo aguas arriba, es decir, desplantándose sobre los jales secos; para lo cual se construirá primeramente una capa base impermeable de 30 cm de profundidad con arcillas compactadas al 95% de su P.V.S.M. Para el caso de los bordos de sobreelevación intermedios, estos se construirán conservando la misma línea central que el bordo iniciador intermedio.

Los bordos de sobreelevación tendrán una sección trapezoidal con las siguientes dimensiones:

- Base (B) = 16 m
- Corona (b) = 4 m
- Altura (h) = 4 m

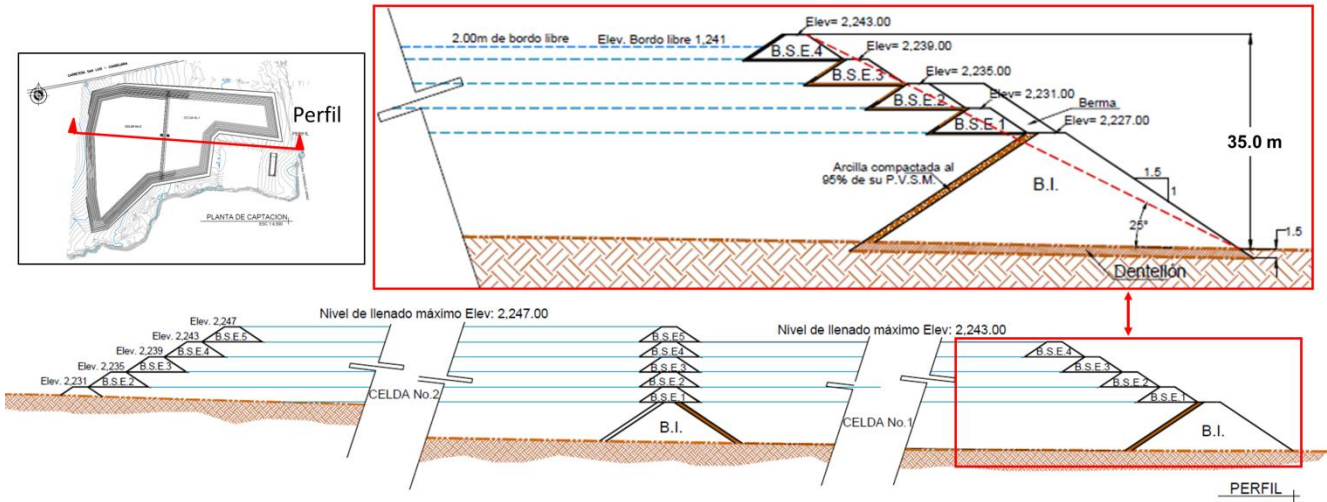
Los bordos de sobreelevación intermedios tendrán dos metros más de base y de corona respecto a las sobreelevaciones perimetrales (B=18 m y b= 6 m), pero los taludes conservarán la misma pendiente de 1.5:1.

En la siguiente figura se presenta una representación perfilar de los bordos de sobreelevación.



**Figura 2.14. Esquema de los bordos de sobreelevación (BSE)**

Considerando la altura del bordo iniciador, y la altura de cada uno de los bordos de sobreelevación, en la Celda 1 se tendrá la altura máxima del depósito, que es de 35 m (Figura 2.15).

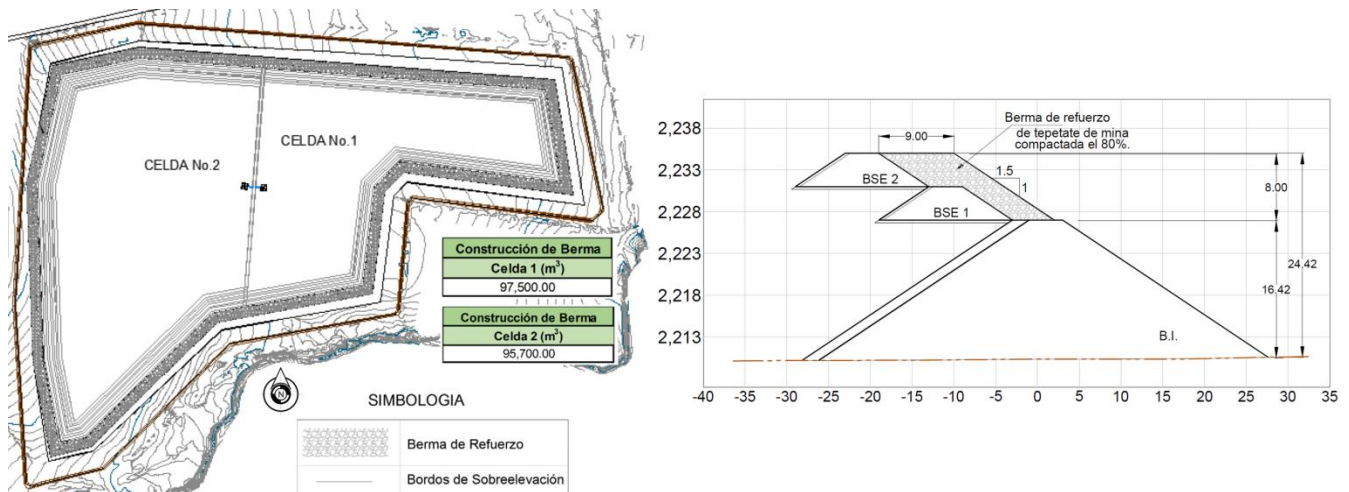


**Figura 2.15. Perfil de la Celda 1, Celda 2 y bordo intermedio del Depósito de Jales San Carlos**

- *Berma de refuerzo*

Como se mencionó previamente, con la finalidad de incrementar el factor de seguridad del depósito de jales a un nivel confiable, se construirá una berma de refuerzo que será de suma importancia para la estabilidad del depósito, hecha con el mismo material de construcción que los bordos (tepetate de la UMS) bandeado al 80% de su P.V.S.M. y en capas no mayores a 30 cm.

La berma será perimetral tanto en la Celda 1 como en la Celda 2 (ver Figura 2.16), y estará desplantada en la corona del bordo iniciador teniendo una altura máxima de 8 m con una corona de 9 m y taludes 1.5:1; cubriendo los bordos de sobreelevación 1 y 2.

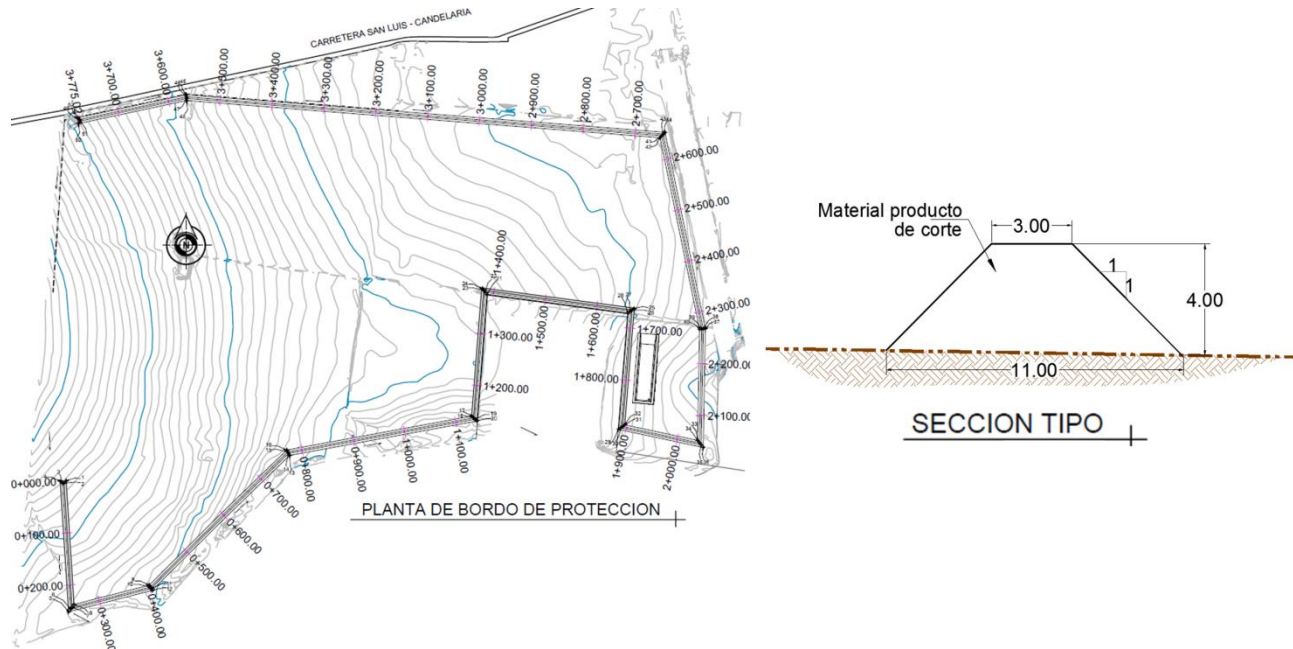


**Figura 2.16. Planta y sección típica de la berma de refuerzo**

- *Bordo de protección*

Se construirá un bordo de protección perimetral empleando para ello el material producto de los cortes y excavaciones de la etapa de preparación del sitio, cuyas características son suficientes

para el objetivo de la obra, que es funcionar como un barrera secundaria contra posibles derrames, evitando que los jales escurran hacia el arroyo. Este material será bandeado en capas no mayores a 30 cm para conformar la sección trapezoidal del bordo de protección. La sección tipo (Figura 2.17) tendrá 11 m de base (B), 3 m de corona (b) y 4 m de altura (h), con taludes de 1:1. El bordo de protección perimetral recorrerá una distancia de 3,775 m alrededor de la Celda 1 y Celda 2, a una distancia media de la base del bordo iniciador de 50 m. La obra empleará un volumen aproximado de 105,750 m<sup>3</sup> de material.



**Figura 2.17. Bordo de protección perimetral**

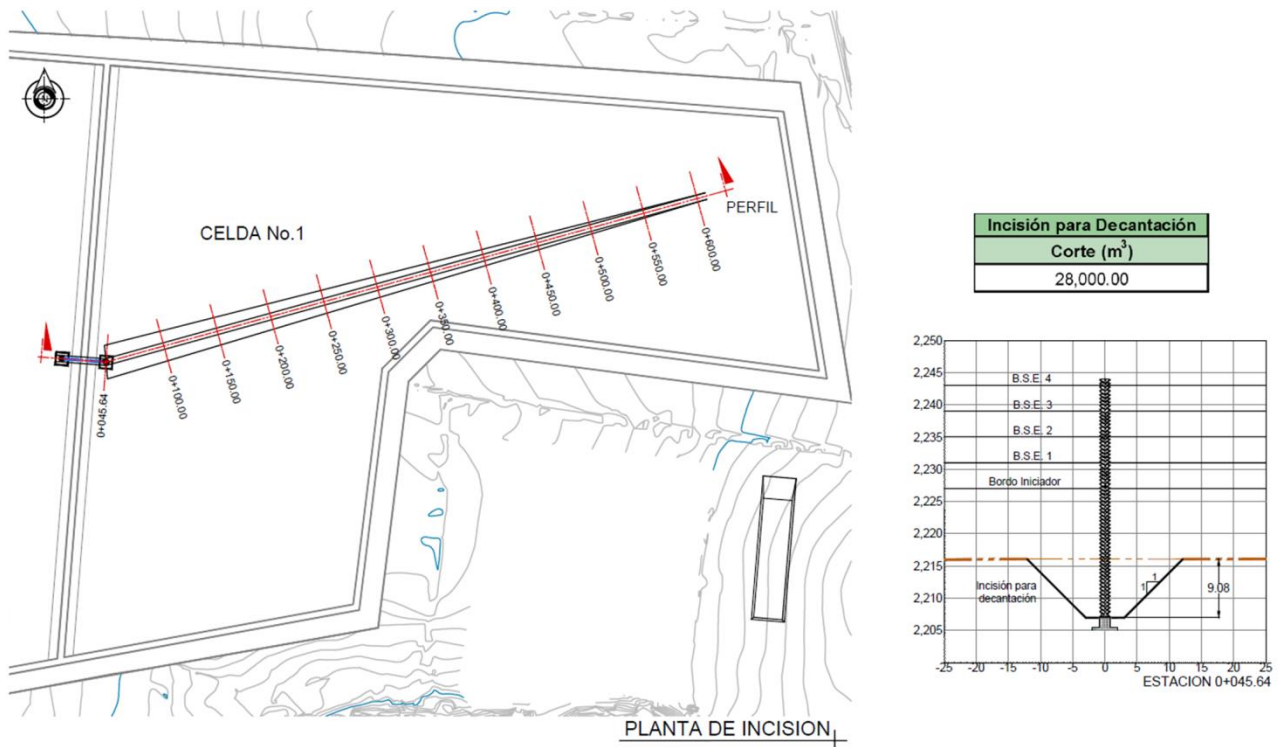
- *Incisión y Torre de decantación (sistema decantador drenante)*

Con la finalidad de llevar la porción del agua de los jales al sitio más alejado del bordo iniciador perimetral, así como para permitir la sedimentación y clarificación del agua en el vaso del depósito antes de recuperarla para recircularla al proceso, se realizará una incisión en la Celda 1, con una pendiente de 0.5% contraria a la pendiente natural del terreno y dirigida hacia la torre de decantación. Dicha incisión consistirá en una excavación, también con sección trapezoidal invertida, que generará un volumen de material estimado de 28,000 m<sup>3</sup>. La longitud de la incisión será de 600 m y tendrá una base inferior de 6 m, incrementándose la altura conforme se aproxima a la torre de decantación al centro del bordo intermedio.

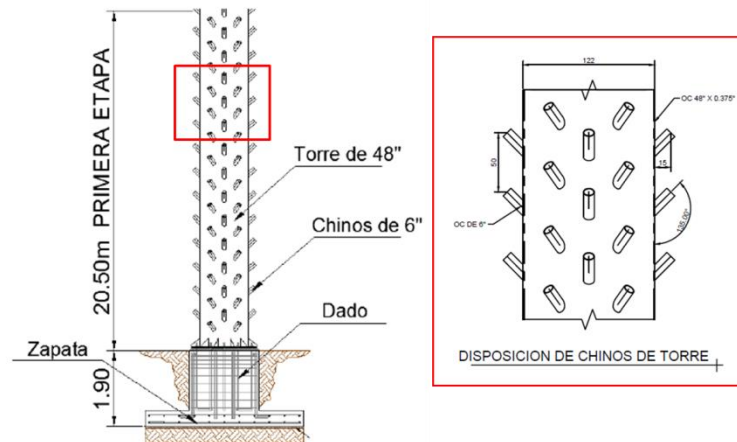
La Figura 2.18 muestra la incisión con vista de planta, así como la sección de mayor profundidad a 9.08 m, que se alcanzará en el sitio donde se instalará la torre de decantación.

El sistema de decantación está compuesto por una torre de acero ASTM A500 Grado C, de 1.22 m de diámetro (48") Ced 60, con insertos o chinos de tubo de acero de 6" Ced 40 por cada una de las celdas (Figura 2.19). Cada torre se desplantará con una zapata aislada de concreto armado ( $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>). La primera etapa de la torre medirá 20.50 m, y para la segunda etapa se irán

adicionando a la torre de forma gradual, conforme se incremente el nivel de llenado, secciones de 1.5 m, hasta completar una altura final de 37 m, considerando un total de 11 secciones (16.5 m de torre para la segunda etapa).



**Figura 2.18. Planta incisión y perfil en sitio donde se localiza la torre de decantación**



**Figura 2.19. Esquema de torre de decantación y disposición de chinos**

- Sistema de monitoreo*

Los sistemas de monitoreo son imprescindibles para proyectos de la misma naturaleza que el Depósito de Jales San Carlos, ya que son el medio por el cual se pueden identificar variaciones y





anomalías del nivel piezométrico que tiene el depósito, y a partir de ello se evitan riesgos de contingencia durante la operación.

En el diseño del Proyecto se contempló la instalación de un pozo de monitoreo aguas arriba del vaso con una profundidad de 50 m y un pozo de monitoreo aguas abajo con la misma profundidad, ambos con un cajón de protección y apertura controlada. La localización de los pozos cumple con los lineamientos sobre este aspecto establecidos en la NOM-141-SEMARNAT-2003.

El sistema de monitoreo diseñado para el proyecto, además de los dos pozos de monitoreo, incluye también 7 piezómetros instalados en la corona del bordo iniciador, cada uno con 18.5 m de profundidad y distanciados a 50 m entre ellos; y se colocarán además otros 7 piezómetros de 8 m de profundidad cada uno, distribuidos en la corona de los bordos de sobreelevación 2 y 4 en la Celda 1, como se muestra en el plano del Anexo 2.6, el cual contiene la localización de los pozos y de los piezómetros, además de las especificaciones de construcción de ambos elementos de monitoreo.

Finalmente, se podrán instalar testigos de movimiento sobre el bordo iniciador y sobre los bordos de las sobreelevaciones, los cuales tendrán la finalidad de monitorear periódicamente posibles movimientos irregulares de la estructura.

#### **- Sistema de conducción de jales y de agua clarificada**

Los criterios para el diseño de los sistemas de conducción se establecieron de acuerdo a la infraestructura con la que se cuenta y con el sistema operativo actual, empleando materiales similares a los que normalmente utiliza la promovente en sus operaciones.

La conducción de jales iniciará su recorrido en los tanques espesadores de colas, ubicados en la zona denominada Tiro General de la Unidad Fresnillo, y recorrerá 2,464 m hasta su conexión con la tubería que alimentará a las espigas, la cual estará distribuida alrededor del bordo de la Celda 1.

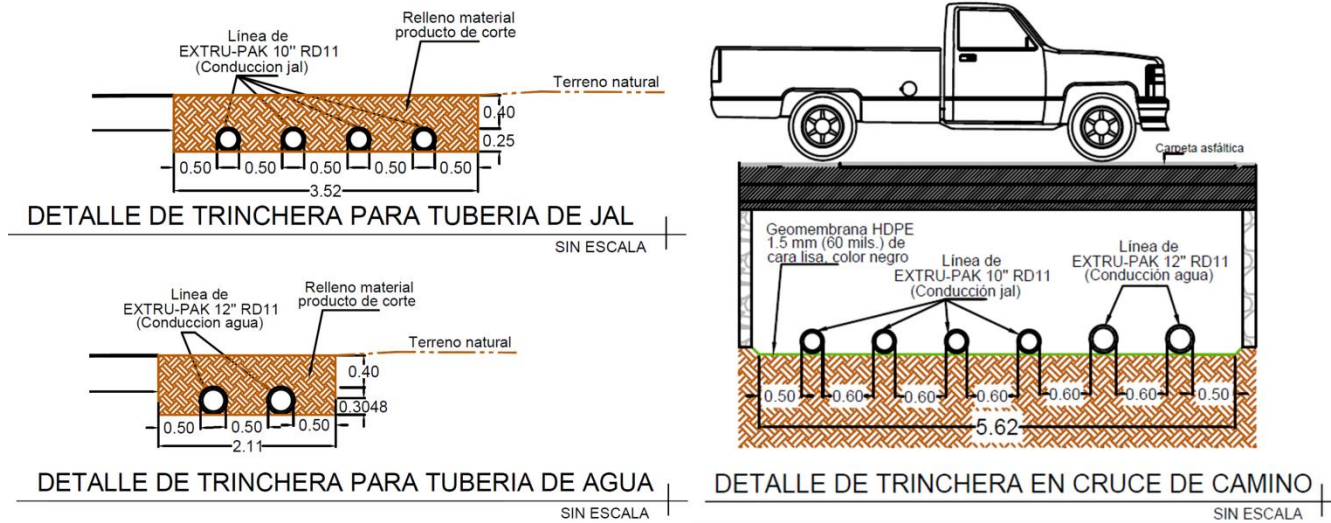
Para la conducción de jales se instalarán cuatro tubos de polietileno de alta densidad (Extrupak) de 10" de diámetro nomina RD 11 (24.8 mm de espesor de pared), los cuales estarán resguardados dentro de una trinchera de material de préstamo (Figura 2.20), recubierta con geomembrana impermeable con lo que se evitará cualquier filtración al subsuelo en caso de presentarse alguna falla en las tuberías.

A su vez, el agua clarificada recuperada a través de la torre de decantación, será bombeada por una tubería que recorrerá el bordo iniciador y posteriormente será resguardada en su propia trinchera cuya trayectoria hacia el Este del Depósito de Jales San Carlos concluirá en las piletas denominadas San Luis, a 1,588 m de distancia, donde se almacena provisionalmente toda el agua recuperada de los depósitos de jales en operación, permitiendo que haya una mayor sedimentación de sólidos en estas piletas, antes de rebombearse a la planta de beneficio de la Unidad Fresnillo.

La línea de conducción de agua clarificada estará constituida por dos tubos de polietileno de alta densidad (Extrupak) de 12" de diámetro nomina RD 11 (24.8 mm de espesor de pared).



En el Anexo 2.1 se presenta el plano con la ubicación de las líneas de conducción respecto a los demás componentes del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, mientras que la siguiente figura muestra el detalle de las trincheras de ambas líneas, así como la sección del cruce con la Carretera Federal No. 23 Fresnillo-Jerez de García Salinas.



**Figura 2.20. Detalle de las trincheras para tuberías de conducción de jales y agua clarificada**

- *Mano de obra, maquinaria y equipo necesarios para la etapa de construcción*

Las actividades proyectadas dentro de la etapa de construcción del Proyecto Depósito de Jales San Carlos son las que demandarán mayor fuerza laboral, aunque temporal, ya que se requerirá de un total de 36 trabajadores, tal como se desglosa en la siguiente tabla.

**Tabla 2.12. Mano de obra para la etapa de construcción**

Tipo de Mano de Obra	Tipo de Empleo		
	Permanente	Temporal	Extraordinaria
No calificada	0	15	2
Calificada	0	15	4

La maquinaria y equipo a emplearse para la ejecución de las actividades que conciernen a la construcción del Proyecto Depósito de Jales San Carlos se presenta a continuación:

**Tabla 2.13. Maquinaria y equipo para la etapa de construcción**

Equipo	Cantidad	Tiempo estimado (mes)	Tipo de combustible	Tiempo de operación (día)
Camión pipa	3	6	Diésel	12 h
Camión plataforma con grúa	1	6	Diésel	12 h
Camión volteo 14 m <sup>3</sup>	8	6	Diésel	12 h
Camioneta 3 ton	4	6	Gasolina	12 h
Equipo de Soldadura y Corte	4	6	Gas/Oxígeno	12 h
Montacargas	1	6	Gasolina	12 h



Equipo	Cantidad	Tiempo estimado (mes)	Tipo de combustible	Tiempo de operación (día)
Camión trompo concreto	2	6	Gasolina	12 h
Camioneta Pick -Up	3	6	Gasolina	12 h
Cargador Frontal	3	4	Diésel	12 h
Compresor con barrenas	2	1	Gasolina	12 h
Equipo topográfico	2	N/A	N/A	N/A
Motoconformadora	3	3	Diésel	12 h
Retroexcavadora	2	2	Diésel	12 h
Camión trompo concreto	3	2	Gasolina	12 h
Tractor de orugas	3	3	Diésel	12 h
Vibrador compactador (Bailarina y Rodillo )	4	5	Diésel	12 h

## II.2.4 Construcción de obras asociadas y actividades provisionales del proyecto

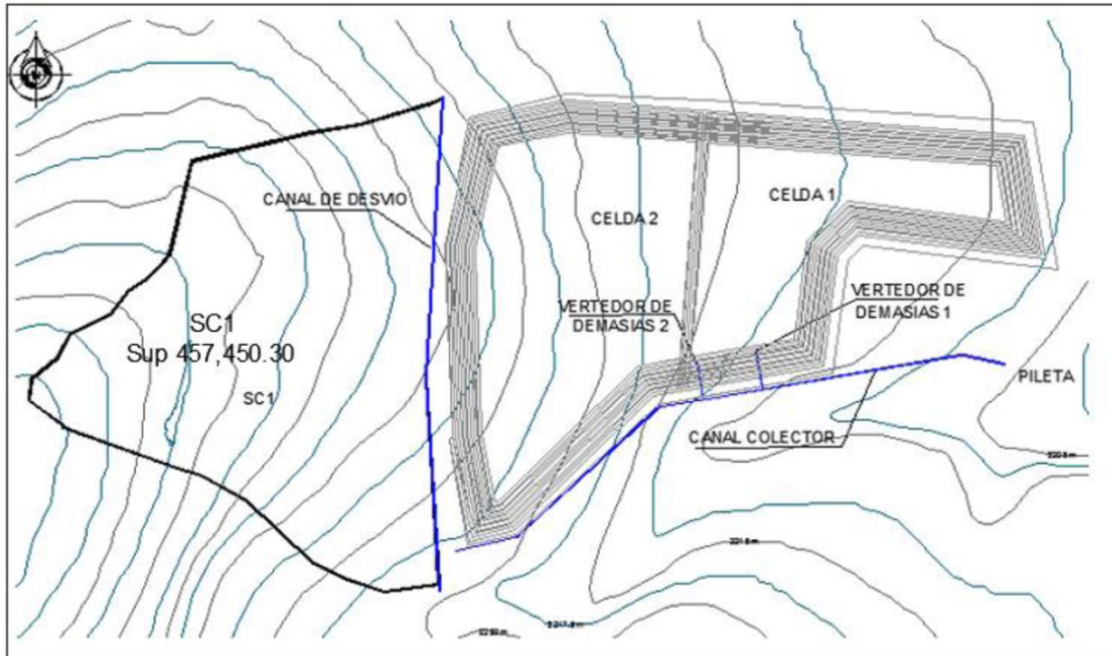
Al ser este Proyecto parte del desarrollo de la Unidad Fresnillo, y dada la cercanía que guarda con la infraestructura y servicios de los que dispone Minera Fresnillo y la propia zona urbana, las únicas obras asociadas requeridas para el Depósito de Jales San Carlos, que se describen a continuación, son para el control y manejo del agua pluvial, así como un camino perimetral de servicios y rampas de acceso al vaso del depósito.

Sólo para la etapa de construcción y de manera provisional, el resto de la superficie del Polígono del Proyecto entorno al área del vaso y de los bordos que no esté siendo ocupada por ninguno de los componentes del Proyecto, podrá ser empleada como patio de maniobras en caso de ser requerido para la eficiente realización de las actividades constructivas. En estos casos, se tomarán las medidas pertinentes para evitar situaciones de riesgo de contaminación por la ocupación del terreno, y se devolverá a sus condiciones previas una vez concluidas las actividades.

### - Obras para el control y manejo del agua

La infraestructura hidrológica, considerada como parte complementaria del Proyecto Depósito de Jales San Carlos (sin demeritar su trascendencia), tiene el propósito de proporcionar un adecuado manejo del agua pluvial, para evitar que genere condiciones de riesgo si entrara al vaso del depósito por el incremento de las cargas hidráulicas sobre los bordos, así como para reducir el volumen de agua en contacto con los jales y evitar la degradación de la calidad de los escurrimientos naturales.

Existen diversas soluciones para captar el agua pluvial aguas arriba del depósito de jales, sin embargo la solución con canales y cunetas permite la inspección constante y de esta manera llevar a cabo un control sobre el mantenimiento y operación de las mismas. Bajo esta justificación, para el Proyecto se construirá un canal que derive el flujo proveniente de la subcuenca de aportación aguas arriba del depósito, la cual por la topografía casi plana del valle de Fresnillo cubre un área de apenas 45.7450 ha, generando un gasto máximo estimado de 2.773 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 100 años). En la Figura 2.21 se muestra la subcuenca de aportación directa al área del depósito de jales, cuyos escurrimientos serán captados y derivados hacia el arroyo prieto mediante el canal a construir.



**Figura 2.21. Subcuenca de aportación directa al área del Depósito de Jales San Carlos**

Es importante tener en cuenta que el canal de derivación desalojará una buena parte de los escurrimientos, sin embargo, este canal se ubicará en la parte más alta del vaso, por lo que aún estará el área del vaso en el cual caerá el agua de lluvia que se mezclará con el agua de los jales; para impedir que esta agua provoque que se excedan los niveles de llenado de diseño, se construirán unos vertedores que permitirán desalojar del vaso el agua pluvial en lluvias muy intensas hacia un canal colector que conducirá a la pileta de agua recuperada, desde donde se bombeará el agua por una tubería hasta conectarse con la línea de conducción de agua clarificada para finalmente descargarse en la pileta San Luis, antes de ser recirculada al proceso de beneficio.

Cabe resaltar que de acuerdo a la NOM-141-SEMARNAT-2003, el periodo de tormenta de diseño que debe ser considerado para la ingeniería del Proyecto conforme a las condiciones particulares del Depósito de Jales San Carlos corresponde a 50 años; sin embargo, de acuerdo a la ubicación del Proyecto y a la experiencia en cuanto a la presencia de avenidas extraordinarias, se tomó la determinación de hacer el análisis hidrológico contemplando el periodo de tormenta de diseño de 100 años, con lo que se tendrá un margen de información más amplio para asegurar que el diseño y las dimensiones de toda la infraestructura hidrológica sean suficientes para el control de avenidas, previniendo cualquier contingencia ante una tormenta extraordinaria.

Dicho lo anterior, los diseños de las obras: canal de desvío, vertedores de demasías, canal colector, y pileta de aguas recuperada; se realizaron a partir del estudio hidrológico, del cual se adjunta una copia a esta MIA dentro del Anexo 2.7, y con base en el cálculo de las avenidas máximas, mediante los métodos hidroclimatológicos de Hidrograma Unitario Triangular HUT, Fórmula Racional, y Ven Te Chow.

En el Anexo 2.1 se presenta el plano con la ubicación de la infraestructura hidráulica respecto a los demás componentes del Proyecto Depósito de Jales San Carlos.

- *Canal de desvío*

El canal de desvío se considera como el elemento principal de la infraestructura hidrológica para el manejo y control del agua pluvial. Estará construido solo con tierra y contará con una longitud de 965.25 m, cubriendo todo el lado Este del depósito de jales, prácticamente a partir del camino San Luis-Candelaria (0+000) hasta el arroyo prieto (0+965.24). De acuerdo con las condiciones del terreno, el canal tendrá tres secciones de diferentes dimensiones:

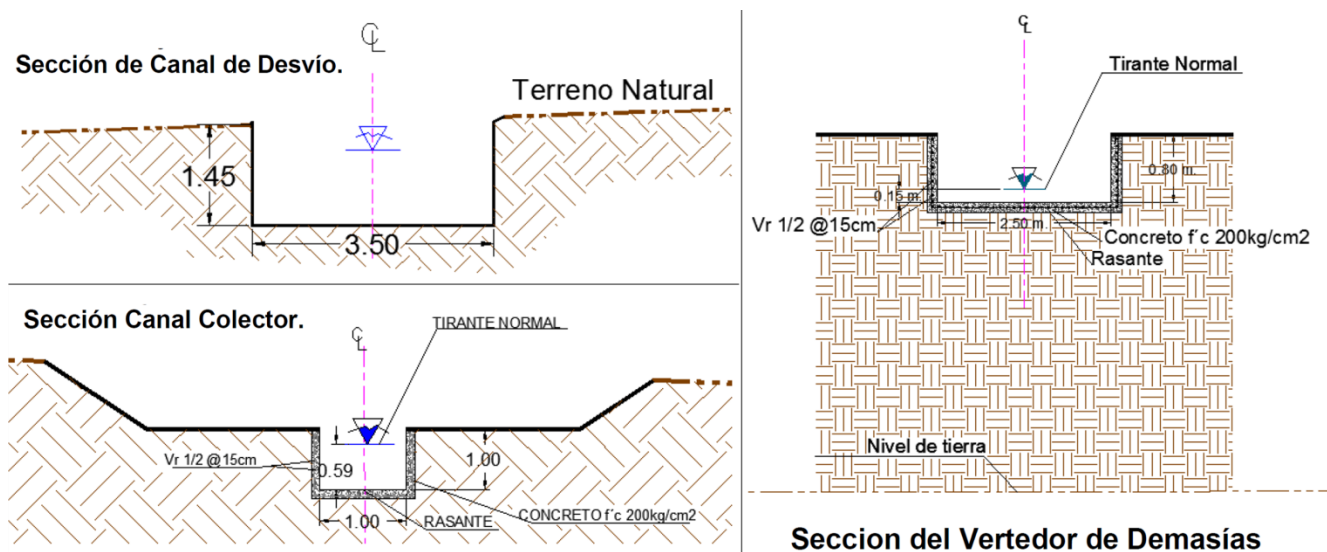
1. El tramo 0+000 a 0+320 tendrá un ancho de 2.5 m y una profundidad de 1 m.
2. El tramo 0+320 a 0+500 medirá 3.5 m de ancho y 1.45 m de alto (sección Figura 2.22)
3. El tramo 0+500 a 0+965.24 tendrá 2 m de ancho y 1 m de profundidad.

- *Vertedores de demasías*

Los vertedores de demasías serán canales tipo lavadero (Figura 2.22), uno por cada celda del depósito de jales, que están contruidos 1.0 m abajo de la corona del bordo de sobreelevación por lo que se debe de formar un bordo de protección en la corona con material de préstamo con altura suficiente para garantizar el bordo libre de 2.0 m. El tramo de los canales ubicado en la corona tendrá una sección rectangular construida con concreto hidráulico de 2.5 m de plantilla con altura variable en promedio de 0.60 m. Estos canales en los taludes estarán provisto de escalones de 1.0 m de altura.

- *Canal colector*

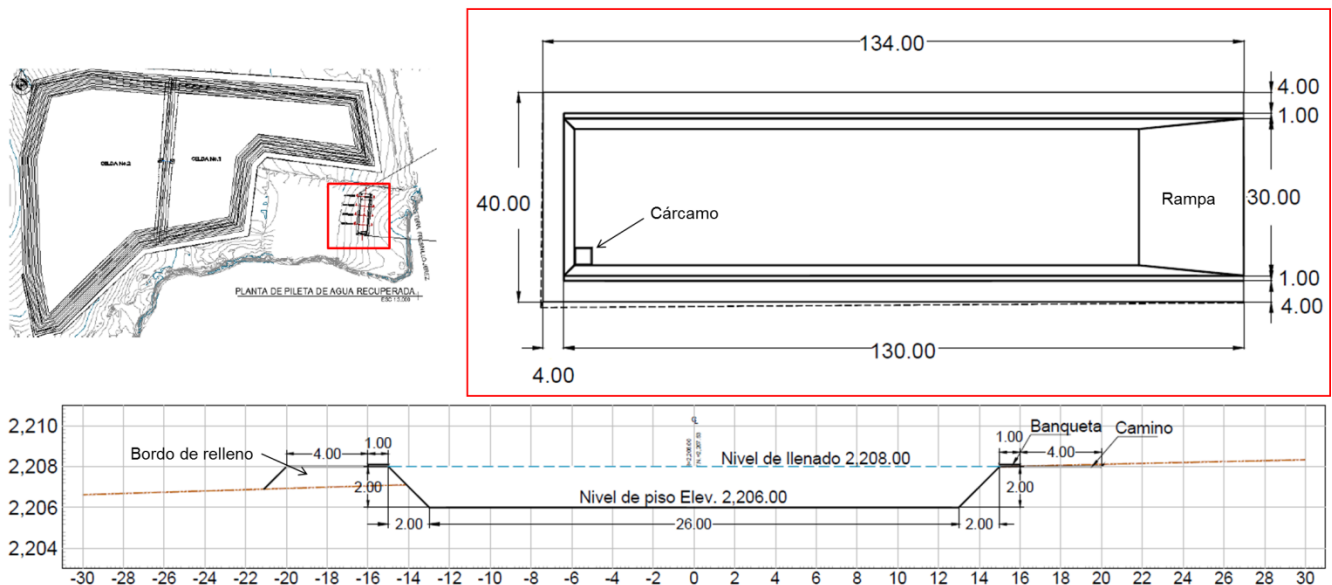
El canal colector tendrá la función de recuperar el agua desalojada del vaso del depósito a través de los vertedores, y conducirla hacia la pileta de agua recuperada. Este canal será construido con una sección rectangular revestida con concreto hidráulico de 1.0 m de plantilla con altura 1.00 m. En la Figura 2.22 se muestra una sección tipo del canal colector.



**Figura 2.22. Secciones del canal de desvío, vertedor de demasías y del canal colector**

- *Pileta de agua recuperada*

La descarga del canal colector será a una pileta de 30 m de ancho, 130 de largo y 2 metros de altura, con una rampa de una pendiente mínima del 15%. Con estas dimensiones tendrá una capacidad de almacenamiento de 6,674.00 m<sup>3</sup>, la cual fue calculada para alojar los escurrimientos del agua captados por el vaso y para la tormenta máxima en 24 horas, de acuerdo a la NOM-141. Para la construcción de la pileta es necesario conformar un bordo de 700 m<sup>3</sup> con relleno de material y un corte de 5,710.00 m<sup>3</sup>. Se construirá con pisos de concreto  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> con impermeabilizante integral y armada con varilla corrugada. En la siguiente figura se presenta una vista de planta de la pileta y un corte longitudinal de esta obra.



**Figura 2.23. Pileta de agua recuperada**

Del cárcamo de la pileta de agua recuperada, localizado en la parte posterior de la pileta, saldrá una tubería de polietileno de alta densidad (Extrupak) de 12" de diámetro nominal RD 11 (24.8 mm de espesor de pared). Esta recorrerá 640 m hasta conectarse con una de las tuberías de la línea de conducción de agua clarificada, y de la misma forma, estará dentro de una trinchera rellena de material producto de los cortes, de 1.31 m de ancho y 0.70 m de profundidad.

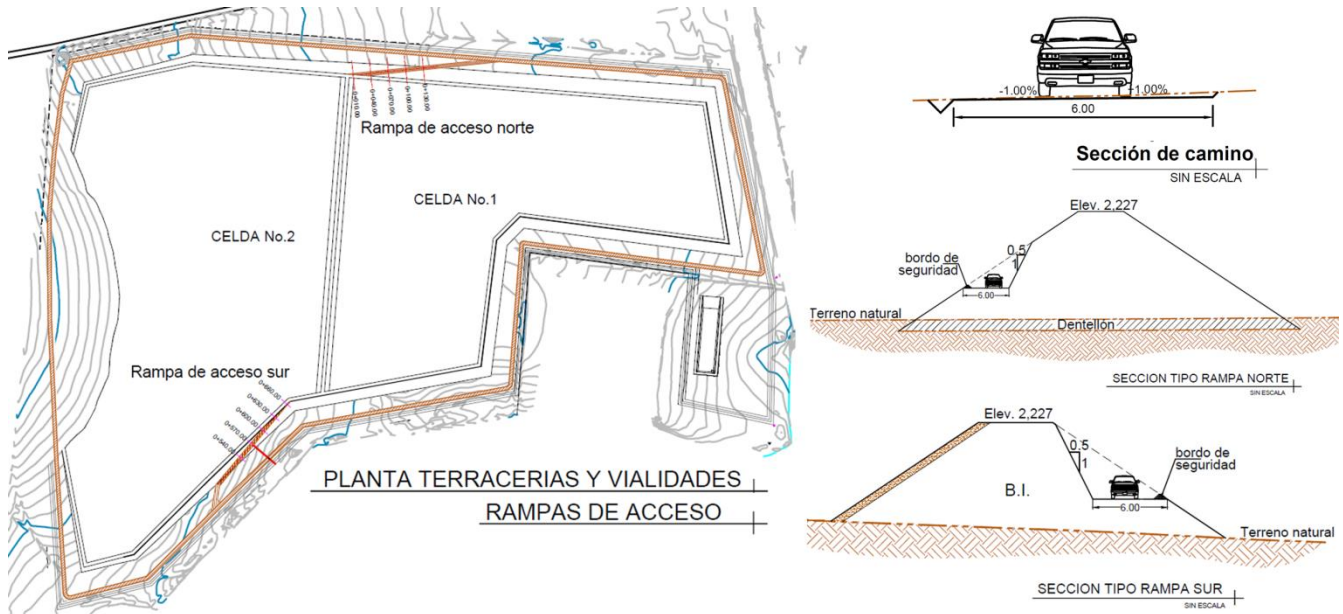
- **Construcción de caminos de acceso y vialidades**

Se contempla la construcción de un camino de servicio perimetral y de acceso alrededor de todo el Depósito de Jales San Carlos, el cual facilitará las maniobras de mantenimiento, inspección y monitoreo durante toda la vida útil del Proyecto, incluyendo su etapa post-operativa.

Este camino tendrá un ancho de 6 m y se conformará únicamente a nivel de terracería (despalme, mejoramiento del terreno y compactación del suelo). El volumen de construcción del camino de servicio es de 2,303 m<sup>3</sup> de corte y 90 m<sup>3</sup> de terraplén.



Para poder operar el depósito es necesaria la construcción de dos rampas (Figura 2.24): la denominada rampa norte contará con 6 m de ancho, una longitud de 230 m y una pendiente de 12%; mientras que la rampa sur contará con 6 m de ancho, una longitud de 182 m y una pendiente de 7%. Los volúmenes de excavación para las rampas son de 2,180 m<sup>3</sup> para la norte y 2,179 m<sup>3</sup> para la sur.



**Figura 2.24. Localización del camino de servicio y rampas de acceso al depósito de jales**

## II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento

- *Régimen de operación*

La etapa de operación del Proyecto Depósito de Jales San Carlos dará inicio con el vertido de jales dentro de la Celda 2. Se ha considerado para el diseño de las obras una producción diaria de 8,000 toneladas de jales a disponer en el depósito, con un régimen de operación de 330 días laborables al año, lo que equivale a verter 2'640,000 toneladas de jales anualmente.

La composición de jales es de 50% sólidos – 50% agua, con un peso volumétrico o densidad de 1.951 ton/m<sup>3</sup>. Considerando que la producción será de 8,000 ton/día, y que de la proporción de agua de los jales sólo se podrá recuperar el 50%, el volumen de agua clarificada y conducida a la pileta San Luis para su posterior recirculación a la planta de beneficio, será de 1,025 m<sup>3</sup>/día.

En atención a los lineamientos normativos aplicables, el procedimiento operativo del Depósito de Jales San Carlos indicará que la distribución de los jales sobre el bordo iniciador y posteriormente sobre los bordos de sobreelevaciones debe iniciarse por la parte interior del talud del bordo correspondiente, para permitir que los sólidos más gruesos se depositen en la parte más cercana a éste y los más finos en la parte más alejada del mismo, que es hacia el centro del bordo intermedio, donde se localizarán las torres de decantación (chinos). De esta manera, se debe garantizar la formación del estanque (espejo de agua) alejado del bordo contenedor, evitando la



saturación en el talud exterior del mismo y favoreciendo el sellado del vaso del depósito con los finos de los jales

- *Programa de mantenimiento*

Como parte del mantenimiento, se establecerá un procedimiento para realizar inspecciones periódicas así como para el continuo monitoreo de las condiciones físicas y químicas entorno al Depósito de Jales San Carlos, actividades que permitirán identificar situaciones de riesgo en la estabilidad de las obras o potenciales afectaciones al medio físico y/o biótico, así como su oportuna atención, en caso de que la operación normal del depósito sufra una desviación no intencionada ni prevista.

Las actividades específicas a realizar para la inspección de la estabilidad de taludes y para el monitoreo de las aguas subterráneas y superficiales, así como de la dispersión de partículas sólidas suspendidas (polvos fugitivos) que se originen por el Proyecto, serán acorde a los lineamientos del numeral 5.8 de la NOM-141-SEMARNAT-2003, y quedarán plasmadas en el procedimiento a elaborarse. Dentro del Anexo 3.1 se encuentra la vinculación puntual de cada criterio y lineamiento de la NOM-141 con el Depósito de Jales San Carlos, incluyendo el rubro de monitoreo y su periodicidad, aplicable a la etapa de operación del Proyecto.

- *Mano de obra, maquinaria y equipo necesarios para la etapa de operación y mantenimiento*

La etapa de operación y mantenimiento del Proyecto Depósito de Jales San Carlos requerirá sólo de 10 trabajadores para su desarrollo, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2.14. Mano de obra para la etapa de operación y mantenimiento**

Tipo de Mano de Obra	Tipo de Empleo		
	Permanente	Temporal	Extraordinaria
No calificada	3	0	5
Calificada	1	0	1

Durante la etapa de operación y mantenimiento del Depósito de Jales San Carlos, los requerimientos de maquinaria y equipo se reducirán considerablemente en comparación con la etapa previa. A continuación se enlistan dichos requerimientos.

**Tabla 2.15. Maquinaria y equipo para la etapa de operación**

Equipo	Cantidad	Tiempo estimado (mes)	Tipo de combustible	Tiempo de operación (día)
Camión volteo 14m <sup>3</sup>	5	Permanente	Diésel	12 h
Camioneta pick up	2	Permanente	Gasolina	12 h
Cargador Frontal	2	Permanente	Diésel	12 h
Equipo topográfico	1	Permanente	N/A	N/A



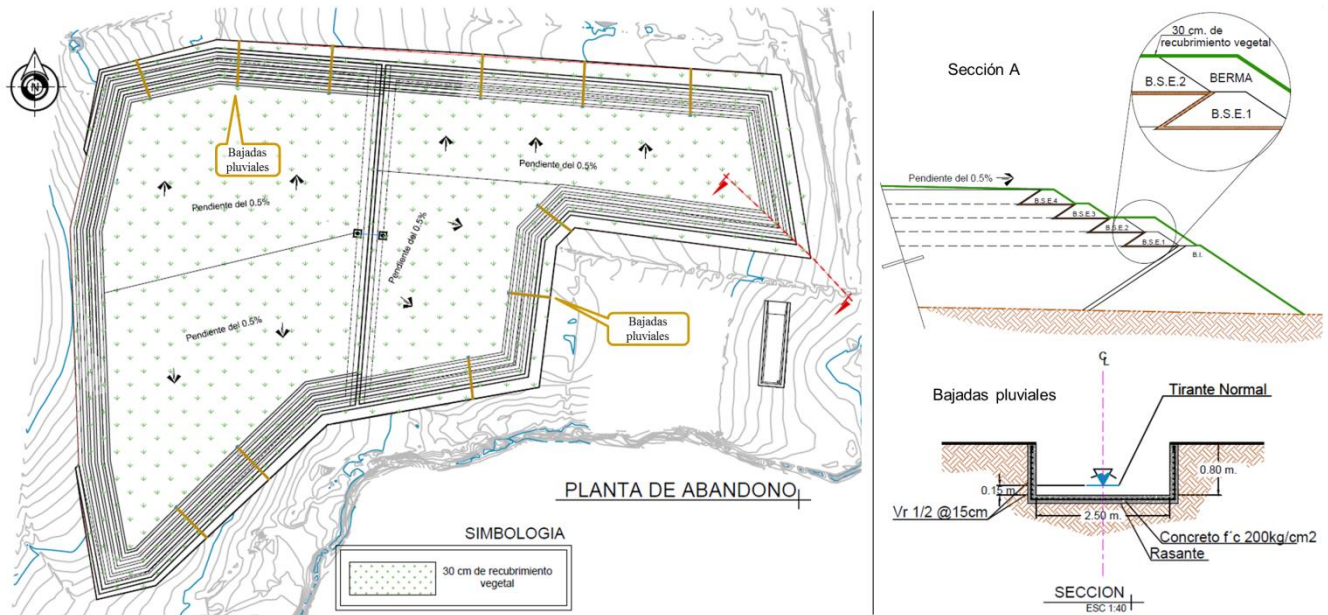
## **II.2.6 Etapa de abandono del sitio**

Para el cierre y abandono tentativo de la obra, aun cuando se considera muy prematuro definir las acciones y maniobras a emprender al término de la vida útil del depósito, ya que dependerán de diversos factores referentes a las condiciones de las obras, a las condiciones ambientales del sitio y a las técnicas y/o tecnologías disponibles en el futuro, por mencionar unos ejemplos; se está contemplando una restauración del sitio para un uso forestal, por lo que de forma general los objetivos de cierre consisten en una estabilización física, química y biológica de los terrenos afectados por ocupación directa y por efectos indirectos asociados a la ejecución del proyecto. Para la consecución de estos objetivos se estima un periodo de al menos 3 años, correspondiendo el primer año a las actividades de estabilización física y química del vaso y de los taludes del depósito; posteriormente se requieren 2 años para realizar las actividades que conduzcan a una estabilización biológica, mediante la reforestación del sitio y mantenimiento de los individuos reforestados.

Siendo entonces que lo anterior se trata solo de un esquema general de lo que deberá realizarse para el adecuado y seguro abandono del sitio del Depósito de Jales San Carlos, es adecuado manifestar que las actividades, los tiempos de ejecución o incluso hasta los usos de suelo futuros, podrían variar conforme se vaya acercando el inicio de la etapa post-operativa y en función de las condiciones que prevalezcan en su momento.

En cualquier caso, las actividades a realizar durante la etapa post-operativa (cierre y abandono) además de pretender la estabilización física, química y biológica del sitio, deberán atender a los criterios de postoperación estipulados en la NOM-141-SEMARNAT-2003, los cuales indican, entre otras cosas, que una vez que el depósito de jales llegue al final de su vida útil, se deben implementar medidas que aseguren que no falle el depósito de jales, ajustando los taludes de los bordos para que conserven su estabilidad estática y dinámica, si fuera este el caso; que no se emitan partículas sólidas a la atmósfera como producto de la pérdida de humedad de la superficie del depósito de jales o de los taludes de los bordos; y que no se formen escurrimientos que afecten a cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Preliminarmente, se contempla para el abandono del depósito el recubrimiento del vaso y taludes con una capa de suelo orgánico de 30 cm de espesor. Para esta tarea se utilizará el mismo material vegetal que se retiró como parte de la preparación del sitio y que se almacenó en el banco de tiro durante la operación del Proyecto. La conformación de la capa de sustrato incluirá la configuración de pendientes hacia bajadas pluviales, con las que se evitará la erosión de los taludes. Se estima que se empleará un volumen de recubrimiento de capa vegetal total de 196,297 m<sup>3</sup>.



**Figura 2.25. Recubrimiento del Depósito de Jales San Carlos en etapa post-operativa**

Por el tipo de material empleado para la construcción de los bordos (tepetate de mina compactado) y por las medidas previstas para el abandono de la obra (recubrimiento con sustrato y reforestación), se estima que no habrá emisión de partículas sólidas a la atmósfera en la etapa post-operativa del proyecto.

Establecido el sustrato, se procederá a realizar una reforestación con especies vegetales originarias de la región, para garantizar la sucesión y permanencia con un mínimo de conservación. Las especificaciones del tipo y número de especies, así como el procedimiento para su plantación y mantenimiento durante los primeros dos años, será materia a definirse en el plan de restitución y cierre definitivo.

La Unidad Minera cuenta actualmente con un Plan de Restitución y Cierre conceptual en el que se discuten tentativamente las medidas más apropiadas para el adecuado cierre de sus instalaciones. En una próxima actualización de dicho estudio, se integrará el Depósito de Jales San Carlos y las medidas correspondientes. Cuando sea oportuno, hacia el final de la vida útil del Proyecto, se determinarán y/o afinarán las medidas que se aplicarán para el cierre definitivo del depósito, considerando entre ellas los correspondientes monitoreos para verificar la efectividad de las medidas y la necesidad de implementar medidas adicionales. Todo ello quedará plasmado en un Plan de Restitución y Cierre definitivo, que Minera Fresnillo entregará a la SEMARNAT para que ésta dé su visto bueno o en su caso, emita las condicionantes o recomendaciones que considere más apropiadas.

- *Mano de obra, maquinaria y equipo necesarios para la etapa de post-operación y cierre*

Las actividades preliminares consideradas para la etapa de post-operación y cierre del Depósito de Jales San Carlos, requerirá tentativamente de 21 trabajadores, los cuales se distribuyen por tipo de empleo como aparece a continuación en la Tabla 2.16.

**Tabla 2.16. Mano de obra para la etapa de post-operación y cierre**

Etapa	Tipo de Mano de Obra	Tipo de Empleo			Total por etapa
		Permanente	Temporal	Extraordinaria	
Post-operación	No calificada	1	0	3	7
	Calificada	1	0	2	
Cierre	No calificada	0	6	6	14
	Calificada	0	1	1	

Para las actividades preliminares de la etapa post-operativa contempladas desde el diseño del Depósito de Jales San Carlos, consistentes en la reubicación del sustrato (suelo orgánico), estabilización de taludes y reforestación del vaso, la misma maquinaria y equipos requeridos para la operación y mantenimiento, seguirán empleándose, pero en menor cantidad e intensidad, a partir del término de la vida útil del Proyecto y hasta alcanzar los objetivos de la etapa.

**Tabla 2.17. Maquinaria y equipo para la etapa de post-operación**

Equipo	Cantidad	Tipo de combustible	Tiempo de operación (día)
Camión volteo 14m <sup>3</sup>	2	Diésel	8 h
Camioneta pick up	1	Gasolina	8 h
Cargador Frontal	1	Diésel	8 h
Equipo topográfico	1	N/A	N/A

## II.2.7 Utilización de explosivos

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos no requiere el uso de explosivos para su ejecución.

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

### Residuos mineros

La naturaleza del Proyecto está íntimamente ligada a jales mineros, considerados como un residuo propio de esta industria, generado en el proceso de concentración de minerales. Sin embargo, es preciso aclarar que el Proyecto no generará jales durante su ejecución, sino que tiene por objetivo el manejo adecuado (transporte, almacenamiento y disposición final) de los jales que actualmente son generados en la planta de beneficio de la Unidad Fresnillo.

En la industria minera se conoce al tepetate como el material rocoso que encajona a los yacimientos minerales, que por su muy bajo o nulo contenido mineral no es rentable explotar, y por lo tanto se considera como un subproducto o residuo minero. Para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos, se reaprovechará tepetate de una unidad minera muy cercana al área del Proyecto, y que es propiedad de una empresa del mismo grupo que Minera Fresnillo.

Así mismo, se considera como tepetate al material no aprovechable para fines constructivos específicos del Proyecto, el cual será generado a partir de los cortes y excavaciones que se realizarán en la preparación del sitio y durante la construcción del depósito (ver Tabla 2.7. Resumen de los





volúmenes de excavaciones para la etapa de preparación de sitio). Parte de este material, como se describió antes, se empleará para la conformación de algunos de los componentes asociados al Proyecto, pero el material sobrante se dispondrá junto con el suelo orgánico producto del despalme, en el banco de tiro.

### Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos (RPE) que se generarán en el Proyecto serán residuos generados durante el mantenimiento de vehículos automotores y de la maquinaria usada para la ejecución del Proyecto. Estos residuos se generarán principalmente durante la etapa de preparación y construcción. En este sentido, se realizó una estimación de los residuos peligrosos que se generarán por la ejecución del Proyecto, basada en el tipo de maquinaria, cantidad de unidades y tiempo de operación. Dicha estimación se presenta en la Tabla 2.18.

**Tabla 2.18. Residuos generados por la realización del Proyecto**

Nombre del residuo	Cantidad a generar por periodo	Características CRETIB	Proceso o etapa en la que se genera
Aceites Lubricantes Gastados	100 lts/mes	Tóxico/ inflamable	Utilización de vehículos automotores, maquinaria y equipo generador de energía
Sólidos de Mantenimiento	417.42 kg/año	Tóxico/ inflamable	Mantenimiento de maquinaria y equipo en general
Envases impregnados de grasa o aceite	129.25 kg/año	Tóxico/ inflamable	Preparación y Construcción

Visto lo anterior, se puede garantizar que los RPE del mantenimiento se manejarán en los respectivos talleres y bajo las condiciones adecuadas establecidas para ello, conforme a los procedimientos definidos para estas actividades por la propia Unidad Fresnillo.

### Residuos de manejo especial

Durante la operación del proyecto se prevé que los residuos de manejo especial sean principalmente producto del mantenimiento de los equipos y la maquinaria. Los RME serán dispuestos a reutilización para actividades propias de la unidad minera, o bien, revalorizados como venta de chatarra. En la Tabla 2.19 se muestran los residuos de manejo especial típicos que se podrán generar durante el Proyecto.

**Tabla 2.19. Residuos de manejo especial a generar por la realización del Proyecto**

Nombre del residuo	Área de generación
Llantas de Desperdicio (usadas)	Mantenimiento
Pedacería de Extrupak de desecho	Mantenimiento
Chatarra	Mantenimiento
Madera	Mantenimiento
Brocas de tungsteno	Mantenimiento

Nombre del residuo	Área de generación
Cobre	Mantenimiento
Aluminio	Mantenimiento
Envases de productos no peligrosos	Mantenimiento

### Residuos domésticos

En lo referente al manejo de los residuos domésticos, se tiene considerado que en el área del Proyecto se generen principalmente residuos orgánicos por consumo de alimentos. Partiendo de esto, los residuos que se generen durante el jornal diario deberán manejarse con apego al plan de manejo de residuos sólidos urbanos; cada persona generadora de residuos y el supervisor, serán responsables de su vigilancia y cumplimiento.

En la estimación de los residuos domésticos a generarse dentro del área del proyecto, se ha considerado el personal que laborará en las diferentes etapas del proyecto; a una razón de 250 g/persona de residuos domésticos generados, siendo un total de 82 personas a laborar tal como se muestra en la Tabla 2.20.

**Tabla 2.20. Número total de personas considerados para la ejecución del Proyecto**

Etapas	Tipo de Empleo			Subtotal por etapas
	Permanente	Temporal	Extraordinaria	
Preparación del sitio	0	10	5	15
Construcción	0	30	6	36
Operación	4	0	6	10
Post-operación	2	0	5	7
Cierre	0	7	7	14
<b>Subtotal</b>	<b>6</b>	<b>47</b>	<b>29</b>	
<b>Total</b>	<b>82</b>			

Así pues, resulta un volumen estimado de residuos domésticos generados por etapas tal como se muestra a continuación:

- 3.750 kg de basura diaria por etapa de Preparación del sitio a razón de 250 g/persona.
- 9 kg de basura diaria por etapa de Construcción a razón de 250 g/persona.
- 2.500 kg de basura diaria por etapa de Operación a razón de 250 g/persona.
- 1.750 kg de basura diaria por etapa de Post-operación a razón de 250 g/persona.
- 3.500 kg de basura diaria por etapa de Cierre a razón de 250 g/persona.



### **Residuos líquidos (aguas residuales)**

El Proyecto no generará descargas de aguas residuales domésticas ni industriales. En el área del Proyecto se instalará una letrina móvil por cada 15 trabajadores (en promedio), teniendo así un aproximado de 1 a 3 letrinas (dependiendo de la etapa del proyecto). El agua residual sanitaria recolectada durante el mantenimiento y limpieza de las letrinas será vertida sobre la planta tratadora de aguas residuales de la Unidad Fresnillo. Cabe recalcar que está prohibido cualquier tipo de descarga de aguas residuales sanitarias al suelo o cuerpos de agua.

La operación del Depósito de Jales San Carlos será mediante un circuito cerrado, proceso mediante el cual se recirculará el agua recuperada del depósito (catalogada como agua de uso industrial) hacia el proceso de beneficio, evitando todo tipo de descargas. La única pérdida del agua dentro del circuito será por evaporación directa del vaso del depósito.

### **Emisiones a la atmósfera**

Durante las etapas del proyecto, se generarán emisiones a la atmósfera derivadas principalmente del tránsito vehicular, del movimiento de materiales y de la operación de los equipos en la ejecución de las obras. Estas emisiones corresponderán principalmente a polvos fugitivos (PST) y gases derivados de la combustión de la maquinaria (COx, NOx y SOx). Específicamente durante la etapa de preparación y construcción es cuando más tránsito vehicular y de maquinaria se presentará. Debido a que son diversos factores los que intervienen en la emisión y dispersión de los contaminantes atmosféricos, es muy complicado hacer una estimación de la cantidad y concentración de los mismos en cada etapa del proyecto.

Durante la operación del Depósito de Jales San Carlos, los jales tendrán suficiente humedad para evitar su dispersión. Con una composición del 50% de sólidos y 50% agua, se evita que se suspendan partículas contaminantes a la atmósfera.

El ruido también es considerado como una emisión atmosférica. La presencia de maquinaria, equipo, personas y las actividades en cada etapa del proyecto por sí mismas, elevarán los niveles de ruido en el área; que de forma natural se desvanecerán conforme mayor sea la distancia con respecto del punto de emisión.

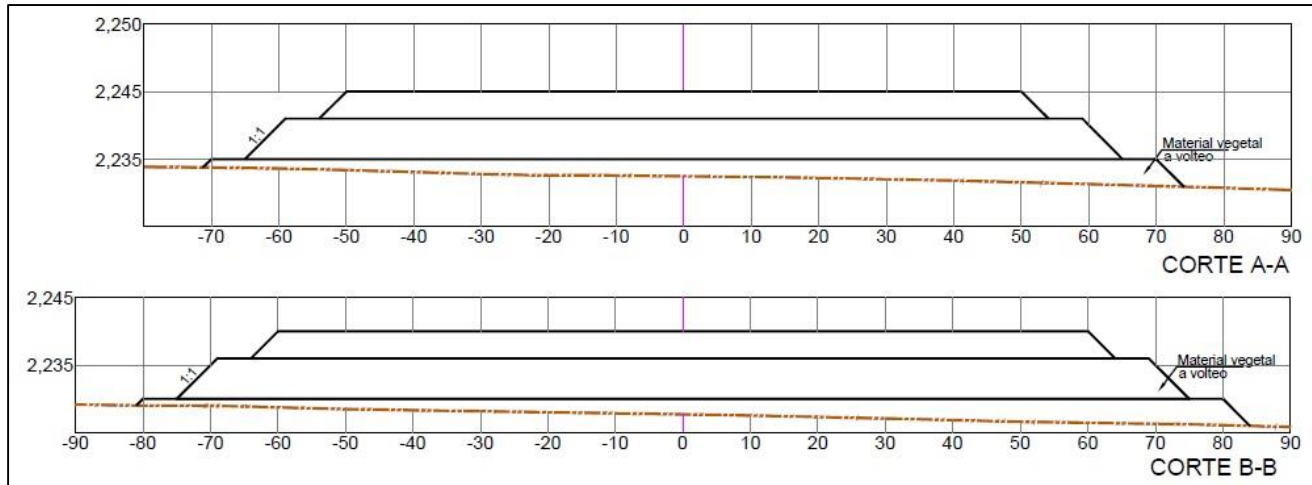
### **II.2.9 Infraestructura para el manejo y disposición adecuada de los residuos**

En la Unidad Fresnillo se cuenta con toda la infraestructura necesaria para el manejo adecuado de todos los residuos que se generen en el proyecto. Por ello y por la cercanía de la unidad minera con el área del Proyecto es que se utilizará la infraestructura existente para el manejo y disposición de los residuos, que cuenta con las condiciones apropiadas para estas actividades.

El componente del Proyecto Depósito de Jales San Carlos denominado “Banco de tiro” es el sitio designado para depositar el material producto del despalme en el área del vaso (suelo orgánico), y el material no aprovechable (tepetate) producto de la excavación en la etapa de preparación y construcción de las obras del Proyecto. Ambos materiales serán transportados desde su fuente hasta el banco de tiro mediante camiones de volteo, y posteriormente serán acomodados con cargadores

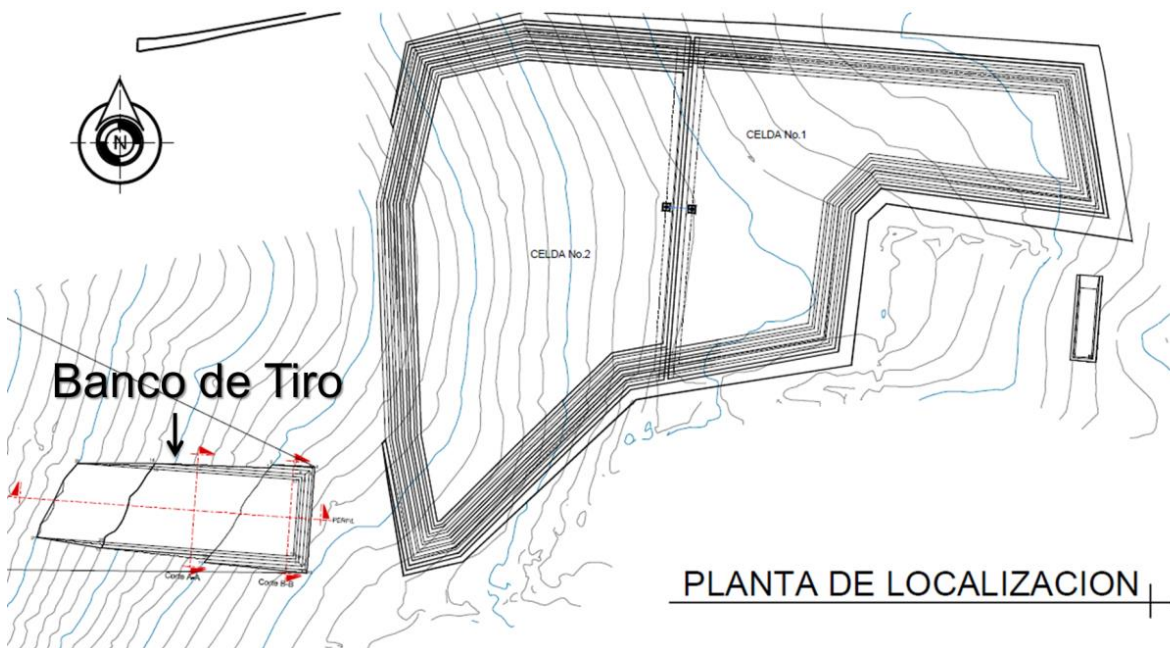
frontales. El área del banco de tiro solicitada es de 5.8387 ha y tendrá una capacidad para 247,200 m<sup>3</sup>; el material depositado allí será utilizado al final de la vida útil del depósito para el recubrimiento tanto de taludes como del vaso.

El diseño del banco de tiro se conformará mediante niveles denominados terrazas, con una pendiente de 1:1 (por cada nivel) tal como se muestra en la Figura 2.26.



**Figura 2.26. Diseño del Banco de tiro mediante terrazas**

La ubicación del Banco de tiro no afecta la operación del Depósito de Jales al situarse al costado Oeste de la Celda 2, tal como se muestra en la Figura 2.27.



**Figura 2.27. Localización del Banco de tiro**



Ahora bien, cualquier residuo generado por las actividades del Proyecto será marginal a los generados durante la operación actual de la Unidad Fresnillo, sin embargo serán manejados bajo los mismos procedimientos registrados en el Sistema de Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Relaciones Comunitarias, garantizando un adecuado manejo y disposición. Los procedimientos en cuestión se mencionan en la Tabla 2.21 y se adjuntan a la MIA dentro del Anexo 2.8.

**Tabla 2.21. Procedimientos del SSMARC para el adecuado manejo y disposición de residuos**

<b>Nombre</b>	<b>Clave de identificación</b>
Residuos peligrosos diversos (Plan de Manejo)	FRE-PO-92-06
Procedimiento para manejo de Residuos No Peligrosos	FRE-PO-92-03

Los procedimientos incluyen el almacenamiento en las áreas acondicionadas para tales fines, contando la unidad minera con la siguiente infraestructura:

- Relleno sanitario.- Anteriormente la empresa enviaba sus residuos domésticos y sanitarios al relleno sanitario municipal de Fresnillo, pero actualmente ya se construyó un relleno sanitario al Este del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, donde se podrán disponer y confinar adecuadamente este tipo de residuos.
- Almacén temporal de residuos no peligrosos.- Los residuos que se consideran potencialmente reciclables se llevan al centro de acopio localizado en el mismo relleno sanitario, donde se tiene una máquina compactadora con la cual se reduce el volumen del PET, papel y cartón acopiado, previo a su venta o coprocesamiento.
- Almacén temporal de residuos peligrosos.- La Unidad Fresnillo cuenta con un almacén temporal de residuos peligrosos localizado en el patio del Tiro San Luis;

## **II.2.10 Otras fuentes de daños**

### **a) Contaminación por vibraciones, radiactividad, térmica o luminosa**

La ejecución del Proyecto Depósito de Jales San Carlos no generará emisiones radiactivas, térmicas ni luminosas que generen contaminación. Durante el desarrollo de la etapa de preparación y construcción podrán generarse vibraciones ligeras principalmente por el uso de maquinaria pesada y por las actividades de compactación del suelo requeridas; sin embargo, no se estima que este tipo de vibraciones ocasione problemas sobre el medio biótico o abiótico dada la magnitud esperada y las condiciones de los terrenos inmediatos.

### **b) Posibles accidentes**

Los depósitos de jales, en condiciones normales de operación, se encuentran susceptibles a contaminar o deteriorar la calidad de los cuerpos de agua como consecuencia de tormentas o



derrames. Esto depende en gran parte de las características de los jales, los cuales pueden llegar a contener cantidades altas de metales que hacen que el agua no sea apta para consumo.

Normalmente, la afectación de los cuerpos de agua superficiales es sólo local, pero en ciertas ocasiones puede alcanzar distancias lejanas afectando varios kilómetros. Esta afectación depende del tipo de jales así como de sus características, de la frecuencia e importancia de las descargas, y de los regímenes hidrológicos de las aguas receptoras. De igual forma, puede producirse la contaminación de los mantos freáticos como consecuencia de las filtraciones en los depósitos o de algún derrame, por lo que es importante contar con monitoreos.

Para discutir la posibilidad de que suceda algún tipo de accidente en el Proyecto, se exponen a continuación incidentes registrados en el pasado, ocurridos en la operación de instalaciones o procesos relacionados al almacenamiento de jales, similares a los del Depósito de Jales San Carlos. A partir de ello se desarrolla una técnica para la identificación de riesgos (Análisis Histórico), que consiste en el estudio de dichos incidentes para conocer las fuentes de peligro, estimar el alcance posible de daños e incluso determinar la frecuencia de ocurrencia, con la cual se ha desarrollado además un Árbol de probabilidad de fallas, presentado más adelante (Figura 2.29).

A continuación en la Tabla 2.22 se presenta un resumen cronológico de episodios ambientales relacionados con los depósitos de jales y sus causas, esto a partir de datos publicados en distintas fuentes.

**Tabla 2.22. Resumen de accidentes ambientales relacionados con depósitos de jales**

<b>Año</b>	<b>Mina / Lugar</b>	<b>Productos principales</b>	<b>Causa</b>	<b>Consecuencia</b>	<b>Pérdidas humanas</b>
1987	La Negra / Querétaro, México	Cobre, plomo, zinc	Lluvias torrenciales provocaron el desgajamiento del Depósito de Jales 3	1,500 toneladas de jales afectaron 10 km del Río Moctezuma.	0
1988	Las Torres / Guanajuato, México	Oro, plata, plomo y cobre	Ruptura de alcantarilla central del depósito Las Coronelas (errores cálculo)	1,000 toneladas de jal se distribuyeron a lo largo de 15 km del arroyo Los Cedros	0
1990	Brewer / Carolina del Sur, USA	Oro	Lluvias intensas y la falta de monitoreo del Depósito de Jales.	40 millones de l. de solución cianurada perturbaron 80 km del Río Lynches matando a más de 11,000 peces	0
1992	Unidad El Monte / Hidalgo, Mx	Oro y plata	Hundimiento de alcantarilla central.	250 ton de jal avanzaron 12 km aguas abajo.	0
1994	Harmony / Sudáfrica	Oro	Abandono y fallo de una represa con lodos de jal.	El lodo cianurado alcanzo un complejo de departamentos habitacionales inundándolos.	17
1995	Omai / Guyana	Oro	Desplome de un depósito de jales.	Descarga de 3.2 billones de l de lodos cianurados en Río Essequibo.	0
1995	Placer / Filipinas	Oro	Fallo en la base del Depósito de Jales.	Escape de 50,000 m <sup>3</sup> de lodos con cianuro y metales pesados.	12
1996	El Porco / Bolivia	Zinc, plomo y plata	Ruptura del Depósito de Jales.	400,000 ton se vertieron sobre 300 km del Río Pilcomayo.	0

<b>Año</b>	<b>Mina / Lugar</b>	<b>Productos principales</b>	<b>Causa</b>	<b>Consecuencia</b>	<b>Pérdidas humanas</b>
1997	La Negra / Querétaro, México.	Cobre, plomo y zinc	Por lluvias torrenciales se desgaja la cortina del depósito N°2.	750 ton de jales alcanzaron 10 km del Río Moctezuma.	0
1997	Pinto Valley / Arizona, USA	Cobre	Una falla en el talud del depósito.	Escape de 230,000 m³ de rocas y colas de mina sobre una extensión de 16 hectáreas.	Sin datos
1998	Los Frailes / España	Zinc, plomo, cobre, plata	Una falla en el depósito de jales.	Derrame de 1.3 billones de galones de desechos ácidos sobre terrenos de cultivo.	0
1998	Peña Colorada / Colima, México	Hierro	Tubería de conducción localizada debajo del Depósito de Jales cedió arrastrando los jales.	Contaminación de aguas subterráneas.	0
1998	Huelva / España	Fosforo	Lluvias intensas	Derrame de 50,000 m³ de agua acidificada.	0
2000	Aitik / Suiza	Cobre	Ausencia de canal de desvío para escorrentías de lluvias.	Escape de 2.5 Mm³ de jales dentro de un pozo cercano.	0
2000	Inez / Kentucky, USA	Carbón	Rompimiento del depósito de por colapso de mina subterránea.	950,000 m³ de residuos de carbón se esparcieron sobre 125 km de arroyos locales.	0
2002	Denton Rawhide / Nevada, USA	Oro	Fallas en las tuberías de lixiviación.	Derrame de 40mil galones de efluentes con cianuro.	0
2002	Twin Creeks / Nevada, USA	Oro	Derrame en depósito de jales	Derrame de 230 000 m³ de solución cianurada en el arroyo Arizona.	0
2003	Greenston / Nicaragua	Oro	Derrame en depósito de jales	Contaminación con soluciones cianuradas del Río Bambana, más de 18,000 peces muertos	12
2003	Unidad Molango / Hidalgo, México	Manganeso	Colapso del bordo del Depósito de Jales.	4,000m³ de jales se esparcieron sobre 1km aguas abajo del bordo.	0
2004	Partizansk / Primorski Krai, Rusia	Cenizas de carbón	Ruptura del dique de contención de jales.	Fuga de 160,000m³ de ceniza sobre los Ríos cercanos a la Bahía Nahodka.	0
2004	Kalgoorlie / Australia	Oro	Filtraciones en el depósito de jales.	Contaminación del agua subterránea.	0
2004	Riverview / Florida, USA	Fosfato	El dique de 100m de altura cedió tras las olas generadas por el huracán Charley.	Escape de 227,000m³ de líquido ácido a la Bahía de Hillsborough.	0
2004	Pinchi Lake / Columbia, Canadá	Mercurio	Presa de jales se derrumba durante obras de mantenimiento.	Entre 6mil y 8mil m³ de lodos se esparcieron sobre 5,500ha de Pinchi Lake.	0
2006	Zhen 'han Shangluo / China	Oro	Ruptura del Depósito de Jales durante el sexto alzamiento del depósito.	Contaminación del río Huashui 5km aguas abajo y sepultando 100 casas habitación.	15
2008	Tashan / China	Hierro	Lluvias fuertes colapsaron un depósito ilegal de jales.	Alud de lodo cubrió una comunidad cercana.	254

Año	Mina / Lugar	Productos principales	Causa	Consecuencia	Pérdidas humanas
2008	Kingston harriman / Tennessee, USA	Cenizas de carbón	El muro de contención cede.	5.4 millones de m <sup>3</sup> de lodos se expandieron sobre 1.6km <sup>2</sup> afectando líneas eléctricas, tuberías de gas y 12 casas.	0
2009	San Andrés / Honduras	Oro	Fractura de uno de los tubos empleados en la pila de lixiviación.	Perdida del recurso hídrico para los habitantes de la región Santa Rosa de Copán.	0
2011	Sekisovskoye / Kazajistán	Oro	Falta de mantenimiento en un depósito de jales.	Vertido de residuos cianurados sobre el Río Sekisovka.	0
2014	Cananea / Sonora México	Cobre	Falla en el amarre de un tubo de polietileno, en una de las piletas de lixiviados, así como la falta de una válvula de alivio en la piletta de demasías.	Derrame de 40,000 m <sup>3</sup> de sulfato cobre acidulado, contaminando 17.6 km del arroyo Tinajas, 64 km del río Bacanuchi, y 190 km del río Sonora con cobre, arsénico, aluminio, cadmio, cromo, fierro, manganeso y plomo	0
2014	Magistral / Durango, México	Oro	Lluvias intensas nocturnas se saturaron el depósito de jales.	Derrame 2,000 m <sup>3</sup> de agua con cianuro, llegando al arroyo La Cruz (conecta al río Magistral) afectando las aguas y 400m <sup>2</sup> de suelo natural.	0
2014	Mount Polley / Columbia Británica, Canadá	Cobre, Oro y Plata	Colapso del bordo de contención de aproximadamente 25m de alto.	Derrame de 15 millones de m <sup>3</sup> de jales (aguas residuales, lodos y metales pesados) vertidos al arroyo Hazeltine saturando el lago Quesnel. Se prohibió el uso de aguas superficiales y subterráneas a los pobladores locales, además el impacto sobre la producción de salmón podría ser irreversible.	0
2015	Samarco Mineração /Minas Gerais, Brasil	Hierro	Falla de 2 presas de jales que en conjunto sostenían 62 millones de m <sup>3</sup>	Derrame de 32 millones de m <sup>3</sup> . Una ola de lodo inundó la ciudad de Bento Rodrigues, destruyendo 158 casas, al menos 17 personas muertas y 2 desaparecidas; suspensión contamina Norte Río Gualaxo, Río Carmelo y Río Doce más de 663 km, la destrucción de 15 km <sup>2</sup> de tierra a lo largo de los ríos y el corte residentes fuera de abastecimiento de agua potable	17
2015	Saucito / Fresnillo, Zacatecas	Oro, plata y plomo	Rompimiento de tubería que conduce el jal de la planta a la presa.	450 toneladas de jales fueron derramados afectando 8 mil m <sup>2</sup> de un terreno industrial y 1,600 m <sup>2</sup> de una parcela agrícola aledaña.	0

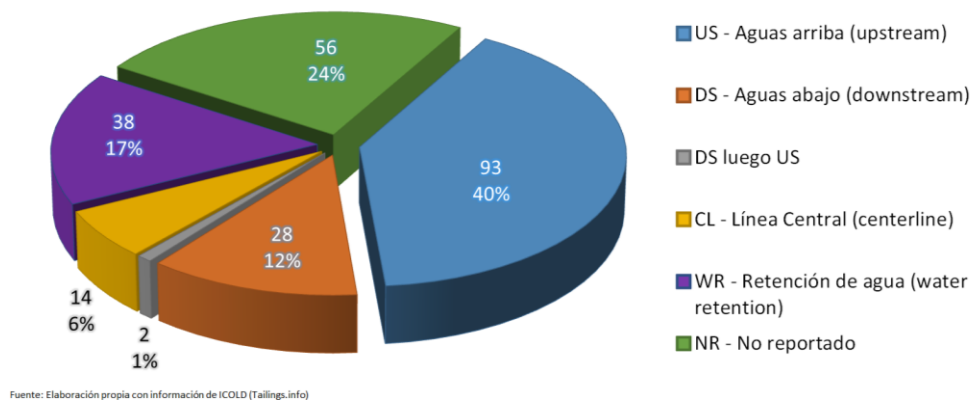
Acorde con la base de datos publicada en 2001 por la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD<sup>1</sup>, por sus siglas en inglés – *International Commission On Large Dams*), y recopilada en el sitio web Tailings.info (<http://www.tailings.info>), de 231 eventos de fallas en depósitos de jales

<sup>1</sup> Bulletin 121 - Tailings Dams, Risk of Dangerous Occurrences. Lessons learnt from practical experiences, ICOLD, UNEP/PNU, (2001). Consulta en Internet: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/2891-TailingsDams.pdf>

en diversos países, el 40% ocurrieron en depósitos cuyo método de construcción es similar al del Depósito de Jales San Carlos, que es el de Aguas Arriba (Figura 2.28). El segundo porcentaje más alto es de tipo Aguas abajo, el cual representa solo el 12% de los eventos de fallas y accidentes, de acuerdo a la misma fuente de información. En el Anexo 2.9 se muestra la tabla completa con los datos de los 231 eventos registrados por ICOLD, incluyendo el nombre de la mina o proyecto y su ubicación, el tipo de construcción del depósito, el material de construcción del bordo, su altura, el volumen de almacenamiento, la fecha, el tipo y las causas del incidente, así como para ciertos casos la estimación de jales liberados y la distancia que viajaron aguas abajo.

Para fines de la base de datos, la ICOLD define incidente, falla y accidente como sigue:

- Incidente: evento que requiere reparaciones mayores del depósito de jales, independientemente de que sea catalogado como una falla o un accidente.
- Falla: colapso o movimiento de una parte del bordo o de su cimentación, de manera que el depósito ya no puede retener los jales. En general, una falla resulta en la liberación de una gran cantidad de jales, generando riesgos para las personas o bienes aguas abajo. Incidentes de depósitos o presas durante su construcción son sólo considerados como fallas cuando grandes cantidades de agua o jales son involuntariamente liberados aguas abajo.
- Accidente: desviación al diseño u operación del depósito que se detectó con suficiente tiempo para impedir que se convirtiera en una falla mediante la aplicación de medidas correctivas inmediatas, permitiendo la continuidad de su operación.



**Figura 2.28. Accidentes por tipo de Depósito de Jales**

Del tipo de incidentes reportados, el 56% se trata de fallas en depósitos en operación, mientras que el 26% se trata de accidentes también en depósitos operando. En cuanto a las causas de los incidentes, independientemente de si se trata fallas o accidentes en depósitos activos o inactivos, el 24% se da por pendientes inestables, el 15% por desbordamientos y otro 15% por sismos; el porcentaje restante se distribuye en problemas de cimentaciones, filtraciones, estructurales, por erosión y hundimientos (subsistencia) de minas, además de las causas desconocidas y las no reportadas.

Teniendo en cuenta los conceptos que emplea la ICOLD, y siendo las fallas eventos de mayor gravedad y magnitud que los accidentes, la causa más frecuente de las fallas en depósitos de jales activos es la de las pendientes inestables, seguida de los desbordamientos. Por otra parte, de los accidentes en depósitos inactivos, las pendientes inestables son la primera causa de los incidentes, seguida de los problemas de cimentación de los bordos y filtraciones.

De la tabla adjunta en el Anexo 2.9 se extrajo la siguiente Tabla 2.23 para identificar a los eventos de accidentes en depósitos de tipo Aguas Arriba (US), para tener una referencia sobre incidentes en depósitos de jales como el que se pretende realizar en el presente Proyecto.

**Tabla 2.23. Accidentes, fallas y rompimientos en Depósitos de Jales de tipo Aguas Arriba**

No.	Mina/Proyecto y ubicación	Tipo de depósito	Material de relleno bordo	Altura bordo (m)	Volumen de almacenamiento (m³)	Tipo de incidente	Causa del incidente	Fecha de incidente	Jales liberados (m³)
4	Amatista, Nazca, Peru	US				1A	EQ	12/09/1994	300,000
7	Arcturus, Zimbawe	US	T	25	1.7-2.0 Mt	1A	OT	01/31/1978	39000 t
10	Bafokeng, Sudafrica	US	T	20	13,000,000	1A	SE	1974	3,000,000
12	Balka Chuficheva, Rusia	US	CST	25	27,000,000	1A	SI	01/20/1981	3,500,000
14	Barahona, Chile	US	CST	61	20,000,000	1A	EQ	10/01/1928	2,800,000
16	Bekovsky, Western Siberia	US	Argillita, aleurolita	53	52,000,000		NR	03/25/1987	ninguno
17	Bellavista, Chile	US	T	20	450,000	1A	EQ	03/28/1965	70,000
18	Berrien, Francia	US	R	9		1A	SE	1974	
27	Captains Flat Dump 6A, Australia	US	T			1A	SI	1939	
29	Casapalca	US	T	107		1A	EQ		
30	Casapalca, Peru	US	T	107		1A	ST		
31	Castle Dome, Arizona, USA	US	T			1A	SE		150,000
33	Cerro Negro No. 1,	US	T	46		2B	EQ	03/28/1965	
34	Cerro Negro No. 2,	US	T	46		2B	EQ	03/28/1965	
35	Cerro Negro No. 3,	US	T	20	500,000	1A	EQ	03/28/1965	85,000
36	Cerro Negro No. 4,	US	CST	40	2,000,000	1A	EQ	03/03/1985	500,000
37	Cerro Negro, near Santiago, Chile, 2	US	T			1A	ER	03/10/2003	80,000
41	Cobrex Mine, Chile, 2, 3, 4, 5	US	T			1B	OT	22/09/2002	8,000
42	Cobrex Mine, Chile	US	T			1B	OT	08/11/2002	4,500
44	Dashihe, China	US		37		2A	EQ	1976	
45	Deneen Mica Yancey County, North Carolina, USA	US	CST	18	300,000	1A	SI	06/01/1974	38,000
49	Earth Resources, N M,	US	T	21		1A	OT	1973	
50	El Cerrado, Chile	US	T	25		2B	EQ	03/28/1965	
53	El Cobre Old Dam,	US	T	35	4,250,000	1A	EQ	1965	1,900,000
54	El Cobre Small Dam,	US	T	26	985,000	2B	EQ	03/28/1965	
55	Fernandinho, nr Belo, Horizonte, Brasil	US	T	40		1A	SI		
57	Galena Mine, Idaho, USA	US	E	14		2A	ER	1972	



No.	Mina/Proyecto y ubicación	Tipo de depósito	Material de relleno bordo	Altura bordo (m)	Volumen de almacenamiento (m³)	Tipo de incidente	Causa del incidente	Fecha de incidente	Jales liberados (m³)
58	Galena Mine, Idaho, USA	US	MW	9		1A	OT	01/15/1974	3,800
59	GCOS, Alberta, Canada	US	T	61		2A	SI	1974	
66	Grootvlei, Sudafrica	US	T			1A	SI	1956	
68	Hierro Viejo, Chile	US	T	5		1A	EQ	03/28/1965	800
70	Hokkaido, Japon	US	T	12	300,000	1A	EQ	1968	90,000
71	Hollinger, Canada	US	T	15		1A	FN	1944	
72	Homestake, N. Mexico, USA	US	T	21		1A	ST	02/01/1977	30,000
73	IMC K-2, Saskatchewan, Canada	US	T	30		3-	NR	1968	
76	Iron Dyke, Sullivan Mine, Kimberley, BC, Canada	US		21		1A	SI	08/23/1991	
80	Jinduicheng, Shaanxi Province., China	US		40		1A	OT	04/30/1988	700,000
81	Kennecott, Garfield, Utah, USA	US	T			1A	SI	1941	
82	Kennecott, Utah, USA	US	T			1A	FN	1942	
85	Kimberley, BC, Canada	US	T			1A	SI	1948	1,100,000
90	La Patagua New Dam,	US	T	15		1A	EQ	03/28/1965	35,000
92	Los Maquis No. 1,	US	T	15		2B	EQ	03/28/1965	
93	Los Maquis No. 3,	US		15	43,000	1A	EQ	03/28/1965	21,000
94	Lower Indian Creek, MO,	US	E			2A	SI	1960	
96	Madjarevo, Bulgaria	US	T	40	3,000,000	1A	ST	abr-75	250,000
97	Maggie Pye, Reino Unido	US	T	18		1A	SI	1970	15,000
100	Marianna Mine #58, PA,	US	E	37	300,000	2A	SI	11/19/1986	
102	Merriespruit, nr Virginia, Sudáfrica, 2, 3	US	T	31	10Mt	1B	OT	02/22/1994	2.5Mt
103	Miami Copper, Arizona, USA	US	T			2A	SE		
105	Mike Horse, Montana, USA	US	T	18	750,000	1B	OT	1975	150,000
109	Mir, Bulgaria	US	T			1A	U	1966	
110	Mirolubovka, Southern Ucrania	US	E&T	32	80,000,000	2A	SI	01/15/1984	ninguno
113	Mochikoshi No. 1, Japon	US	T	28	480,000	1A	EQ	01/14/1978	80,000
114	Mochikoshi No. 2, Japon	US	T	19	480,000	1A	EQ	01/15/1978	3,000
125	PCS Rocanville, Saskatchewan, Canada	US	T	12		3-	NR	1975	
126	Phelps-Dodge, Tyrone, Nuevo Mexico, USA	US	CST	66		1A	SI	10/13/1980	2,000,000
130	Pit No. 2, Western	US	T	9		1A	SI	1977	
134	Ramayana No. 1, Chile	US	T	5		1A	EQ	03/28/1965	150
135	Ray Mine, Arizona, USA	US	T	52		1A	SI	12/02/1972	
136	Ray Mine, Arizona, USA	US	T	52		2A	SI	02/05/1973	
139	Royster, Florida, USA	US	T	21		1A	FN	1982	
144	Sauce No. 1, Chile	US	T	6		2A	EQ	03/28/1965	
145	Sauce No. 2, Chile	US	T	5		2B	EQ	03/28/1965	

No.	Mina/Proyecto y ubicación	Tipo de depósito	Material de relleno bordo	Altura bordo (m)	Volumen de almacenamiento (m³)	Tipo de incidente	Causa del incidente	Fecha de incidente	Jales liberados (m³)
146	Sauce No. 3, Chile	US		5		2B	EQ	03/28/1965	
147	Sauce No. 4, Chile	US	T	5		2B	EQ	03/28/1965	
148	Sgurigrad, Bulgaria	US	T	45	1,520,000	1A	SI	05/01/1996	220,000
151	Simmer and Jack, Sudáfrica	US	T			1A	SI	1937	
152	Soda Lake, California, USA	US	E	3		2A	EQ	10/17/1989	
154	Southwest US, USA	US	T			2A	SI		
156	St. Joe Lead, Flat Missouri, USA	US	T	15		1A	OT	1940	
157	Stancil, Maryland, USA	US	E	9	74,000	1A	SI	08/25/1989	38,000
158	Stava, Norte de Italia, 2, 3	US	CST	29	300,000	1A	SI	07/19/1985	190,000
165	TD 7, Chingola, Zambia	US	T&E	5		1A	OT	ago-93	100t
171	No identificado	US				1A	SI		
173	No identificado	US	T			2A	ST		
174	No identificado	US	MW			1A	SI		
175	No identificado	US	T			2A	SE		
176	No identificado	US				2A	SI		
180	No identificado, Arizona, USA	US	CST	18		2A	SE		
183	No identificado, Canaca, Mexico	US	T	46		1A	OT	1974	
189	No identificado, Hernando, County, Florida, USA	US	E	12	3,300,000	1A	OT	09/01/1988	4,600
194	No identificado, Mississippi, USA	US	T	15		1A	OT	1970	
195	No identificado, Mississippi, USA	US	T	20		2A	FN	1974	
202	No identificado, Sudáfrica	US	T			2A	FN		
203	No identificado, Sudáfrica	US	T			2A	SE		
204	No identificado, Sudáfrica	US	T			1A	SI		
205	No identificado, Southern USA	US	E	43	500,000	1A	SI	1973	170,000
206	No identificado, Texas, USA	US	T	16		1A	SE	1966	130,000
212	No identificado, USA	US	CST	60		2A	SI		
217	Union Carbide, Uravan, Colorado, USA	US	T	43		2A	SI	03/01/1979	
222	Veta de Agua No.	US	T	24	700,000	1A	EQ	03/03/1985	280,000
230	Xishimen, China	US	T	31		1A	SI	03-21-1987	2,230
231	Zlevoto No. 4, Yugoslavia	US	T	25	1,000,000	1A	SI	03/01/1976	300,000



#### Tipo de presa

**US** - Aguas arriba (upstream)  
**DS** - Aguas abajo (downstream)  
**CL** - Línea Central (centerline)  
**WR** - Retención de agua (water retention)  
**NR** - No reportado (not reported)

#### Material de relleno del bordo del depósito de jales

**T** - Jales (tailings)  
**CST** - Arenas de jales cicloneados (cycloned sand tailings)  
**MW** - Tepetate (mine waste)  
**E** - Tierra (earthfill)  
**R** - Roca (rockfill)

#### Tipo de incidente

**1A** - Falla, embalse activo  
**1B** - Falla, embalse inactivo  
**2A** - Accidente, embalse activo  
**2B** - Accidente, embalse inactivo  
**3** - Agua subterránea

#### Causa del incidente

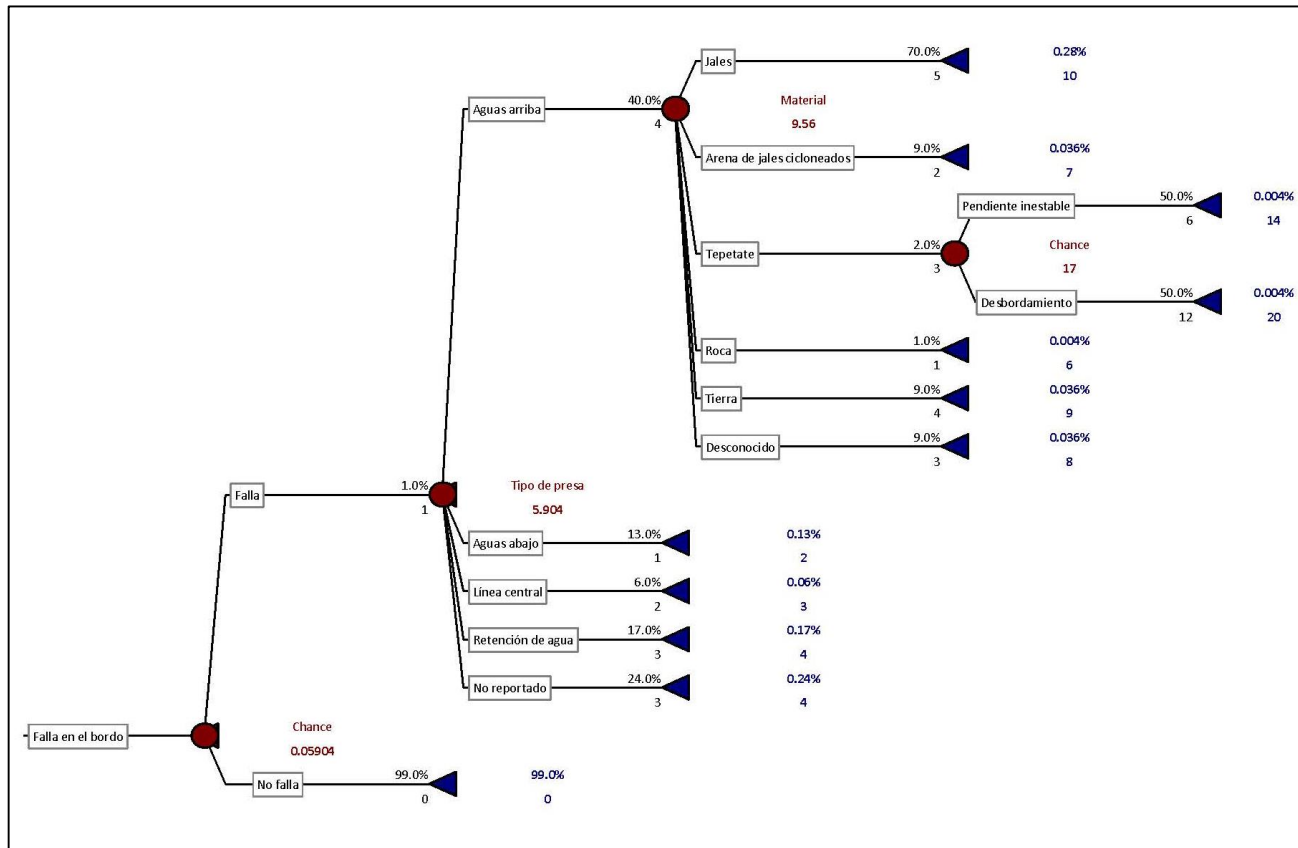
**SI** - pendiente inestable (slope instability)  
**SE** - filtración (seepage)  
**FN** - cimentación (foundation)  
**OT** - desbordamiento (overtopping)  
**ST** - estructural (structural)  
**EQ** - sísmico (earthquake)  
**MS** - hundimiento de mina (mine subsidence)  
**ER** - erosión (erosion)  
**U** - desconocido (unknown)  
**NR** - no reportado (not reported)

De los 93 incidentes que se presentaron en depósitos de jales construidos con el método aguas arriba, solo 2 ocurrieron en depósitos que utilizaron tepetate como material de relleno del bordo (incidentes No. 58 y 174), lo que representa solo el 0.86% que de todos los incidentes reportados en depósitos de jales al año 2001, y el 2.15% de los incidentes en depósitos construidos con el método aguas arriba. De ambos incidentes, solo uno cuenta con información específica: se trata de una falla de bordo de 9 m altura que ocurrió en un depósito en operación el 15 de enero de 1974, causada por un desbordamiento, liberando 3,800 m<sup>3</sup> de jales que alcanzaron a viajar 610 m aguas abajo.

Ahora bien, después de haber visto los casos históricos sobre depósitos de jales tanto de manera general como en específico en los depósitos de tipo aguas arriba, a continuación se presenta de manera sintetizada la probabilidad de ocurrencia mediante el denominado de Árbol de fallas. Para más detalles sobre este método, la base de datos empleada para construir el árbol, así como resultados, ver el Anexo 2.10.

Para la determinación de las probabilidades de falla en la cortina contenedora del Depósito de Jales San Carlos, se utilizó la metodología del árbol de fallas la cual permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él y calcular su probabilidad. Ésta consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo denominado suceso Top en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos. La construcción del árbol de fallas se realizó a partir de la Tabla presentada en el Anexo 2.9, donde se describen 231 eventos de fallas en depósitos de jales en diversos países (ICOLD, 2001).

El análisis mediante la metodología del árbol de fallas se resume de forma gráfica en la Figura 2.29. A partir de este árbol de fallas, se aprecia que la probabilidad de fallas y accidentes es baja para los depósitos de características similares al Depósito de Jales San Carlos. Asimismo, el riesgo por desbordamiento y pendiente inestable son los de mayor probabilidad de ocurrencia para un depósito construido por el método aguas arriba empleando como material constructivo el tepetate de mina, tal como es el caso del Proyecto, con un 50% de probabilidad cada uno; la diferencia radica en que el riesgo por pendiente inestable es más fácilmente detectable, por lo que el riesgo de mayor importancia para este Proyecto es el de un desbordamiento.



**Figura 2.29. Árbol de probabilidad de fallas**

No obstante, ambos eventos de mayor probabilidad en general, ven reducidas sus posibilidades de ocurrencia en el Depósito de Jales San Carlos, debido a que desde la etapa del diseño de ingeniería para el Proyecto se contempla como medida de seguridad adicional la berma de refuerzo, con el que se alcanza un mayor factor de seguridad, así como la consideración de los vertedores de demasías. Adicionalmente se establecerán procedimientos operativos y de supervisión para evitar que se sobrellene el depósito y se origine un desbordamiento.

Dado que el diseño del depósito consideró los lineamientos de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y los estudios previos del sitio, a partir de los cuales se desarrolló la ingeniería de detalle para garantizar la estabilidad del bordo, no se debe esperar una falla estructural del depósito, a menos que su construcción no haya atendido a los planos de ingeniería; pero para evitar que esto suceda, se establecerá un control topográfico especializado permanente durante la construcción de la obra. Generalmente las fallas estructurales se deben a la ausencia de un diseño adecuado a los requerimientos operativos y/o a las condiciones del sitio, además de incurrir en malas prácticas operativas, ausencia de mantenimiento y supervisión.

Considerando un remoto escenario de ocurrencia de una liberación masiva de jales, las áreas que se verían principalmente afectadas serían parcelas agrícolas y otras obras mineras de la propia Unidad Fresnillo; la trayectoria que seguirían los jales conforme a la topografía del sitio, sería paralela e incluso por el mismo cauce del Arroyo Prieto, y encontrarían una primera barrera de contención en el bordo de la Presa Plan Juárez, lo que en principio favorecería la aplicación de un



plan de emergencias efectivo, aun cuando no hay población civil en dicho trayecto que pudiera verse afectada de manera directa e inmediata.

Respecto a lo comentado en el párrafo anterior, Minera Fresnillo tiene instrumentado un Plan de Atención a Emergencias (clave FRE-PO-90-09) para contingencias en general, así como un Procedimiento para la Prevención de Emergencias en los Depósitos de Jales (clave FRE-PO-40-02), ambos integrados en el Anexo 2.11, ambos aplicables al Proyecto en cuestión, con los cuales se prevendrá y/o atenderá cualquier emergencia derivada del desarrollo del Proyecto, y especialmente las asociadas a la operación y mantenimiento del Depósito de Jales San Carlos.





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

En el presente Capítulo se presenta un análisis de los diferentes ordenamientos jurídicos en materia ambiental que se vinculan al desarrollo del Proyecto Depósito de Jales San Carlos. Para la elaboración del presente capítulo se han revisado los documentos relativos a las Leyes y Reglamentos, Federales y Estatales, en materia de regulación de equilibrio ecológico y protección al ambiente, así como los planes federales, estatal y municipal de desarrollo urbano, ordenamiento ecológico territorial y demás instrumentos de política ambiental aplicables o de interés para la región de estudio.

#### ***III.1 Información sectorial***

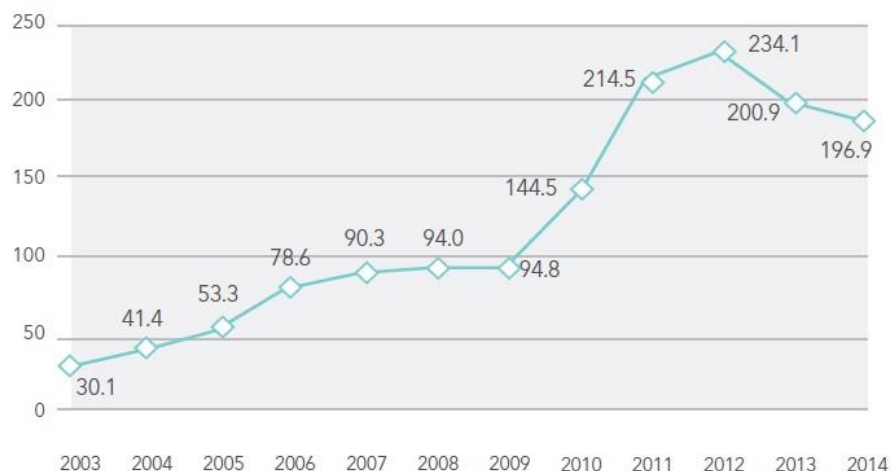
Durante casi una década, la minería mexicana fue protagonista de crecimientos altos y sostenidos, pero la caída en el precio de los metales y una mayor carga fiscal han originado una tendencia negativa a partir del año 2013 y en especial en el año 2014. La participación del sector minero-metalúrgico representó 8.9% del PIB Industrial y 3% del Producto Nacional, de acuerdo con datos del Sistema de Cuentas Nacionales 2008 del INEGI.

En el año 2014 la cotización del oro disminuyó 10% respecto a 2013; la de la plata se redujo 20%; el plomo 2.2%, el cobre cayó 6.4% y el fierro 28.5%. Las empresas mineras en el mundo respondieron a las desfavorables condiciones del mercado con una reducción en 2014 de 26% en el presupuesto de exploración de metales no ferrosos, en comparación con el año anterior y 48% abajo en comparación con el año 2012.

En México, el entorno global adverso se conjugó negativamente con una mayor carga fiscal derivada de la reforma que entró en vigor en 2014 y que incorporó nuevos derechos a la minería, lo que restó competitividad al sector y redujo inversiones, principalmente en el rubro de la exploración minera.

El valor de la producción minero-metalúrgica descendió por segundo año consecutivo, al alcanzar 196 mil 967 millones de pesos (Figura 3.1), un retroceso de 2%, de acuerdo con datos anualizados del INEGI. Esta baja se debe principalmente a la reducción en la producción del grupo de metales preciosos y al menor precio internacional de los metales. Este valor complementado con datos de los minerales no metálicos (no concesibles), alcanzó los 18 mil 684 millones de dólares, cifra inferior en 12.9% a la de 2013.

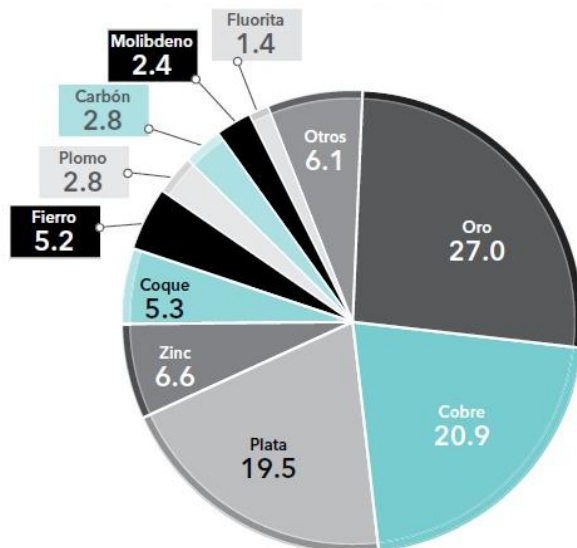
**VALOR DE LA PRODUCCIÓN MINERO-METALÚRGICA 2003-2014**  
(Miles de millones de pesos)



**Figura 3.1. Valor de la producción minero-metalúrgica 2003-2014 (INEGI)**

La industria minera mexicana se ha consolidado como uno de los sectores industriales que más divisas genera al país, durante 2014 alcanzó 17 mil 53 millones de dólares, ocupando la cuarta posición, sólo por debajo del sector automotriz, el electrónico y el petrolero.

Los volúmenes de producción de 15 productos minero-metalúrgicos disminuyeron, mientras 14 aumentaron. Pese a la caída en la producción, durante 2014 el oro se ubicó como el de mayor aportación al valor de la producción minero-metalúrgica (Figura 3.2) con 27% seguido del cobre, con 20.9%; la plata, con 19.5%, y el zinc, con 6.6%.



**Figura 3.2. Participación de los metales y minerales en el valor de la producción minero-metalúrgica 2014 (196,967 millones de pesos). Fuente: INEGI**

La inversión en exploración disminuyó por segundo año consecutivo para ubicarse en 856.4 millones de dólares, no obstante ser uno de los eslabones más importantes en la cadena de valor de la minería. De acuerdo con la Secretaría de Economía, de 803 proyectos mineros, 129 postergaron oficialmente sus planes de negocio.

Las cifras del empleo en el sector minero volvieron a mostrar desaceleración ya que apenas crecieron 2.5% en relación con 2013, es decir se crearon 8 mil 316 puestos nuevos en 2014 para alcanzar un total de 340 mil 817 plazas directas. Un número positivo pero menor al alcanzado en 2012 cuando se crearon 18 mil 833 nuevos empleos.

Las remuneraciones que perciben los empleados de la industria minera son 41% superiores al promedio nacional.

En el ámbito internacional nuestro país siguió perdiendo posiciones. El Fraser Institute de Canadá reportó que México cayó dos escaños y fue sustituido por Perú como el segundo lugar más atractivo para las inversiones mineras en América Latina. El primer lugar lo ocupa Chile.

Aunque la minería se distingue por ser una de las industrias más intensivas en inversión, el año pasado las compañías del sector operando en México destinaron 4 mil 948 millones de dólares en inversión total según la CAMIMEX (Figura 3.3), por debajo de los 6 mil 576 millones de dólares invertidos en 2013 y los 8 mil 43 millones de dólares de 2012.

Empresas afiliadas a Camimex	2014*	2015**
Exploración	513.1	493.4
Expansión de proyectos	339.5	459.9
Nuevos proyectos	1,360.4	1,516.0
Capacitación y productividad	75.7	95.3
Adquisición de equipo	622.7	669.7
Medio ambiente	88.1	236.1
Seguridad y salud en el trabajo	70.9	73.9
Seguridad Patrimonial	57.5	47.2
Desarrollo comunitario	41.9	41.5
Energías limpias	18.9	40.7
Apoyo a comunidades	39.9	44.1
Mantenimiento	444.9	571.9
Otros	492.8	538.0
Subtotal	4,166.3	4,827.7
<b>No socios</b>		
Exploración	343.3	180.0
Activos	438.1	450.0
Subtotal	781.4	630.0
<b>Total Minería</b>	<b>4,947.7</b>	<b>5,457.7</b>

Cifras en millones de dólares      \*Cifras reales      \*\*Cifras proyectadas

**Figura 3.3. Inversión para el sector minero 2014-2015**



La Inversión Extranjera Directa en minería en México, de acuerdo con datos de la Secretaría de Economía, de enero a diciembre de 2014 ascendió a 2 mil 117 millones de dólares, una baja de 59% respecto a 2013.

En el Indicador de Régimen Fiscal del Fraser Institute, el retroceso en 2014 fue de 32 posiciones que junto con el retroceso de 50 posiciones del 2013 lo coloca en la posición 103 de 122 jurisdicciones y consecuentemente como uno de los países menos atractivos para invertir en minería. La Encuesta sobre Expectativas Económicas que realiza el Banco de México mostró la preocupación generalizada por la inseguridad, uno de los factores que frenan el crecimiento del sector.

Al cierre de 2014, la minería pagó por concepto de Impuesto Sobre la Renta 33 mil 826 millones de pesos, cifra 34.8% superior a la de 2013.

### ***III.2 Vinculación con las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo de la región***

#### **III.2.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018**

El Plan Nacional de Desarrollo es el documento donde se manifiesta de forma general y coordinada, metas, estrategias, objetivos y líneas de acción. El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, se basa en cinco metas nacionales, las cuales son:

- I. México en paz;
- II. México incluyente;
- III. México con educación de calidad;
- IV. México próspero; y
- V. México con responsabilidad global.

El resultado de estas cinco metas tiene como fin lograr el objetivo principal de llevar a México a su máximo potencial.

El proyecto Depósito de Jales San Carlos, se encuentra afín con las metas México incluyente y México Próspero cuyos objetivos/estrategias son los siguientes:

- Estrategia 4.2.5. Promover la participación del sector privado en el desarrollo de infraestructura, articulando la participación de los gobiernos estatales y municipales para impulsar proyectos de alto beneficio social, que contribuyan a incrementar la cobertura y calidad de la infraestructura necesaria para elevar la productividad de la economía.
- Estrategia 4.2.5. Promover la participación del sector privado en el desarrollo de infraestructura, articulando la participación de los gobiernos estatales y municipales para impulsar proyectos de alto beneficio social, que contribuyan a incrementar la cobertura y calidad de la infraestructura necesaria para elevar la productividad de la economía.
- Objetivo 4.4. Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.
- Estrategia 4.4.1. Implementar una política integral de desarrollo que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios para la sociedad



- Estrategia 4.8.1. Reactivar una política de fomento económico enfocada en incrementar la productividad de los sectores dinámicos y tradicionales de la economía mexicana, de manera regional y sectorialmente equilibrada
- Estrategia 4.8.2. Promover mayores niveles de inversión y competitividad en el sector minero

Es importante aclarar que el PND no es un instrumento vinculante que restrinja la actividad pretendida, sin embargo, aun cuando el Proyecto no incrementará por sí mismo la infraestructura existente en el municipio Zacatecas, si será un proyecto de alto beneficio social, ya que contribuirá a dar continuidad a las operaciones de minado que se llevan a cabo en la mina subterránea, alargando así la vida productiva de la mina y manteniendo una gran cantidad de empleos directos existentes. Todo esto se desarrollará dentro de los lineamientos y políticas de sustentabilidad de Minera Fresnillo, S.A. de C. V., con las que todo el personal, desde la alta gerencia, está comprometido.

Además, el Proyecto no contraviene con los objetivos y/o estrategias presentados anteriormente, por el contrario contribuye directamente a la estrategia 4.8.2 ya que representa un incremento en la inversión del sector minero, y aunque se pretende la construcción de un Depósito de Jales y no a la apertura de una nueva mina como tal, esto contribuirá y se fundamentará en la sustentabilidad ambiental con beneficios económicos y sociales.

### **III.2.2 Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 del Estado de Zacatecas (PED)**

El Plan Estatal es un documento rector donde manifiesta de forma general y coordinada, lineamientos, prioridades, objetivos, estrategias de acción y financiamiento. El Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2011-2016 se basa en cinco temas fundamentales para el desarrollo del estado, los cuales son: Zacatecas Seguro, Zacatecas Unido, Zacatecas Productivo, Zacatecas Moderno y Zacatecas Justo, el cumplimiento de estos temas tiene como objetivo final el desarrollo humano sustentable.

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos se encuentra afín con el eje denominado “Zacatecas Productivo”, cuyo objetivo principal dentro del sector minero, es “Incrementar la actividad minera de manera integral, bajo esquemas que garanticen tanto el mayor beneficio económico para el estado, como la preservación del entorno ecológico y la salud de las personas que habitan en la cercanía de las explotaciones mineras”.

A continuación se presenta la estrategia de “Crecimiento sustentable de la actividad minera”, la cual se encuentra caracterizada por varias líneas de acción:

1. Apoyo a los estudios de prospección minera, para actualizar el conocimiento sobre el potencial minero del estado.
2. Exploración del potencial de minerales no explotados como el litio.
3. Apoyo a la minería no metálica, especialmente al aprovechamiento de bancos ubicados en zonas rurales de alta marginación.
4. Realización de una mayor difusión de los productos y servicios a la minería, entre los micro, pequeños y medianos mineros para la agilización de trámites





5. Realización de un estudio por distrito minero para determinar la viabilidad de planear una planta de beneficio para determinada región, de manera que pueda brindar el servicio a un grupo pequeños mineros por distrito.
6. Creación de los canales de comercialización de concentrados apropiados a la pequeña y mediana minería para evitar monopolios.

Otra de las estrategias planteadas en el PED y que concuerdan con el Proyecto Depósito de Jales San Carlos, va en dirección de los daños ambientales ocasionados por el sector minero y la reducción de los mismos, que pudieran en un momento dado dañar la salud de las personas si no se toman las medidas correspondientes en su momento. A continuación se presentan algunas líneas de acción consideradas en el PED:

7. Elaboración de estudios sobre el impacto ambiental y de salud, en las principales zonas mineras del estado, para la formulación de acciones correctivas y preventivas.
8. Apoyo a la micro y pequeña minería en la adopción de equipo y tecnologías para reducir el impacto ambiental de su actividad.
9. Supervisión y agilización de los tramites ambientales y buscando un trato diferenciado entre las grandes y pequeñas empresas mineras.
10. Prevención de que la mancha urbana no invada los fundos mineros.

Minera Fresnillo se ha caracterizado por la incorporación de mejores prácticas de responsabilidad social; para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos se pretende la continuación de la producción, manteniendo los empleos existentes además de la generación directa de empleos, así como los beneficios hacia la comunidad y el uso sustentable de los recursos naturales, lo cual va acorde al PED 2011-2016.

### **III.2.3 Plan de Desarrollo Municipal 2014-2016 del Municipio de Fresnillo (PDM)**

El Plan de Desarrollo Municipal 2014-2016, “habrá de ser el instrumento que oriente los esfuerzos del gobierno municipal para enfrentar los retos de manera proactiva y aprovechar el gran potencial histórico del mineral siendo un referente obligado para trabajar juntos, sociedad y gobierno, en las estrategias de cambio que se requieren para lograr hacer de Fresnillo el Municipio seguro y próspero al que aspiramos”.

Dentro del PDM, existen los siguientes objetivos:

1. Gestionar una administración municipal con responsabilidad social, bajo los principios de eficiencia, eficacia y transparencia, con procesos y procedimientos estandarizados directamente y en concurrencia, complementariedad y coordinación con todas las instituciones y/o secretarías, en los términos que defina la ley.
2. Planificar y orientar el desarrollo social y ambiental del Municipio, de conformidad con la ley y en coordinación con el Estado y la Federación, de manera que permita elevar la calidad de vida de los Fresnillenses.
3. Promover los mecanismos necesarios para que Fresnillo sea un Municipio seguro, con sistemas adecuados de protección de la vida y bienes de las ciudadanas y los ciudadanos,



además de la prevención de riesgos y protección en caso de desastres naturales o humanos, en base a mecanismos que incluyan la participación social.

4. Promover e incentivar la participación de la sociedad organizada en el mejoramiento social, cultural y deportivo de sus habitantes.
5. Impulsar el desarrollo económico a partir del mejoramiento de la competitividad y productividad, facilitando la instalación de actividades productivas que generen mejores empleos.
6. Fortalecer la calidad y cobertura de los servicios públicos municipales basado en sistemas de gestión de calidad.
7. Mejorar hacia la eficiencia, transparencia y rendición de cuentas de las acciones de gobierno.

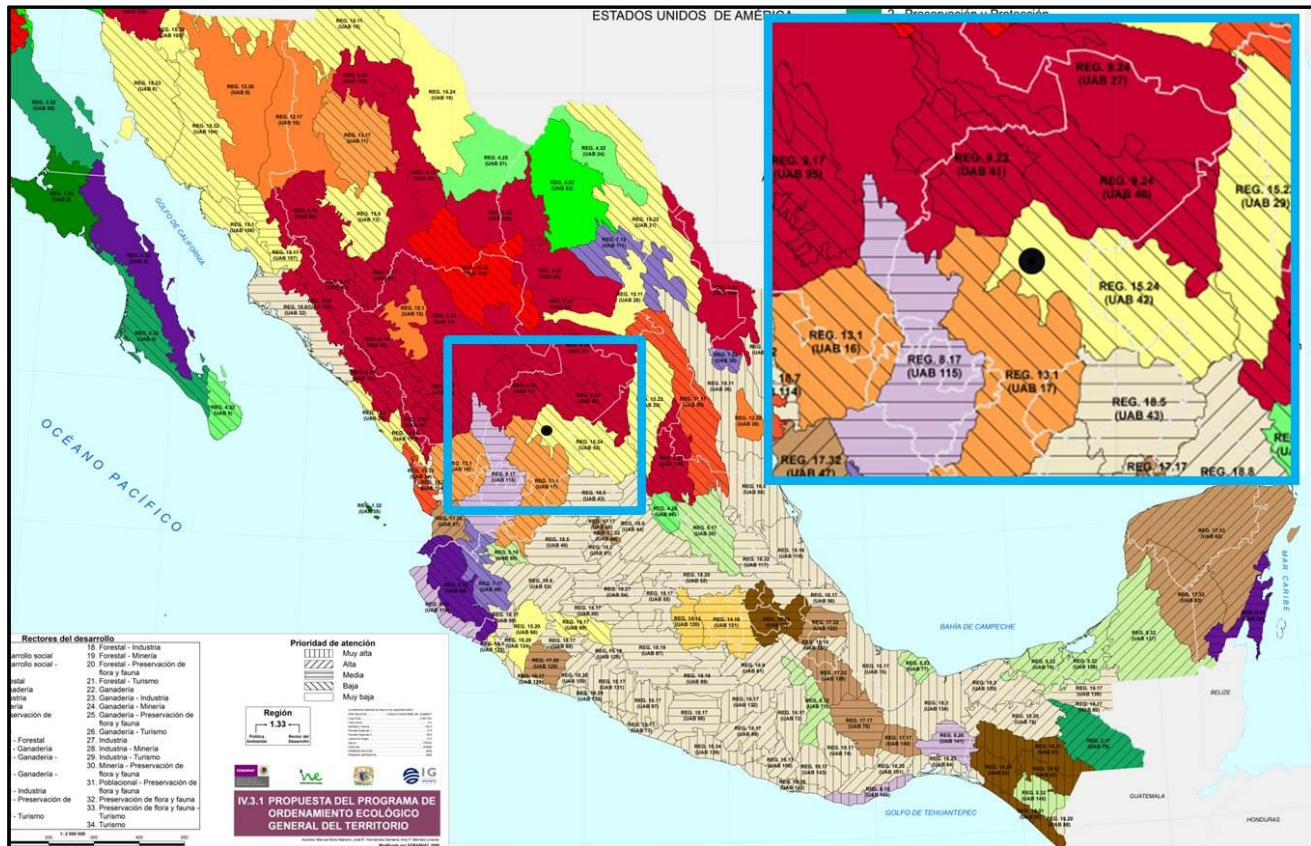
Además, el PDM cuenta con una serie de ejes, estrategias y líneas de acción: Fresnillo Seguro, Fresnillo Incluyente, Fresnillo con Educación de calidad, Fresnillo Próspero, Fresnillo un Gobierno a tu Servicio; mediante las cuales se pretenden cumplir los objetivos planteados.

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos se encuentra a fin al cuarto eje Fresnillo Próspero, específicamente en la estrategia de Desarrollo económico, a través de la línea de acción Atracción de inversiones cuyo objetivo tiene: “Implementar una estrategia integral con el fin de atraer inversiones productivas, conscientes del medio ambiente, que generen empleos dignos y posicionen a Fresnillo como un Municipio competitivo a nivel nacional e internacional”.

### **III.2.4 Programa de Ordenamiento Ecológico**

En el Estado de Zacatecas no se cuenta con un programa de ordenamiento ecológico decretado y reconocido por la SEMARNAT; así, tampoco en el municipio de Fresnillo, donde se pretende desarrollar el proyecto, existe ordenamiento ecológico alguno. Es así que se toma de referencia el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), que tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. No obstante, por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales.

El sitio del proyecto se localiza en la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) número 42, denominada Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (Figura 3.4) en la Región Ecológica con clave 15.24, que indica que tiene por política ambiental el Aprovechamiento Sustentables y Restauración y que el sector rector del desarrollo es la Ganadería y Minería, mientras la agricultura y preservación de flora y fauna aparecen como coadyuvante del desarrollo. La información de la UAB se presenta en la Tabla 3.1.



**Figura 3.4. Proyecto Depósito de Jales San Carlos dentro del Modelo de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (MOEGT)**

**Tabla 3.1. Localización del proyecto dentro del POEGT**

<b>Unidad Ambiental Biofísica</b>	42. Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecas
<b>Política Ambiental</b>	Aprovechamiento Sustentable y Restauración
<b>Estado del Medio Ambiente (2008)</b>	Medianamente estable a Inestable. -Conflicto Sectorial Bajo. -Muy baja superficie de ANP's. Baja degradación de los Suelos. Alta degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Media. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Muy baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación y Agrícola. Con disponibilidad de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 39.6. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Muy alto porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola con fines comerciales. Alta importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.
<b>Escenario al 2033</b>	Inestable
<b>Prioridad de atención</b>	Baja
<b>Rectores del desarrollo</b>	Ganadería - Minería
<b>Coadyuvantes de desarrollo</b>	Agricultura - Preservación de flora y fauna
<b>Asociados del desarrollo</b>	Desarrollo Social
<b>Otros sectores de interés</b>	Pueblos Indígenas

<b>Estrategias</b>	
<b>Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio</b>	
<b>A) Preservación</b>	1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad. 2. Recuperación de especies en riesgo. 3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.
<b>B) Aprovechamiento sustentable</b>	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.
<b>C) Protección de los recursos naturales</b>	12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
<b>D) Restauración</b>	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.
<b>E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios</b>	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. 15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.
<b>Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana</b>	
<b>A) Suelo Urbano y Vivienda</b>	24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.
<b>B) Zonas de riesgo y prevención de contingencias</b>	25. Prevenir / atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil. 26. Promover la reducción de la vulnerabilidad física.
<b>C) Agua y Saneamiento</b>	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. 28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.
<b>D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional</b>	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.
<b>E) Desarrollo Social</b>	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos. 36. Promover la diversificación de actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas para personas en condición pobreza. 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación. 41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.
<b>Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional</b>	
<b>A) Marco Jurídico</b>	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
<b>B) Planeación del Ordenamiento Territorial</b>	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.



Como se indicó anteriormente, el POEGT no es un instrumento vinculante con el cual se pueda regular, autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales; sin embargo, el proyecto Unidad Minera San Julián no se contrapone a la política ambiental decretada para el sitio; por el contrario, es una actividad propia de uno de los rectores del desarrollo en la Unidad Ambiental Biofísica en el que se encuentra inmerso, dentro del marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras.

### **III.2.5 Áreas de protección y conservación de recursos**

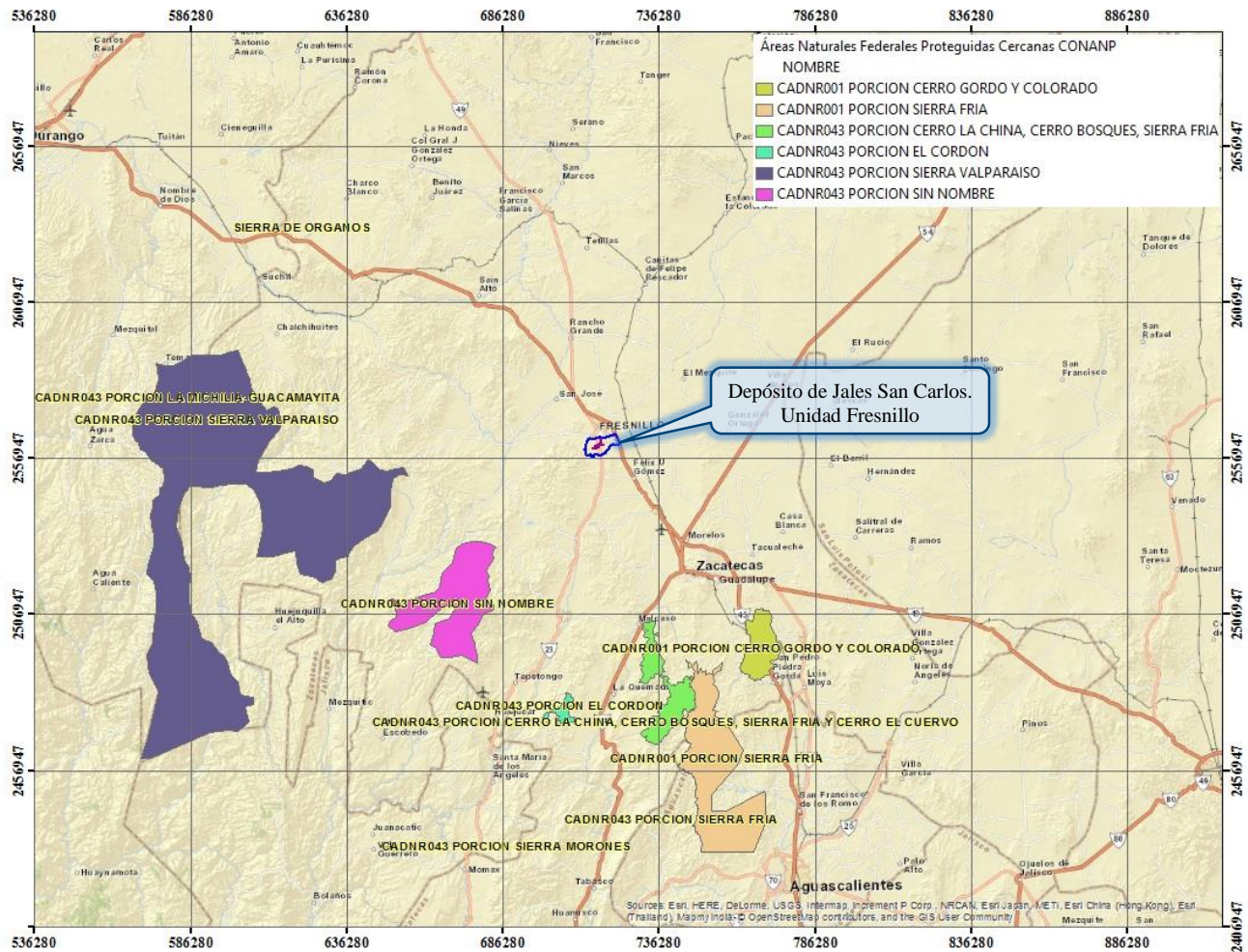
#### *Áreas Naturales Protegidas*

De conformidad con el Artículo 45 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la zona donde se asienta la Unidad Fresnillo (zona donde se pretende el Depósito de Jales San Carlos) no puede decretarse como un área natural protegida, ya que dicho artículo señala que el establecimiento de las áreas naturales protegidas tiene por objeto preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos ecológicos. Por lo tanto la Unidad Fresnillo por no ser un ambiente natural representativo o un ecosistema frágil no es sujeta de decretarse como área natural protegida.

No obstante, se realizó una consulta al listado del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, para confirmar que la zona de la Unidad Fresnillo, dentro de la cual se pretende el desarrollo del proyecto Depósito de Jales San Carlos, no tuviera incidencia sobre alguna área Estatal (Figura 3.5), Federal (Figura 3.6) o Municipal dentro de dicho listado o en una zona en proyecto de establecerse como tal. Así mismo, se realizó un análisis espacial en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), de la SEMARNAT, para corroborar que el sitio donde se asienta el Proyecto tampoco se encuentra total o parcialmente dentro de una región prioritaria para la conservación de recursos (Terrestre [RTP], Hidrológica [RHP] o Área de Importancia para la Conservación de las Aves [AICA]).







**Figura 3.6. Sistema Ambiental del proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas, Federales (CONANP)**

### *Regiones Prioritarias (CONABIO)*

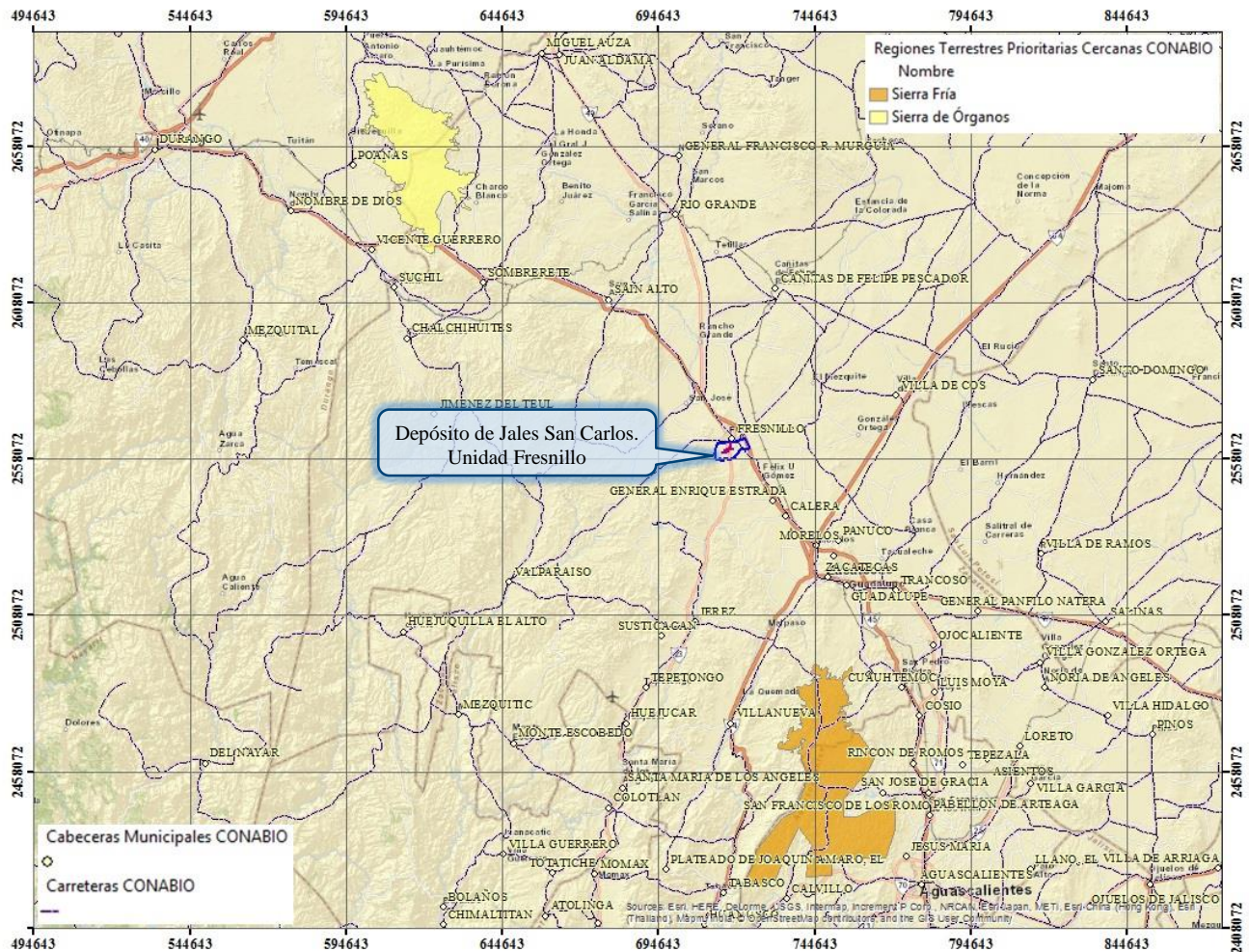
Tal como es descrito por la propia Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se impulsó un programa de identificación de regiones prioritarias para la biodiversidad, considerando los ámbitos terrestres (regiones terrestres prioritarias), marino (regiones prioritarias marinas) y acuático epicontinental (regiones hidrológicas prioritarias), con el fin de optimizar los recursos financieros, institucionales y humanos en materia de conocimiento de la biodiversidad en México. Para ello, mediante sendos talleres de especialistas, se definieron las áreas de mayor relevancia en cuanto a riqueza de especies, presencia de organismos endémicos, y áreas con un mayor nivel de integridad ecológica, así como aquéllas con mayores posibilidades de conservación en función de aspectos sociales, económicos y ecológicos. A través de este marco de planeación regional, la CONABIO pretende orientar los esfuerzos de investigación que optimicen el conocimiento de la biodiversidad en México (Portal CONABIO, Regionalización 2008).



En este contexto, las regiones prioritarias no son ordenamientos vinculatorios con base en los cuales se pueda restringir o negar un proyecto en materia de impacto ambiental. Sin embargo, como referencia para la descripción del entorno ambiental que envuelve al proyecto, se presentan a continuación las áreas prioritarias más cercanas al Sistema Ambiental delimitado para el Proyecto.

Dentro del Sistema Ambiental del Proyecto no se localiza ninguna Región Terrestre Prioritaria, la más cercana es la RTP Sierra Fría, ubicada a poco menos de 30 km en línea recta y en dirección al Sur (Figura 3.7).

Debido a la distancia que existe entre el proyecto y la región terrestre prioritaria más cercana, no se estima que la integridad de ninguno de los componentes de esta y ningún otra RTP pueda verse comprometida o amenazada por el desarrollo de las obras y actividades que se plantean.



**Figura 3.7. Localización del proyecto respecto a las RTP**

En lo que respecta a las Regiones Hidrológicas Prioritarias, ocurre el mismo caso que con las RTP. El Sistema Ambiental no se localiza sobre ninguna RHP, las más cercanas son la denominada Río Calvillo ubicada aproximadamente a 20 km en línea recta y dirección Sureste, y la denominada



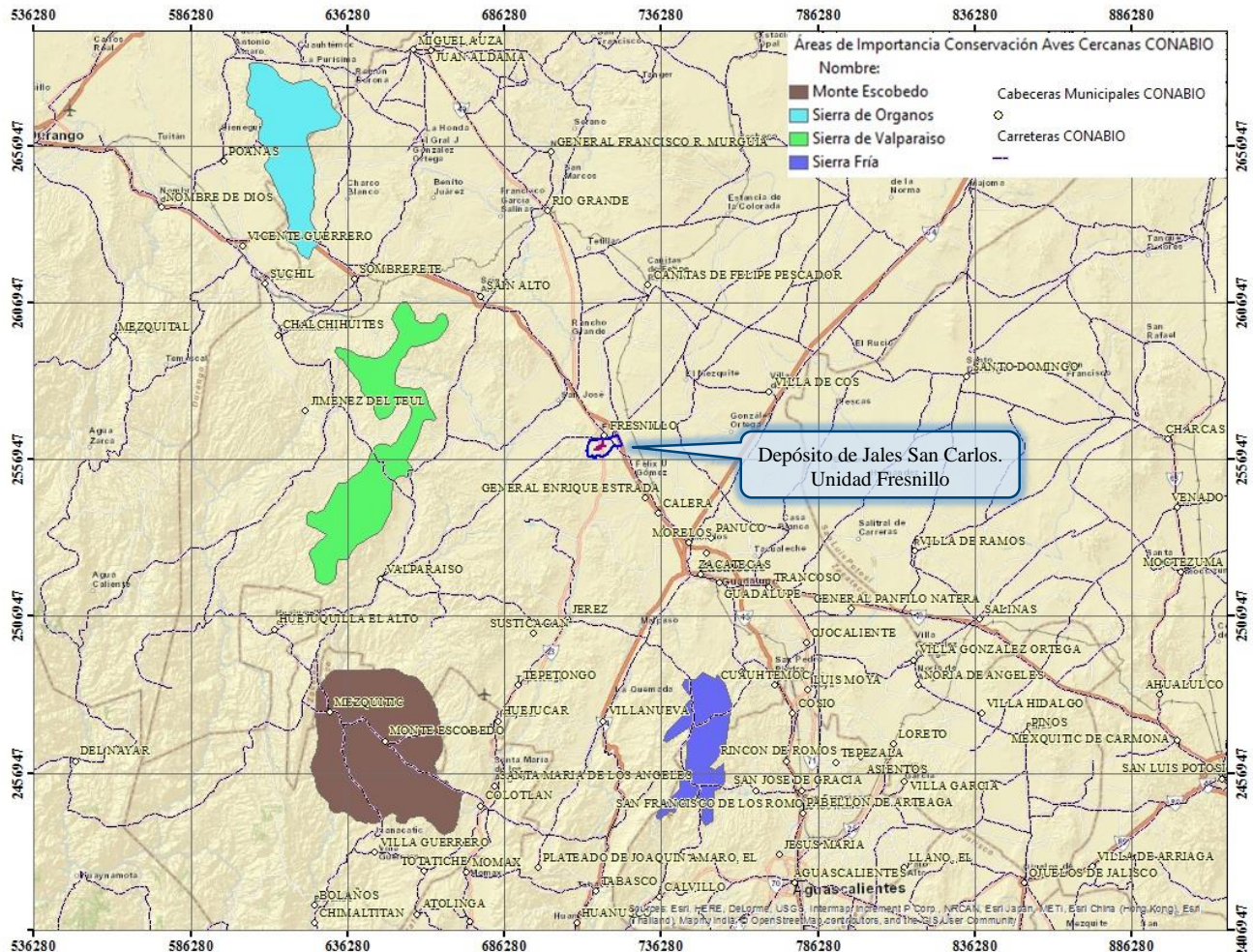




un número considerable de especies endémicas y/o contar con poblaciones o formar parte del rango de distribución natural de una o más especies comprometidas en cuanto a su conservación, así como por guardar una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación.

En la Figura 3.9 se observa que el Sistema Ambiental delimitado para el Proyecto no se traslapa a ninguna AICA siendo la más cercana la llamada Sierra de Valparaíso, localizada al Oeste del SA.

No se estima que ninguna de estas AICAS pueda verse afectada por el desarrollo de actividades y obras, aun así será imprescindible que el proyecto haga observancia de todas las medidas preventivas, de mitigación y de compensación que se presenten en el capítulo VI de este documento.



**Figura 3.9. Localización del proyecto respecto a las AICA**



### III.3 Ordenamientos jurídicos en materia de impacto ambiental

En la Tabla 3.2 se presenta un extracto de los ordenamientos jurídicos que fundamentan la elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental para evaluación del proyecto Depósito de Jales San Carlos.

**Tabla 3.2. Ordenamientos jurídicos en materia de impacto ambiental**

Criterio	Vinculación con el proyecto
<b>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)</b>	
Art. 15, IV.- que quien realice obras o actividades que afecten o dañen el ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como asumir los costos que dicha alteración involucre. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales	Se pretende el aprovechamiento sustentable de los recursos minerales en el sitio del proyecto, para lo cual se aplicarán las medidas preventivas, de mitigación y compensación ambiental propuestas en el cap. VI, para minimizar los impactos que de él deriven
Art. 28.- (...) quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: III.- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear	Las actividades del proyecto Depósito de Jales San Carlos entran en los supuestos de la fracción III del artículo 28, en cuanto a que pretenden la construcción de un depósito de jales para continuar con la explotación y beneficio de minerales. Es así que requiere autorización previa en materia de impacto ambiental para su ejecución, misma que se tramita a través de la presente Manifestación de Impacto Ambiental
Art. 110.- Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico	Durante las diferentes etapas del proyecto en donde se utilicen fuentes fijas o móviles que puedan emitir contaminantes a la atmósfera, se implementarán medidas de prevención y mitigación para dicho impacto; como el riego de caminos o áreas de tránsito por ejemplo.
<b>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (RLGEEPA-EIA)</b>	
Art. 5.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: L) EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN: ...III. Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales, excluyendo las plantas de beneficio que no utilicen sustancias consideradas como peligrosas y el relleno hidráulico de obras mineras subterráneas.	El proyecto es acerca de la construcción de un depósito de jales, lo cual es totalmente vinculante con este artículo y por lo tanto se requiere la elaboración y presentación de la manifestación de impacto ambiental presente.
Art. 9.- La Información que contenga la MIA deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.  La Secretaría proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la MIA de acuerdo al tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo.	La presente manifestación de impacto ambiental identifica los aspectos más relevantes del proyecto y su vinculación con los componentes ambientales en el sitio donde pretende desarrollarse.  Asimismo, fue elaborada conforme a la guía para la presentación de la MIA modalidad particular del sector minero, que incluye la información requerida en el Artículo 12 del RLGEEPA-EIA



Criterio	Vinculación con el proyecto
Los artículos 19 al 22, 24, y 26 al 28, detallan el procedimiento de evaluación de los proyectos en materia de impacto ambiental, descrito de forma general en la LGEEPA. Para la emisión del resolutivo correspondiente, los artículos 44 al 50 exponen las consideraciones que deberán seguirse por parte de la SEMARNAT y por parte de la promotora.	Tanto Minera Fresnillo S.A. de C.V. como Natural Environment S.C. observarán y seguirán el proceso de evaluación de la MIA para su resolución conforme a lo establecido en la LGEEPA y su reglamento
Art. 51.- La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. Los artículos 52 y 53 también hacen referencia a los seguros y garantías.	En caso de que SEMARNAT solicite una fianza o contratación de un seguro ambiental, Minera Fresnillo S.A. de C.V. realizará las garantías que procedan

En virtud de que la SEMARNAT ejerce las atribuciones que le otorgan diversas disposiciones legales, además de la LGEEPA y su reglamento, como referencia en la Tabla 3.3 se presenta una lista de otros ordenamientos aplicables al proyecto, que no necesariamente motivan o fundamentan la evaluación de impacto ambiental.

**Tabla 3.3. Vinculación con Ordenamientos Jurídicos**

Otras Leyes que rigen al Proyecto
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su reglamento</li> <li>• Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento</li> <li>• Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) y su Reglamento</li> <li>• Ley Minera</li> <li>• Ley General de Vida Silvestre</li> <li>• Diversos Reglamentos de la LGEEPA</li> <li>• Acuerdos Internacionales y Decretos en materia de Desarrollo Sustentable y Medio ambiente suscritos por México</li> </ul>

Al Proyecto, por situarse en territorio nacional, le rigen todas las Leyes vigentes, sin importar el rubro o sector al que se refieran; sin exclusión de alguna de ella, se deberá cumplir con los lineamientos estipulados aplicables al Proyecto.

No es objetivo de este trabajo hacer una recapitulación puntual de la vinculación de cada una de ellas, cumpliendo con el alcance de este documento el listarlas y reconocerlas como vinculantes al Proyecto.

#### **III.4 Normas Oficiales Mexicanas**

Las Normas Oficiales Mexicanas que se relacionan con el desarrollo del proyecto Depósito de Jales San Carlos, y cuya aplicación compete a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se presentan en la Tabla 3.4, donde se pone en manifiesto su objetivo y la manera en que se vinculan.

**Tabla 3.4. Normatividad Ambiental aplicable**

Aspecto Ambiental	NOM	¿Qué establece?	Vinculación con el proyecto
Agua	NOM-001-SEMARNAT-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales	El Proyecto por sí mismo no generará aguas residuales. Durante la preparación del sitio se colocarán en el predio letrinas portátiles, cuyo mantenimiento será responsabilidad de la empresa contratista. Además, de acuerdo a la NOM-141 los muestreos de calidad del agua superficial serán comparados con los LMP de esta NOM-001. Se tomará como base la calidad del agua que sea monitoreada aguas arriba de la presa de jales
Residuos	NOM-052-SEMARNAT-2005	Características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente	Durante las diferentes etapas del proyecto se generarán diversos tipos de residuos que se deberán identificar y clasificar por sus características de peligrosidad de acuerdo a esta Norma
	NOM-054-SEMARNAT-1993	Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005	Se deberá atender el procedimiento descrito en esta Norma cuando no se tengan completamente identificadas las características de los residuos generados, para determinar si son incompatibles, en cuyo caso deberán manejarse con especial cuidado
Contaminación Atmosférica	NOM-041-SEMARNAT-1999	Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible	Aun cuando el campo de aplicación de la NOM excluye a la maquinaria dedicada a la industria minera, aplica para la flotilla de vehículos del personal que laborará en el proyecto. Mediante el adecuado mantenimiento preventivo y correctivo que se aplicará a los vehículos se deberá cumplir con los niveles establecidos
	NOM-045-SEMARNAT-2006	Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición	Aun cuando el campo de aplicación de la NOM excluye a la maquinaria dedicada a la industria minera, aplica en caso de que alguno de los vehículos del personal utilice diésel, o en caso de utilizar pipas para el riego de caminos. Mediante el adecuado mantenimiento preventivo y correctivo que se les aplicará, se cumplirá con los niveles establecidos

Aspecto Ambiental	NOM	¿Qué establece?	Vinculación con el proyecto
Ruido	NOM-080-SEMARNAT-1994	Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición	No se espera rebasar ninguno de estos límites, sin embargo los vehículos y maquinaria de obra deberán estar sometidos a un mantenimiento que asegure su correcto funcionamiento y evite que los niveles de ruido excedan el máximo permisible
Flora y Fauna	NOM-059-SEMARNAT-2010	Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo	El proyecto tomará mayores medidas de prevención de daños sobre los recursos naturales de las especies enlistadas en esta Norma, identificadas en el Capítulo IV del presente documento. Estas medidas están descritas en el Capítulo VI
Suelo	NOM-138-SEMARNAT/SS-2003	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación	Se tomarán medidas para prevenir derrames de hidrocarburos, pero si se presenta un derrame que exceda los límites de la NOM, se seguirá un proceso de remediación de suelos conforme a esta NOM, que evite poner en peligro la integridad del ecosistema
Minería	NOM-141-SEMARNAT-2003	Establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post-operación de presas de jales	El proyecto se trata de la construcción de un Depósito de Jales, cuyo estudio de factibilidad y diseño fue desarrollado con base en los criterios establecidos en esta Norma. Más detalles de la vinculación con esta Norma se presentan en el apartado III.5 así como en el Anexo 3.1

### ***III.5 Vinculación detallada del Proyecto con la NOM-141-SEMARNAT-2003 y cumplimiento a criterios de diseño y seguridad***

El diseño y la ingeniería de detalle del Proyecto Depósito de Jales San Carlos se desarrollaron con base en los lineamientos plasmados en la NOM-141-SEMARNAT-2003 (NOM-141), que además establecer el procedimiento para caracterizar los jales, dicta especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, construcción, operación y postoperación de presas de jales.

Cabe recordar que el término “Presas de Jales” es el mencionado por la NOM-141, pero en lugar de ello, por política de Minera Fresnillo PLC, respaldada a nivel corporativo, la obra para disposición final de las colas del proceso de beneficio en la Unidad Fresnillo es denominada “Depósito de Jales”, cómo se ha manejado y se seguirá mencionando a lo largo de este documento.



El motivo de esto es para evitar confusiones de tipo técnicas, pero sobretodo administrativas y legales respecto a los trámites y las competencias de las autoridades correspondientes.

Para verificar la vinculación y el nivel de cumplimiento normativo que tiene el Depósito de Jales San Carlos, se realizó un análisis puntual de los lineamientos marcados en la NOM-141 y la información con la que se cuenta para validar su cumplimiento. En el Anexo 3.1 de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se encuentra una tabla con la vinculación a detalle, describiendo los 90 puntos que resultaron de desintegrar los párrafos de la NOM-141 en lineamientos individuales, así como su aplicación al Proyecto y el estado de los lineamientos o información que valida el cumplimiento y/o da certeza de la vinculación justificada. Varios de los lineamientos no son aplicables al Proyecto, pero el resto de los lineamientos han sido cubiertos satisfactoriamente.

En resumen, los puntos principales de la norma que se aplicaron desde el diseño del Depósito de Jales San Carlos, con base en las condiciones naturales de la zona del proyecto, su topografía, clima, diseño, y de acuerdo al Anexo Normativo 3 de la NOM-141, son:

**Tabla 3.5. Principales características del Depósito de Jales San Carlos vinculadas a la NOM-141**

Topografía del terreno	Plano
Hidrología de la zona	Húmeda (lluviosa)
Sismicidad de la Región	Penesísmica
Método Constructivo	Aguas arriba - Espiga
Análisis de Estabilidad	Estático y sísmico
Instrumentación (Monitoreo)	Piezómetros y pozos de monitoreo
Sistema de recuperación de agua	Alcantarilla: conducto circular
Clasificación	Grupo III, subgrupo y categoría 23

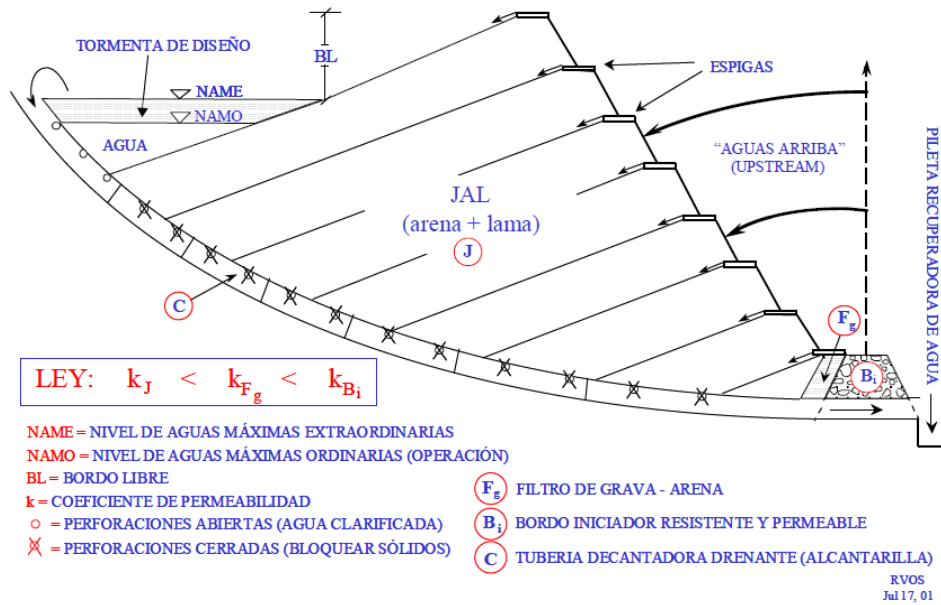
Grupo	Subgrupo	Categoría	Topografía			Hidrología			Sismicidad			Método Constructivo										Análisis de estabilidad					Monitoreo				Sistema Decantador Drenante			
			Terreno			Zona			Zona																									
			M	L	P	C	H	S	S	P	A	Cs	↑Ac	↑Ac	↓Ac	↓Ac	↓Ac	↓Ac	↓Ac	↓Ac	↓Ac	Ec	Et	Pe	St	So	P	I	R	S	Sp	Cc	Bb	S
III	8	23			X		X			X		1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2	3	4
												<div> <div>Aguas arriba</div> <div>Aguas abajo</div> <div>Aguas abajo y aguas arriba</div> <div>Presión convencional sección gradual</div> <div>Estático</div> <div>Sísmico</div> </div>										<div> <div>Piezómetros</div> <div>Inclinómetros</div> <div>Referencias superficiales</div> <div>Sismógrafos</div> </div>					<div> <div>Akantarilla</div> <div>Conducto circular o cuadrado</div> <div>Sección portal</div> </div>				<div> <div>Sifones</div> <div>Bombeo en bolsa</div> </div>			
												<div> <div>Concentración de sólidos</div> <div>Espigas</div> <div>Homogénea con filtro</div> <div>Enrocamiento</div> <div>Arena "ciclónica" y compactada</div> <div>Enrocamiento y arena "ciclónica"</div> <div>Enrocamiento y espigas</div> </div>										<div> <div>Elemento finito</div> <div>Pseudostático</div> <div>Elemento finito</div> <div>Red neuronal</div> </div>					<div> <div>Sección portal</div> <div>Conducto circular o cuadrado</div> </div>				<div> <div>Sifones</div> <div>Bombeo en bolsa</div> </div>			
												<div> <div>Concentración de sólidos</div> <div>Espigas</div> <div>Homogénea con filtro</div> <div>Enrocamiento</div> <div>Arena "ciclónica" y compactada</div> <div>Enrocamiento y arena "ciclónica"</div> <div>Enrocamiento y espigas</div> </div>										<div> <div>Elemento finito</div> <div>Pseudostático</div> <div>Elemento finito</div> <div>Red neuronal</div> </div>					<div> <div>Sección portal</div> <div>Conducto circular o cuadrado</div> </div>				<div> <div>Sifones</div> <div>Bombeo en bolsa</div> </div>			

Nota: El número 1 corresponde a la opción más recomendable, según sea el caso.

**Figura 3.10. Clasificación de presas de jales de acuerdo al Anexo Normativo 3 (NOM-141)**



**LAMINA III. MÉTODO CONSTRUCTIVO: "AGUAS ARRIBA"  
CON ESPIGAS**



**Figura 3.11. Presa tipo Aguas Arriba con espigas, adecuada para el Depósito de Jales San Carlos de acuerdo al Anexo Normativo 3 de la NOM-141**

De la información presentada en el Anexo 3.1, se puede concluir que desde el propio diseño de la obra, la preparación del terreno del vaso y del bordo, y las etapas de construcción y operación simultánea, se han atendido adecuadamente los requerimientos normativos específicos en materia de seguridad y medio ambiente para este Proyecto Depósito de Jales San Carlos.



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

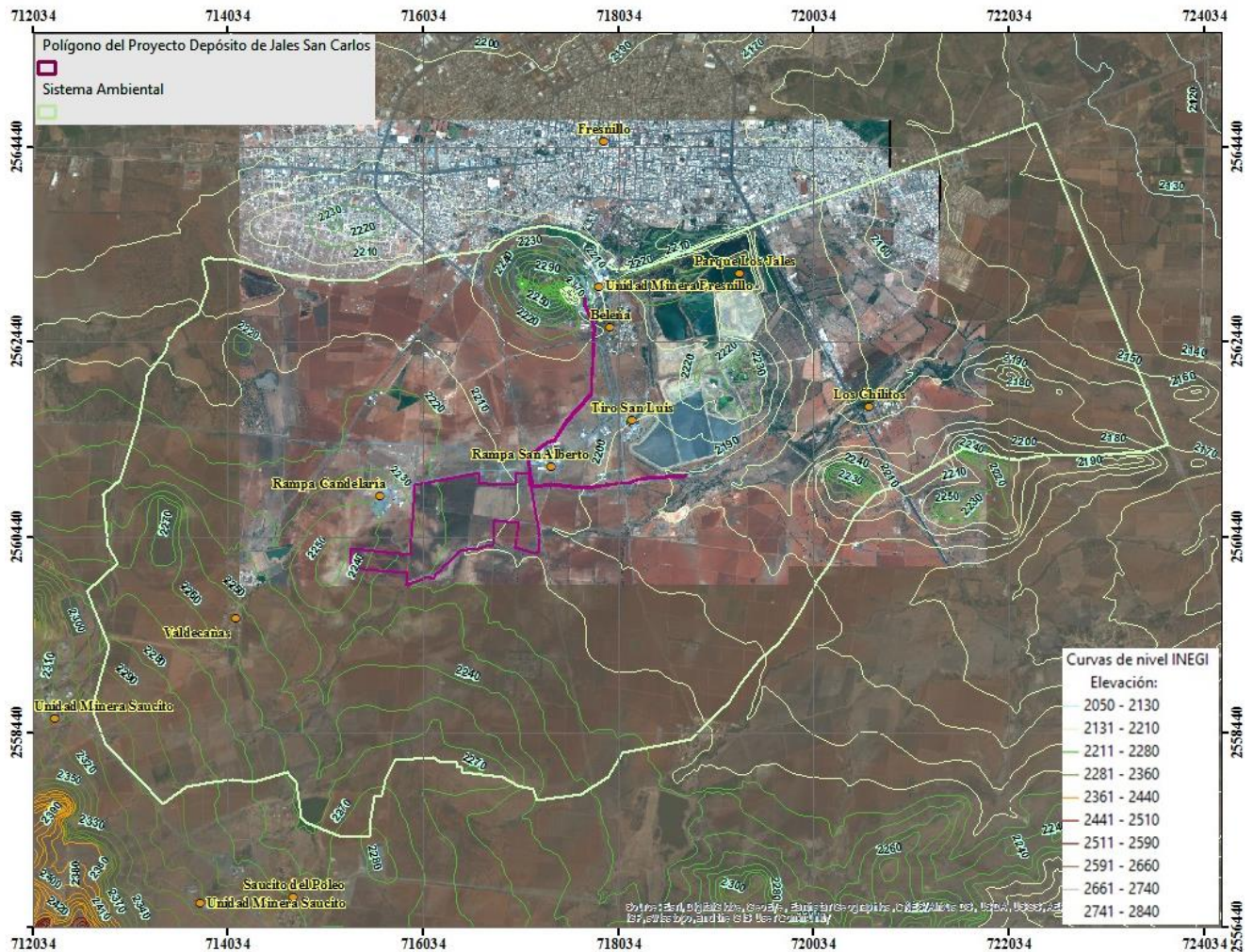
##### ***IV.1 Delimitación del área de estudio***

Para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos, se delimitó un área de estudio o Sistema Ambiental (SA), definido a partir del análisis de información geográfica y ambiental, de fuentes oficiales, y la generada para la zona mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), y con base en los siguientes criterios:

1. El SA considera los principales elementos bióticos y abióticos que pudieran llegar a tener alguna relación con el proyecto, por lo que permite una comprensión de las relaciones e interacciones entre el Proyecto y los elementos ambientales del entorno.
2. Los elementos ambientales considerados para la delimitación del SA pueden ser considerados como indicadores, por ejemplo agua, suelo y biota, y constituyen la base para el mantenimiento de procesos biológicos, físicos y químicos de la naturaleza.
3. Las características de los elementos ambientales dentro del SA, son homogéneas o sostienen una relación/influencia cercana.

Tomando en cuenta las condiciones anteriormente mencionadas, el Sistema Ambiental ha sido delimitado con un polígono que envuelve a todas las obras consideradas en el Proyecto (depósito de jales, línea de conducción de jales, línea de conducción de agua y el depósito de material vegetal), y la infraestructura de la unidad minera a la que pertenece el Proyecto. Los criterios para establecer las fronteras de dicho polígono se argumentan en las condiciones naturales y antrópicas de la zona, específicamente en la hidrología superficial, topografía, usos de suelo actuales, presencia de barreras físicas artificiales y aspectos socioeconómicos del sitio sobre el que se pretende desarrollar el Proyecto.

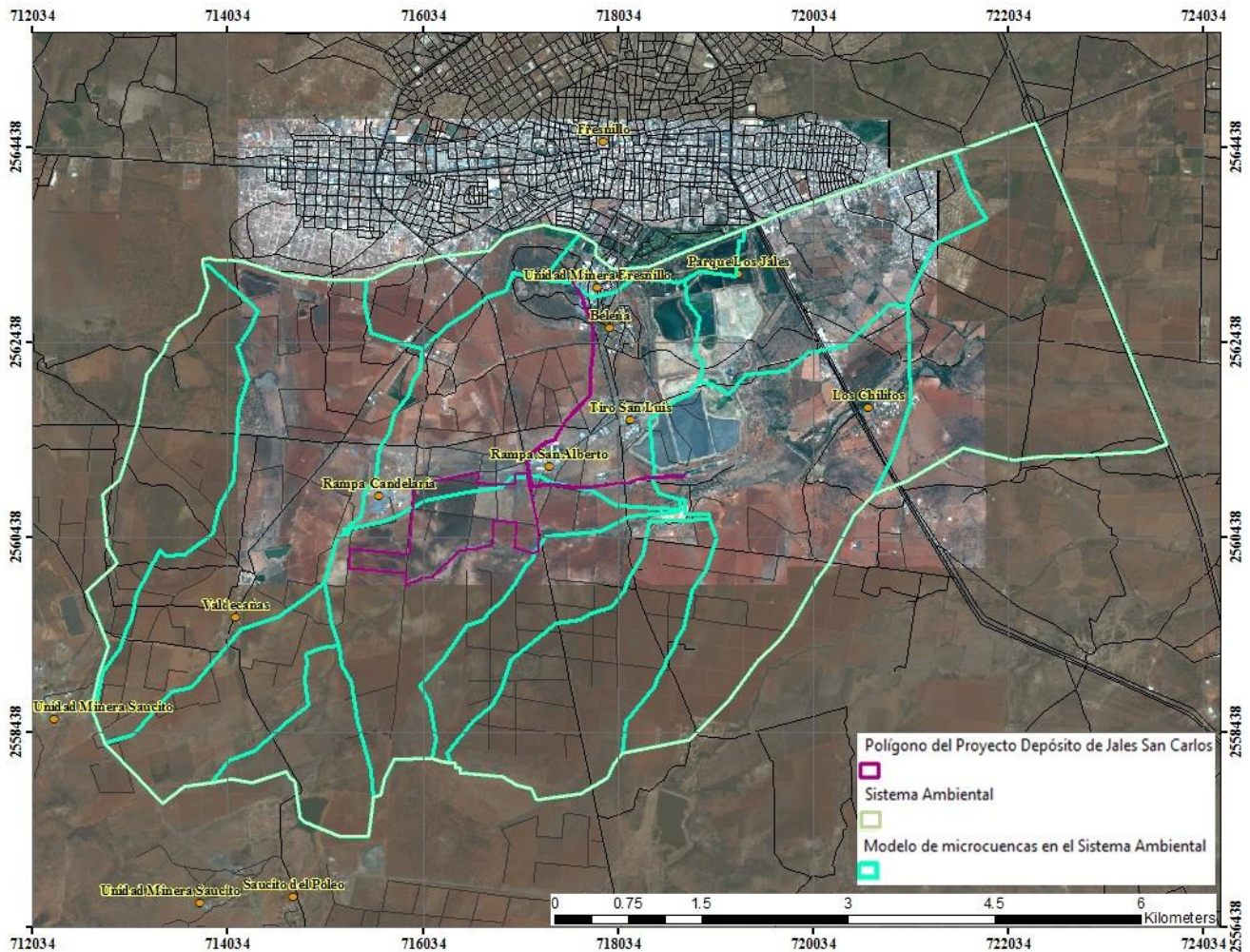
La base de la delimitación del SA fue la hidrología y la topografía de la zona, debido a que estos componentes en general pueden ser utilizados como unidades ambientales que engloban características similares de factores bióticos y abióticos (vegetación-ambiente físico). A partir del análisis del régimen hidrológico que comprende el entorno sub-regional, y con base en las curvas de nivel del INEGI (escala 1:50,000) a cada 10 metros (Figura 4.1), se generó un modelo de hidrología superficial con corrientes de orden 3, con las que se determinaron las subunidades de captura y contribución hidrológica dentro de la microcuenca, sobre las que tendría incidencia el Proyecto y a las que se les ha denominado nanocuecas.



**Figura 4.1. Curvas de nivel (INEGI)**

Las microcuencas seleccionadas incluyeron aquellas que cumplen los criterios de incidencia directa para el Proyecto (aquellas que se interceptan); y que cubran los predios, parcelas o terrenos cercanos al Proyecto y sujetos a las mismas presiones actuales en la zona, presentando así características similares en cuestión de pendiente, uso de suelo, vegetación, fauna, etc. Resultó entonces que el Polígono del Proyecto cae sobre el parteaguas de 13 microcuencas, aunque solo incide directamente sobre 5 de ellas, como se aprecia en la Figura 4.2.



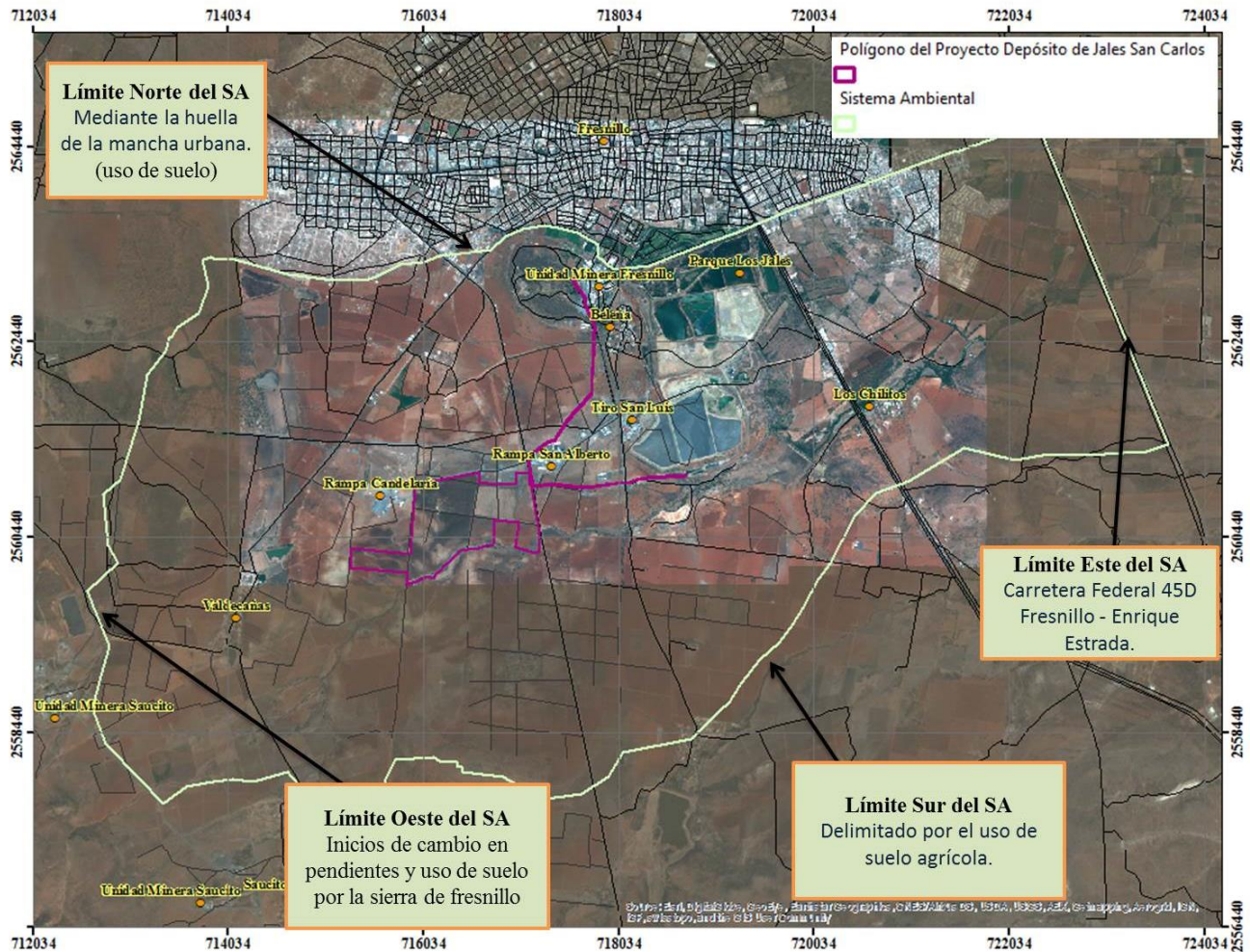


**Figura 4.2. Microcuenas que componen al Sistema Ambiental del proyecto**

Una vez delimitadas y seleccionadas las microcuenas como base del SA, se procedió a realizar modificaciones en sus polígonos considerando otros criterios que rompen en cierto grado con la homogeneidad teórica de los componentes dentro de las microcuenas, mediante barreras físicas artificiales, como la presencia de caminos y diferentes usos de suelo.

Las modificaciones de las fronteras del SA basadas en las barreras físicas se presentan en los límites Noroeste, Norte y Este del polígono (Figura 4.3), donde se recorta la superficie de las nanocuenas involucradas siguiendo un tramo de la carretera federal 45D Fresnillo-Enrique Estrada (delimitación Este del SA; a su vez en la parte Norte del SA se recorta por la mancha urbana de la ciudad de fresnillo. Posteriormente se establecieron los límites hacia el Sureste y Sur con base principal en caminos parcelarios (terrenos agrícolas) y considerando como criterio secundario las cotas de nivel (topografía) por inicios de la sierra fresnillo. A continuación, en la Figura 4.3 se indican de forma general los criterios de delimitación del SA para una mejor comprensión de los mismos.





**Figura 4.3. Principales criterios considerados para la delimitación del Sistema Ambiental**

A grandes rasgos, la delimitación del SA supone pues, que se incluyen para su estudio los principales elementos bióticos, abióticos y sociales que pudieran llegar a tener alguna relación con el Proyecto; que éstos componentes ambientales son en buen grado homogéneos o sostienen una relación/influencia cercana, en los sitios donde habrá infraestructura involucrada con el Proyecto, incluyendo a los demás depósitos de jales de la Unidad Fresnillo; y que los impactos generados a partir de la ejecución planeada de cada una de sus etapas (preparación del sitio, construcción y operación) serán amortiguados y dentro de la superficie que abarca el polígono del SA.

La superficie total del Sistema Ambiental del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, delimitado para su estudio y caracterización, es de 4,652.2232 ha. En el Anexo 4.1 se adjunta un plano georreferenciado con el SA, y sus coordenadas se presentan en formato electrónico (Excel) dentro del CD anexo a la MIA (Anexo Digital B), así como también se incluye el archivo en formato "shape" con el polígono delimitado (Anexo Digital C).



## IV.2 Caracterización y análisis del Sistema Ambiental

En este apartado se describen las condiciones de los elementos bióticos, abióticos y sociales que componen al Sistema Ambiental delimitado específicamente para el proyecto Depósito de Jales San Carlos. Para la identificación de esas condiciones, se realizaron trabajos de investigación bibliográfica, recopilación de información oficial, además de la generación de información en las diferentes áreas del conocimiento, mediante recorridos de campo y muestreos.

### IV.2.1 Aspectos abióticos

#### a) Atmósfera

Para el apartado de Atmósfera, se utilizó en general información de fuentes oficiales tales como INEGI y CONABIO. Cuando esto no fue posible, se analizaron como complemento las bases de datos de diferentes estaciones meteorológicas cercanas (dentro o fuera) al Sistema Ambiental del Proyecto, mediante las cuales se modelaron la temperatura y precipitación.

Enseguida se presenta la relación de las estaciones meteorológicas que fueron utilizadas para complementar el análisis de las condiciones atmosféricas dentro del SA.

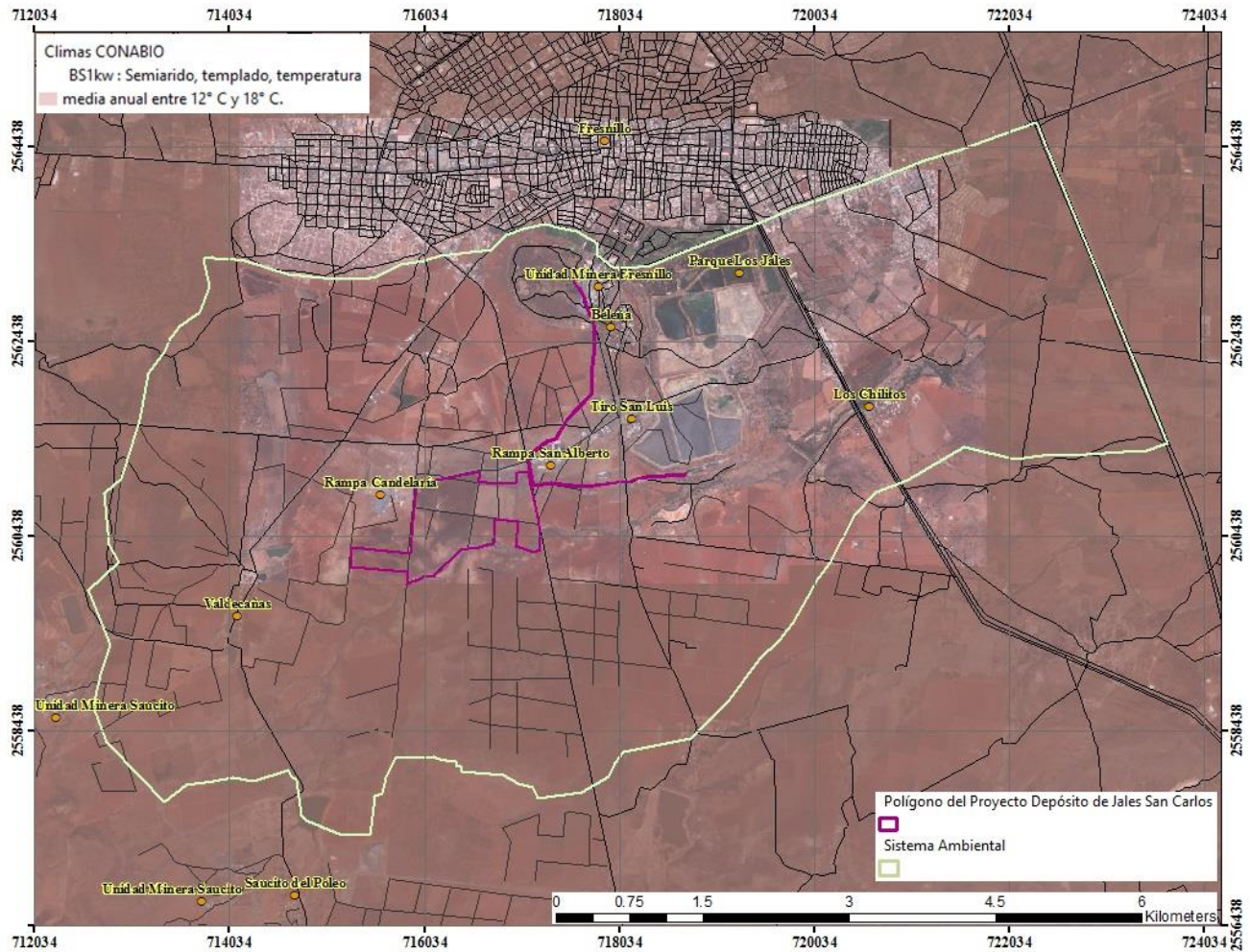
**Tabla 4.1. Relación de estaciones meteorológicas cercanas al SA**

No.	Estación meteorológica	Municipio	Coordenadas WGS84		Altitud (m.s.n.m.)
			Longitud	Latitud	
1	Chichimequillas	Fresnillo	102°34'28"	23°14'28"	2060
2	El Sauz	Fresnillo	103°14'00"	23°11'00"	2050
3	Fresnillo	Fresnillo	102°56'26"	23°10'22"	2195
4	Fresnillo	Fresnillo	102°51'99"	23°51'99"	2170
5	San Antonio del Ciprés	Pánuco	102°29'14"	22°56'08"	2145
6	Santa Rosa	Fresnillo	103°07'00"	22°56'00"	2150

Es importante mencionar que la cuarta estación meteorológica enlistada en la Tabla 4.1, a diferencia del resto, no está monitoreada por el SMN, sin embargo es una estación con datos que la CONABIO reporta en sus vectores, dentro de los Sistemas de Información Geográfica.

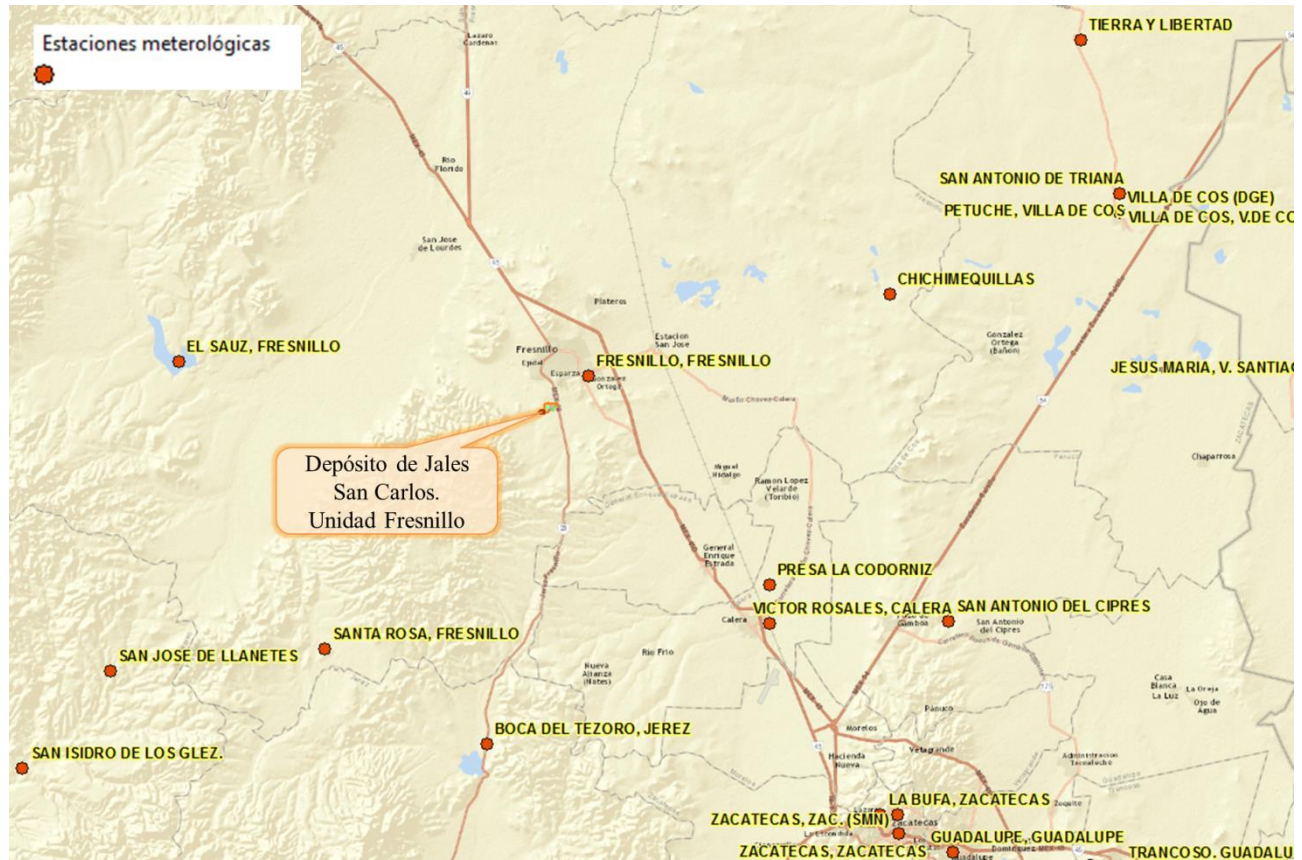
#### *Climatología*

La información digital consultada de INEGI en su temática de clima basada en la clasificación climática de Köppen modificada para México por Enriqueta García en 1988, clasifica el tipo de clima presente en el SA como BS1kw, el cual se describe como un clima semiárido, templado, con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C, lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. En la Figura 4.4 se muestran los metadatos de la CONABIO para el área del SA.



**Figura 4.4. Climas, CONABIO**

En este apartado de climatología, además de presentar la información de CONABIO se consideró como complemento de la caracterización meteorológica de la zona, la información de las estaciones meteorológicas administradas por el Servicio Meteorológico Nacional (Tabla 4.1) que se localizan cerca del SA, ello sirvió para generar modelos climáticos de temperatura y precipitación media anual. La ubicación de las estaciones meteorológicas se muestra en la Figura 4.5.

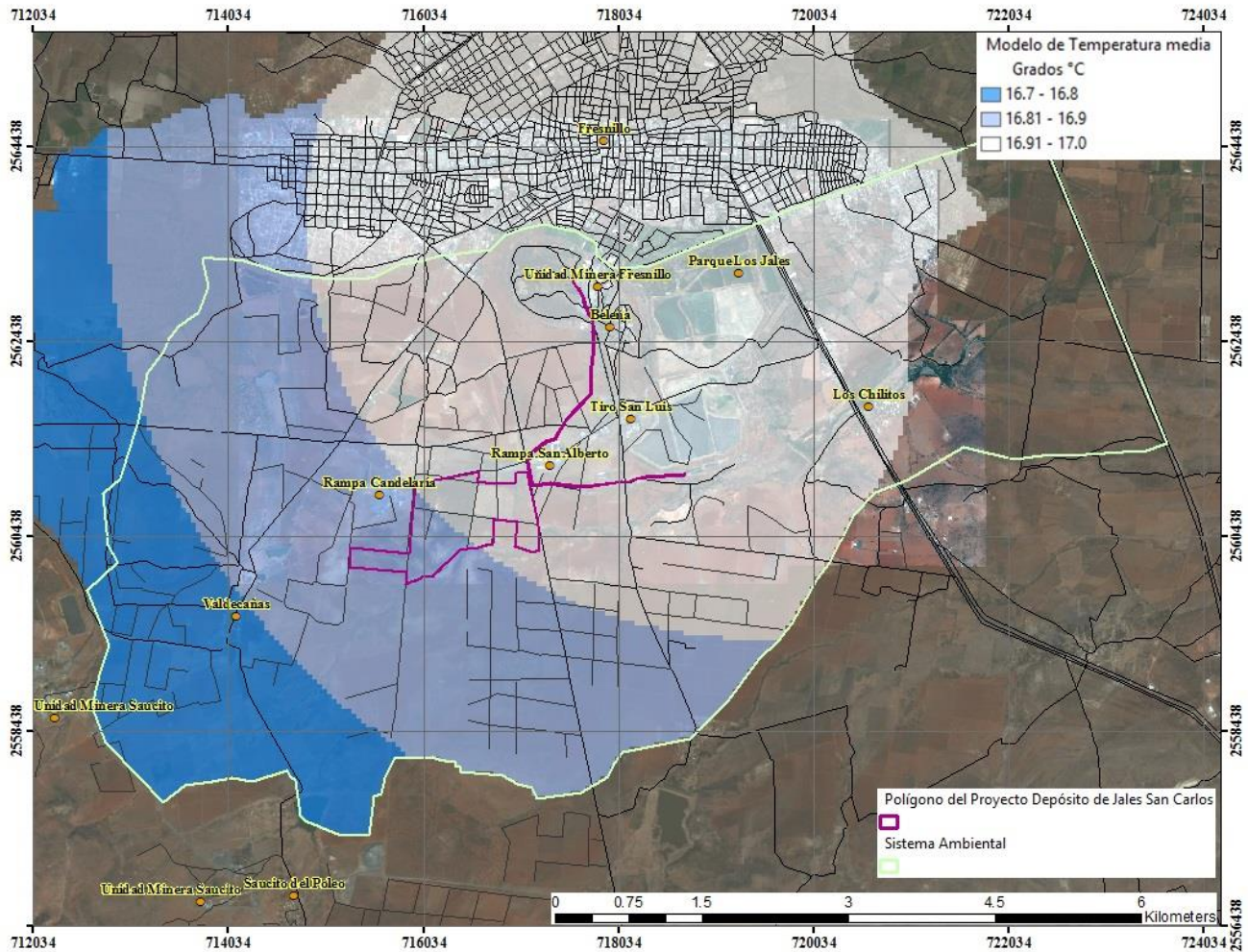


**Figura 4.5. Estaciones Meteorológicas cercanas al SA**

### *Temperatura*

La descripción de la temperatura como ya se mencionó, se basó en los datos recogidos por las estaciones meteorológicas enlistadas anteriormente. Es importante mencionar que la información de las estaciones va del año 1971 y abarca datos hasta el año 2000. En la Figura 4.6, se presenta el modelo de temperatura media anual presente dentro del SA.





**Figura 4.6. Modelo de Temperatura media anual dentro del SA**

Como se observa en la figura anterior, dentro del área de estudio se presentan tres rangos de temperatura. El rango de temperatura dominante se presenta en toda la porción Centro y Noreste del Sistema Ambiental y va de los 16.91 a los 17°C. La isolínea de ese rango de temperatura llega al Centro-Suroeste del SA y es ahí donde cambia. En la porción del extremo Suroeste se presentan los otros dos rangos de temperatura, el primero de ellos que va de los 16.81 a los 16.9°C y el segundo y más ubicado al extremo Suroeste que va de los 16.7 a los 16.8, temperatura más fría que el resto del SA, esto atiende a que en el Extremo Suroeste se yergue la Sierra de Fresnillo.

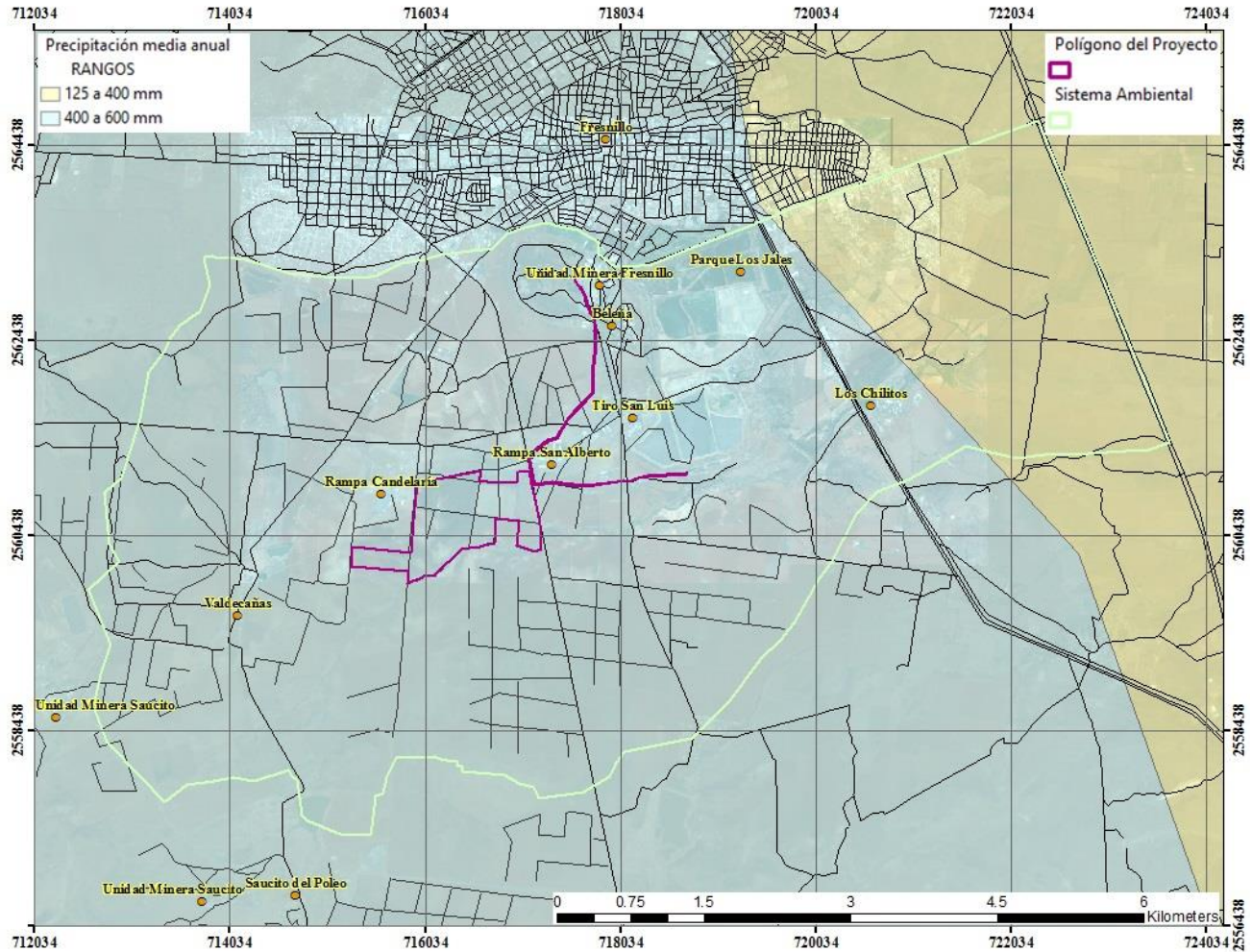
### *Precipitación*

Para la descripción de las condiciones de precipitación dentro del SA se utilizó información de la CONABIO y además se analizaron los datos de las 6 estaciones meteorológicas, cargados en el Sistema de Información Geográfica para generar modelos.

Con base en los datos que ofrece la CONABIO, se obtiene que dentro del Sistema Ambiental se registran dos diferentes rangos de precipitación media anual, el primero va de los 125 mm hasta

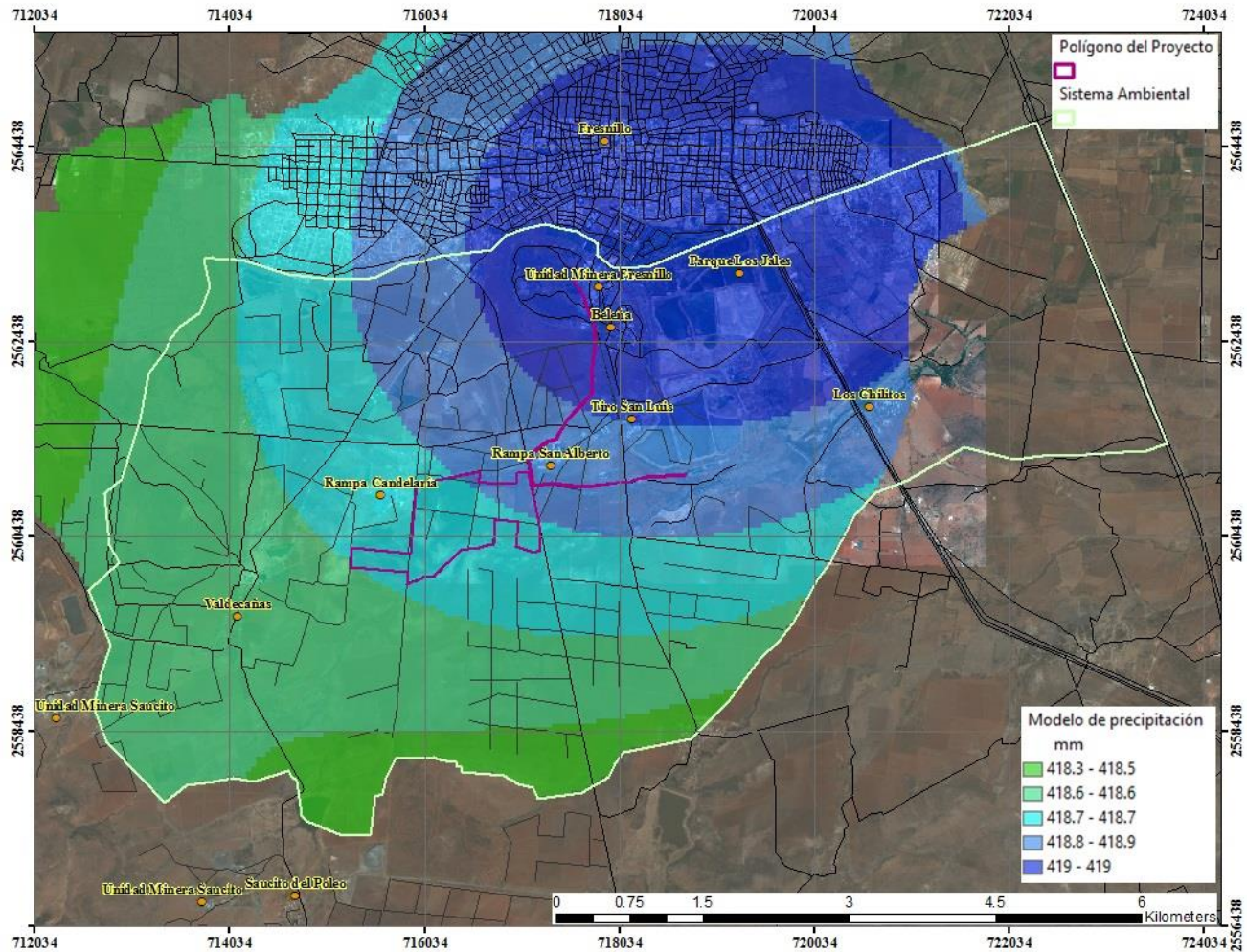


los 400 mm y se presenta en el extremo Este del SA, mientras que el segundo es el más predominante y va de los 400 a los 600 mm. Lo anterior se aprecia claramente en la Figura 4.7.



**Figura 4.7. Rangos de precipitación media anual dentro del SA, CONABIO**

A diferencia de lo expuesto por la CONABIO, donde se identifican dos rangos de precipitación, dentro del modelo generado a partir de la información de 6 estaciones meteorológicas con captura de datos desde 1971 al año 2000, se observa que dentro del SA se registran cinco rangos de precipitación (418.3 mm – 419 mm). El modelo resultante de la utilización de los datos de precipitación de las 6 estaciones meteorológicas se presenta a continuación, en la Figura 4.8.



**Figura 4.8. Rangos de precipitación media anual dentro del Sistema Ambiental  
(Basado en el análisis de datos de 6 estaciones meteorológicas)**

Enseguida se presentan los datos a partir de los cuales se generó la Figura 4.8. Es importante señalar que los datos de la estación Fresnillo que no es monitoreada por el SMN, no presentan datos mensuales, y solo se presentarán los del resto de estaciones (5 estaciones).

**Tabla 4.2 Datos de precipitación mensual promedio de las estaciones meteorológicas seleccionadas**

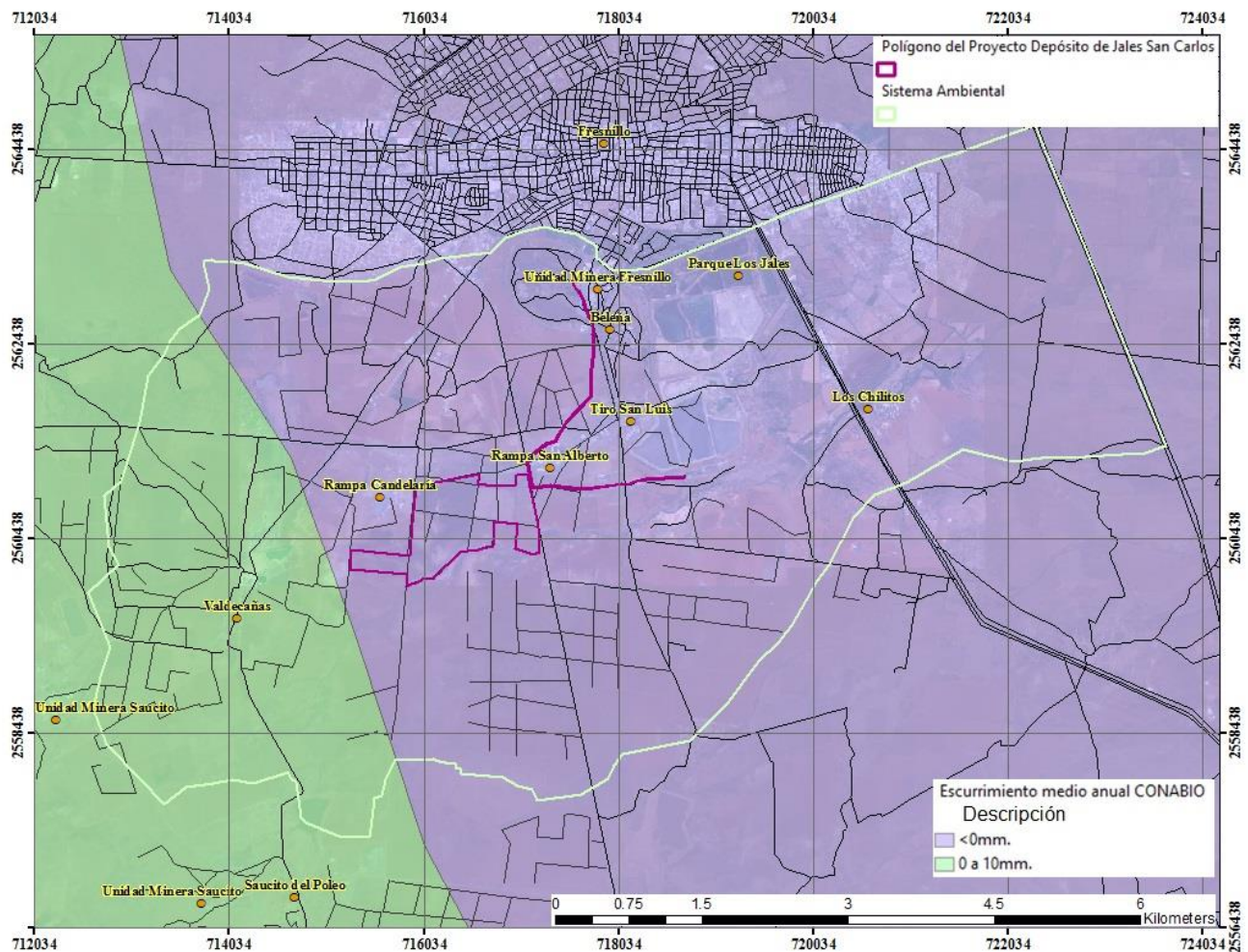
Estación Meteorológica	Precipitación mensual promedio (mm)												Precipitación total anual promedio (mm)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Chichimequillas	21	4.5	1.9	4.6	14.5	57.0	89.4	61.1	58.2	29.4	10.6	9.0	361.2
El Sauz	19.2	5.2	2.0	1.8	12.8	61.2	99.0	93.3	63.9	30.4	10.9	12.4	412.1
Fresnillo	15.6	5.2	1.2	3.4	17.4	74.5	87.0	96.5	60.6	32.9	12.4	12.3	419.0
San Antonio	14.6	2.8	2.0	3.9	19.6	67.5	81.4	74.5	72.6	29.8	11.2	12.5	392.4
Santa Rosa	22.5	6.9	1.0	3.0	14.4	64.1	116.1	103.8	69.7	31.5	12.3	15.2	460.5



## Esgurrimiento

Con base en información de la CONABIO se elaboró la Figura 4.9; en ella se expone el escurrimiento medio anual dentro del Sistema Ambiental del Proyecto.

Se observa que dentro del SA existen dos áreas con diferente valor de escurrimiento. En la porcion Este (porción dominante) se presenta un escurrimiento menor a 0 mm, lo que sugiere que esa porcion del area de estudio se localiza en tierras planas, donde los porcentajes de pendiente son menores a 1%, mientras que en la porcion Oeste el escurrimiento se calcula de 0 a 10 mm, esto es debido a que la porcion occidental del SA se localiza dentro de parte de la Sierra de Fresnillo, lo que eventualmente provoca escurrimientos en las temporadas de lluvias (pendientes con rumbo Este).



**Figura 4.9. Esgurrimiento medio anual (CONABIO) dentro del Sistema Ambiental**



### *Evapotranspiración*

Se define evapotranspiración como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

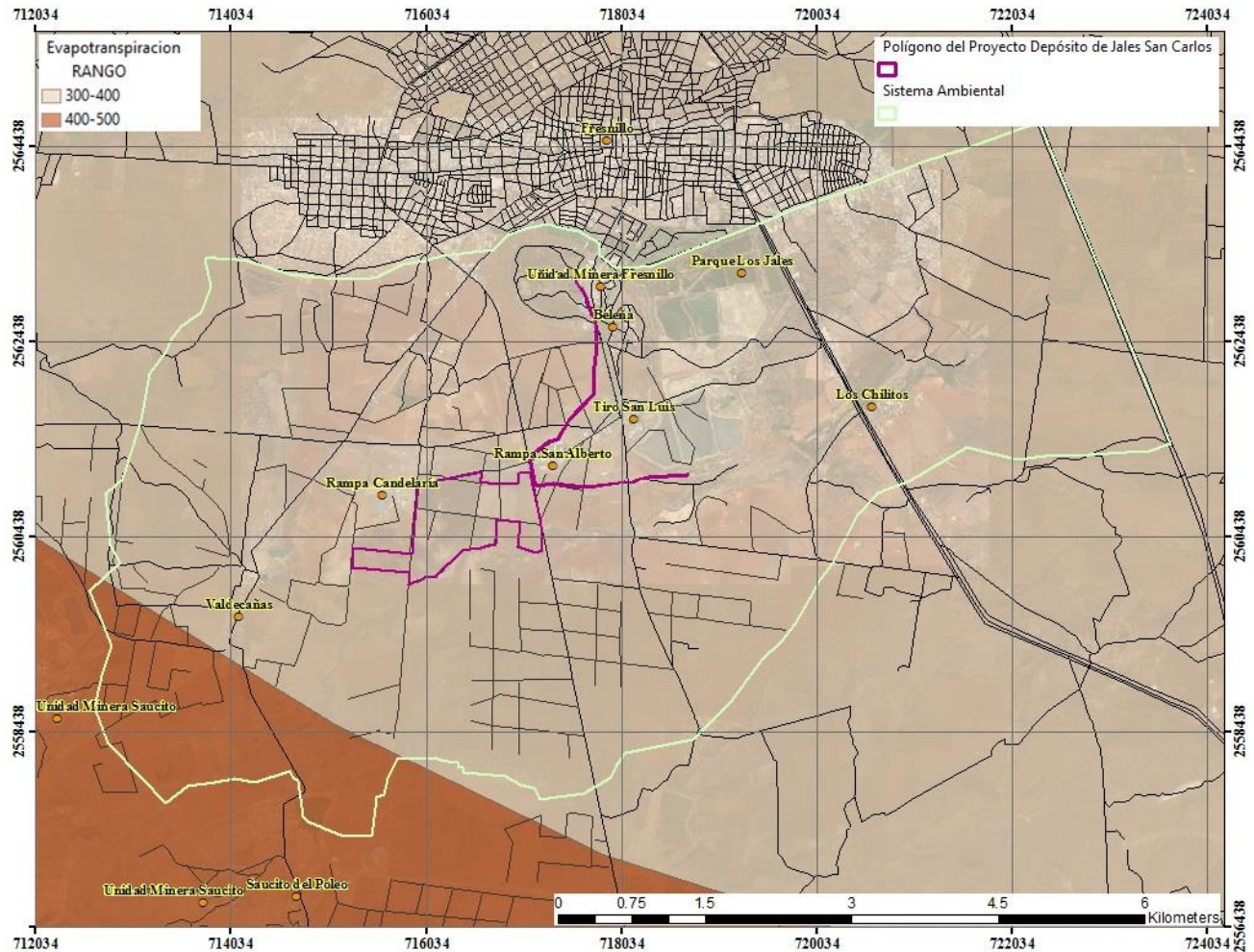
La evapotranspiración constituye un importante componente del ciclo y balance del agua. Se estima que un 70% del total de agua recibida por una zona (precipitación) es devuelto a la atmósfera a través del proceso, mientras que el 30% restante constituye la escorrentía superficial y subterránea. El conocimiento de las pérdidas de agua mediante el proceso permite tener un acercamiento a las disponibilidades del recurso y consecuentemente puede realizarse una mejor distribución y manejo del mismo.

En términos aplicados, quizás una de las más conocidas referencias al fenómeno de evapotranspiración venga de la climatología y de la consideración y utilidad de la evapotranspiración como un indicador de aridez de las distintas zonas, basado en un largo registro de observaciones de distintos elementos climáticos en un número suficiente de años.

Dentro del SA existen dos rangos de evapotranspiración, la isolinea que delimita estos dos rangos atraviesa el Sistema Ambiental en su parte Suroeste.

La mayor parte del Sistema Ambiental presenta una evapotranspiración media anual que va de 300 a 400 mm, mientras que sólo una pequeña parte del SA en la porción Suroeste presenta un rango mayor que va de los 400 a 500 mm. Tal como se muestra en la Figura 4.10.





**Figura 4.10. Evapotranspiración dentro del Sistema Ambiental (CONABIO)**

### *Fenómenos meteorológicos*

Los fenómenos meteorológicos de relevancia en el SA, se identificaron con la información del Atlas Nacional de Riesgos (Hidrometeorológicos), del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), a continuación se describen cinco fenómenos meteorológicos en donde el SA se ve inmerso en grado de riesgo y valores hidrometeorológicos.

1. *Índice de peligro por inundación:* Por inundación se entiende al evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre de agua, generando invasión o penetración del agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente causa daños a la población, agricultura, ganadería e infraestructura. De acuerdo al CENAPRED el SA tiene un índice “Medio” de vulnerabilidad por inundación.
2. *Peligro de días con heladas:* Se puede decir que una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0° o menos, durante un tiempo mayor

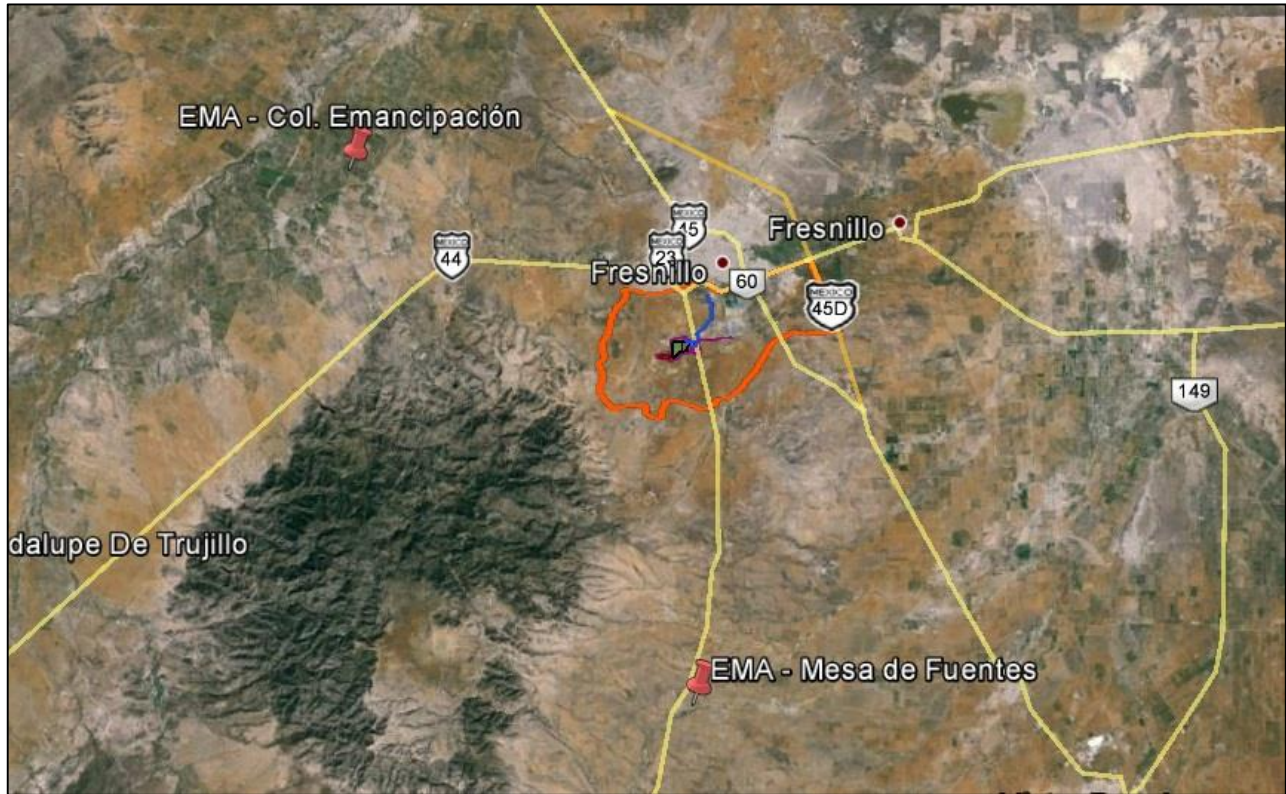
a cuatro horas. La helada es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0 °C. Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el sol. La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella. Conforme a la información tomada del CENAPRED, la región que comprende el SA presenta un grado “Alto” de peligro de días con heladas.

3. *Grado de riesgo por ciclones tropicales:* Un ciclón tropical es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur. Los ciclones tropicales son las tormentas más violentas que se pueden experimentar, sus aspectos destructivos que marcan su intensidad son debido principalmente a cuatro aspectos: viento, oleaje, marea de tormenta y lluvia. Con base en el CENAPRED el SA del proyecto presenta un grado de riesgo “Muy bajo” por ciclones tropicales.
4. *Zonificación eólica:* Los vientos de mayor intensidad en México son los que se producen durante los huracanes, sin embargo otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos. El país se divide en cuatro zonas que representan bandas de velocidad máxima de viento que ocurren en promedio una vez cada 50 años. De acuerdo a la zonificación eólica de la CFE, el SA pertenece a la zona de 130 a 160 km/h.
5. *Grado de riesgo por bajas temperaturas:* Los fenómenos sinópticos en el clima invernal de México son decisivos, así como los frentes fríos son los más importantes debido a su influencia en la variabilidad de la temperatura. Los frentes fríos corresponden a la porción delantera de una masa polar, transportan aire frío que a su avance hacia el Sur interacciona con aire caliente, se caracterizan por fuertes vientos, nublados y precipitaciones si la humedad es suficiente. El grado de riesgo por bajas temperaturas para la región que comprende el SA es “Bajo”.

#### *Velocidad y dirección del viento*

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Estado de zacatecas cuenta con una Red de Monitoreo Agroclimático la cual se compone de 38 estaciones meteorológicas automáticas equipadas con sensores para medir (entre otras cosas) la dirección y velocidad del viento.

Se tomó como referencia los datos generados por la estación Col. Emancipación, dentro del municipio de Fresnillo. En la siguiente Figura 4.11 se muestra la ubicación de la estación en referencia al Proyecto.



**Figura 4.11. Estación meteorológica automática Col. Emancipación**

En la siguiente Tabla 4.3 se observa que la velocidad promedio del viento durante para el año 2015 fue de 8.22 km/h. De igual manera, se registró una velocidad máxima de 44.8 km/hr con dirección predominante Sur Sur-Oeste (SSO), esto en el mes de mayo.

**Tabla 4.3. Velocidad del viento (estación Col. Emancipación)**

Mes (2015)	Velocidad (km/hr)	
	Máxima	Media
Enero	44,4	9,1
Febrero	44,3	9,3
Marzo	41,4	11,6
Abril	40,8	12,8
Mayo	44,8	12
Junio	31,4	7,8
Julio	25,9	5,8
Agosto	29,3	5,4
Septiembre	20	4,1
Octubre	32,3	5,3
Noviembre	22,9	4,8
Diciembre	52,9	10,6
Promedio anual		<b>8,22 km/hr</b>



De igual manera, de la Tabla 4.4 se puede observar que la dirección predominante del viento que mayor frecuencia tuvo durante los 365 días del año es la que lleva el rumbo Sur Sur-Oeste (SSO), mientras que en el caso contrario el rumbo Este Nor-Este (ENE) es el que menor frecuencia presenta con 4 días únicamente.

**Tabla 4.4. Dirección predominante del viento (EMA-Col. Emancipación)**

Rumbo	Frecuencia
ENE	4
ESE	35
Este	22
SE	33
SO	21
SSE	53
SSO	108
S	89
Total de días	<b>365</b>

Ahora bien, la estación meteorológica automática denominada Mesa Fuentes arrojó los siguientes datos en relación a la velocidad del viento (Tabla 4.5), durante todo el año 2015. Se puede observar que la velocidad máxima fue de 34.8 km/hr registrada el día 27 de diciembre, mientras que la velocidad promedio fue de 8.33 km/hr.

**Tabla 4.5. Velocidad del viento (Estación Mesa Fuentes)**

Mes (2015)	Velocidad (km/hr)	
	Máxima	Media
Enero	34,3	8,7
Febrero	28,6	9,6
Marzo	28,4	10,0
Abril	24,8	10,1
Mayo	28,3	10,0
Junio	26,2	7,3
Julio	18,9	6,8
Agosto	22,4	6,9
Septiembre	18,4	6,2
Octubre	32,7	7,9
Noviembre	26,7	6,5
Diciembre	34,8	10,0
Promedio anual		<b>8.33 km/hr</b>

Para el registro de la dirección predominante del viento se muestra la siguiente Tabla 4.6, en donde se observa que la dirección que mayor frecuencia tuvo durante la muestra de los 365 días del

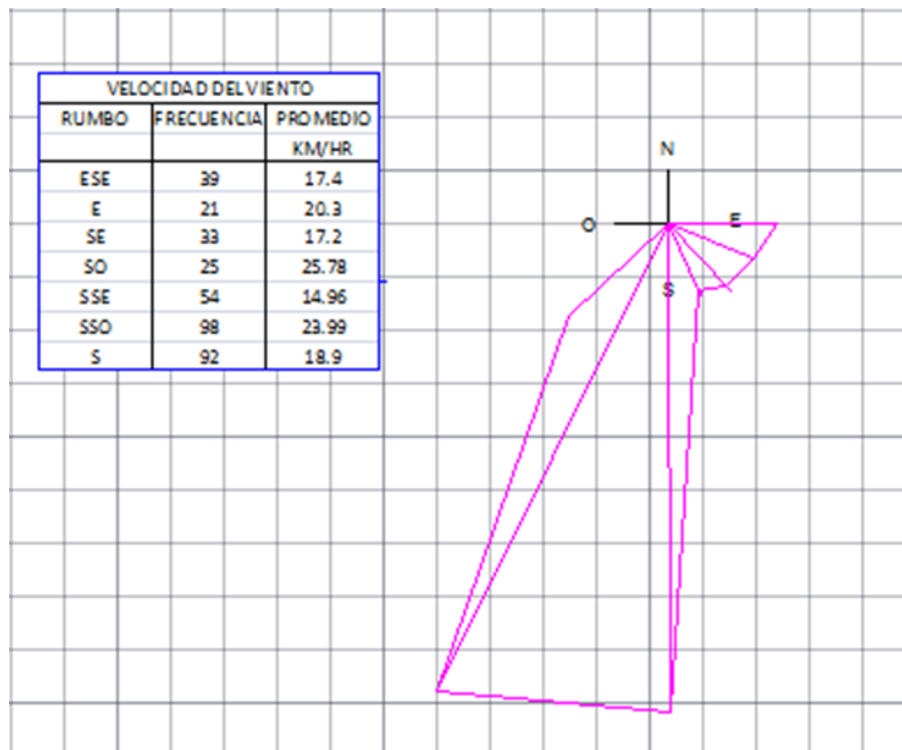


año fue SO (Sur-Oeste); en el caso contrario, la dirección que menor frecuencia tuvo fue la ENE (Este-NorEste) con tan solo 6 días.

**Tabla 4.6. Dirección predominante del viento (EMA – Mesa Fuentes)**

Rumbo	Frecuencia
ENE	6
ESE	23
Este	13
SE	39
SO	116
SSE	46
SSO	58
OSO	17
S	47
Total de días	<b>365</b>

De acuerdo a la información considerada para el diseño del Depósito de Jales San Carlos, la velocidad del viento en el sitio presenta las siguientes características:



**Figura 4.12. Velocidad promedio, rumbo y frecuencia de los vientos en el sitio del Proyecto Depósito de Jales San Carlos**

## b) Geología y geomorfología

### *Ubicación del SA dentro de las Provincias Fisiográficas*

Con fines metodológicos, el territorio nacional puede subdividirse agrupando regiones que tengan un mismo origen geológico, con paisajes y tipos de rocas semejantes en la mayor parte de su extensión y con geoformas similares. Las zonas así diferenciadas se les reconoce como provincias fisiográficas. En México se han reconocido 15 de estas provincias las cuales son:

De acuerdo a su clasificación y su ubicación, el SA del proyecto se encuentra inmerso dentro de la provincia fisiográfica denominada como Mesa del Centro, como se observa en la Figura 4.13.



**Figura 4.13. Provincias Fisiográficas (INEGI)**

*Nota: El círculo azul en la Figura 4.13, representa la ubicación del SA dentro de la provincia fisiográfica, sin embargo este no denota ni la forma ni sus dimensiones, siendo meramente ilustrativo.*

La Provincia fisiográfica Mesa del Centro se localiza en parte de los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Querétaro y Zacatecas, entre las sierras Madre Occidental, Madre Oriental y al norte del Eje Volcánico Transversal. La atraviesa un río importante, el Lerma. Está constituida por amplias llanuras interrumpidas por sierras dispersas, la mayoría de naturaleza volcánica. Las llanuras más extensas se localizan en la zona de los Llanos de Ojuelos, en tanto que en la zona de los Altos de Guanajuato, las llanuras son menos extensas y las sierras más frecuentes. Se presentan dos discontinuidades fisiográficas: la sierra de Guanajuato, con una serie de valles paralelos orientados al sudeste y la sierra Cuatralba, de mesetas de lava escalonadas.



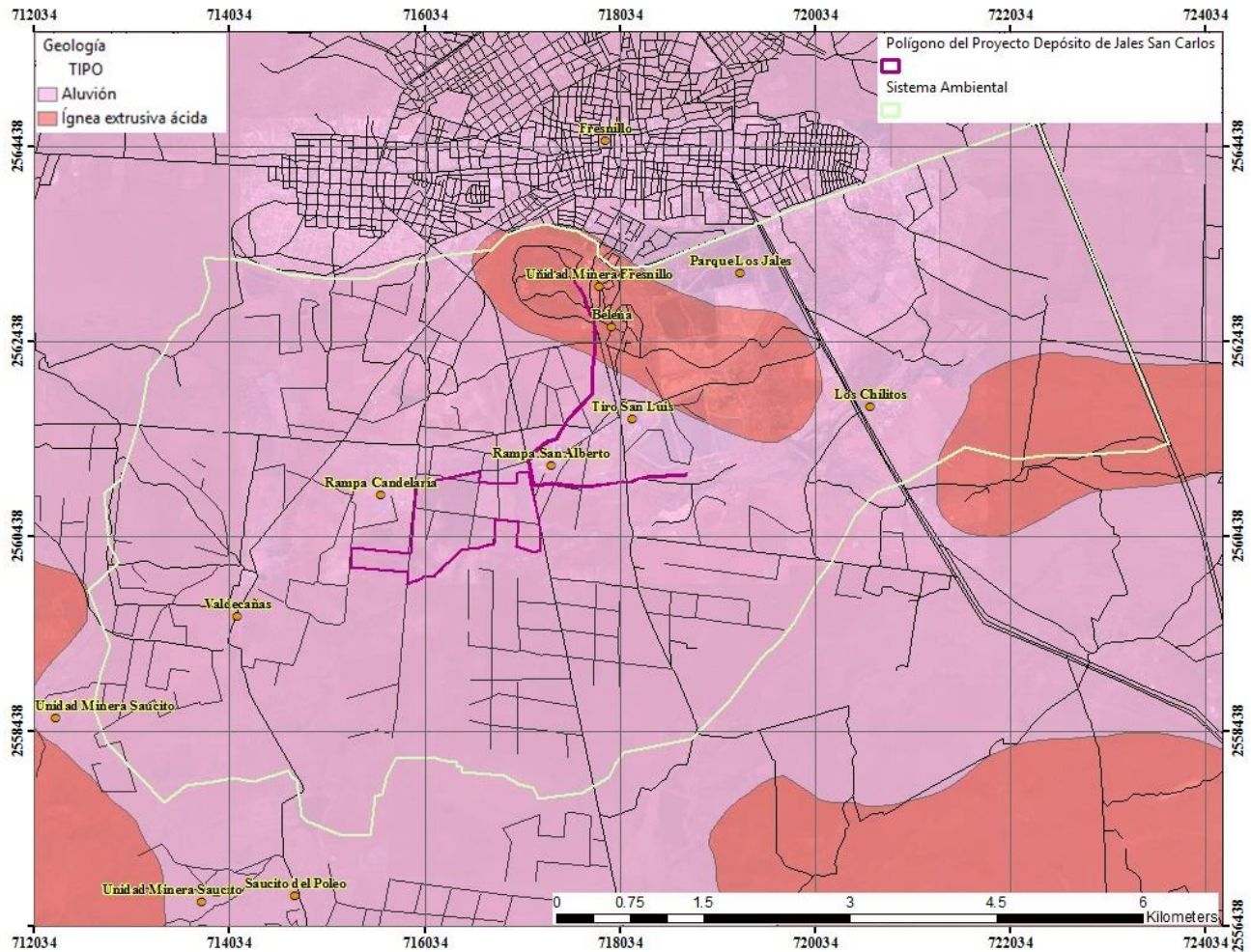
El extremo occidental de la subprovincia Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (INEGI) ocupa 9,978.61 km<sup>2</sup> (13.03%) del territorio de Zacatecas. En la misma zona, un gran llano aluvial situado a 2,000 m.s.n.m. que se extiende hacia el Norte, desde Fresnillo hasta Cañitas de Felipe Pescador y hacia el sureste, hasta Víctor Rosales.

### *Geología*

En Zacatecas existen rocas de todos los tipos fundamentales; ígneas, sedimentarias y metamórficas, cuyas edades de formación abarcan desde el Triásico hasta el Reciente. Las más antiguas son rocas metamórficas de bajo grado (filitas, pizarras y esquistos) sin embargo, las de mayor distribución territorial son las rocas ígneas del Terciario (andesitas, tobas, riolitas y basaltos) que afloran en la mayor parte de la Sierra Madre Occidental y en algunas áreas de las otras provincias geológicas que abarcan el Estado. Las rocas sedimentarias, del Mesozoico, (Jurásico y Cretácico) forman estructuras plegadas (anticlinales y sinclinales) que a su vez han sido dislocadas por fracturas y fallas de tamaño regional. Estas dislocaciones también afectan a los otros tipos de roca existentes en Zacatecas.

Las rocas ígneas cenozoicas se presentan con sus estructuras típicas, (aparatos volcánicos y coladas de lava) y en forma de cuerpos intrusivos que afectan a las rocas preexistentes. Estos cuerpos intrusivos han contribuido al fenómeno de mineralización de los diferentes distritos mineros de Zacatecas.

De acuerdo al INEGI, dentro de la superficie definida como SA se presenta una conformación de suelo aluvión y roca ígnea extrusiva ácida dominando el primero sobre la segunda como puede apreciarse en la Figura 4.14.



**Figura 4.14. Geología, INEGI**

La Guía para la Interpretación de Cartografía Geológica de INEGI (2005) describe los compuestos geológicos del SA de la siguiente manera:

*Aluvi6n:* suelo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundaci6n y los valles de los ríos.

*Roca ígnea extrusiva ácida:* este tipo de roca se origina a partir de material fundido en el interior de la corteza terrestre, el cual está sometido a temperatura y presión muy elevada. El material antes de solidificarse recibe el nombre genérico de Magma (soluci6n compleja de silicatos con agua y gases a elevada temperatura). Se forma a una profundidad de la superficie terrestre de entre 25 a 200 km. cuando emerge a la superficie se conoce como lava. El termino extrusiva, es por su lugar de formaci6n, y refiere a rocas formadas a partir de lava que sale a la superficie terrestre a través de fisuras o conductos (volcanes) para después enfriarse. Las rocas ígneas extrusivas se distinguen por presentar cristales que solo pueden ser observados por medio de una lupa. La condici6n de ácida se lo confiere su alto contenido de SiO<sub>2</sub> (más de un 65%).





### *Litología local y propiedades acuíferas de las rocas*

El distrito minero de Fresnillo fue explotado hasta una profundidad de 1,200 m en el área de Proaño. Los geólogos de la mina Fresnillo poseen un conocimiento muy detallado de las condiciones geológicas locales. Las unidades litológicas más antiguas de la zona son los sedimentos marinos del Mesozoico y rocas volcánicas máficas, cortados por pequeñas intrusiones de composición granodiorítica-monzonítica y discordantemente cubiertas por rocas volcánicas félsicas del Eoceno-Oligoceno:

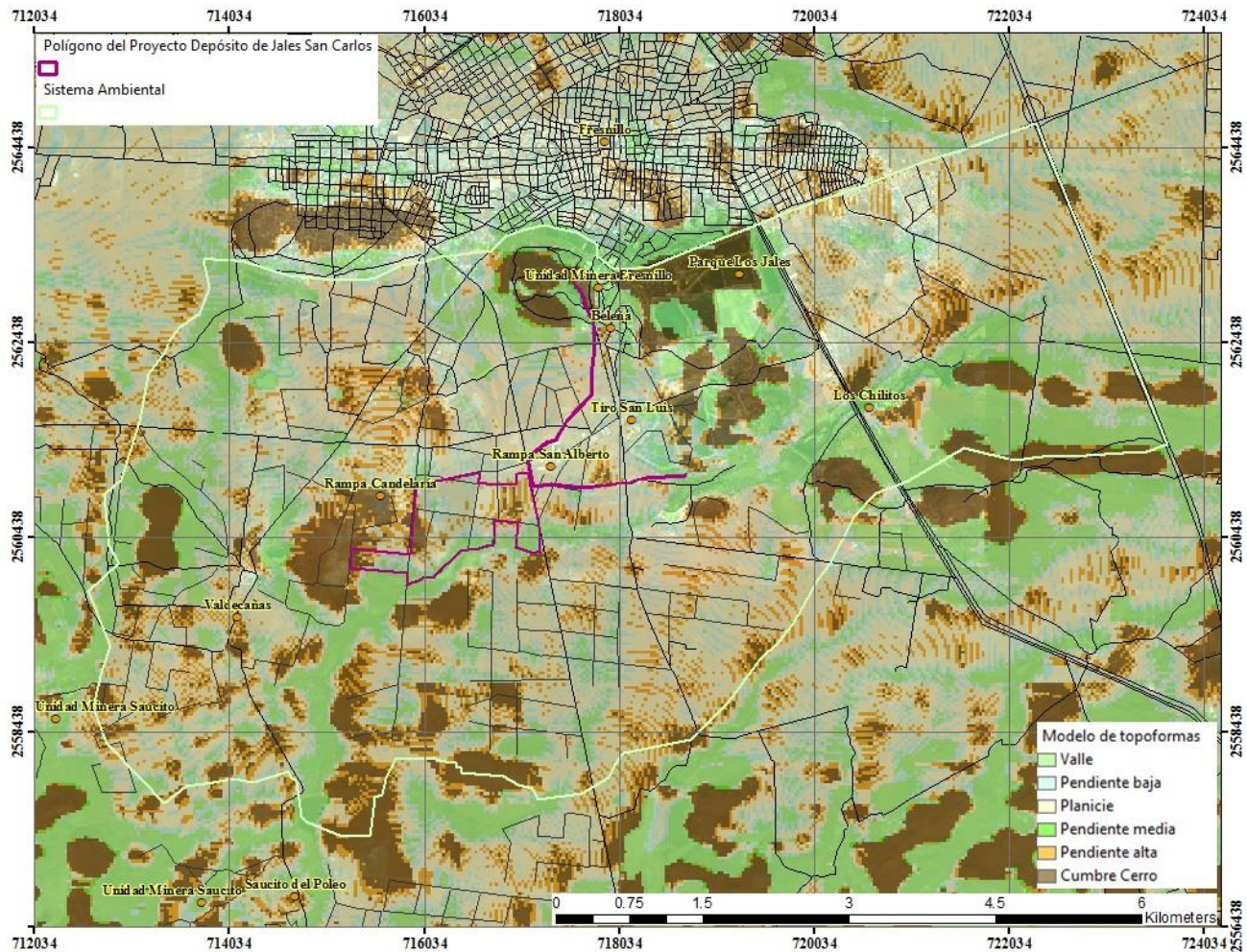
- En el distrito minero de Fresnillo se localiza una unidad denominada localmente Grupo Proaño, que consiste de una secuencia de rocas sedimentarias, que se encuentran divididas en tres unidades de acuerdo con sus características litológicas y posición estratigráfica: grauvaca inferior (no aflora en superficie), lutitas calcáreas y carbonosas y grauvaca superior:
  - Grauvaca Inferior: Corresponde al miembro inferior del Grupo Proaño y consiste en una secuencia de grauvacas de grano medio color gris oscuro, con intercalaciones de lutitas calcáreas en estratos delgados y lentes de caliza. Este miembro no aflora, solo se puede ver en las obras mineras subterráneas;
  - Lutitas Calcáreas y Carbonosas: Corresponde al miembro medio del Grupo Proaño. Se compone de una alternancia de lutitas calcáreo-carbonosas y calizas arcillosas generalmente impuras lo que indica que el depósito ocurrió en un ambiente dominado por terrígenos observándose todo este paquete muy tectonizado. Estas rocas corresponden a una edad del Albiano superior;
  - Grauvaca Superior: Corresponde al miembro superior del Grupo Proaño y consiste de areniscas masivas y una secuencia de areniscas y lutitas de estratificación fina. En algunos horizontes existe una alternancia de lutitas carbonosas, lutitas, calizas y areniscas de estratificación fina, la edad de estas rocas se determinó en base a un estudio paleontológico asignándosele una edad de Cretácico Temprano;
- Descansando concordantemente sobre la unidad anterior está la Formación Chilitos del Cretácico Inferior: Las rocas verdes que afloran en el arroyo Chilitos son una secuencia de lavas andesíticas de color gris oscuro con tonalidades rojizas y verduscas, con formación de almohadillas, brechas de color verde rojizo y rocas volcánicas epiclásticas. La descripción de la secuencia son basaltos almohadillados de color verdoso y aglomerados andesíticos, intercalados con limolitas de color café olivo, grauvacas y lutitas. La edad para esta Formación Chilitos es de edad Jurásico Superior hasta el Albiano. La deformación prelaramídica encimó tectónicamente a la secuencia volcano-sedimentaria sobre sí misma y esto se refleja localmente en Fresnillo, en el ensamble Grupo Proaño y Formación Chilitos;
- Formación Fresnillo: Se define como un depósito masivo de material conglomerático en el que un 30-40 % de la roca la constituyen clastos de lutita, arenisca y pedernal, con tamaños que varían desde unos cuantos milímetros hasta 10 cm. Su base se puede observar en el área de la veta Santo Niño, los clastos son angulosos y subredondeados y es clasificado como una brecha sedimentaria en una matriz arenosa bien consolidada quedando su edad definida como del Paleoceno-Eoceno;

- Rocas Volcánicas: La secuencia volcánica de Fresnillo que se encuentra sobreyaciendo tanto a los sedimentos marinos como al conglomerado Paleoceno-Eoceno, está constituida por Rioltitas y Tobas Rioltíticas. Se le determinó una edad que varía de 38.3 Ma. a 27.4 Ma.

## Geomorfología

La geomorfología es una rama de la geografía física y de la geología que tiene por objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre. La geomorfología se centra principalmente en la descripción del relieve.

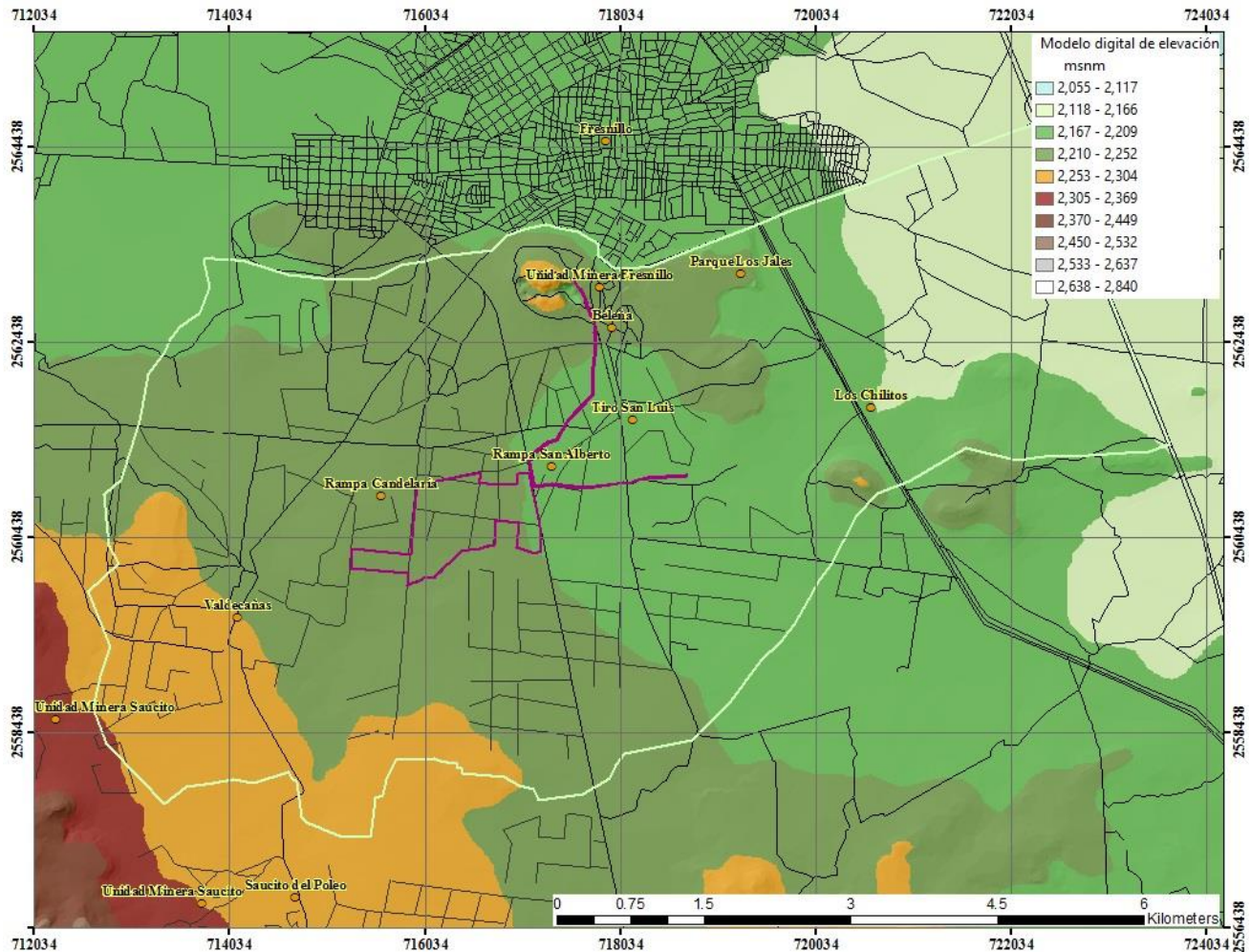
Por lo anterior, para el Sistema Ambiental del Proyecto se realizó un modelo de topoformas (Figura 4.15) con el que se pueden observar los diferentes grupos topográficos que se encuentran inmersos dentro del área de estudio.



**Figura 4.15. Modelo de geoformas (Topoformas) en el SA**

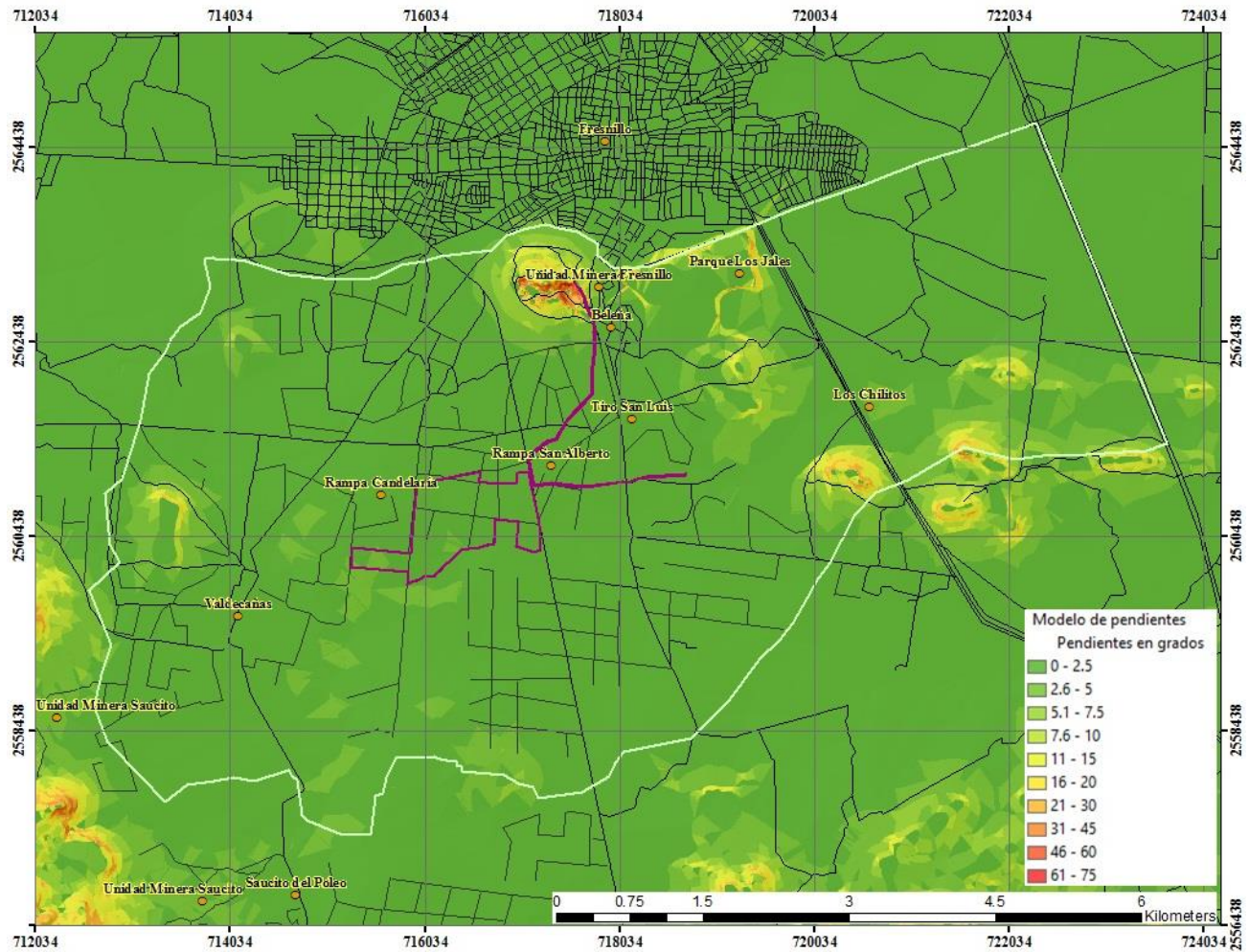


En la Figura 4.16 se presenta el modelo digital de elevación (MDE) elaborado para el Sistema Ambiental, en dicha figura se puede observar como la porción Este del SA es básicamente una planicie con pequeñas elevaciones aisladas en la parte Norte como lo es el cerro Proaño (colindante una de ellas con la zona urbana de la localidad de Fresnillo) y la porción Sureste. En la porción central del SA la elevación comienza a incrementarse, y es en la parte Oeste donde se presentan los lomeríos más elevados por la presencia y comienza de la sierra fresnillo.



**Figura 4.16. Modelo Digital de Elevación para el SA**

Por su parte y para complementar la descripción del relieve, se realizó un Modelo de pendientes en Grados como unidad de medida. Mediante este modelo se puede observar que el Sistema Ambiental presenta de manera general pendientes muy ligeras puesto que domina los rangos menores a 5°. Tal como se observa en la Figura 4.17.



**Figura 4.17. Modelo de Pendientes para el SA**

### *Fallas y fracturas*

Dentro del SA delimitado para el Proyecto no se encuentran fallas y fracturas según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

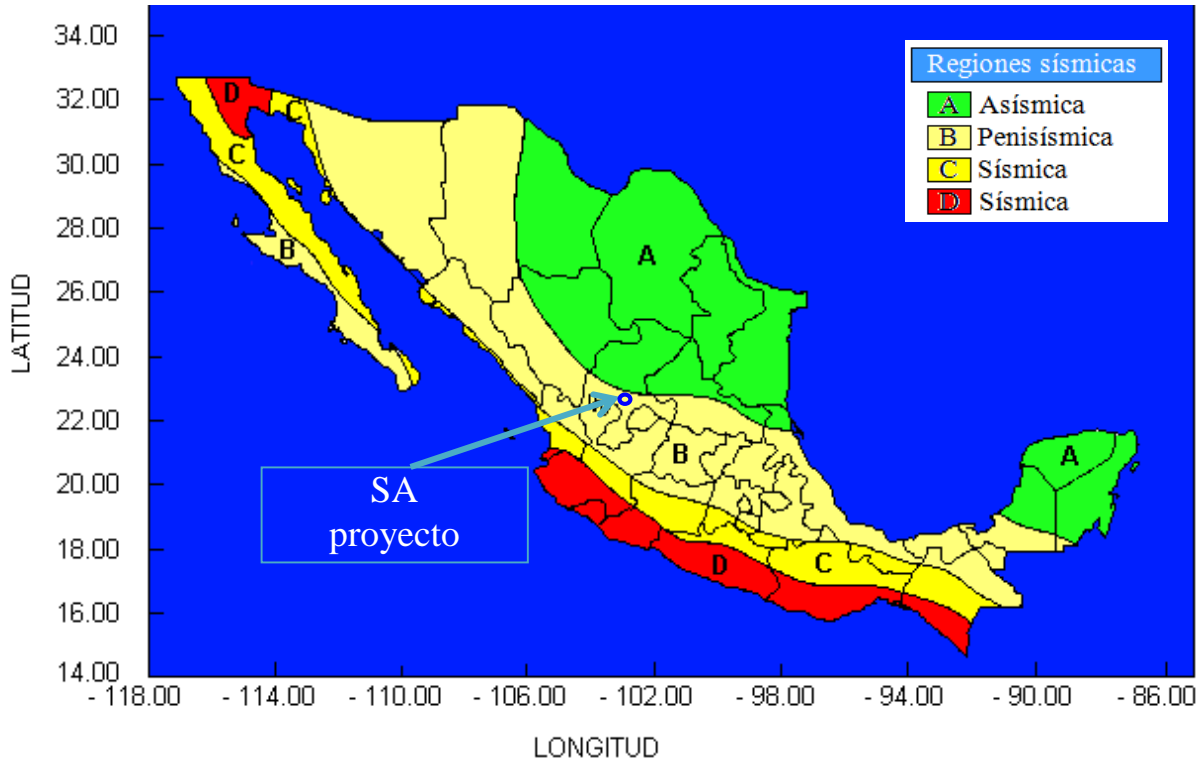
### *Riesgos geológicos*

El área de estudio del proyecto Depósito de Jales San Carlos se ubica dentro de la zona de riesgo sísmico “B” considerada como Penisísmica, ello según la Figura 4.18 la cual se basa en una ilustración del Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) de la Comisión Federal de Electricidad.

La zona considerada como Penisísmica (Zona B), se caracteriza por presentar movimientos sísmicos no tan frecuentes o afectada por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.



En la Figura 4.18, se muestra el mapa de riesgos sísmicos de la República Mexicana, en donde se observa la localización del área de estudio dentro de la zona “B”.



**Figura 4.18. Regiones Sísmicas de México**

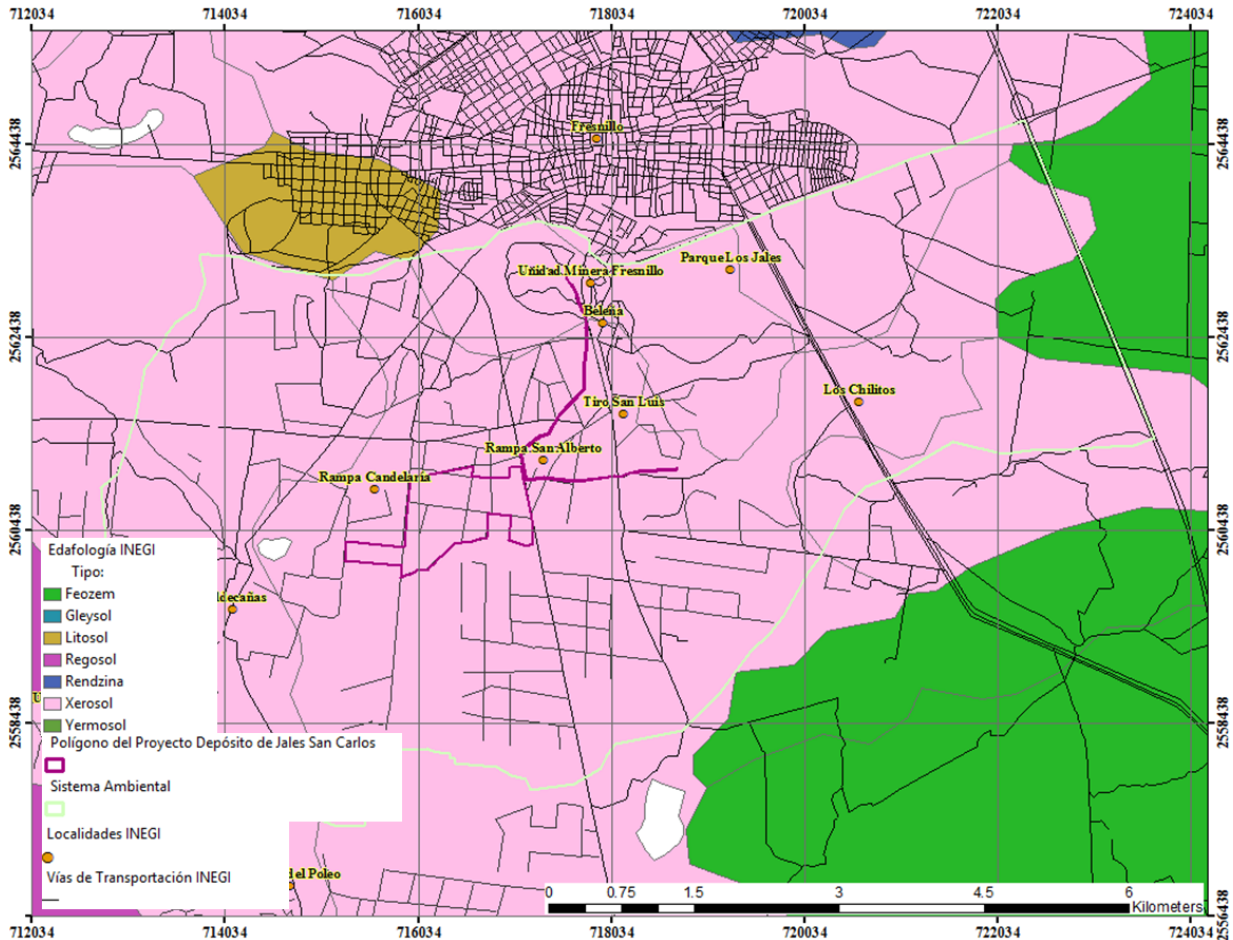
### c) Suelos

#### *Tipos de suelos*

Para conocer los tipos de suelos que se presentan en el Sistema Ambiental se consultó información de INEGI (suelos serie I) en formato *shape* con escala 1:250 000. A continuación se describen los tipos de suelos con mayor dominancia en el Sistema Ambiental;

- *Feozem*: Literalmente, tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave rica en materia orgánica y en nutrientes.
- *Xerosol*: Literalmente, suelo seco. Se localizan en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México. Su vegetación natural es de matorral y pastizal y son el tercer tipo de suelo más importante por su extensión en el país. Se caracterizan por tener una capa superficial de tono claro y muy pobre en humus, debajo de la cual puede haber un subsuelo rico en arcillas. Son de baja susceptibilidad a la erosión, salvo en laderas o si están directamente sobre caliche o tepetate a escasa profundidad

Como se puede observar en la Figura 4.19 el tipo de suelo que se encuentra en mayor superficie del Sistema Ambiental son los Xerosoles ubicándose en 4,540 ha (97.59%), el resto de la superficie del SA se encuentra distribuido el Feozem (112 ha).



**Figura 4.19. Tipos de suelos, INEGI serie I**

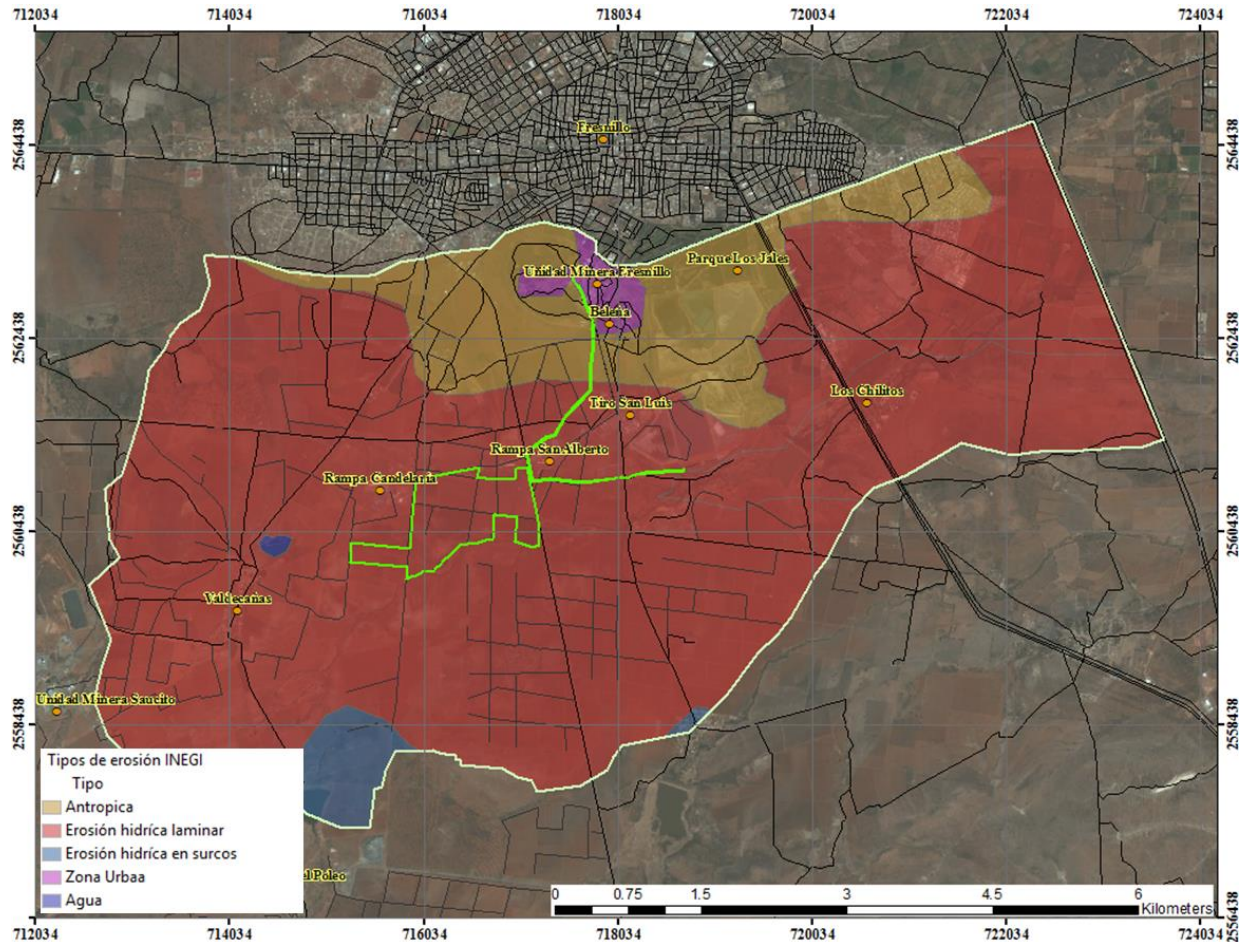
#### *Tipos y grado de erosión del suelo*

De acuerdo a información de INEGI en formato *shape* con escala 1:250 000, el único tipo de erosión que se presenta es la hídrica la cual se presenta en forma laminar y en surcos, la cual se presenta en un grado leve y moderado.

**Tabla 4.7. Tipos y grados de erosión dominantes en el Sistema Ambiental**

Clave de puntos	Tipo de erosión	Forma de erosión	Grado de erosión	Superficie (Ha) del Sistema Ambiental	Porcentaje (%) del Sistema Ambiental
HL1	Hídrica	Laminar	Leve	3,382.49	72.70
HL2	Hídrica	Laminar	Moderado	441.18	9.48
HS2	Hídrica	Surcos	Moderado	113.27	2.43
A	Antrópica	N/A	N/A	715.24	15.37

Como se observa en la Figura 4.20 la mayor parte de la superficie del SA (3,382.49 ha) se encuentra en forma dominante el tipo de erosión hídrica laminar la cual se presenta en un grado de erosión leve y moderado.



**Figura 4.20. Tipos de erosión, INEGI**

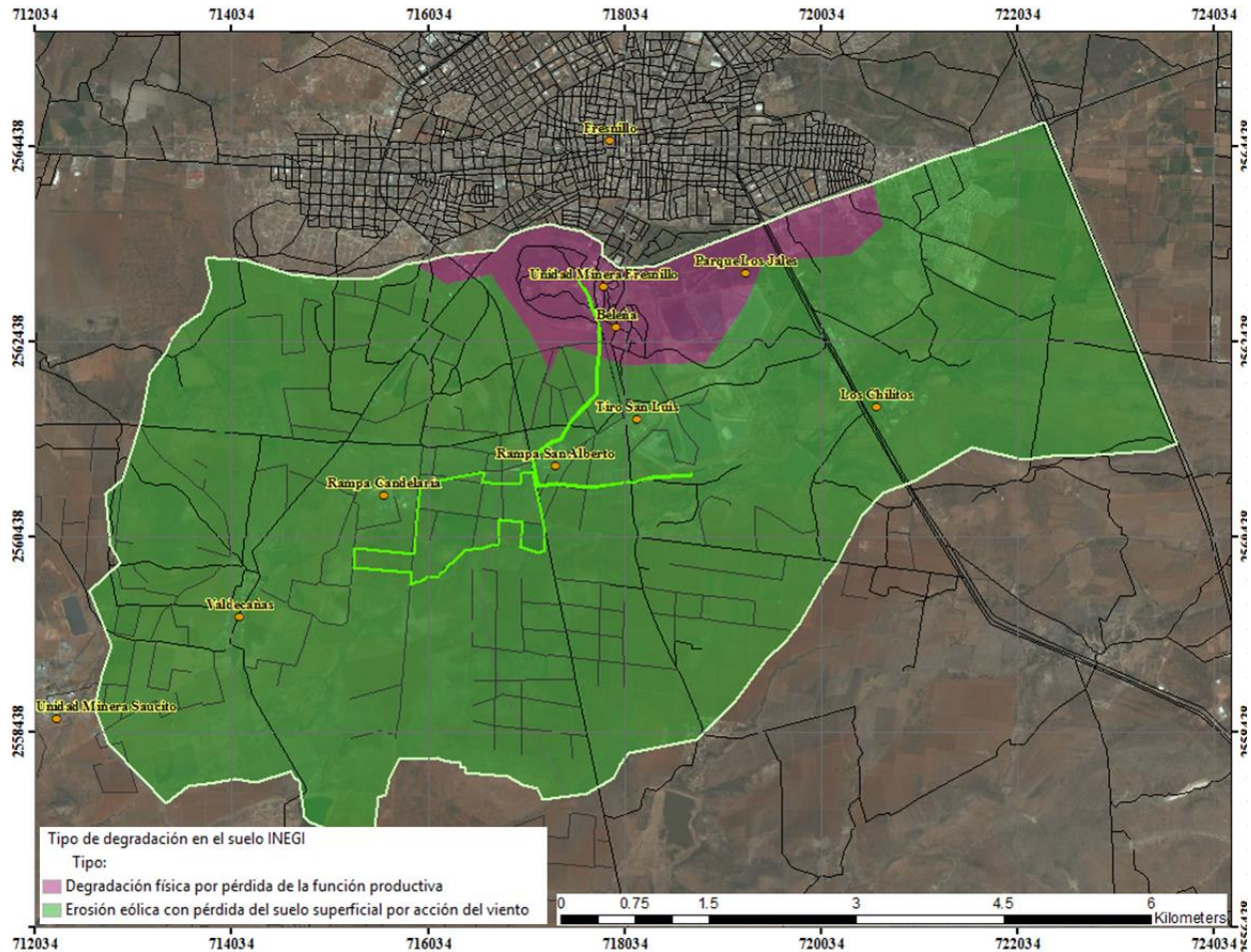
#### *Tipos de degradación del suelo*

En consideración a información de INEGI, los tipos degradación que se presenta en la superficie en el Sistema Ambiental son; degradación física por pérdida de la función productiva y erosión eólica con pérdida de suelo superficial por acción del viento, siendo como las principales causas que los provocan; actividades agrícolas y urbanización.

**Tabla 4.8. Tipos de degradación del suelo y las causas que la originan**

Tipo de degradación	Causas que lo originan	Grado de erosión	Superficie (Ha) del SA	Porcentaje (%) del SA
Degradación física por pérdida de la función productiva	Urbanización	Extremo	356.68	7.67
Erosión eólica con pérdida de suelo superficial por acción del viento	Actividades agrícolas	Moderado	4,295.52	92.33





**Figura 4.21. Tipos de degradación y las causas que las originan**

#### **d) Hidrología y calidad del agua**

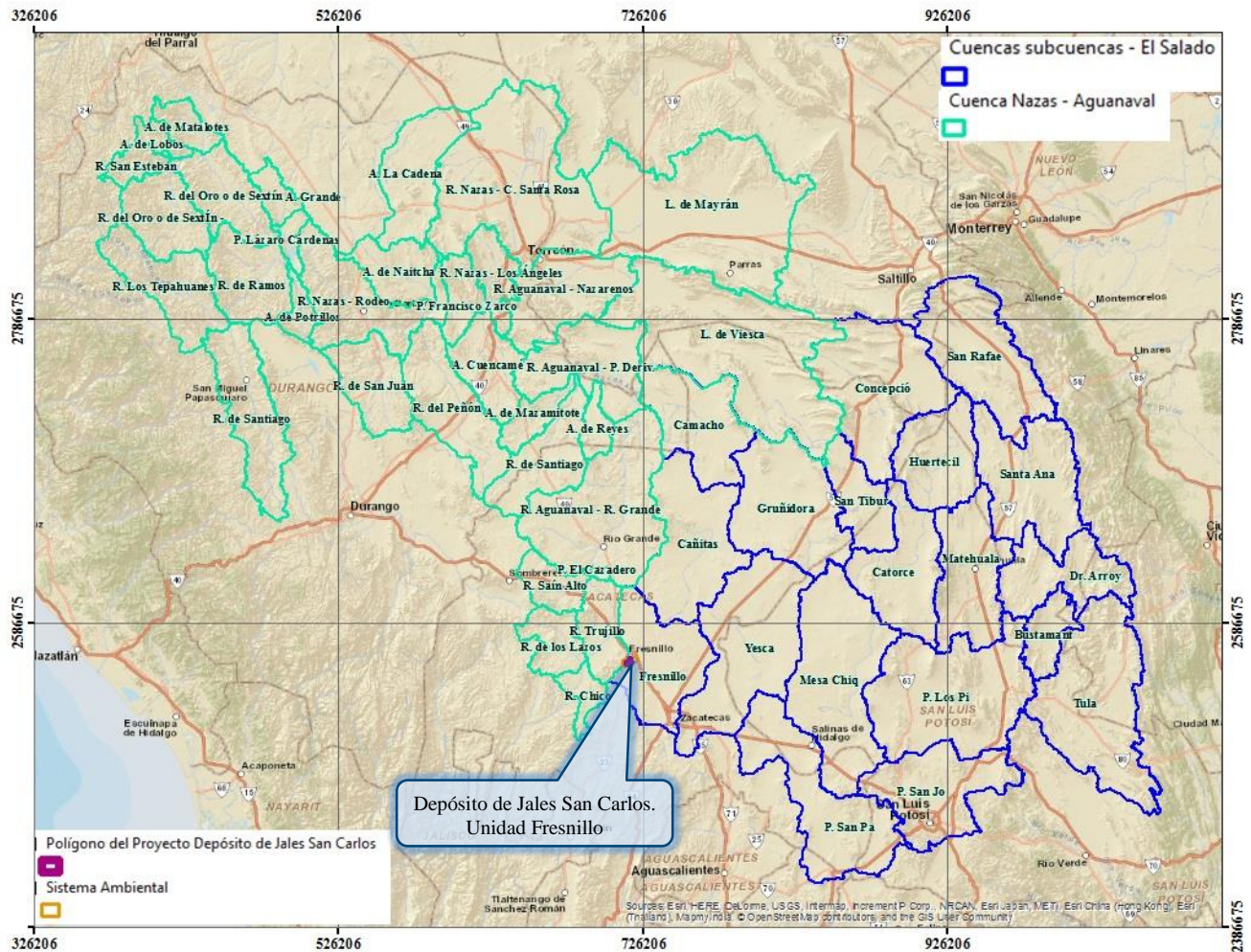
##### *Hidrología superficial*

El proyecto Depósito de Jales San Carlos se ubica en la Cuenca Fresnillo Yesca, subcuenca fresnillo tipo endorreica, en la corriente del arroyo Prieto.

De acuerdo a trabajos realizados por la CONAGUA, INEGI e INECC (antes INE), se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas en el país, las cuales se han agrupado y/o subdividido en cuencas hidrológicas. Dichas cuencas del país se encuentran organizadas en 37 Regiones Hidrológicas, que a su vez se agrupan en 13 Regiones Hidrológicas-Administrativas (RHA). El proyecto se encuentra ubicado dentro de la Región Hidrológica-Administrativa N° VII denominada Cuencas Centrales del Norte.

Ahora bien, según información del Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL) que depende de la CONAGUA, el Sistema Ambiental se localiza y abarca dos Regiones Hidrológicas, la número 36 denominada Nazas-Aguanaval y la número 37 El Salado como se muestra en la Figura 4.22.





**Figura 4.22. Ubicación del SA dentro de la RH 36 y 37**

La RH36 Nazas-Aguanaval se conforma por un total de 16 cuencas hidrológicas que en conjunto suman una extensión territorial de 93,032 km<sup>2</sup>. Por su parte, la RH37 El Salado está constituida por 8 cuencas y todas ellas suman un área de 87,801 km. Las características de ambas Regiones Hidrológicas se presentan en la Tabla 4.9.

**Tabla 4.9. Características de las regiones hidrológicas 36 Nazas-Aguanaval y 37 El Salado**

Nombre de la región hidrológica	Extensión territorial continental (km <sup>2</sup> )	Precipitación normal anual 1971-2000 (mm)	Escurrimiento natural medio superficial interno (hm <sup>3</sup> /año)	Escurrimiento natural medio superficial total (hm <sup>3</sup> /año)	Número de cuencas hidrológicas
El Salado	87,801	431	2,876	2,876	8
Nazas-Aguanaval	93,032	425	1,912	1,912	16



El Polígono del Proyecto como tal, se encuentra inmerso solamente dentro de la Región Hidrológica El Salado (RH37), en la Cuenca Fresnillo-Yesca (Clave E), y Subcuenca Fresnillo (Clave c), por lo que su clave de subcuenca compuesta es RH37Ec. Esta subcuenca es de tipo endorreica y cubre una superficie de 3,770.73 km<sup>2</sup>. A continuación se muestran rasgos de la RH37Ec

**Tabla 4.10. Rasgos de la Subcuenca Fresnillo RH37Ec**

Propiedad	Unidades	Valor
Perímetro	km	334.17
Área	km <sup>2</sup>	3770.73
Densidad de Drenaje	Adimensional	1.0618
Coeficiente de Compacidad	Adimensional	1.5346
Longitud Promedio de flujo superficial de la Subcuenca	km	0.2354
Elevación Máxima en la Subcuenca	m	2840
Elevación Mínima en la Subcuenca	m	1980
Pendiente Media de la Subcuenca	%	3.01
Elevación Máxima en Corriente Principal	m	2604
Elevación Mínima en Corriente Principal	m	2050
Longitud de Corriente Principal	m	82635
Pendiente de Corriente Principal	%	0.67
Sinuosidad de Corriente Principal	Adimensional	1.3796

En las inmediaciones del Proyecto existen varios cuerpos de agua pequeños y corrientes de carácter intermitente, como previamente se describió en la Sección II.1.6, donde se muestran los cuerpos de agua que se localizan dentro del Sistema Ambiental delimitado para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos; específicamente la Figura 2.3 y Figura 2.4 exhiben las corrientes y vías de conducción de agua, y los cuerpos de agua cercanos a la Unidad Fresnillo, mientras que en la Figura 2.5 se presentan algunas fotografías de dichos cuerpos.

De entre ellos, destacan el Parque Ecológico Los Jales y el depósito de jales Los Chinos, que habiendo sido obras mineras, ya fueron restituidos y transformados en un área recreativa con lago artificial y en un humedal artificial donde crecen tulares en los que se refugian diferentes especies de patos de la región y migratorios, respectivamente. Existen en el SA otros cuerpos de agua lénticos, como lo son bordos construidos para el abastecimiento de localidades y para el riego de las parcelas; también se presentan diversos cauces formados por escorrentías naturales que drenan el agua pluvial hacia puntos más bajos durante las lluvias estacionales (corrientes de agua intermitentes).

En relación al sitio del Depósito de Jales San Carlos, el Arroyo Prieto que escurre al Sur del Proyecto y que descarga en la denominada Presa Plan de Juárez, al Este del Proyecto, son los cuerpos de agua más relevantes dada la cercanía al Polígono del Proyecto.

#### *Calidad del agua*

Minera Fresnillo, como parte de sus procedimientos operativos, mantiene un programa de monitoreo de la calidad del agua tanto superficial como subterránea entorno a la unidad minera.



Entre los puntos de donde se colectan muestras de agua de forma periódica para su análisis a través de laboratorios certificados, se tienen 4 pozos de monitoreo, un piezómetro y sobre el cauce del Arroyo Prieto, que son los más próximos al sitio del Depósito de Jales San Carlos:

- Pozo No. 1 Ampliación Presa San Luis
- Pozo No. 2 Ampliación Presa San Luis
- Pozo No. 3 Presa San Luis 1ª Sección
- Pozo No. 4 Presa San Luis 1ª Sección
- Piezómetro 1ª Presa San Luis Ampliación
- Arroyo Prieto San Felipe

En el Anexo 4.2 se muestran los resultados de los análisis realizados a las muestras anteriores, que datan del 29 de abril de 2015 (pozos y piezómetro), y del 5 de marzo de 2015 (agua superficial del Arroyo Prieto San Felipe). Los informes de ensayo están en referencia a la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, la cual establece parámetros de calidad del agua y límites máximos permisibles (LMP) en las descargas de aguas residuales.

Tal como se puede constatar en las copias adjuntas al Anexo 4.2, la muestra del Pozo No. 2 Ampliación Presa San Luis, resultó con un parámetro que excede los valores LMP de la NOM-001 para sólidos suspendidos totales, resultando una concentración de 376 mL/L. A su vez, la muestra del Pozo No. 4 Presa San Luis 1ª Sección excede ligeramente el LMP de grasas y aceites con 25.84 mg/L. Por su parte, en el Piezómetro 1ª Presa San Luis Ampliación se presentan concentraciones de sólidos sedimentables (5 mL/L) y sólidos suspendidos totales (654 mL/L) por encima de los LMP.

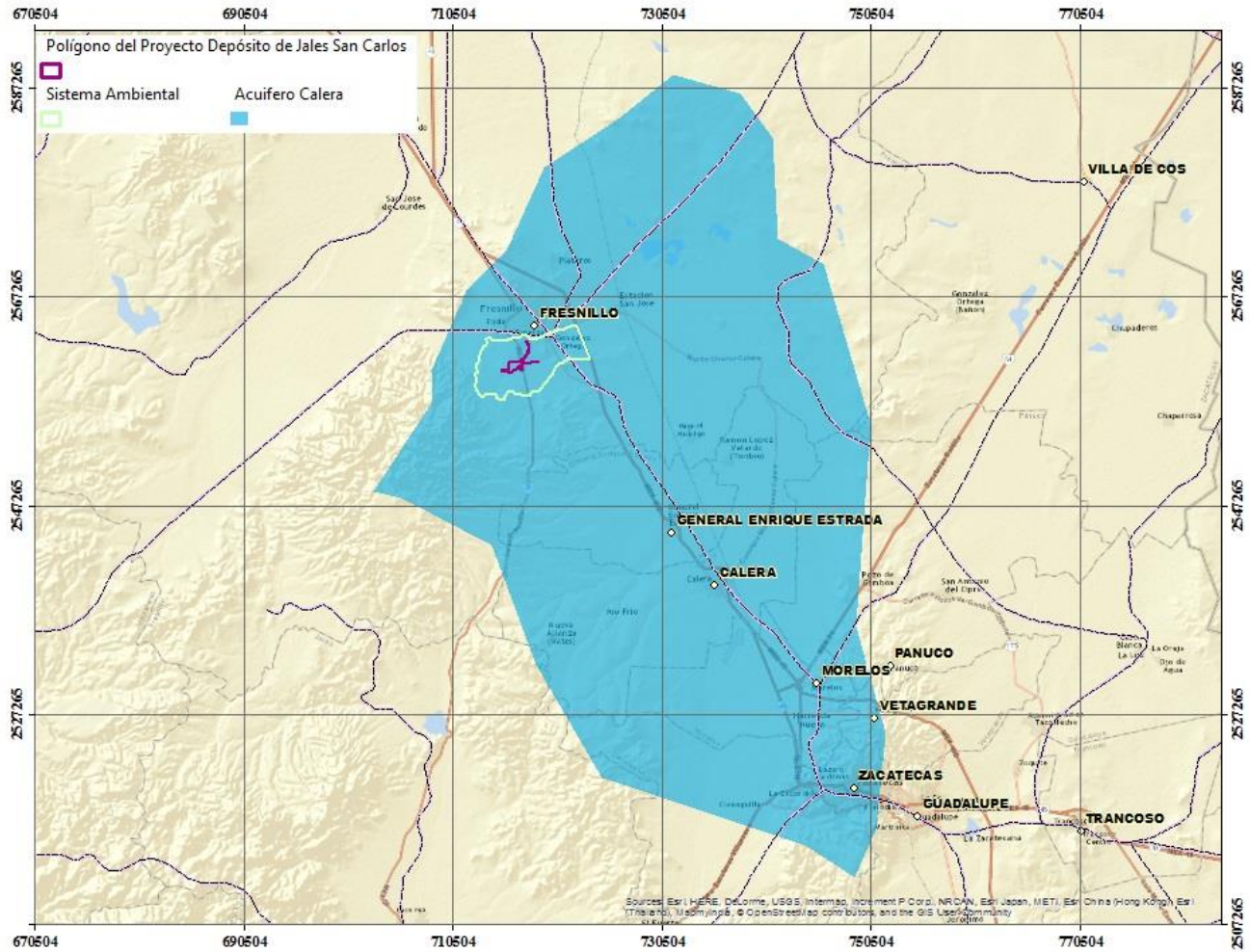
Ninguna de los parámetros analizados para la muestra de agua superficial del Arroyo Prieto indica que hay contaminación del agua respecto a los LMP establecidos en la NOM-001.

#### *Hidrología subterránea e Hidrogeología*

Para fines de administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos cuyos nombres oficiales fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el 05 de Diciembre de 2001.

El Sistema Ambiental del Proyecto se encuentra inmerso dentro del Acuífero denominado Calera con clave 3225 (Figura 4.23).





**Figura 4.23. SA dentro del Acuífero Calera**

En la Tabla 4.11 se muestra la actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea para el acuífero Calera, publicada en el Registro Público de Derechos del Agua con una fecha de corte al 30 de Junio del 2014.

**Tabla 4.11. Características de disponibilidad de agua subterránea del Acuífero Calera.**

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		Cifras en millones de metro cúbicos					
3225	Calera	83.9	1.3	163.1903	125.0	0.0000	-80.5703

*R=recarga media anual. DNCOM=disponibilidad natural comprometida. VCAS=volumen concesionado de agua subterránea. VEXTET=volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos. DAS=disponibilidad media anual de agua subterránea.*

El área del Acuífero corresponde a una cuenca cerrada de forma irregular, ligeramente alargada, con orientación Norte - Sur; delimitada por el parteaguas que forma la Sierra de Zacatecas en su porción Oriental, y la Sierra de Fresnillo en su parte Occidental y algunos cerros y lomeríos de poca elevación.





Pertenece a la Región Hidrológica 37 "El Salado" a la cuenca "Fresnillo -Yesca", y subcuenca "Fresnillo". Cabe mencionar, que una pequeña fracción de la zona hidrogeológica, aproximadamente el 4 %, queda dentro de la región hidrológica No. 36 "Nazas - Aguanaval".

En el área no existen corrientes superficiales importantes, únicamente pequeños arroyos de régimen intermitente; destacan: el arroyo "La Joya", originado por la confluencia de los arroyos El Bote, Rancho Nuevo y El Molino; arroyo Calera, formado por los arroyos Carrizalillo y Hornitos; arroyo de Enmedio y arroyo de Plateros; todos ellos escurren a las lagunas Santa Ana y Sedano.

El drenaje es hacia el centro de la cuenca, para continuar con dirección Norte, hacia las lagunas Santa Ana y Sedano, que son los cuerpos de agua de mayor importancia.

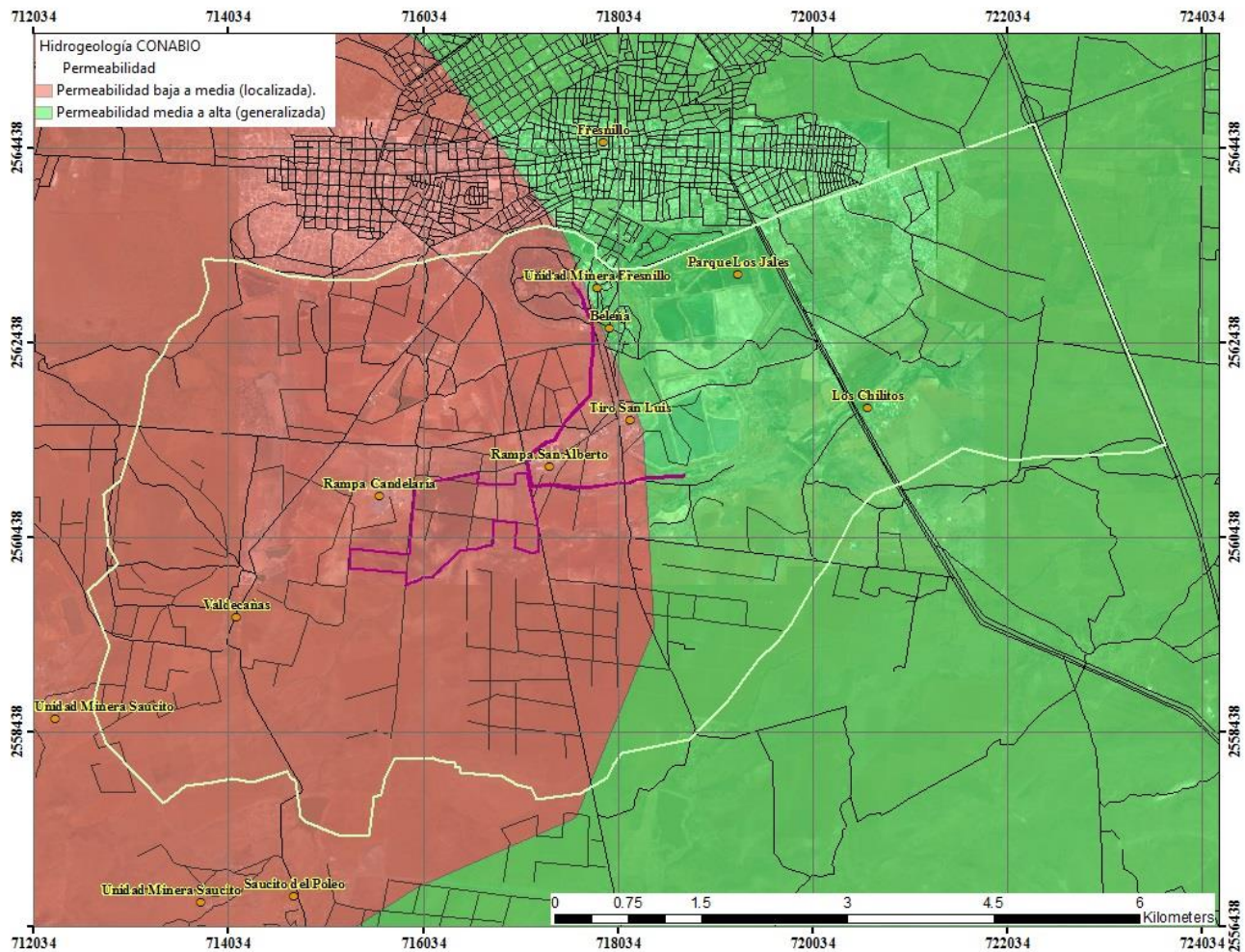
Existen pocos aprovechamientos de agua superficial, siendo estos de reducida capacidad, pero de gran importancia para la zona; siendo estos los que a continuación se relacionan:

**Tabla 4.12. Principales aprovechamientos hidráulicos en la zona del acuífero Calera**

Nombre	Municipio	Capacidad instalada Mm <sup>3</sup>	Corriente aprovechada	Beneficio has.
Arroyo de en medio	Gral. Enrique Estrada	2.9	A. Barrancos	230
Bordo Toribio	Calera	2.8	A. de En medio	620
Calera	Calera	2.0	A. Calera	207
La Bomba	Fresnillo	2.0	A. El Águila	457
Los Chilitos	Fresnillo	1.9	A. Prieto	-
El Peñasco	Gral. Enrique Estrada	1.6	A. Las Iglesias	135
<b>Totales</b>		<b>13.2</b>	<b>Totales</b>	<b>1649</b>

Hidrogeológicamente el área del Sistema Ambiental está conformada por material que data tanto del Cenozoico como del Pleistoceno. En la Figura 4.24 se presenta la hidrogeología del SA según CONABIO, en la cual se puede apreciar que la parte Este del SA se encuentra formada por material del Pleistoceno y reciente; con terrazas marinas, gravas, arenas y limos; depósitos aluviales y lacustres, y una permeabilidad media a alta generalizada.

La porción Oeste del SA por su parte, se encuentra formada por material del Cenozoico medio volcánico, rocas volcánicas (lavas, brechas y tobas) predominantemente riolitas; con permeabilidad baja a media (localizada).



**Figura 4.24. Hidrogeología según CONABIO**

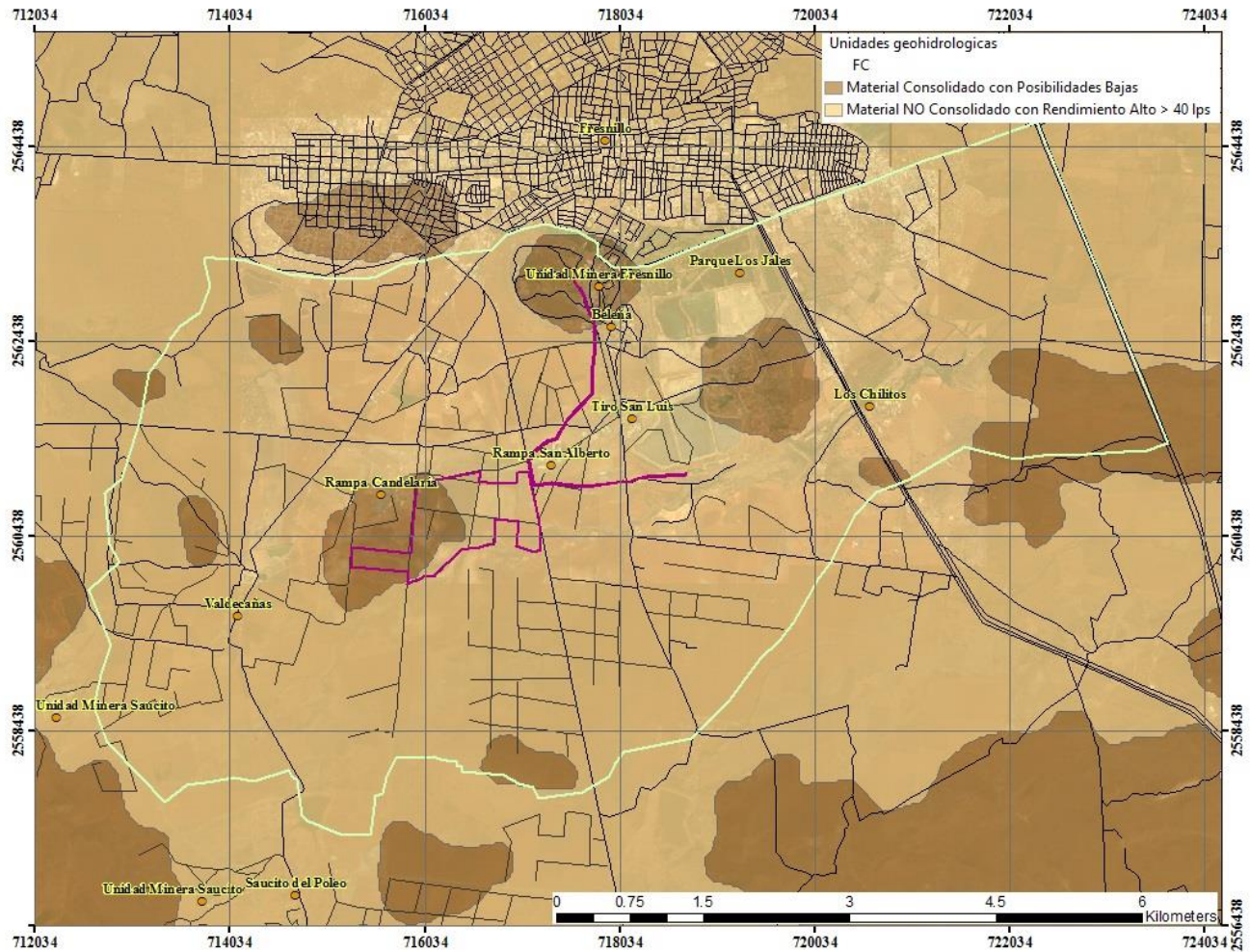
Las unidades hidrogeológicas se refiere a un grupo de rocas o material granular, cuyas características físicas potenciales le permiten funcionar como una sola desde el punto de vista hidrológico, puede ser productora, de recarga o impermeable o sin posibilidades de contener agua subterránea.

Las unidades se dividen en dos grandes grupos en función del tipo de material:

1. Material consolidado: corresponde a rocas masivas, coherentes y duras.
2. Material No consolidado: corresponde a los diferentes tipos de suelo o bien a roca, disgregada de consistencia blanca.

El SA presenta dos tipos de unidades hidrogeológicas, las cuales corresponden a Material consolidado con posibilidades bajas y Material no consolidado con rendimiento alto, siendo más dominante el segundo sobre el primero. Tal como se muestra en la Figura 4.25.





**Figura 4.25. Unidades hidrogeológicas del SA**

A continuación se presenta la descripción de cada una de las unidades hidrogeológicas presentes en el SA; de acuerdo a la Guía para la interpretación de cartografía hidrológica serie II de INEGI (2012).

**Material consolidado con posibilidades bajas:** Unidad constituida por uno o varios tipos de roca sólida que por su origen y formación presentan baja permeabilidad, tanto primaria como secundaria, las condiciones hidrogeológicas para contener agua económicamente explotable resultan desfavorables, por lo que se consideran con posibilidades bajas.

**Material no consolidado con rendimiento alto > 40 lps:** Unidad constituida por suelos, arenas, gravas, conglomerados y/o tobas arenosas mal compactadas que presentan alta permeabilidad y capacidad de almacenar agua debido a su porosidad, bajo grado de cementación. Las obras de explotación existentes en esta unidad tienen rendimiento promedio superior a 40 litros por segundo.

De acuerdo con información del "Estudio hidrogeológico ante la norma NOM-023-STPS-2012 para la Mina Proaño (también conocida como mina Fresnillo), Zacatecas" realizado por la



Consultoría Bertone, México D.F. en agosto de 2015, el sistema acuífero de la zona se considera de tipo multicapas permeables. La capa superior se compone principalmente por los depósitos aluviales asociados a los depósitos poco o no consolidados como los conglomerados. Estos depósitos reciben el agua de lluvia ya sea por el escurrimiento de las zonas de piedemonte o por la recarga de lluvia directa. Las capas inferiores que subyacen a la capa aluvial están formadas principalmente por las rocas fracturadas de baja permeabilidad, hasta muy baja en la zona de la mina Proaño. Debido al contraste de permeabilidades, se considera que los flujos en la capa aluvial son principalmente flujos horizontales y controlan la distribución regional de la piezometría. En condiciones naturales la presión hidrostática en las rocas subyacentes se establece en continuidad con los aluviones. En condiciones de depresurización como ocurre en las galerías de la mina, y debido a su baja permeabilidad en el sector de Fresnillo, las rocas estériles no son alimentadas lateralmente o por la cubierta de aluviones. Históricamente, durante la explotación de la mina, nunca se ha identificado una fractura abierta que aporte una cantidad significativa de agua en la mina, como se observó en la mina vecina de Saucito. Todos los aportes de agua se observan en las vetas de la mina alojados en las rocas impermeables fracturadas, vetas que consisten en materiales de porosidad primaria significativa. Estos aportes corresponden a una depresurización de estas vetas y van disminuyendo después de la extracción del mineral. No hay ninguna evidencia de una conexión hidráulica entre estas vetas permeables y los aluviones u otra roca permeable: es muy probable que este material acuífero no sea alimentado.

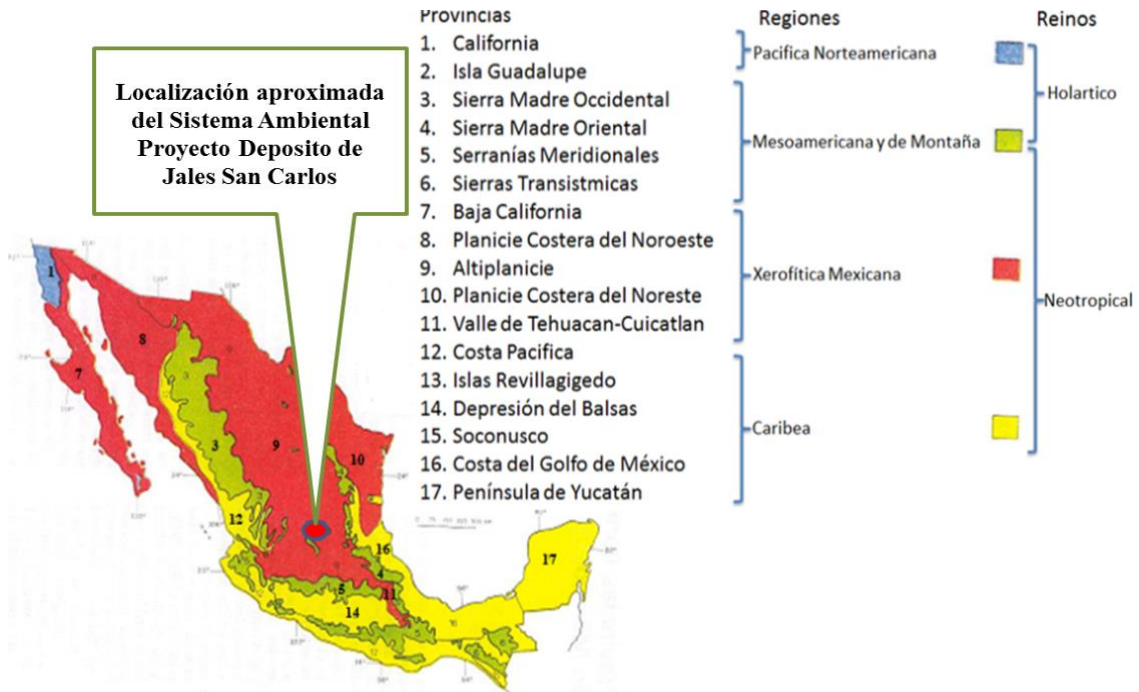
Las entradas verticales en el sistema acuífero local son muy limitadas. Los gráficos de la evolución piezométrica en la red de monitoreo de la mina, evidencian que no se presenta ningún cambio en el nivel piezométrico de los aluviones superficiales arriba de las obras mineras: los únicos cambios que se pueden observar son en pozos (pozos de la presa San Luis), no en piezómetros, muy probablemente debido a los bombeos. Los aluviones de la superficie son permeables, de extensión regional, alimentados por los aportes del suroeste (cerros) y por la lluvia y se extienden hasta las zonas de descarga del sistema regional. Estos aluviones imponen una piezometría regional en el sistema acuífero. En la zona de la mina la piezometría en los aluviones sigue constante, en unos 20 m por debajo del terreno natural.

#### **IV.2.2 Aspectos bióticos**

##### **a) Vegetación**

El estado de Zacatecas se encuentra inmerso dentro del Reino Neotropical, Región Xerofítica Mexicana, Provincia Altiplanicie. Dicha provincia se extiende desde Chihuahua y Coahuila hasta Jalisco, Michoacán, Estado de México, Tlaxcala y Puebla. Es la provincia más extensa, la altitud de su territorio varía en general entre 1,000 y 2,000 m, por lo que es más notoria la influencia de bajas temperaturas. A lo largo de su límite oriental, desde Coahuila hasta Hidalgo, se puede observar una notable influencia de elementos florísticos propios de la Provincia de la Planicie Costera del Noreste (Figura 4.26). La vegetación predominante consiste en Matorrales xerófilos, aun cuando también son frecuentes los pastizales y el bosque espinoso (mezquital), (Rzedowski, 1978; citado en Balleza y Villaseñor, 2002).

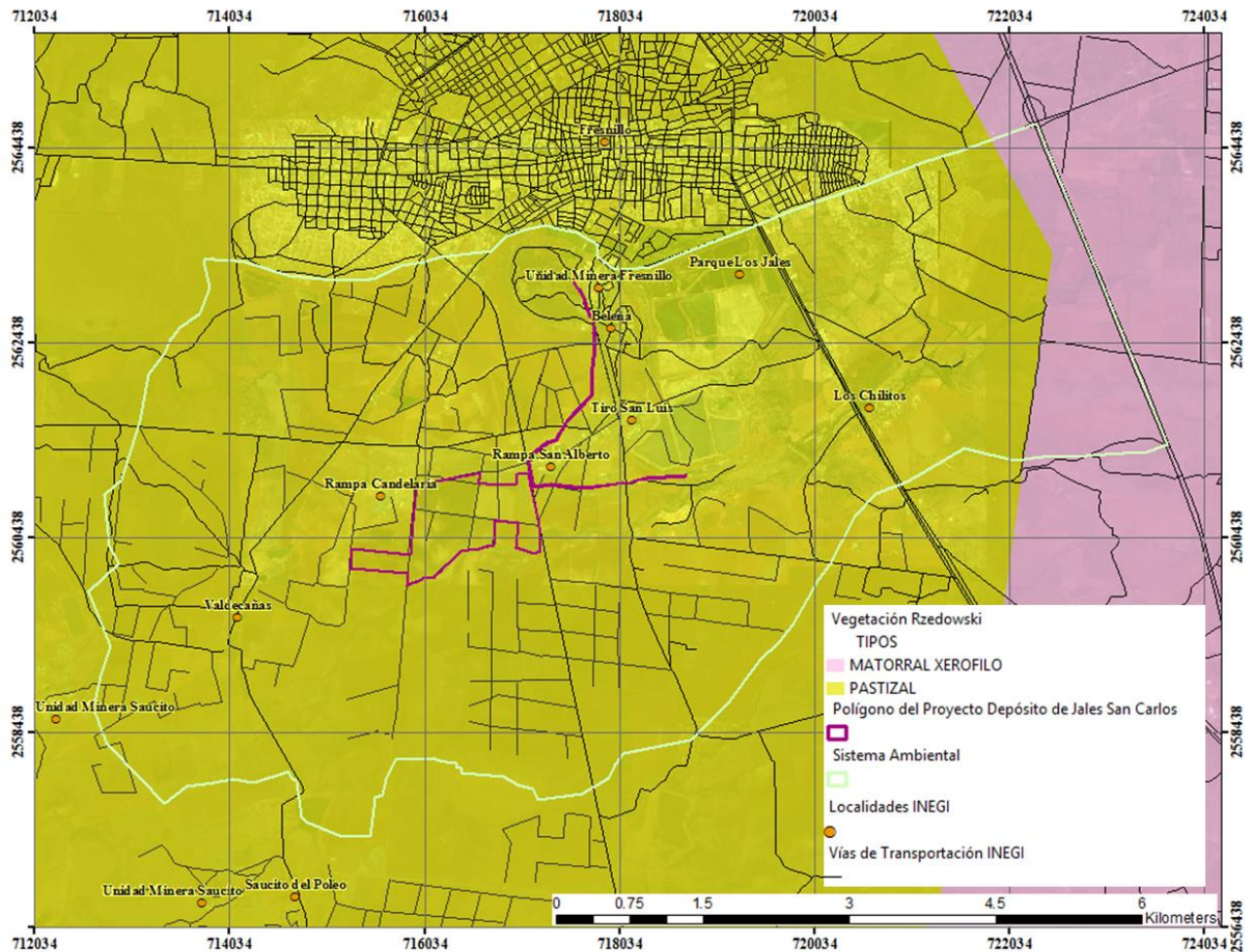




**Figura 4.26. Provincias fisiográficas de México**

#### *Descripción de la Vegetación en el Sistema Ambiental*

De acuerdo con Rzedowski el Sistema Ambiental delimitado para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos se encuentra inmerso sobre Pastizal Natural (Figura 4.27); este tipo de vegetación que se establece sobre pendientes moderadas o nulas, se considera zona de transición entre Matorral xerófilo y los Bosques templados. El pastizal se caracteriza por la abundancia de especies anuales de las familias Asteraceae, Fabaceae y Poaceae que reverdecen durante la época de lluvias, elementos arbustivos propios de ecosistemas desérticos y la escasez de organismos arbóreos.



**Figura 4.27. Tipos de Vegetación en el Sistema Ambiental según Rzedowski**

No obstante, mediante los trabajos de gabinete y durante la visita al sitio se observó la intensa modificación de la vegetación autóctona, la cual ocasionó que actualmente se pudieran identificar tres asociaciones vegetales en el Sistema Ambiental. De acuerdo a los trabajos de campo se pudo observar que más del 90% de la superficie del Sistema Ambiental consta de áreas agrícolas mientras que el resto pertenece a zonas forestales de Matorral Crasicaule. A continuación se describen las asociaciones vegetales identificadas en el Sistema Ambiental.

#### Agricultura de riego anual.

Estos agrosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica.



### Agricultura de Temporal.

Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su existencia depende de la precipitación y de la capacidad del suelo de retener el agua.

### Matorral crasicaule

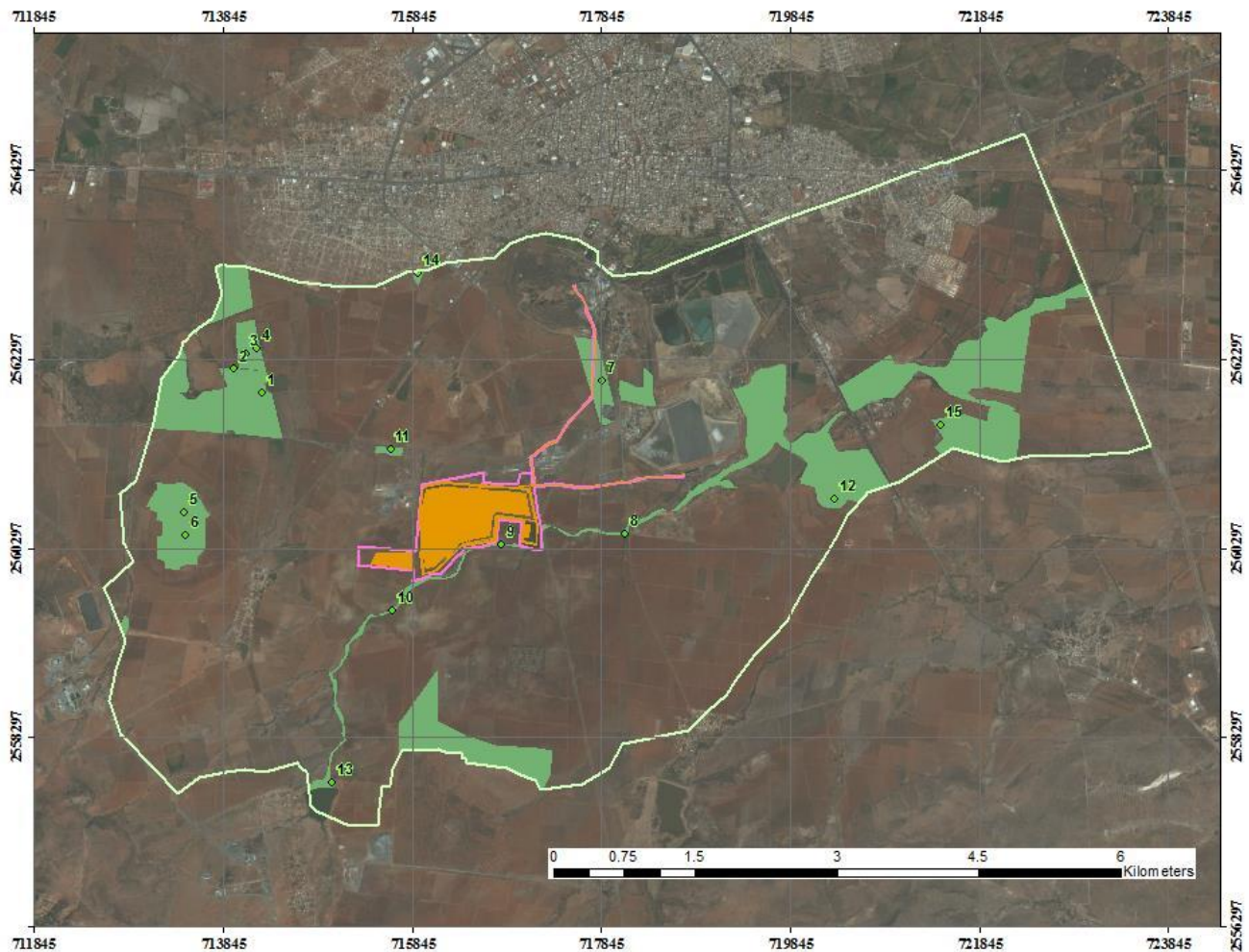
Tipo de vegetación dominada fisiológicamente por cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país. Algunas especies comunes son: *Opuntia spp.*, *Carnegiea gigantea*, *Pachycereus pringlei*, *Stenocereus thurberi*. Se incluyen las asociaciones conocidas como Nopaleras, Chollales, Cardonales, Tetecheras, etcétera. El Matorral Crasicaule que se establece en la parte central de Zacatecas y algunas zonas adyacentes de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí se presentan como cubierta vegetal de *Opuntia*, siendo las principales especies dominantes de estas "nopaleras" *Opuntia streptacantha* y *Opuntia leucotricha*.

### *Metodología de muestreo*

Para iniciar con el análisis de la vegetación dentro del Sistema Ambiental delimitado para el proyecto de Depósito de Jales San Carlos fue necesario iniciar en gabinete actividades de revisión cartográfica y de planeación, destacando el análisis del tamaño y forma del sitio, la cantidad de sitios necesarios y del sistema de muestreo a utilizar en función de la vegetación presente y características topográficas de la zona, mismas que fueron previamente estudiadas en planos y temas editados por el INEGI.

Como se puede observar en la siguiente figura, y como ya se mencionó en apartados anteriores, el Sistema Ambiental está compuesto en más de un 90% por áreas agrícolas, por lo que el análisis de la vegetación se realizó únicamente de las 450.93 ha forestales. En base a lo anterior se realizaron 15 sitios de muestreo al azar sobre manchones de vegetación autóctona (Figura 4.28)





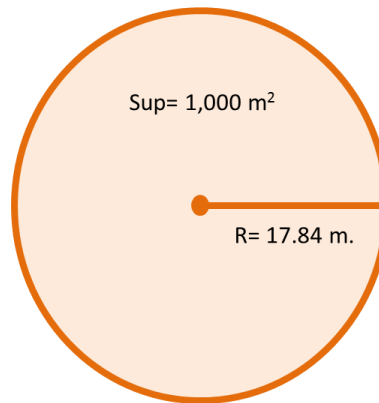
**Figura 4.28. Sitios de muestreo de vegetación respecto a la cobertura forestal en el Sistema Ambiental**

Cada sitio de muestreo es circular con un radio de 17.84m aportando un área aproximada de 1,000m<sup>2</sup> por sitio, por lo que fue muestreada una superficie total de 1.5ha. En los sitios levantados se documentó la existencia total de la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea; se realizaron colectas y revisiones de la flora, tratando de que la vegetación presente en la misma quedara identificada para poder conocer sus recursos vegetales. Los ejemplares colectados fueron identificados por medio de claves dicotómicas y descripciones taxonómicas disponibles de flora regional, monografías y revisiones taxonómicas; además de la consulta de ejemplares de herbario con ayuda de especialistas en ciertos grupos.

En la Figura 4.29 se puede apreciar el esquema de muestreo:



# SITIO DE MUESTREO



**Figura 4.29. Esquema de los muestreos circulares**

## Composición florística en el SA (Riqueza de especies)

Mediante el muestro y métodos de identificación se determinó que en el Sistema Ambiental se registraron un total de 40 especies divididas en 14 familias, de las cuales la familia Asterácea es la mejor representada con 11 especies, posteriormente las familias Cactácea y Fabácea con 8 y 6 especies respectivamente. A continuación se muestra a manera de tabla el listado florístico de las especies identificadas dentro del SA:

**Tabla 4.13. Listado florístico del Sistema Ambiental**

Familia	Nombre científico	Autor	Nombre común	Maleza	NOM-059-SEMARNAT-2010
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	L.	Quelite	M	
	<i>Amaranthus palmeri</i>	S. Wats.	Quelite espinoso	M	
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	L.	Pirul	M	
Asparagaceae	<i>Yucca decipiens</i>	Trelease, William	Palma loca		
Asteraceae	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	(Kunth) H. Rob. & Brettell	Asomiate amarillo	M	
Asteraceae	<i>Brickellia laciniata</i>	A.Gray	Jarilla		
	<i>Brickellia veronicifolia</i>	(Kunth) A. Gray	Estrellita		
	<i>Erigeron janivultus</i>	G.L. Nesom			
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	(Spreng.) Less.	Tatalencho	M	
	<i>Haplopappus aff venetus</i>	(Kunth) Greene	Falsa damiana		
	<i>Isocoma veneta</i>	(Kunth) Greene	Falsa damiana	M	
	<i>Montanoa leucantha</i>	(Lag.) S.F. Blake	Jaral		
	<i>Sanvitalia procumbens</i>	Lam.	Ojo de gallo	M	
	<i>Verbesina encelioides</i>	(Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray	Hierba de la bruja	M	
	<i>Viguiera dentata</i>	(Cav.) Spreng.	Chamiso	M	
	<i>Baccharis salicifolia</i>	(Ruiz & Pav.) Pers.	Jarilla de río	M	

Familia	Nombre científico	Autor	Nombre común	Maleza	NOM-059-SEMARNAT-2010
Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	(Haw.) F.M. Knuth	Cardenchi		
	<i>Ferocactus latispinus</i>	(Haw.) Britton & Rose	Lengua del demonio		
	<i>Mammillaria heyderi</i>	Muehlenpf.	Biznaga de chilitos		
	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	DC.	Nopal cuijo		
	<i>Opuntia rastrera</i>	F.A.C. Weber	Nopal rastrero		
	<i>Opuntia robusta</i>	J.C. Wendl.	Nopal tapón		
	<i>Opuntia streptacantha</i>	Lem.	Nopal cardon		
	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	F.A.C. Weber	Nopal cascarón		
Convolvulaceae	<i>Dichondra argentea</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.	Oreja de ratón	M	
Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i>	Sessé	Sangre de drago		
Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i>	(S. Watson) F.J. Herm.	Huizache		
	<i>Acacia constricta</i>	Benth.	Vara prieta		
	<i>Dalea bicolor</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.	Engorda cabra	M	
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	(Ortega) Sarg.	Palo dulce		
	<i>Prosopis laevigata</i>	(Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Mezquite		
	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Ortega	Gatuño		
Poaceae	<i>Bouteloua gracilis</i>	(Kunth) Lag. ex Steud.	Navajita azul	M	
	<i>Eragrostis intermedia</i>	Hitchc.	Zacate llanero		
	<i>Muhlenbergia tenuifolia</i>	(Kunth) Trin.	Zacate espinilla		
Rhamnaceae	<i>Condalia ericoides</i>	(A. Gray) M.C. Johnst.	Junco		
Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i>	Kunth	Sauz		
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Kunth	Tepozan		
	<i>Buddleja scordioides</i>	Kunth	Escobilla		
Verbenaceae	<i>Verbena bipinnatifida</i>	Nutt.	Alfombrilla	M	

#### *Especies registradas en los muestreos y enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010*

Con fundamento en la revisión de los listados florísticos de las especies vegetales detectadas por el muestreo de campo dentro del SA, además de la flora que se reporta para la región de las zonas, no se encontraron especies catalogadas bajo estatus de conservación según la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece el listado de especies y subespecies de la flora silvestre terrestre en peligro de extinción (P), sujetas a protección especial (Pr) y amenazadas (A). Cabe destacar que durante el muestreo en campo se localizaron dos especies de biznaga en algunas de las zonas que aún conservan vegetación forestal dentro del SA, que por su lento crecimiento es importante su conservación y protección:

**Tabla 4.14. Especies de vegetación de lento crecimiento, localizadas en el SA**

Genero	Especie	Nombre común
<i>Ferocactus</i>	<i>latispinus</i>	Lengua del demonio
<i>Mammillaria</i>	<i>heyderi</i>	Biznaga chilitos

*Especies de valor de importancia ecológica*

El valor de importancia es la suma de la densidad relativa, la dominancia relativa y la frecuencia de una especie en una comunidad, se mide en una escala que va de 0 a 3.00 y la especie es más dominante en una comunidad en la medida que sea mayor su valor de importancia.

Con la obtención del Índice de Valor de importancia a través de la integración de los valores relativos para cada especie, es posible inferir el desarrollo, la ecología y adaptación de esa especie dentro de una comunidad determinada.

Para el cálculo del valor de importancia se necesita de la frecuencia relativa, además del cálculo de la densidad relativa y la dominancia relativa. El valor de importancia es la suma de la frecuencia relativa, más la densidad relativa y la dominancia relativa.

Densidad absoluta (Da)= Número de individuos de la especie.

Densidad relativa (Dr)= (Densidad absoluta / Densidad absoluta de todas las especies) x 100.

Dominancia absoluta (Doa)= Cobertura de la especie / Superficie muestreada.

Dominancia relativa (Dor)= (Dominancia absoluta de la especie / Dominancia absoluta de todas las especies) x 100.

Frecuencia absoluta (Fa)= Número de veces que aparece una determinada especie con relación al número de muestreos / Número de muestreos totales.

Frecuencia relativa (Fr)= (Frecuencia absoluta / Frecuencia absoluta de todas las especies) x 100.

Valor de importancia (V.I.E)= Densidad relativa + Dominancia relativa + Frecuencia relativa.

**Tabla 4.15. Densidades de muestreo respecto a áreas forestales del SA para estrato Arbóreo (A)**

No.	Nombre científico	Especie	Da en superficie de muestreo (1.5 ha)	Da aprox. en una hectárea	Da aprox. en áreas forestales del SA (450.9 ha)
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	33	22	9920.46
2	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán	1	0.6666	300.62
3	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón	2	1.3333	601.24
4	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	17	11.3333	5110.54
5	<i>Acacia constricta</i>	Vara prieta	9	6	2705.58
6	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	23	15.3333	6914.26
7	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	47	31.3333	14129.14
8	<i>Salix bonplandiana</i>	Sauz	4	2.6666	1202.48
9	<i>Schinus molle</i>	Pirul	1	0.6666	300.62
<b>Total</b>			<b>137</b>	<b>91.3333</b>	<b>41184.9</b>

**Tabla 4.16. Valor de Importancia Ecológica en las áreas forestales del SA para el estrato Arbóreo (A)**

No.	Nombre científico	Especie	Da	Dr	Doa	Dor	Fa	Fr	VIE
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	33	24.0876	0.000346	17.852	0.867	25.490	67.430
2	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán	1	0.7299	0.000004	0.216	0.067	1.961	2.907
3	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón	2	1.4599	0.000061	3.138	0.067	1.961	6.558
4	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	17	12.4088	0.000374	19.313	0.467	13.725	45.447
5	<i>Acacia constricta</i>	Vara prieta	9	6.5693	0.000024	1.217	0.133	3.922	11.708
6	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	23	16.7883	0.000530	27.374	0.533	15.686	59.848
7	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	47	34.3066	0.000541	27.969	0.600	17.647	79.922
8	<i>Salix bonplandiana</i>	Sauz	4	2.9197	0.000036	1.839	0.600	17.647	22.406
9	<i>Schinus molle</i>	Pirul	1	0.7299	0.000021	1.082	0.067	1.961	3.773
<b>Total</b>			<b>137</b>	<b>100</b>	<b>0.00193575</b>	<b>100</b>	<b>3.40</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

De acuerdo al valor de importancia ecológica calculada para el estrato arbóreo (Tabla 4.15), se puede decir que las especies de mayor importancia ecológica son *Prosopis laevigata*, *Acacia schaffneri* y *Opuntia hyptiacantha*, con 79.922, 69.430 y 59.845 respectivamente. Las especies forestales de menor importancia ecológica son *Buddleja cordata*, *Schinus molle* y *Opuntia robusta* con 2.907, 3.773 y 6.558.

**Tabla 4.17. Densidades de muestreo respecto a áreas forestales del SA para estrato Arbustivo (a)**

No.	Nombre científico	Especie	Da en superficie de muestreo (1.5 ha)	Da aprox. en una hectárea	Da aprox. en áreas forestales del SA (1.5 ha)
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	73	48.6667	21945.26
2	<i>Acacia constricta</i>	Vara prieta	35	23.3333	10521.7
3	<i>Baccharis salicifolia</i>	Jarilla de río	42	28	12626.04



No.	Nombre científico	Especie	Da en superficie de muestreo (1.5 ha)	Da aprox. en una hectárea	Da aprox. en áreas forestales del SA (1.5 ha)
4	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán	2	1.3333	601.24
5	<i>Condalia ericoides</i>	Junco	10	6.6666	3006.2
6	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenchi	16	10.6667	4809.92
7	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	9	6	2705.58
8	<i>Ferocactus latispinus</i>	Lengua del demonio	2	1.3333	601.24
9	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	124	82.6667	37276.88
10	<i>Mammillaria heyderi</i>	Biznaga de chilitos	6	4	1803.72
11	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Gatuño	448	298.667	134677.76
12	<i>Montanoa leucantha</i>	Jaral	1	0.6666	300.62
13	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	84	56	25252.08
14	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	Nopal cujo	26	17.3333	7816.12
15	<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero	48	32	14429.76
16	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón	101	67.3333	30362.62
17	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	154	102.667	46295.48
18	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	75	50	22546.5
19	<i>Salix bonplandiana</i>	Sauz	12	8	3607.44
20	<i>Yucca decipiens</i>	Palma loca	3	2	901.86
<b>Total</b>			<b>1271</b>	<b>847.333</b>	<b>382088</b>

**Tabla 4.18. Valor de Importancia Ecológica en las áreas forestales del SA, para el estrato Arbustivo (a)**

No.	Nombre científico	Especie	Da	Dr	Doa	Dor	Fa	Fr	VIE
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	73	5.7435	0.00038223	3.797	0.733	9.244	18.785
2	<i>Acacia constricta</i>	Vara prieta	35	2.7537	0.00009009	0.895	0.333	4.202	7.850
3	<i>Baccharis salicifolia</i>	Jarilla de río	42	3.3045	0.00008247	0.819	0.200	2.521	6.645
4	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán	2	0.1574	0.00001257	0.125	0.133	1.681	1.963
5	<i>Condalia ericoides</i>	Junco	10	0.7868	0.00003142	0.312	0.133	1.681	2.780
6	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenchi	16	1.2589	0.00007470	0.742	0.400	5.042	7.043
7	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	9	0.7081	0.00001885	0.187	0.133	1.681	2.576
8	<i>Ferocactus latispinus</i>	Lengua del demonio	2	0.1574	0.00003770	0.375	0.133	1.681	2.213
9	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	124	9.7561	0.00034627	3.440	0.200	2.521	15.717
10	<i>Mammillaria heyderi</i>	Biznaga de chilitos	6	0.4721	0.00004712	0.468	0.400	5.042	5.982
11	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Gatuño	448	35.2478	0.00093829	9.322	0.933	11.765	56.334
12	<i>Montanoa leucantha</i>	Jaral	1	0.0787	0.00000209	0.021	0.067	0.840	0.940

No.	Nombre científico	Especie	Da	Dr	Doa	Dor	Fa	Fr	VIE
13	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	84	6.6090	0.00150811	14.983	0.800	10.084	31.676
14	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	Nopal cuijo	26	2.0456	0.00040841	4.058	0.600	7.563	13.666
15	<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero	48	3.7766	0.00080425	7.990	0.400	5.042	16.809
16	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón	101	7.9465	0.00190381	18.914	0.667	8.403	35.264
17	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	154	12.1164	0.00304945	30.296	0.733	9.244	51.657
18	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	75	5.9009	0.00023751	2.360	0.733	9.244	17.504
19	<i>Salix bonplandiana</i>	Sauz	12	0.9441	0.00002723	0.271	0.067	0.840	2.055
20	<i>Yucca decipiens</i>	Palma loca	3	0.2360	0.00006283	0.624	0.133	1.681	2.541
<b>Total</b>			<b>1271</b>	<b>100</b>	<b>0.0101</b>	<b>100</b>	<b>7.9333</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

De acuerdo al valor de importancia ecológico calculado para el estrato arbustivo (Tabla 4.18), se puede decir que las especies de mayor importancia ecológica son *Mimosa aculeaticarpa*, *Opuntia streptacantha* y *Opuntia robusta*, con 56.334, 51.657 y 35.264 respectivamente. Las especies forestales de menor importancia ecológica son *Montanoa leucantha*, *Buddleja cordata* y *Salix bonplandiana* con 0.940, 1.963 y 2.055 respectivamente; entre otras que presentan un valor muy bajo.

**Tabla 4.19. Densidades de muestreo respecto a áreas forestales del SA para el estrato Herbáceo (H)**

No.	Nombre científico	Especie	Da en superficie de muestreo (1.5 ha)	Da aprox. en una hectárea	Da aprox. en áreas forestales del SA (1.5 ha)
1	<i>Amaranthus hybridus</i>	Quelite	8	5.3333	2404.96
2	<i>Amaranthus palmeri</i>	Quelite espinoso	18	12	5411.16
3	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asomiate amarillo	25	16.6667	7515.5
4	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita azul	7	4.6666	2104.34
5	<i>Brickellia laciniata</i>	Jarilla	6	4	1803.72
6	<i>Brickellia veronicifolia</i>	Estrellita	19	12.6667	5711.78
7	<i>Buddleja scordioides</i>	Escobilla	65	43.3333	19540.3
8	<i>Dalea bicolor</i>	Engorda cabra	429	286	128966
9	<i>Dichondra argentea</i>	Oreja de ratón	20	13.3333	6012.4
10	<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero	8	5.3333	2404.96
11	<i>Erigeron janivultus</i>		2	1.3333	601.24
12	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tatalencho	40	26.6667	12024.8
13	<i>Haplopappus aff venetus</i>	Falsa damiana	36	24	10822.3
14	<i>Isocoma veneta</i>	Falsa damiana	50	33.3333	15031
15	<i>Muhlenbergia tenuifolia</i>	Zacate espinilla	2	1.3333	601.24
16	<i>Sanvitalia procumbens</i>	Ojo de gallo	36	24	10822.3
17	<i>Verbena bipinnatifida</i>	Alfombrilla	8	5.3333	2404.96
18	<i>Verbesina encelioides</i>	Hierba de la bruja	5	3.3333	1503.1

No.	Nombre científico	Especie	Da en superficie de muestreo (1.5 ha)	Da aprox. en una hectárea	Da aprox. en áreas forestales del SA (1.5 ha)
19	<i>Viguiera dentata</i>	Chamiso	3	2	901.86
<b>Total</b>			<b>787</b>	<b>524.667</b>	<b>236587.94</b>

**Tabla 4.20. Valor de Importancia Ecológica en las áreas forestales del Sistema Ambiental, para el estrato Herbáceo (H)**

No.	Nombre científico	Especie	Da	Dr	Doa	Dor	Fa	Fr	VIE
1	<i>Amaranthus hybridus</i>	Quelite	8	1.0165	0.00004537	0.226	0.067	1.587	2.830
2	<i>Amaranthus palmeri</i>	Quelite espinoso	18	2.2872	0.00010207	0.509	0.133	3.175	5.970
3	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asomiate amarillo	25	3.1766	0.00212653	10.598	0.400	9.524	23.298
4	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita azul	7	0.8895	0.00004234	0.211	0.200	4.762	5.862
5	<i>Brickellia laciniata</i>	Jarilla	6	0.7624	0.00003402	0.170	0.067	1.587	2.519
6	<i>Brickellia veronicifolia</i>	Estrellita	19	2.4142	0.00017239	0.859	0.200	4.762	8.035
7	<i>Buddleja scordioides</i>	Escobilla	65	8.2592	0.00276666	13.788	0.267	6.349	28.397
8	<i>Dalea bicolor</i>	Engorda cabra	429	54.5108	0.00973102	48.497	0.733	17.460	120.468
9	<i>Dichondra argentea</i>	Oreja de ratón	20	2.5413	0.00011342	0.565	0.067	1.587	4.694
10	<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero	8	1.0165	0.00007259	0.362	0.067	1.587	2.966
11	<i>Erigeron janivultus</i>		2	0.2541	0.00001134	0.057	0.067	1.587	1.898
12	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tatalencho	40	5.0826	0.00068049	3.391	0.533	12.698	21.172
13	<i>Haplopappus aff venetus</i>	Falsa damiana	36	4.5743	0.00348411	17.364	0.267	6.349	28.287
14	<i>Isocoma veneta</i>	Falsa damiana	50	6.3532	0.00034025	1.696	0.333	7.937	15.985
15	<i>Muhlenbergia tenuifolia</i>	Zacate espinilla	2	0.2541	0.00001588	0.079	0.067	1.587	1.921
16	<i>Sanvitalia procumbens</i>	Ojo de gallo	36	4.5743	0.00021231	1.058	0.400	9.524	15.156
17	<i>Verbena bipinnatifida</i>	Alfombrilla	8	1.0165	0.00006351	0.317	0.133	3.175	4.508
18	<i>Verbesina encelioides</i>	Hierba de la bruja	5	0.6353	0.00003402	0.170	0.067	1.587	2.392
19	<i>Viguiera dentata</i>	Chamiso	3	0.3812	0.00001701	0.085	0.133	3.175	3.641
<b>Total</b>			<b>787</b>	<b>100</b>	<b>0.02</b>	<b>100</b>	<b>4.20</b>	<b>100</b>	<b>300</b>



De acuerdo al valor de importancia ecológica calculado para el estrato herbáceo (Tabla 4.20), se puede decir que las especies de mayor importancia ecológica son *Dalea bicolor*, *Buddleja scordioides* y *Haplopappus aff venetus*, con 120.468, 28.397 y 28.287 respectivamente. Las especies forestales de menor importancia ecológica son *Erigeron janivultus*, *Muhlenbergia tenuifolia* y *Verbesina encelioides* con 1.898, 1.921 y 2.392 respectivamente; entre otras que presentan un valor muy bajo.

*Calculo de la abundancia y diversidad florística de las especies presentes en el Sistema Ambiental.*

El **índice de Shannon** o **índice de Shannon-Wiener** se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad. Este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y no tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

$S$  – número de especies (la riqueza de especies)

$p_i$  – proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos (es decir la abundancia

relativa de la especie  $i$ ):  $\frac{n_i}{N}$

$n_i$  – número de individuos de la especie  $i$

$N$  – número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*).

Para la interpretación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, los valores resultantes del índice que son inferiores a 1.5, se consideran como de diversidad baja, los valores entre 1.6 y 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores iguales o superiores a 3.1 se consideran como diversidad alta (Magurran, 1988 en Titira y Boada, 2009). Así mismo, el parámetro de la equidad o uniformidad considera que van de 0 a 1.

El índice de diversidad Shannon-Weaver se fija en cómo una especie se distribuye en el ecosistema. Para realizar este cálculo en el presente proyecto, se tomaron muestras de las poblaciones, observando toda el área del Sistema ambiental, contando las diferentes especies de la población de flora en sitios circulares de 17.84 m de radio y una superficie de 1,000 m<sup>2</sup>, y evaluando su abundancia en el lugar, por vegetación arbórea, arbustiva y herbácea.



**Tabla 4.21. Índice de Shannon del estrato Arbóreo (A) en las áreas forestales del SA**

No.	Nombre científico	Nombre Común	No. de individuos	Abundancia relativa (pi)	Ln(pi)	(pi) x Ln(pi)
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	33	0.2409	-1.423	-0.343
2	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozan	1	0.0073	-4.920	-0.036
3	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón	2	0.0146	-4.227	-0.062
4	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	17	0.1241	-2.087	-0.259
5	<i>Acacia constricta</i>	Vara prieta	9	0.0657	-2.723	-0.179
6	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	23	0.1679	-1.784	-0.300
7	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	47	0.3431	-1.070	-0.367
8	<i>Salix bonplandiana</i>	Sauz	4	0.0292	-3.534	-0.103
9	<i>Schinus molle</i>	Pirul	1	0.0073	-4.920	-0.036
			<b>137</b>			<b>-1.68</b>

**Tabla 4.22. Resumen del Índice de Shannon estrato Arbóreo (A)**

RIQUEZA S	9
H' CALCULADA	1.68
H MAXIMA	2.20
EQUIDAD	0.76
H MAXIMA - H CALCULADA	0.52

El estrato arbóreo del Sistema Ambiental (**Tabla 4.22**) posee una riqueza específica de 9 especies, las cuales poseen una distribución de 0.76. La máxima diversidad que puede alcanzar el estrato arbóreo en nuestra área de estudio es de 2.2 y la H' calculada es de 1.68. De acuerdo a la interpretación de Magurran, 1988 en Titira y Boada, 2009, este tipo de vegetación presenta una diversidad media ya que es mayor a 1.5 y menor a 3.1; la equidad presenta una equidad alta, tomando en cuenta que esta tiene parámetros de 0 a 1

**Tabla 4.23. Índice de Shannon del estrato Arbustivo (a) en las áreas forestales del SA**

No.	Nombre científico	Nombre Común	No. de individuos	Abundancia relativa (pi)	Ln(pi)	(pi) x Ln(pi)
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	73	0.057435	-.857	-0.164
2	<i>Acacia constricta</i>	Vara prieta	35	0.027537	-.592	-0.099
3	<i>Baccharis salicifolia</i>	Jarilla de río	42	0.033045	-.410	-0.113
4	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán	2	0.001574	-6.454	-0.010
5	<i>Condalia ericoides</i>	Junco	10	0.007868	-.845	-0.038
6	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenchi	16	0.012589	-.375	-0.055
7	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	9	0.007081	-.950	-0.035
8	<i>Ferocactus latispinus</i>	Lengua del demonio	2	0.001574	-.454	-0.010
9	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	124	0.097561	-.327	-0.227
10	<i>Mammillaria heyderi</i>	Biznaga de chilitos	6	0.004721	-.356	-0.025
11	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Gatuño	448	0.352478	-1.043	-0.368
12	<i>Montanoa leucantha</i>	Jaral	1	0.000787	-7.148	-0.006
13	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	84	0.066090	-2.717	-0.180
14	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	Nopal cuijo	26	0.020456	-3.889	-0.080

No.	Nombre científico	Nombre Común	No. de individuos	Abundancia relativa (pi)	Ln(pi)	(pi) x Ln(pi)
15	<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero	48	0.037766	-3.276	-0.124
16	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón	101	0.079465	-2.532	-0.201
17	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardon	154	0.121164	-2.111	-0.256
18	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	75	0.059009	-2.830	-0.167
19	<i>Salix bonplandiana</i>		12	0.009441	-4.663	-0.044
20	<i>Yucca decipiens</i>	Palma loca	3	0.002360	-6.049	-0.014
			<b>1271</b>			<b>-2.215</b>

**Tabla 4.24. Resumen del Índice de Shannon estrato Arbustivo (a)**

RIQUEZA S	20
H' CALCULADA	2.22
H MAXIMA	3.00
EQUIDAD	0.74
H MAXIMA - H CALCULADA	0.78

El estrato arbustivo del Sistema Ambiental (**Tabla 4.24**) posee una riqueza específica de 20 especies las cuales poseen una distribución de 0.74. La máxima diversidad que puede alcanzar el estrato arbustivo en nuestra área de estudio es de 3.00 y la H' calculada es de 2.22. De acuerdo a la interpretación de Magurran, 1988 en Titira y Boada, 2009, este tipo de vegetación presenta una diversidad media ya que es mayor a 1.5 y menor a 3.1; la equidad presenta una equidad alta, tomando en cuenta que esta tiene parámetros de 0 a 1

**Tabla 4.25. Índice de Shannon del estrato Herbáceo (H) en las áreas forestales del SA**

No.	Nombre científico	Nombre común	No. de indiv.	Abundancia relativa (pi)	Ln(pi)	(pi) x Ln(pi)
1	<i>Amaranthus hybridus</i>	Quelite	8	0.010165	-4.589	-0.046646
2	<i>Amaranthus palmeri</i>	Quelite espinoso	18	0.022872	-3.778	-0.086406
3	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Asomiate amarillo	25	0.031766	-3.449	-0.109573
4	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita azul	7	0.008895	-4.722	-0.042003
5	<i>Brickellia laciniata</i>	Jarilla	6	0.007624	-4.876	-0.037178
6	<i>Brickellia veronicifolia</i>	Estrellita	19	0.024142	-3.724	-0.089901
7	<i>Buddleja scordioides</i>	Escobilla	65	0.082592	-2.494	-0.205972
8	<i>Dalea bicolor</i>	Engorda cabra	429	0.545108	-0.607	-0.330756
9	<i>Dichondra argentea</i>	Oreja de ratón	20	0.025413	-3.672	-0.093329
10	<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero	8	0.010165	-4.589	-0.046646
11	<i>Erigeron janivultus</i>		2	0.002541	-5.975	-0.015184
12	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tatalencho	40	0.050826	-2.979	-0.151428
13	<i>Haplopappus aff venetus</i>	Falsa damiana	36	0.045743	-3.085	-0.141105
14	<i>Isocoma veneta</i>	Falsa damiana	50	0.063532	-2.756	-0.175108
15	<i>Muhlenbergia tenuifolia</i>	Zacate espinilla	2	0.002541	-5.975	-0.015184
16	<i>Sanvitalia procumbens</i>	Ojo de gallo	36	0.045743	-3.085	-0.141105
17	<i>Verbena bipinnatifida</i>	Alfombrilla	8	0.010165	-4.589	-0.046646
18	<i>Verbesina encelioides</i>	Hierba de la bruja	5	0.006353	-5.059	-0.032140

No.	Nombre científico	Nombre común	No. de indiv.	Abundancia relativa (pi)	Ln(pi)	(pi) x Ln(pi)
19	<i>Viguiera dentata</i>	Chamiso	3	0.003812	-5.570	-0.021231
			<b>787</b>			<b>-1.8275</b>

**Tabla 4.26. Resumen del Índice de Shannon estrato Herbáceo (H)**

RIQUEZA S	19
H' CALCULADA	1.83
H MAXIMA	2.94
EQUIDAD	0.62
H MAXIMA - H CALCULADA	1.12

El estrato herbáceo del Sistema Ambiental (**Tabla 4.26**) posee una riqueza específica de 19 especies las cuales poseen una distribución de 0.62. La máxima diversidad que puede alcanzar el estrato herbáceo en nuestra área de estudio es de 2.94 y la H' calculada es de 1.83. De acuerdo a la interpretación de Magurran, 1988 en Titira y Boada, 2009, este tipo de vegetación presenta una diversidad media ya que es mayor a 1.5 y menor a 3.1; la equidad presenta una equidad media, tomando en cuenta que esta tiene parámetros de 0 a 1

## b) Fauna

La diversidad faunística dentro del SA delimitado para el Proyecto está interrelacionada estrictamente con la vegetación (aunque escasa dentro del SA) y determinada por la variedad de microambientes conformados por la combinación de factores bióticos y abióticos (vegetación-ambiente físico). Esto da como resultado una diversidad homogénea en toda la región, con ciertas variantes por aspectos físicos muy sutiles.

Como objetivo principal del muestreo se planteó realizar un listado para conocer la riqueza de especies presentes dentro del SA, así como identificar a las que pudiesen estar enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, para así poder determinar las posibles afectaciones por el desarrollo de las actividades del proyecto y proponer medidas de prevención, mitigación y/o compensación según se requiera. Se identificaron también a las especies que, por sus hábitos y biología pueden ser consideradas como de baja movilidad<sup>2</sup> y que eventualmente serían el objetivo de posibles trabajos (reubicación de fauna).

Para el levantamiento de datos de fauna dentro del SA se realizó una visita de campo del 15 al 21 de Junio de 2015. El trabajo corrió a cargo de 2 biólogos especializados en el trabajo con fauna, de manera secundaria se obtuvieron datos a partir de las observaciones y toma de fotografías por parte del equipo de Natural Environment S.C. (biólogos, botánicos, edafólogos, Ingenieros ambientales, etc.).

<sup>2</sup> Se consideran especies de baja movilidad a aquellas que por sus características físicas, motrices, conductuales o metabólicas no cuentan con una respuesta rápida o efectiva de desplazamiento ante cualquier disturbio o afectación, y que por consiguiente, hagan necesaria la aplicación de acciones para su rescate y reubicación.



## ***Metodología de muestreo***

### **Métodos de detección en silencio**

Consistió en la detección en silencio de las especies. Para lograr este tipo de registro es necesaria la cautela, ya que sólo de esa forma el observador puede lograr un mayor acercamiento a los animales. Las observaciones en puntos altos, en donde se procura hacer el mínimo de ruido y movimientos, hacen posible el registro de especies más esquivas. Para el caso de las aves esta es una de las mejores técnicas para realizar observaciones y determinar las especies en ese momento con ayuda de las guías de campo. Esta técnica resultó ser muy útil pues lo escaso de la vegetación permitió el registro de diferentes especies en un rango mucho mayor de lo que sería en un ambiente con vegetación más abundante.

### **Transectos aleatorios no restringidos**

También en silencio se hicieron recorridos a pie con la disposición de equipo que incluía: binoculares, cámaras digitales, GPS, planos georreferenciados del SA, guías para la determinación de Anfibios, reptiles (Reyna *et. al.*, 2007; Lemos y Smith 2009, etc.) mamíferos (Aranda, 2000; Ceballos y Oliva, 2005; Reid, 2006, etc.) y aves (Sibley 2000; Howell & Webb 1995, etc.).

Otra técnica “alternativa” utilizada fue la remoción de rocas y restos vegetales, como troncos, hojas y ramas, con el fin de encontrar especies de reptiles y anfibios que eventualmente utilizan esos sitios para resguardarse.

### **Técnicas de observación indirecta**

En esta técnica se consideraron las señales que los animales dejan de su presencia y actividades (huellas, excretas, marcas, cadáveres, mudas de piel, plumas, etc.). Los recorridos fueron realizados de forma aleatoria y no restringida, aunque se procuró, en la medida de lo posible, que los muestreos faunísticos fueran lo más cercano a los lugares donde se realizó el estudio dasométrico de flora, esto atendiendo a la necesidad de concentrar al equipo de trabajo y que su seguridad se viera garantizada al estar unidos.

### **Técnicas de captura**

No se utilizaron trampas de ningún tipo. Basados en la experiencia de los biólogos involucrados en el trabajo de campo, se concluyó que el muestreo intensivo sería más provechoso contemplando el tiempo que se trabajaría en campo.

Las metodologías y técnicas antes descritas se basan en las técnicas de muestreo propuestas por Salas *et. al.*, 2004, aunque es posible que existan modificaciones, esto es con el fin de optimizar el trabajo según se presenten dificultades (topografía muy accidentada, lluvia, calor, inaccesibilidad por lo denso de la vegetación, etc.).

Además de los métodos y técnicas empleadas en los muestreos de fauna, la determinación de especies se vale de la experiencia de los biólogos involucrados y de literatura disponible en internet

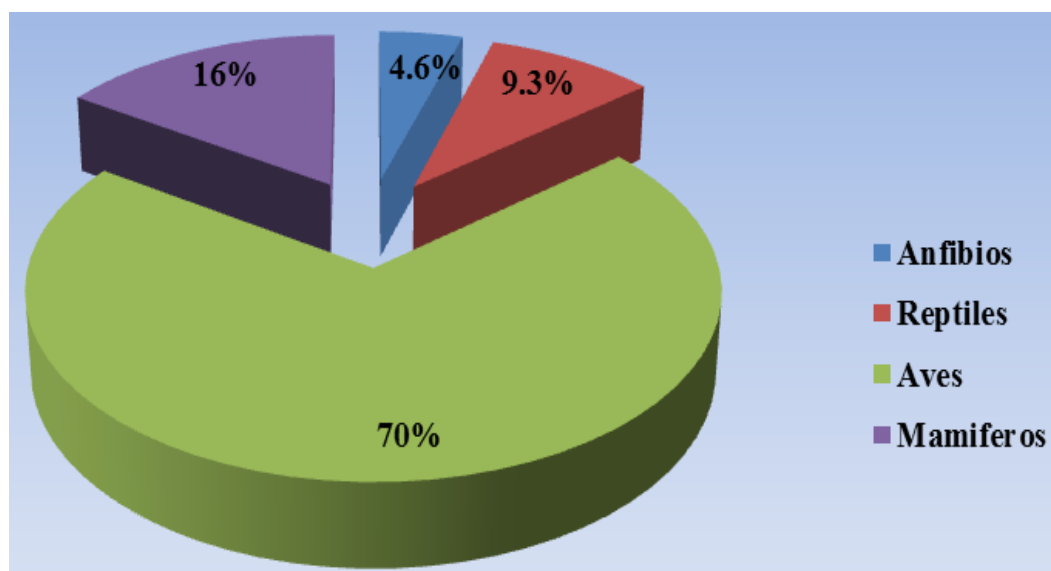


como, The American Ornithologists Union (AOU), The Center for North American Herpetology (CNAH) y demás literatura de carácter científico.

El muestreo fue realizado a lo largo y ancho del SA, sin embargo este se intensificó en aquellas zonas que guardaban un mejor estado de conservación y en las que se incrementaba la posibilidad de registros faunísticos.

#### **Composición faunística del área del proyecto (Anfibios, Reptiles, Aves y mamíferos)**

Durante los muestreos se lograron registrar 66 especies repartidas en los diferentes grupos de vertebrados terrestres; 3 anfibios, 6 reptiles, 47 aves y 10 especies de mamíferos. Una gran parte de las especies registradas son altamente tolerantes a los ambientes modificados (degradados etc.).



**Figura 4.30. Porcentajes de especies registradas para cada grupo zoológico**

Enseguida se presentan las tablas de registros obtenidos durante los días de muestreo, una tabla para cada grupo zoológico.

#### **Anfibios**

Durante los trabajos de campo dentro del Sistema Ambiental se registraron 3 especies de Anfibios en 2 familias y un solo orden, los registros fueron realizados mediante observación directa.

**Tabla 4.27. Anfibios registrados dentro del Sistema Ambiental**

Orden	Familia	Especie	Nombre	Tipo de registro (1)
Anura	Bufonidae	<i>Anaxyrus punctatus</i>	Sapo de puntos rojos	Od
	Hylidae	<i>Hyla arenicolor</i>	Ranita de cañon	Od
		<i>Hyla eximia</i>	Rana de árbol de montaña	Od
(1) Tipo de registro: Od = Observación directa; C= Cadáver; Ot= Otro				

## Reptiles

Para el caso en concreto de los reptiles, durante los trabajos en campo se logró el registro de 6 especies, ambas de la misma familia. Al igual que todas las especies de anfibios, las especies de este grupo serán consideradas como de baja movilidad y estarán sujetas a cualquier maniobra que deba ser llevada a cabo para salvaguardar su integridad durante la ejecución del proyecto. Enseguida se presenta el listado de especies de reptiles que fueron registrados durante los muestreos (Tabla 4.28).

**Tabla 4.28. Reptiles registrados dentro del Sistema Ambiental**

Orden	Familia	Especie	Nombre	Tipo de registro (1)
Squamata (Suborden Lacertilia)	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus torquatus</i>	Lagartija, Roño	Od
		<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Od
		<i>Sceloporus poinsettii</i>	Lagartija espinosa norteña de grieta	Od
Squamata (Suborden Serpentes)	Colubridae	<i>Leptophis diplotropis</i>	Culebra perico gargantilla	Od
		<i>Pituophis deppei</i>	Culebra sorda mexicana	Od
		<i>Coluber mentovarius</i>	Culebra chirrionera	Od

(1) **Tipo de registro:** Od = Observación directa; C= Cadáver; Ot= Otro

## Aves

El grupo de las aves fue el arrojo mayor número de registros durante los muestreos dentro del Sistema Ambiental. En total se registraron 47 especies contenidas en 26 familias que a su vez están agrupadas en 10 órdenes. La familia mejor representada fue Emberizidae con 7 especies, mientras que familias que tuvieron menos registros corresponden a Cathartidae, Anatidae, Odontophoridae, Charadriidae, Apodidae, Tyrannidae, Corvidae, Mimidae Troglodytidae, Polioptilidae, Laniidae, Aegithalidae, Aludidae, Parulidae y Passeridae.

### Especies migratorias

Del total de especies registradas dentro del Sistema Ambiental, únicamente 4 especies son migratorias (*Poliophtila caerulea*, *Sialia currucoides*, *Catharus guttatus* y *Oreothlypis celata*).

Enseguida en la Tabla 4.29 donde se exponen las especies de aves registradas durante el muestreo en el Sistema Ambiental.

**Tabla 4.29. Aves registradas dentro del Sistema Ambiental**

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Tipo de registro (1)
Anseriformes	Anatide	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Pato mexicano	Od
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	Od
	Accipitridae	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán pajarero	Od
		<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	Od
		<i>Elanus leucurus</i>	Milano	Od

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Tipo de registro (1)
		<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	Od
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo	Od
		<i>Caracara cheriway</i>	Quebrantahuesos	Od
Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla squamata</i>	Codorniz escamosa	Od
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlito	Od
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiática</i>	Paloma alas blancas	Od
		<i>Zenaida macroura</i>	Paloma huilota	Od
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos norteco	Od
		<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garra patero pijuy	Od
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero	Od
		<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero	Od
		<i>Sphyrapicus varius</i>	Carpintero	Od
Apodiformes	Apodidae	<i>Aeronautes saxatalis</i>	Vencejo	Od
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis saya</i>	Mosquero llanero	Od
		<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero Cardenal	Od
	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	Cuervo común	Od
	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca	Od
	Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa	Od
	Emberizidae	<i>Aimophila rufescens</i>	Gorrión	Od
		<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrión	Od
		<i>Amphispiza bilineata</i>	Gorrión	Od
		<i>Melospiza fusca</i>	Rascador	Od
		<i>Pooecetes gramineus</i>	Gorrión	Od
		<i>Spizella atrogularis</i>	Gorrión	Od
		<i>Spizella passerina</i>	Gorrión	Od
	Poliophtilidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	perlita	Od
	laniidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo	Od
	Aegithalidae	<i>Psaltriparus minimus</i>	mascarita	Od
	Turdidae	<i>Turdus migratorius</i>	Primavera	Od
		<i>Turdus rufopalliatus</i>	Mirlo dorso rufo	Od
		<i>Sialia currucoides</i>	Azulejo	Od
		<i>Sialia sialis</i>	Azulejo	Od
		<i>Catharus guttatus</i>	Zorzal	Od
	Alaudidae	<i>Eremophila alpestris</i>	Alondra cornuda	Od
	Parulidae	<i>Oreothlypis celata</i>	Chipe	Od
	Fringillidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión mexicano	Od
		<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero	Od
	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche Pico Curvo	Od
	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	Od

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Tipo de registro (1)
		<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojos rojos	Od
		<i>Sturnella neglecta</i>	Pradero	Od
	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión casero	Od
<b>Tipo de registro:</b> Od = Observación directa; H= Huella, C= Cadáver; Ot= Otro				

## Mamíferos

Dentro del Sistema Ambiental se registró la presencia de 4 Órdenes de mamíferos, dentro de estos Órdenes el más abundante fue el orden Carnívora con 3 familias y 6 especies.

Las especies de mamíferos registradas, se caracterizan por la tolerancia a variables antrópicas presentes dentro del Sistema Ambiental.

A continuación se presenta la **Tabla 4.30**, donde se enlistan las especies de mastofauna registrada durante los muestreos dentro del SA.

**Tabla 4.30. Mamíferos registrados dentro del Sistema Ambiental**

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Tr <sup>(1)</sup>
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	H
Rodentia	Sciuridae	<i>Spermophilus variegatus</i>	Ardilla	Od
Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	Od
		<i>Procyon lotor</i>	Mapache	H
	Mephitidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado	C
		<i>Spilogale gracilis</i>	Zorrillo manchado	C
	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	E
		<i>Canis latrans</i>	Coyote	E
Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	Od
		<i>Sylvilagus floridanus</i>	conejo	Od
(1) Tipo de registro: Od = Observación directa; H= Huella, E= Excreta; C= Cadáver; Cap = Capturado, Ot= Otro				

A manera de complementar lo expuesto hasta ahora, en el Anexo 4.3 se presenta un reporte fotográfico que muestra algunas de las especies registradas dentro del Sistema Ambiental.

## Especies endémicas y catalogadas bajo protección y de importancia para su conservación

De las 66 especies de fauna registradas dentro del Sistema Ambiental, se registraron 4 especies endémicas (1 anfibio, 2 reptiles y 1 ave) y 6 especies (3 reptiles y 3 aves) enlistadas en la NOM-059 SEMARNAT 2010.

Enseguida se presenta la Tabla 4.31, donde se muestran las especies endémicas, así como aquellas especies que tienen una categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.



**Tabla 4.31. Especies endémicas y/o con alguna categoría de riesgo NOM-059**

Grupo zoológico	Nombre científico	Nombre común	E <sup>(1)</sup>	Estatus dentro de la NOM-059 <sup>(2)</sup>
Anfibios	<i>Hyla eximia</i>	Rana de árbol de montaña	E	-
Reptiles	<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	-	Pr
	<i>Leptophis diplotropis</i>	Culebra perico gargantilla	E	A
	<i>Pituophis deppei</i>	Culebra sorda mexicana	E	A
Aves	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Pato mexicano	-	A
	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán pajarero	-	Pr
	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	-	Pr
	<i>Turdus rufopalliatus</i>	Mirlo dorso rufo	E	-

(1) E=Endemismo: E=Refiere que la especie es endémica o no al territorio mexicano.  
(2) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo Pr=Sujeta a protección especial; A=Amenazada, P=Peligro de Extinción.

Cabe mencionar que no se descarta la presencia de especies en alguna de estas categorías que no hayan sido documentadas en el presente apartado de fauna, por ende, durante la ejecución del proyecto se deberá tener cuidado con aquellas especies consideradas de “baja movilidad” independientemente si presentan alguna categorías anteriormente mencionadas.

#### ***Análisis de los resultados del muestreo de fauna dentro de los predios mediante el Índice de diversidad de Shannon-Wiener***

Una vez conformado el listado de especies presentes, se procedió a realizar los cálculos correspondientes al índice de Shannon-Wiener, para cada grupo taxonómico. En la Tabla 4.32 se expresa la siguiente formula:

$$H = -\sum_{i=1}^s (P_i)(\log_2 P_i)$$

Dónde:

*S* – número de especies (la riqueza de especies)

*P<sub>i</sub>* – proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*):  $n_i / N$

*n<sub>i</sub>* – número de individuos de la especie *i*

*N* – número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el Sistema Ambiental (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

**Tabla 4.32. Estimación de los parámetros de Shannon-Wiener para los distintos grupos zoológicos**

Grupo zoológico	Especie	Abundancia absoluta (N)	Abundancia relativa (Pi)	Logaritmo (Log)	(Pi)(Log)
Anfibios	<i>Anaxyrus punctatus</i>	2	0,181818182	-1,704748092	-0,309954199
	<i>Hyla arenicolor</i>	6	0,545454545	-0,606135804	-0,330619529
	<i>Hyla eximia</i>	3	0,272727273	-1,299282984	-0,354349905
<b>Total</b>		<b>11</b>	<b>H=</b>		<b>0.994923633</b>
Reptiles	<i>Sceloporus torquatus</i>	19	0,358490566	-1,025852934	-0,367758599
	<i>Sceloporus grammicus</i>	23	0,433962264	-0,834797698	-0,362270699
	<i>Sceloporus poinsettii</i>	8	0,150943396	-1,890850372	-0,285411377
	<i>Leptophis diplotropis</i>	1	0,018867925	-3,970291914	-0,074911168
	<i>Pituophis deppei</i>	1	0,018867925	-3,970291914	-0,074911168
	<i>Coluber mentovarius</i>	1	0,018867925	-3,970291914	-0,074911168
<b>Total</b>		<b>53</b>	<b>H=</b>		<b>1.24017418</b>
Aves	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	5	0,017006803	-4,074141855	-0,069288127
	<i>Cathartes aura</i>	4	0,013605442	-4,297285406	-0,058466468
	<i>Accipiter cooperii</i>	1	0,003401361	-5,683579767	-0,019331904
	<i>Buteo jamaicensis</i>	1	0,003401361	-5,683579767	-0,019331904
	<i>Elanus leucurus</i>	1	0,003401361	-5,683579767	-0,019331904
	<i>Buteo albonotatus</i>	1	0,003401361	-5,683579767	-0,019331904
	<i>Falco sparverius</i>	3	0,010204082	-4,584967479	-0,046785382
	<i>Caracara cheriway</i>	2	0,006802721	-4,990432587	-0,033948521
	<i>Callipepla squamata</i>	9	0,030612245	-3,48635519	-0,106725159
	<i>Charadrius vociferus</i>	2	0,006802721	-4,990432587	-0,033948521
	<i>Zenaida asiática</i>	19	0,06462585	-2,739140788	-0,177019303
	<i>Zenaida macroura</i>	26	0,088435374	-2,425483229	-0,214498517
	<i>Geococcyx californianus</i>	3	0,010204082	-4,584967479	-0,046785382
	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	5	0,017006803	-4,074141855	-0,069288127
	<i>Melanerpes aurifrons</i>	7	0,023809524	-3,737669618	-0,088992134
	<i>Colaptes auratus</i>	3	0,010204082	-4,584967479	-0,046785382
	<i>Sphyrapicus varius</i>	1	0,003401361	-5,683579767	-0,019331904
	<i>Aeronautes saxatalis</i>	4	0,013605442	-4,297285406	-0,058466468
	<i>Sayornis saya</i>	3	0,010204082	-4,584967479	-0,046785382
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	2	0,006802721	-4,990432587	-0,033948521
	<i>Corvus corax</i>	5	0,017006803	-4,074141855	-0,069288127
	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	3	0,010204082	-4,584967479	-0,046785382
	<i>Basileuterus rufifrons</i>	3	0,010204082	-4,584967479	-0,046785382
	<i>Aimophila rufescens</i>	5	0,017006803	-4,074141855	-0,069288127
	<i>Chondestes grammacus</i>	15	0,051020408	-2,975529566	-0,151812733
	<i>Amphispiza bilineata</i>	11	0,037414966	-3,285684495	-0,122933774
	<i>Melospiza fusca</i>	14	0,047619048	-3,044522438	-0,144977259
	<i>Pooecetes gramineus</i>	8	0,027210884	-3,604138226	-0,098071788
	<i>Spizella atrogularis</i>	4	0,013605442	-4,297285406	-0,058466468
	<i>Spizella passerina</i>	2	0,006802721	-4,990432587	-0,033948521
	<i>Poliophtila caerulea</i>	1	0,003401361	-5,683579767	-0,019331904
	<i>Lanius ludovicianus</i>	3	0,010204082	-4,584967479	-0,046785382
	<i>Psaltriparus minimus</i>	2	0,006802721	-4,990432587	-0,033948521

	<i>Turdus migratorius</i>	2	0,006802721	-4,990432587	-0,033948521
	<i>Turdus rufopalliatu</i>	19	0,06462585	-2,739140788	-0,177019303
	<i>Sialia currucoides</i>	3	0,010204082	-4,584967479	-0,046785382
	<i>Sialia sialis</i>	6	0,020408163	-3,891820298	-0,079424904
	<i>Catharus guttatus</i>	2	0,006802721	-4,990432587	-0,033948521
	<i>Eremophila alpestris</i>	5	0,017006803	-4,074141855	-0,069288127
	<i>Oreothlypis celata</i>	8	0,027210884	-3,604138226	-0,098071788
	<i>Carpodacus mexicanus</i>	19	0,06462585	-2,739140788	-0,177019303
	<i>Spinus psaltria</i>	10	0,034013605	-3,380994674	-0,114999819
	<i>Toxostoma curvirostre</i>	5	0,017006803	-4,074141855	-0,069288127
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	8	0,027210884	-3,604138226	-0,098071788
	<i>Molothrus aeneus</i>	6	0,020408163	-3,891820298	-0,079424904
	<i>Sturnella neglecta</i>	5	0,017006803	-4,074141855	-0,069288127
	<i>Passer domesticus</i>	18	0,06122449	-2,793208009	-0,171012735
<b>Total</b>		<b>294</b>	<b>H=</b>		<b>3.488405633</b>
Mamíferos	<i>Didelphis virginiana</i>	3	0,09375	-2,367123614	-0,221917839
	<i>Spermophilus variegatus</i>	9	0,28125	-1,268511325	-0,35676881
	<i>Bassariscus astutus</i>	2	0,0625	-2,772588722	-0,173286795
	<i>Procyon lotor</i>	3	0,09375	-2,367123614	-0,221917839
	<i>Mephitis macroura</i>	1	0,03125	-3,465735903	-0,108304247
	<i>Spilogale gracilis</i>	1	0,03125	-3,465735903	-0,108304247
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	4	0,125	-2,079441542	-0,259930193
	<i>Canis latrans</i>	2	0,0625	-2,772588722	-0,173286795
	<i>Lepus californicus</i>	3	0,09375	-2,367123614	-0,221917839
	<i>Sylvilagus floridanus</i>	4	0,125	-2,079441542	-0,259930193
	<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>H=</b>		<b>2.105564796</b>

Como se mencionó anteriormente, los valores resultantes del índice de Shannon-Wiener inferiores a 1.5 se consideran como de diversidad baja, los valores entre 1.6 y 3.0 se consideran como diversidad media, y los valores iguales o superiores a 3.1 se consideran como diversidad alta (Magurran, 1988 en Titira y Boada, 2009).

En la Tabla 4.33 se expone de manera resumida el número de especies registradas, así como el número de individuos y el valor del índice de Shannon-Wiener obtenido para cada grupo zoológico, finalmente una columna con la interpretación del índice de diversidad obtenido.

**Tabla 4.33. Índice de diversidad de Shannon-Wiener**

Grupo zoológico	Número de especies	Número de Individuos	Índice de Shannon-Wiener	Interpretación del Índice
Anfibios	3	11	0.99	Diversidad baja
Reptiles	6	53	1.24	Diversidad baja
Aves	47	294	3.48	Diversidad alta
Mamíferos	10	32	2.10	Diversidad media

Como se puede observar en la tabla anterior, y como resultado de los trabajos de campos, el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener refleja una “Diversidad baja” para el grupo de los anfibios, y reptiles, para los grupos zoológicos de las aves se presenta una “Diversidad alta” y mamíferos se reporta una “Diversidad media”.

**Especies de valor cinegético, comercial, ecológico, etc.**

Del total de especies registrados durante los muestreos, se concluye que 6 especies (3 Aves y 3 mamíferos) se enlistan en el calendario oficial de caza de aves y mamíferos para el periodo 2015-2016 del Estado de Zacatecas, según el calendario de épocas hábiles emitido por la SEMARNAT, en la Tabla 4.34, se presentan las especies consideradas de importancia cinegética, de acuerdo al calendario oficial de épocas hábiles para el periodo 2015-2016 en el Estado de Zacatecas.

**Tabla 4.34. Especies en el calendario oficial de épocas hábiles para el periodo 2015-2016 del Estado de Zacatecas**

Grupo	Especie	Inicia	Termina	Especie registrada durante el muestreo
Aves	<b>Agachona</b> ( <i>Gallinago gallinago</i> )	segundo viernes de noviembre de 2015	primer domingo de marzo de 2016	-
	<b>Codorniz Escamosa</b> ( <i>Callipepla squamata</i> )	segundo viernes de diciembre de 2015	cuarto domingo de marzo de 2016	✓
	<b>Ganga</b> ( <i>Bartramia longicauda</i> )	primer viernes de agosto de 2015	tercer domingo de septiembre de 2015	-
	<b>Gansos</b> ( <i>Anser albifrons</i> , <i>Chen caerulescens</i> )	segundo viernes de noviembre de 2015	primer domingo de marzo de 2016	-
	<b>Grulla gris</b> ( <i>Grus Canadensis</i> )	segundo viernes de octubre de 2015	segundo domingo de febrero de 2016	-
	<b>Guajolote Silvestre</b> ( <i>Meleagris gallopavo</i> )	ultimo viernes de marzo de 2016	último domingo de mayo de 2016	-
	<b>Palomas</b> ( <i>Zenaida asiática</i> , <i>Zenaida macroura</i> )	primer viernes de octubre de 2015	tercer domingo de enero de 2016	✓
	<b>Palomas de collar</b> ( <i>Columba fasciata</i> )	primer viernes de octubre de 2015	primer domingo de noviembre de 2015	-
	<b>Patos y cercetas</b> ( <i>Anas acuta</i> , <i>A. americana</i> , <i>A. clypeata</i> , <i>A. crecca</i> , <i>A. cyanoptera</i> , <i>A. platyrhynchos</i> , <i>A. discors</i> , <i>A. strepera</i> , <i>Anas diazi</i> , <i>Bucephala albeola</i> , <i>Oxyura jamaicensis</i> )	segundo viernes de noviembre de 2015	primer domingo de marzo de 2016	<i>Anas platyrhynchos</i>
Mamíferos	<b>Conejos</b> ( <i>Sylvilagus floridanus</i> , <i>Sylvilagus audubonii</i> )	primer viernes de noviembre de 2015	tercer domingo de febrero de 2016	<i>Sylvilagus floridanus</i>
	<b>Coyote</b> ( <i>Canis latrans</i> )	primer viernes de octubre de 2015	tercer domingo de enero de 2016	✓
	<b>Liebre</b> ( <i>Lepus californicus</i> )	primer viernes de noviembre de 2015	tercer domingo de febrero de 2016	✓
	<b>Mapache</b> ( <i>Procyon lotor</i> )	primer viernes de octubre de 2015	segundo domingo de febrero de 2016	✓
	<b>Pecarí de collar</b> ( <i>Pecari tajacu</i> )	primer viernes de junio de 2015	último domingo de febrero de 2016	-
	<b>Venado cola blanca</b> ( <i>Odocoileus virginianus</i> )	cuarto viernes de noviembre de 2015	tercer domingo de febrero de 2016	-

Dentro del Sistema Ambiental se registraron 6 especies con un valor cinegético según el calendario de épocas hábiles emitido por la SEMARNAT, sin embargo dentro del SA no se practica la cacería pues no existen ranchos cinegéticos.





Sobre los anfibios y reptiles, existe gran importancia en cuanto al grupo en general y en especies particulares, ya que algunas especies son muy susceptibles a cualquier cambio en su ecosistema y cadena trófica al cual están intrínsecamente vinculados. La importancia biológico-ecológica en este grupo recae principalmente en que son controladores biológicos de plagas e indicadores de la calidad del ecosistema ya que su dieta incluye insectos y en el caso de los reptiles pequeños mamíferos como roedores.

Los reptiles son fuente de alimento para los carnívoros primarios, como por ejemplo los Coyotes y las aves de presa. Así mismo presentan una importancia científica ya que dentro del área de estudio se encuentran especies venenosas como por ejemplo del Género *Crotalus*, que aunque no fueron avistadas en los trabajos de campo se sabe de su presencia a través de la bibliografía y el acercamiento con habitantes de las localidades aledañas al proyecto.

Las aves representan un alto valor ecológico-biológico intrínseco ya que son polinizadores de diversas plantas lo que apoya a dar continuidad a estas; esto es como en el caso de la *Familia Trochilidae* mejor conocido como grupo de los colibríes.

Algunas especies de aves son dispersoras de semillas, lo que apoya a la regeneración natural de los bosques selvas etc.; son controladores de plagas ya que gran cantidad de aves se alimentan de insectos y las aves rapaces de roedores.

A las aves se les atribuye además un valor económico ya que numerosas especies son comercializadas como animales de compañía u ornamentales por su canto y colorido.

Los mamíferos silvestres poseen una gran gama de características que los hacen ecológicamente imprescindibles en los ecosistemas. Los nicho ecológicos que ocupan este grupo como; herbívoros; dispersores y removedores de semillas; polinizadores; depredadores y carroñeros, afecta las interacciones de los ecosistemas donde habitan, modificándolos constantemente.

### ***Estado de conservación de la zona para la fauna***

El área de estudio ha sido sometida a una presión antrópica desde antaño cuando se iniciaron las actividades mineras, además del establecimiento de monocultivos. En general el Sistema ambiental se encuentra altamente modificado en su componente vegetal, por lo tanto las especies faunísticas que aún persisten dentro del Sistema Ambiental, corresponden a especies que han desarrollado tolerancia al disturbio, propiciado por el crecimiento demográfico y de la zona urbana, por las actividades mineras que se han desarrollado en la zona, así como por las actividades de agricultura y ganadería.

Por lo tanto como lo reflejan los índices de diversidad, los grupos zoológicos que mayormente se ven afectados corresponden a los anfibios y reptiles, mientras que las aves son más adaptables y tolerantes a los disturbios, de igual manera para el grupo de los mamíferos la composición de especies presentes dentro del Sistema Ambiental se caracteriza por la adaptabilidad al ambiente, sin dejar de lado que los impactos antrópicos ya mencionados han moldeado la fauna silvestre en el área.

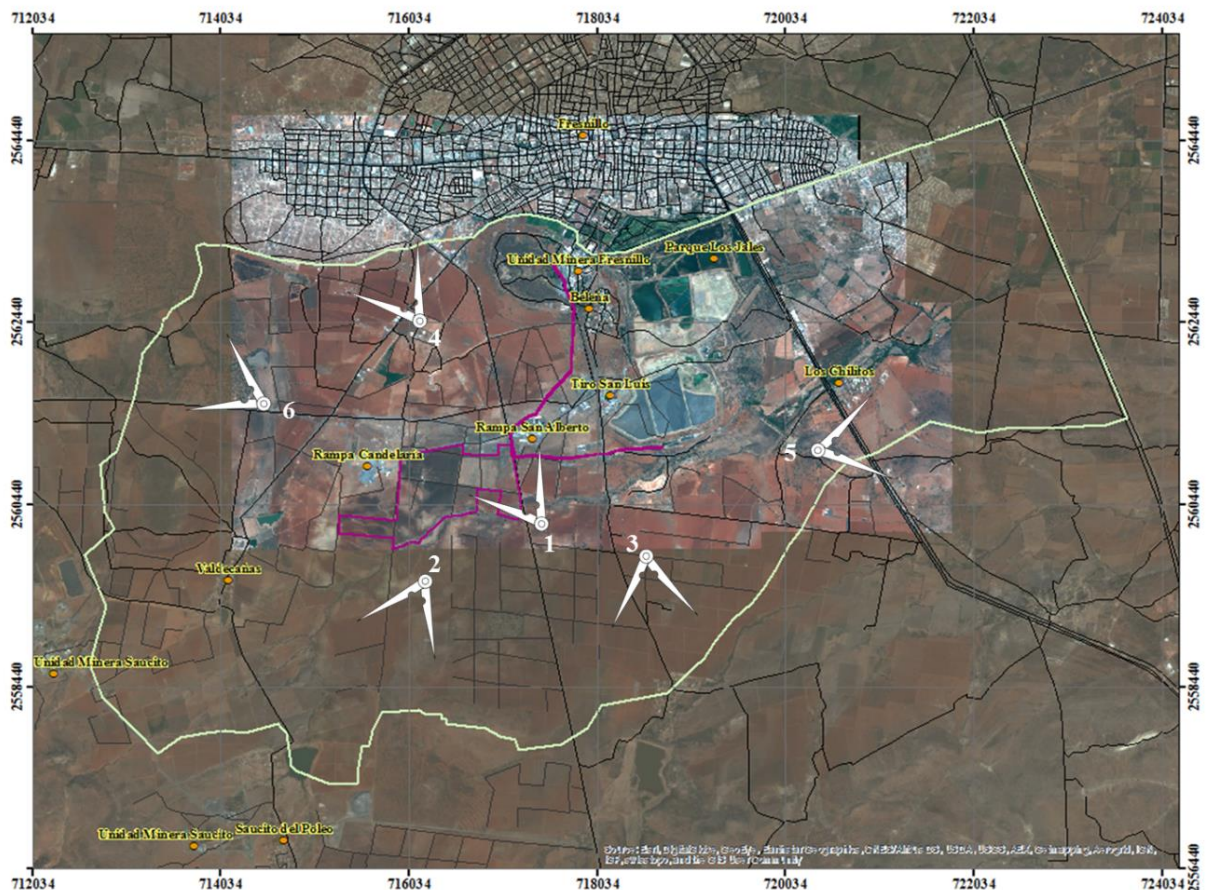
### IV.2.3 Paisaje

El paisaje, desde el punto de vista de integración de los componentes ambientales, representa un mosaico de las diferentes interacciones de los componentes ambientales, desde un nivel regional hasta uno local.

La definición de paisaje desde una perspectiva geográfica no es sencilla, de ahí que existan tantos intentos para definirlo. Lo que está claro es que todo paisaje presenta una serie de elementos que se articulan entre sí, es decir que el paisaje: *es el área en la que conviven los rasgos naturales así como los influenciados por el hombre y que da lugar a una percepción visual y mental tanto individual como colectiva del conjunto de ese espacio* (García Quiroga F, 2005).

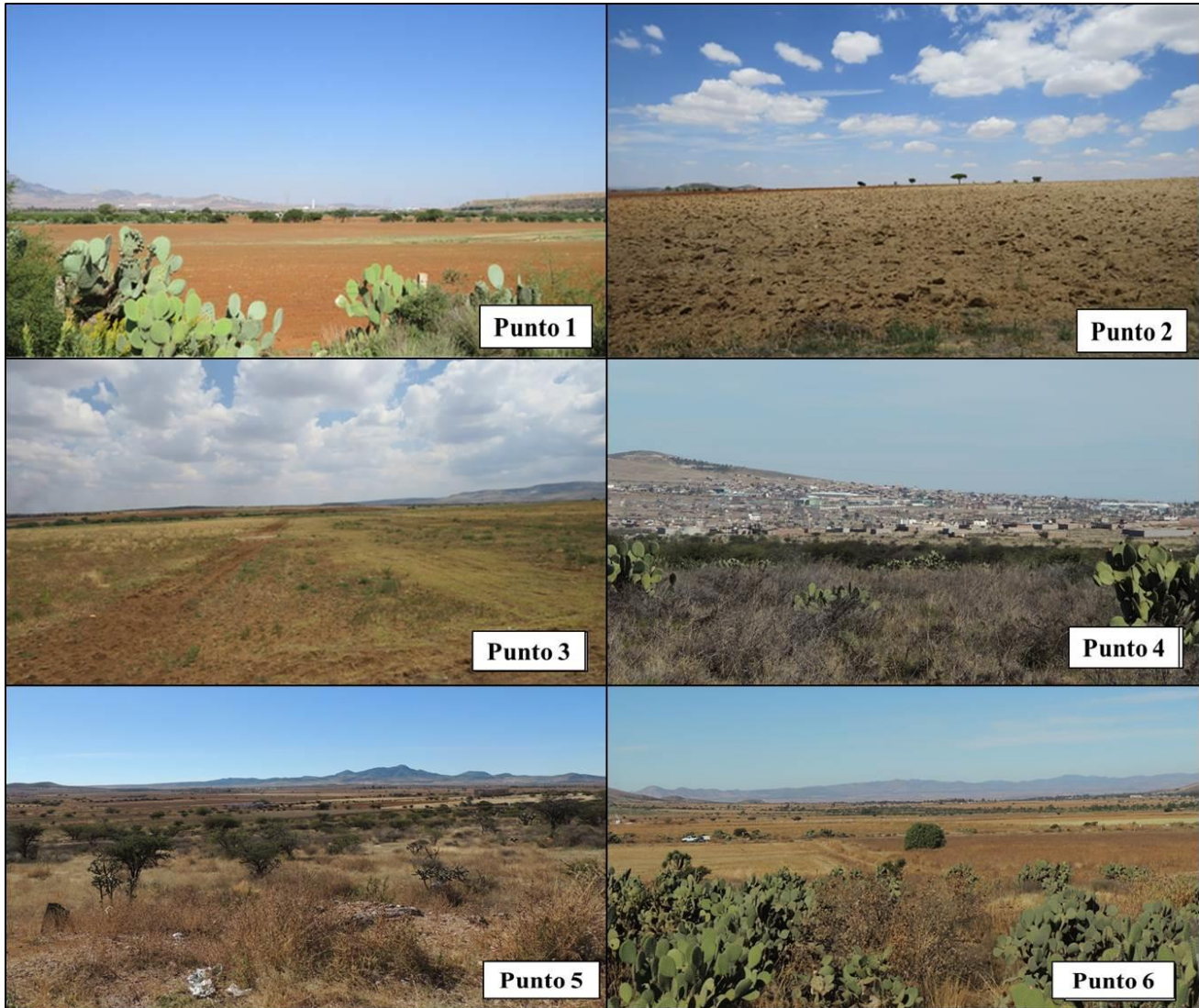
Para tener una adecuada caracterización paisajista del Sistema Ambiental se catalogó la calidad y fragilidad visual, además de determinarse la cuenca visual del Proyecto (visibilidad del Proyecto ante el SA). Tras la visita a campo se identificaron los puntos de ubicación geográfica del terreno que mejor representan los puntos visuales de los usuarios frecuentes del área, ya sea por estar relacionados a las actividades productivas o ser usuarios a las vías de comunicación.

En las siguiente Figura 4.31 y Figura 4.32 se presenta los puntos de vista fotográficos tomados en campo, esto para tener una mejor perspectiva visual del paisaje en el SA.



**Figura 4.31. Distribución de los puntos fotográficos de paisaje en el SA**



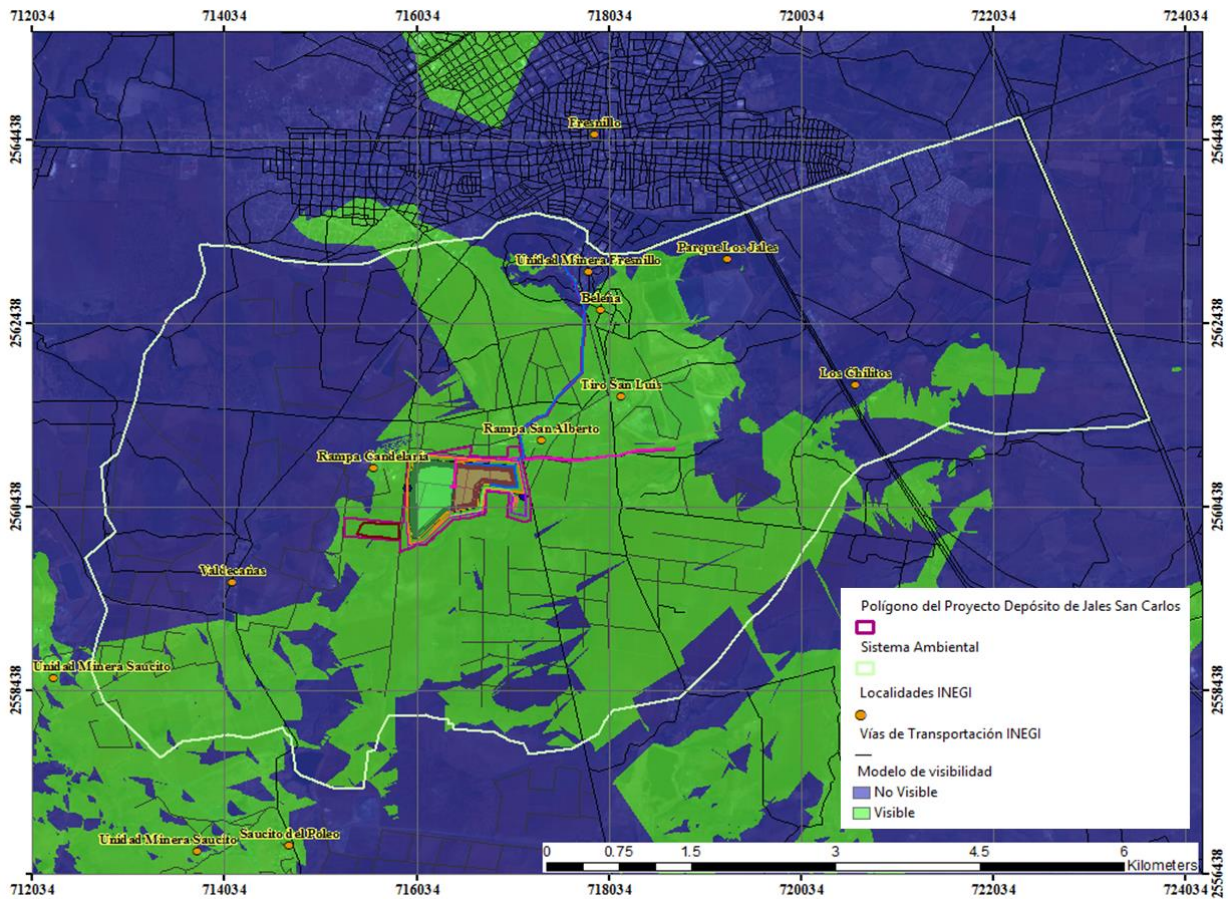


**Figura 4.32. Puntos de vista fotográficos en el SA**

### *Cuenca Visual*

La cuenca visual es el elemento clave para el estudio de las condiciones visuales de un territorio tanto a efectos de su clasificación por calidad o fragilidad, como para estudios de impactos en la cuenca visual. La cuenca visual es el área perceptible desde una porción determinada o un conjunto de puntos que construyen un área de interés concordante con los objetos de estudio.

Para conocer la cuenca visual que tendrá el Proyecto respecto al SA, se ha utilizado el software ArcGIS versión 10.3, con la ayuda de la herramienta Viewshed se ha creado un modelo de visibilidad, para así identificar los sitios visibles ante el Proyecto (Figura 4.33), además de haberse realizado visitas a campo. A continuación se presenta la cuenca visual donde se puede observar que la mayor parte del proyecto será visible.



**Figura 4.33. Cuenca visual del proyecto Depósito de Jales San Carlos**

### *Calidad Visual*

La calidad visual determinada para el Sistema Ambiental es el resultado de la suma de tres elementos de percepción; las características intrínsecas; calidad visual del entorno inmediato y calidad del fondo escénico.

A continuación se propone la cualificación de la calidad del paisaje según una calificación en tres clases de la calidad visual según el resultado de la valoración generalista de los componentes del paisaje, ver Tabla 4.35.

**Tabla 4.35. Criterios de evaluación de calidad visual del paisaje**

Valoración	Calidad Visual
<b>Alta</b>	Áreas de calidad alta, con rasgos singulares y sobresalientes. (28 a 38 puntos)
<b>Media</b>	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales. (17 a 27 puntos)
<b>Baja</b>	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color línea y textura. (6 a 16 puntos)



Se determinó la Calidad Visual de la Unidad de Paisaje según la adaptación de lo propuesto por USDA Forest Service (1974) y Bureau of Land Management de Estados Unidos (1980). Esta metodología considera el análisis de las unidades de paisaje de acuerdo a una valoración de las características de sus componentes biofísicos, estéticos y antrópicos, en la Tabla 4.36 se presentan los elementos a ser valorados.

**Tabla 4.36. Elementos valorados para determinar la Calidad Visual de Paisaje**

<b>Elemento valorado</b>	<b>Calidad visual paisajística</b>		
	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
Morfología o Topografía	Pendientes de más de un 30%, estructuras morfológicas y muy modeladas y de rasgos dominantes y fuertes contrastes cromáticos. Afloramientos rocosos.	Pendiente entre 15 y 30%, estructuras morfológicas con modelado suave u ondulado.	Pendientes entre 0 a 15%. Dominancia del plano horizontal de visualización. Ausencia de estructuras de contraste o jerarquía visual.
<b>Valores:</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Fauna	Presencia de fauna nativa permanente. Áreas de nidificación y reproducción alimentación.	Presencia de fauna nativa esporádicamente dentro de la unidad sin relevancia visual, presencia de animales domésticos (ganado).	No hay evidencia de presencia de fauna nativa. Sobrepastoreo o crianza masiva de animales domésticos.
<b>Valores:</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Vegetación	Presencia de masas vegetales de alta dominancia visual. Alto porcentaje de especies nativas.	Presencia de vegetación con baja estratificación de especies. Presencia de vegetación alóctona. Masas arbóreas aisladas de baja dominancia visual.	Vegetación con un cubrimiento de suelo bajo el 50%. Presencia de áreas con erosión son vegetación herbácea, ausencia de vegetación nativa.
<b>Valores:</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Formas de agua	Presencia de cuerpos de agua, con significancia en la estructura global del paisaje.	Presencia de cuerpos de agua, pero sin jerarquía visual.	Ausencia de cuerpos de agua.
<b>Valores:</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Acción Antrópica	Libre de actuaciones antrópicas estéticamente no deseadas.	La calidad escénica está modificada en menor grado por obras que no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje.
<b>Valores:</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia e incrementa el área evaluada. Presencia de	El paisaje circundante incrementa moderadamente la	El paisaje circundante no ejerce influencia visual al área evaluada.

Elemento valorado	Calidad visual paisajística		
	Alta	Media	Baja
	vistas y proyecciones visuales de alta significancia visual.	calidad estética del área evaluada.	
<b>Valores:</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Variabilidad Cromática	Combinaciones de color intensas y variadas. Contrastes evidentes entre suelo, vegetación, roca y agua.	Alguna variedad e intensidad en color y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación en color o contraste, colores homogéneos o continuos.
<b>Valores:</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Singularidad o Rareza	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	Característico, pero similar a otros de la región.	Paisaje común, inexistencia de elementos únicos o singulares.
<b>Valores:</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

A continuación en la Tabla 4.37 se presenta la valoración de la calidad visual de las diferentes unidades de paisaje determinadas para el SA.

**Tabla 4.37. Calidad visual del Sistema Ambiental**

Elemento Valorado	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Baja (1)
Fauna	Baja (1)
Vegetación	Medio (3)
Formas de agua	Baja (1)
Acción Antrópica	Baja (0)
Fondo Escénico	Baja (1)
Variabilidad Cromática	Medio (3)
Singularidad o Rareza	Bajo (0)
<b>Valoración Final</b>	<b>Baja (10)</b>

De acuerdo a la valoración de calidad visual hecha para el SA, éste presenta calidad visual baja, dado a que la mayor superficie se presenta con muy poca variedad en la forma, color línea y textura. Existen modificaciones antrópicas intensas y extensas que reducen o anulan la calidad del paisaje, siendo común, inexistente de elementos únicos o singulares.

### *Fragilidad Visual*

La valoración final de Fragilidad Visual se obtiene de la suma de los valores de los elementos valorados para el SA, en la Tabla 4.38 se presentan los rangos de valoración.

**Tabla 4.38. Criterios de Evaluación de Fragilidad Visual**

Valoración	Fragilidad Visual
<b>Alta</b>	21 a 27 puntos
<b>Media</b>	15 a 20 puntos
<b>Baja</b>	9 a 14 puntos

La determinación de la Fragilidad Visual permite evaluar la capacidad de absorción y respuesta de las Unidades de Paisaje ante las obras y actividades del Proyecto, y se analizó según el modelo general de fragilidad visual de Escribano et al. 1987. En esta metodología son analizados y clasificadas las Unidades del Paisajes, en función de una selección de los principales componentes del paisaje, divididos en 4 factores (biofísicos, visualización, singularidad y accesibilidad). En la siguiente Tabla 4.39 se presenta la escala valórica.

**Tabla 4.39. Fragilidad Visual del Paisaje**

Factor	Elemento de influencia	Fragilidad Visual de Paisaje		
		Alta	Media	Baja
Biofísicos	Pendiente	Pendiente de más un 30%, terrenos con dominio del plano vertical de visualización.	Pendientes entre 15 y 30%, terrenos con modelados suaves u ondulados.	Pendientes entre 0 a 15%, terrenos con plano horizontal de dominancia visual.
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
	Vegetación (densidad)	Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas, dominancia estrato herbáceo.	Cubierta vegetal discontinua. Dominancia de estrato arbustivo o arbórea aislada.	Grandes masas boscosas. 100% de ocupación de suelo.
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
	Vegetación (contraste)	Vegetación monoespecífica. Escasez vegetacional, contrastes poco evidentes.	Diversidad de especies media.	Alto grado en variedad de especies. Contrastes fuertes. Gran estacionalidad de especies.
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
	Vegetación (altura)	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 metros de altura.	No hay gran altura de las masas (< 10 m). Baja diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 m.
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Visualización	Tamaño cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 1000m). Dominio de los primeros	Visión media (1000 a 4000m). Dominio de los planos medios de visualización.	Visualización de carácter lejano o a zonas distintas mayor a 4000 m.

Factor	Elemento de influencia	Fragilidad Visual de Paisaje		
		Alta	Media	Baja
		planos.		
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
	Forma cuenca visual	Cuencas alargadas, generalmente unidas en el flujo visual.	Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas.
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
	Capacidad	Vistas panorámicas abiertas. El paisaje no presenta elementos que obstruyan los rayos visuales.	El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en bajo porcentaje.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombras o menor incidencia visual.
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Singularidad	Unidad de paisaje	Paisaje singular con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisaje de importancia visual pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Paisaje común, sin riqueza visual o muy alterada.
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Accesibilidad	Visual	Percepción visual alta. Visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual, vistas repentinas, escasas y breves.
	<b>Valores:</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

A continuación en la Tabla 4.40 se presenta los resultados del análisis de Fragilidad Visual el Sistema Ambiental.

**Tabla 4.40. Fragilidad visual del Sistema Ambiental**

Factor	Elemento de Influencia	Fragilidad Visual
Biofísicos	Pendiente	Baja (1)
	Vegetación (densidad)	Media (2)
	Vegetación (contraste)	Media (2)
	Vegetación (altura)	Media (2)
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Media (2)
	Forma de la cuenca visual	Alta (3)
	Capacidad	Alta (3)
Singularidad	Unidad del paisaje	Media (2)
Accesibilidad	Visual	Alta (3)
<b>Valoración Final</b>		<b>Media (20)</b>





De acuerdo la valoración realizada para conocer la fragilidad visual del Sistema Ambiental; presentan fragilidad visual media casi alta, esto es dado por el bajo contraste de la vegetación, la alta capacidad y accesibilidad visual donde el paisaje no presenta elementos que obstruyan los rayos visuales.

Para mostrar las características del paisaje en el SA, en el reporte fotográfico que se adjunta en el Anexo 2.2, se presentan fotografías en las que se aprecian los usos del suelo y características generales del área donde se pretende desarrollar el proyecto.

#### **IV.2.4 Medio socioeconómico**

El Sistema Ambiental delimitado para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos. se encuentra dentro del Municipio de Fresnillo (Clave 010), cuya Cabecera Municipal, denominada del mismo nombre, está ubicada aproximadamente a 63 km al Noroeste de la Ciudad de Zacatecas por la Carretera Federal No.45 y se encuentra a 2,190 m.s.n.m. Colinda al Norte con los municipios de Sombrerete, Sain Alto, Rio Grande y Felipe Pescador. Al Sur con los municipios de Enrique Estrada, Víctor Rosales, Jerez y Valparaíso. Al Este con los municipios de Felipe Pescador, Villa de Cos, Panúco, Víctor Rosales, y Enrique Estrada. Al Oeste con los municipios de Valparaíso, Sombrerete y Sain Alto.

De acuerdo a datos presentados por el INEGI, el municipio de Fresnillo cuenta con una superficie continental de 5,092 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 6.7% en lo referente al Estado de Zacatecas. Además, el municipio de Fresnillo cuenta con una población de 213,139 habitantes, de los cuales 108,791 son mujeres y 104,348 son hombres; esto representa el 14.3% de la población total del Estado que es de 1,490,668. De igual manera, para el 2010 en el municipio se registraron un total de 376,913 viviendas particulares habitadas, las cuales tienen en promedio 4.0 ocupantes por vivienda.

El municipio se encuentra conformado por 572 localidades (ITER, 2010), de las cuales solo 7 son urbanas y 258 inactivas y/o bajas al mes de octubre del 2015.

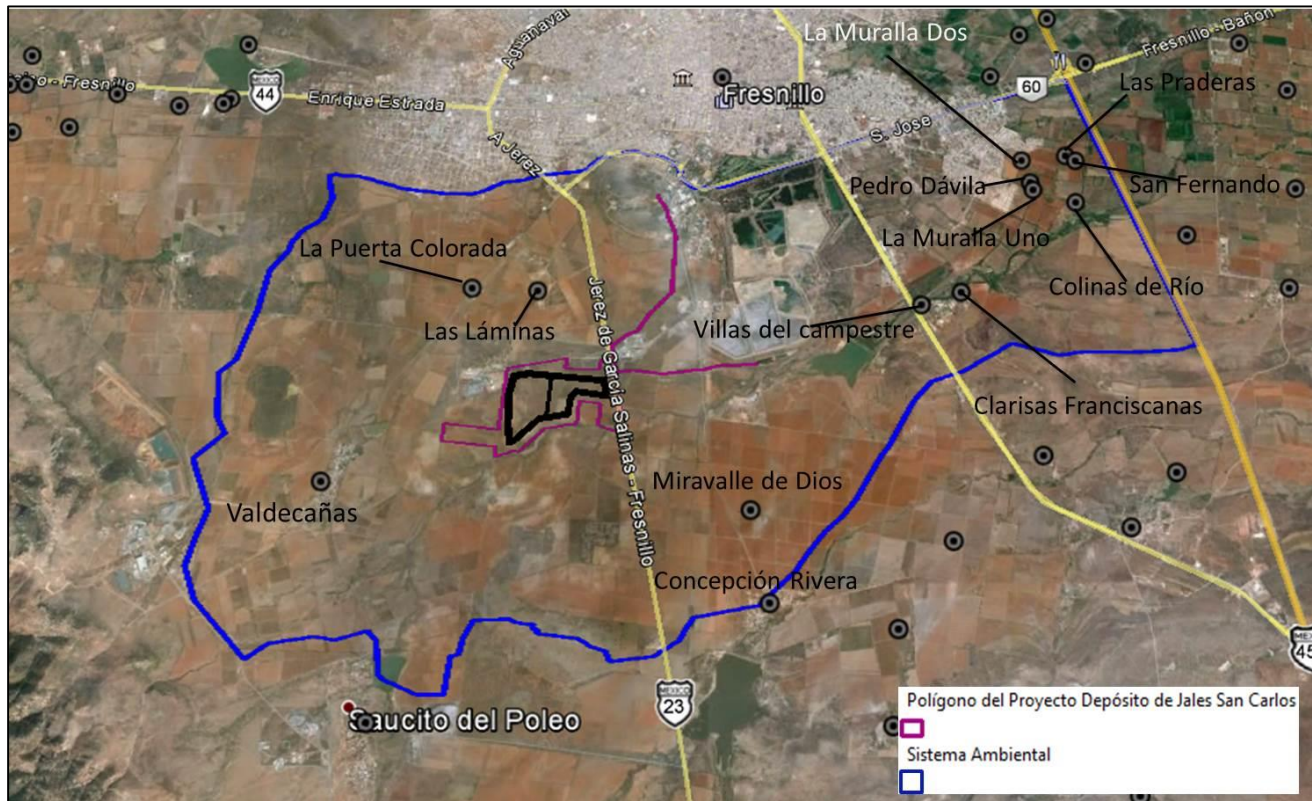
A continuación se presentan los datos socioeconómicos y financieros generados por el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), los Cálculos de la Oficina de Investigación en Desarrollo Humano y el Consejo Nacional de Población (CONAPO), para el municipio de Fresnillo (Tabla 4.41). Analizar los valores para el municipio permite comparar la situación a nivel municipal con la situación de las localidades de interés.

**Tabla 4.41. Datos Socioeconómicos del municipio de Fresnillo**

<b>Componentes Socioeconómicos</b>	<b>Años</b>		
	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>
Total de viviendas	40,019	46,037	52,883
Población Total	183,236	196,538	213,139
Tasa de Mortalidad Infantil	25,22	17,58	11,94
Tasa de Alfabetización	93,53	94,15	94,80

Componentes Socioeconómicos	Años		
	2000	2005	2010
Tasa de asistencia escolar	58,50	63,45	63,45
PIB per cápita (dólares PPC, precios 2010)	12.218	10.715	10.850
Índice de Salud	0,7953	0,8657	0,9176
Índice de Educación	0,8185	0,8392	0,8345
Índice de Ingreso	0,8021	0,7801	0,7822
Valor del Índice de Desarrollo Humano (IDH)	0,8053	0,8284	0,8478
Población Económicamente Activa	S/D	S/D	77.688
Ocupada			74.383
Desocupada			3.305
Población No Económicamente Activa			77.503
No especificado			832

De las localidades que conforman el municipio de Fresnillo Zacatecas, son 12 las que se encuentran totalmente dentro del Sistema Ambiental del Proyecto: Valdecañas, La Puerta colorada, Las Láminas, Maravilla de Dios, Fraccionamiento Villas del Campestre, Clarisas Franciscanas, Colinas del Río, La Muralla Uno, Pedro Dávila, La Muralla Dos, San Fernando y Las Praderas; de igual manera, 3 localidades más se encuentran muy cercanas al Sistema Ambiental e incluso una pequeña parte de ellas entran al SA por lo que también fueron consideradas, Fresnillo, Saucito del Poleo y Concepción de Rivera. Tal como se muestra en la Figura 4.34.



**Figura 4.34. Localidades dentro del SA**

Ahora bien, en la Tabla 4.42 se presenta un análisis del medio socioeconómico de únicamente 5 de las localidades inmersas dentro del SA, debido a que son las que mayor población tienen; entre ellas se incluye Concepción de Rivera, Fresnillo y Saucito del Poleo que a pesar de que sólo una parte de ellas entra al SA, presenta una población importante a considerar.

**Tabla 4.42. Localidades más cercanas al Sistema Ambiental**

Localidad	Clave	Población Total	Población Masculina	Población Femenina
Valdecañas	320100250	380	187	193
Saucito del Poleo	320100231	310	152	158
Villas del Campestre	320101192	53	26	27
Concepción Rivera	320100190	355	184	171
Fresnillo	320100001	120,944	58,325	62,619

La rama comercial de Fresnillo, es la más importante del Estado de Zacatecas. El comercio de Fresnillo desde hace muchos años se ha distinguido por la gran variedad de artículos y productos que ofrece, lo que lo ha convertido en un polo comercial al que acuden continuamente compradores de toda la región, inclusive de municipios aledaños, ya que sus comercios ofrecen todo lo necesario, como ropa, calzado, muebles, alimentos, ferretería, materiales para construcción, papelerías, maquinaria agrícola, productos agropecuarios y agencias automotrices.

### ***Factores Socioculturales y Económicos: educación, vivienda y derechohabiencia***

Con base en estimaciones del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2010) el cual a su vez se basa en los censos y conteos del INEGI, se analizaron los indicadores de marginación y rezago social presentados en la Tabla 4.43.

El grado de marginación en las localidades de interés presentan un grado “Alto” para la localidad de Valdecañas y “Bajo” para Saucito del Poleo , mientras que para las localidades de Fresnillo, Villas del Campestre y Concepción de Rivera el grado es “Muy Bajo”.

En el caso del grado de rezago social, el panorama muestra la presencia de algunos de los servicios básicos en las localidades de interés. Todas las localidades tienen un grado “Muy Bajo” de rezago de social, a excepción de Valdecañas que presenta un grado “Bajo”.

**Tabla 4.43. Marginación y rezago social de las localidades cercanas al SA**

<b>Grados de marginación y rezago social</b>	<b>Localidad</b>				
	<b>Fresnillo</b>	<b>Valdecañas</b>	<b>Saucito del Poleo</b>	<b>Villas del Campestre</b>	<b>Concepción Rivera</b>
<b>Grado de marginación</b>	Muy Bajo	Alto	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
<b>Grado de rezago social</b>	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy bajo	Muy bajo
<b>Indicadores de marginación y rezago social</b>					
Porcentaje de población analfabeta de 15 años o más	3.15	7.05	23.92	0	4.66
Porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	4.48	2.63	1.79	0	0
Porcentaje de población de 15 años y más con educación básica incompleta	37.10	70.54	52.63	5.88	41.95
Porcentaje de población sin derechohabiencia a servicios de salud	25.67	27.37	16.77	13.21	26.48
Viviendas particulares habitadas	29,365	95	73	13	81
Porcentaje viviendas con piso de tierra	1.93	3.16	1.37	0	4.94
Porcentaje viviendas que no disponen de excusado o sanitario	1.63	29.47	17.81	0	6.17
Porcentaje viviendas que no disponen de agua entubada a red pública	3.14	24.21	2.74	0	4.94
Porcentaje viviendas que no disponen de drenaje	1.13	27.37	15.07	0	3.70
Porcentaje viviendas que no disponen de energía eléctrica	0.61	0	1.37	0	0
Porcentaje viviendas que no disponen de lavadora	15.26	22.11	8.22	0	14.81
Porcentaje viviendas que no disponen de refrigerador	8.35	8.42	6.85	0	4.94





A continuación se presenta información oficial más descriptiva y específica generada por el gobierno del Estado de Zacatecas, en donde se describe de forma general los servicios e infraestructura con que cuenta el municipio de Fresnillo, los cuales se concentran en la localidad del mismo nombre, que es la cabecera municipal.

**Caminos y Carreteras.-** El municipio cuenta con una longitud de red carretera de 1,075 km, así como una longitud de red carretera federal de cuota de 20 km.

**Salud.-** El municipio tiene una población derechohabiente a servicios de salud de 145,467 personas, INEGI, 2010. Las familias beneficiadas por el seguro popular para ese mismo año fueron 90,970.

Para el 2011 se registró que el municipio cuenta con personal médico integrado por 551 personas, así como 39 unidades médicas. Teniendo así una relación de 14.12 médicos por cada unidad médica.

**Vivienda.-** Para el año 2010 (INEGI), en Fresnillo se registró un total de 52,883 viviendas particulares habitadas, con un promedio de 4.0 habitantes por vivienda. Del total anterior, fueron 49,948 viviendas con piso diferente de tierra, 48,780 viviendas con disponibilidad de agua de la red pública, 46,388 viviendas que disponen de drenaje de agua y, 50,877 que disponen de energía eléctrica.

**Educación.-** En el año 2011, había 188 escuelas de preescolar con un personal docente de 443; 233 escuelas de primaria con un personal docente de 1,218 personas; 128 escuelas de secundaria con un total de personal docente de 836 personas; 2 escuelas en profesional técnico con 83 personas docentes; 21 escuelas en bachillerato con 378 docentes; y 16 escuelas en formación para el trabajo con 75 personas docentes.

Además, para el 2010 se registró una población de 5 y más años con primaria de 78,576 personas; población de 18 y más años con nivel profesional de 12,584 personas y; el grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años fue de 8.0.

**Migración.-** Con base en datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010), el Estado de Zacatecas ocupa el lugar número 1 en el contexto nacional en cuanto a la intensidad migratoria; por su parte, el municipio de Fresnillo ocupa el lugar 44 (de 58) en el contexto estatal.

Ahora bien, el municipio de Fresnillo tiene un total de 52,833 viviendas (CONAPO, 2010) y los demás datos migratorios se incluyen en la Tabla 4.44.

**Tabla 4.44. Estadísticas migratorias para el Municipio de Fresnillo**

Municipio de Fresnillo	
Total de viviendas	52,833
% viviendas que reciben remesas	7.32
% viviendas con emigrantes a Estados Unidos en el quinquenio anterior	2.39
% viviendas con migrantes circulares en del quinquenio anterior	2.19
% viviendas con migrantes de retorno del quinquenio anterior	4.85



Municipio de Fresnillo	
Índice de intensidad migratoria	0.2930
Grado de intensidad migratoria	Medio
Lugar que ocupa en el contexto estatal	44
Lugar que ocupa en el contexto nacional	777

**Energía eléctrica.-** Con base en información del INEGI, para el 2011 se tuvo un volumen de ventas de energía eléctrica de 389,050 Megawatts-hora, teniendo a la vez un valor de las ventas de energía eléctrica de 440,429 pesos; siendo 72,016 los usuarios de energía eléctrica.

**Abasto municipal.-** La cabecera municipal cuenta con 1 central de abastos.

**Sitios turísticos:** El municipio cuenta con algunos sitios de interés turísticos, como por ejemplo: a 8 km al noreste de Fresnillo se ubica el Santuario del Santo Niño de Atocha, el tercero más visitado en el país. Es una iglesia barroca con su puerta labrada en la típica cantera rosa de la región. En el centro de Fresnillo se ubica la Plaza del Obelisco, también se le conoce como el Jardín del Obelisco, ya que al centro se encuentra dicho monumento que se construyó en 1833 y que fue inaugurado por el entonces presidente de México, Antonio López de Santa Anna. Además de contar con un reloj solar, te ofrece datos geográficos de Fresnillo.

Otros atractivos culturales que destacan son el Museo Ágora José González Echeverría el cual cuenta con nueve salas dedicadas a diferentes personajes originarios de Fresnillo. También existe el Museo de Minería, este museo cuenta una parte fundamental de la historia y del trabajo de mineros durante varias generaciones. Lo que más sobresale al interior son las grandes maquinarias que alguna vez trabajaron en las minas que resulta un viaje al pasado industrial.

#### IV.2.5 Diagnóstico ambiental

La descripción de los componentes ambientales en el sitio del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, presentada en este Capítulo IV de la MIA, es una recopilación de la información obtenida y la generada en el sitio, con la que se ofrece una caracterización preoperacional del área donde se establecerá el proyecto, y que además funge como base para la identificación de los impactos potenciales (Capítulo V), y para el establecimiento de medidas de prevención y mitigación (Capítulo VI).

El Diagnóstico Ambiental (DA) aquí presentado, es un complemento de esa caracterización del medio biótico y abiótico dentro del Sistema Ambiental (SA), delimitado para el estudio y evaluación de impactos derivados de la ejecución del Proyecto Depósito de Jales San Carlos; a través del cual, además, se ha de identificar con mayor precisión la problemática ambiental detectada en el Área de Influencia del Proyecto.

El objetivo que pretende el DA es plasmar tanto de forma descriptiva como en imágenes y planos georeferenciados el grado de calidad estimado que guardan actualmente los componentes ambientales con los que interactuará el proyecto, de acuerdo a los criterios profesionales del equipo de especialistas involucrados en el estudio de la zona. Esta información posteriormente permitirá



generar un modelo predictivo del escenario futuro, una vez que se apliquen las medidas de prevención y mitigación propuestas a los impactos ambientales identificados.

### **Metodología para la elaboración del DA**

En el contexto ambiental demarcado por el Sistema Ambiental del Proyecto, el DA se desarrolló mediante la aplicación de criterios ambientales a la información geográfica de los componentes presentes, de manera que se valorara la importancia de los recursos bióticos y abióticos.

La valoración de los componentes ambientales Atmósfera, Suelos, Hidrología, Vegetación, Fauna, Paisaje-Geomorfología y Socioeconomía y Cultura, comenzó con una ponderación global de cada uno respecto a su influencia dentro de la dinámica local, de forma que a cada componente se le asignó su propio peso específico con base en el criterio del equipo profesional que participó en el desarrollo de este estudio, quienes de manera consensuada analizaron la importancia de cada componente considerando aspectos como su área de influencia en relación con el entorno, su representatividad, su diversidad, su estabilidad, su fragilidad, su interés ecológico, entre otros criterios. Como resultado de este análisis, en la Tabla 4.45 se presenta la ponderación de los componentes ambientales.

**Tabla 4.45. Ponderación de los componentes ambientales respecto a su relevancia en el SA**

No.	Componente	Peso Ponderado
1	Atmósfera	13
2	Suelos	20
3	Hidrología	17
4	Vegetación	9
5	Fauna	15
6	Paisaje y Geoformas	9
7	Socioeconómico y cultural	17

Los componentes Suelos, Hidrología y Socioeconómico y cultural son los que representan mayor importancia en el ambiente en consideración de los criterios considerados para la ponderación. Le sigue la Fauna, Atmósfera, Vegetación, Paisaje y Geoformas en la jerarquización de los componentes. Esta información se considera de utilidad para la siguiente etapa en el proceso de elaboración del Diagnóstico Ambiental, y será retomada más adelante para la asignación de Unidades de Importancia Ambiental (UIP), durante la evaluación de los impactos ambientales generados por el Proyecto Depósito de Jales San Carlos.

Habiendo asignado un peso ponderado para los componentes ambientales, el siguiente paso consistió en generar un listado de nuevos criterios integrados por diversos factores que influyen directamente sobre la calidad del componente. Estos nuevos criterios también fueron elegidos por el equipo de profesionistas que participa en la elaboración de la MIA, y su principal característica es que los factores que los integran son identificables y ubicables en los planos cartográficos, modelos generados para el SA, y/o en las imágenes satelitales cargadas en el Sistema de Información



Geográfica del Proyecto. De esta manera, cada criterio constituye una capa (shape) que será procesada en el SIG para la definición de los rangos de calidad ambiental estimados.

Una vez definida la lista de criterios y factores a considerar, se repartió el valor del peso ponderado de cada componente entre los criterios que lo integran, de acuerdo al nivel de influencia que tiene el criterio sobre la calidad del componente. Posteriormente, el equipo de trabajo evaluó y designó un valor para cada factor, denominado “Valor de Importancia”, en una escala de 0 a  $n$ , siendo  $n$  el valor del criterio correspondiente, y que además representa el mayor aporte al estado de calidad del componente, respecto al criterio evaluado; mientras que 0 equivale a un nulo aporte al estado de calidad.

A fin de darle una proporcionalidad adecuada a los factores, se multiplicó el Valor de Importancia de cada uno de los factores por el valor del criterio que lo contiene. Al producto de esta operación se la ha denominado “Valor Ponderado”. A continuación, en la aplicación de ArcMap del software ArcGIS, se asignaron los valores ponderados de los factores al vector(es) que los representa digital y geográficamente, por componente ambiental.

Para la obtención del Diagnóstico Individual de cada uno de los componentes, todos los shape que lo conforman fueron sobrepuestos y transformados en operaciones matemáticas (sumatorias) de los Grids (matrices representativas de píxel a 5 metros) en el SIG, resultando diversos valores que fueron clasificados en 5 rangos asociados a una etiqueta lingüística que describe el estado de calidad estimado del componente dentro del Sistema Ambiental del Proyecto, los cuales van desde un rango bajo a un rango alto, pasando por valores intermedios (medio bajo, medio y medio alto). En otras palabras, el rango de calidad para la clasificación del área por componente, resulta de la sumatoria del valor de las cualidades esperadas, o por el contrario, la carencia de las mismas, correspondientes a los factores considerados.

Los Criterios y Factores empleados, así como Valores de Importancia y los Valores Ponderados evaluados, se presenta en la siguiente Tabla 4.46.

**Tabla 4.46. Criterios y factores indicativos para el análisis de cada componente ambiental**

<b>Componente Ambiental</b>	<b>Criterio</b>	<b>Factor</b>	<b>Valor de importancia</b>	<b>Valor Ponderado</b>
Atmósfera 13	Actividades humanas 6	Zonas conservadas	6.00	36.00
		Zonas moderadamente conservadas	4.00	24.00
		Zonas degradadas	3.00	18.00
		Caminos pavimentados	3.00	18.00
		Localidades rurales	2.50	15.00
		Agostaderos y parcelas	1.50	9.00
		Actividades industriales	1.50	9.00
		Zona urbana	1.00	6.00
		Actividades mineras	1.00	6.00
		Caminos no pavimentados	1.00	6.00
	Captura de polvos fugitivos	Cobertura cerrada	4.00	16.00



Componente Ambiental	Criterio	Factor	Valor de importancia	Valor Ponderado	
	4	Cobertura dispersa	2.50	10.00	
		Cobertura abierta	1.00	4.00	
		Localidades rurales	2.50	10.00	
		Zona urbana	2.50	10.00	
	Ruido	3	Áreas con ruido natural	3.00	9.00
			Áreas con generación de ruido artificial esporádico moderado	2.50	7.50
			Áreas con generación de ruido artificial esporádico alto	1.50	4.50
			Áreas con generación de ruido artificial constante moderado	1.50	4.50
			Áreas con generación de ruido artificial constante alto	0.50	1.50
Suelo	Actividades humanas	6	Zonas conservadas	6.00	36.00
			Zonas moderadamente conservadas	4.00	24.00
			Zonas degradadas	2.00	12.00
			Caminos pavimentados	0.00	0.00
			Localidades rurales	0.50	3.00
			Zona urbana	0.00	0.00
			Agostaderos y parcelas	5.00	30.00
			Actividades industriales	0.00	0.00
			Actividades mineras	0.00	0.00
			Caminos no pavimentados	1.00	6.00
	Erosión del suelo	7	No aplica	0.00	0.00
			Leve	4.00	28.00
			Morderado	2.00	14.00
	Degradación del suelo	7	Extremo	0.00	0.00
			Moderado	2.50	17.50
Hidrología	Superficial	6	Corrientes perenes	6.00	36.00
			Cuerpos lénticos (bordos, presas, lagunas)	6.00	36.00
			Corrientes intermitentes	4.00	24.00
	(Recarga 1) Zonas con potencial de infiltración en función del material	4	Material NO consolidado con rendimiento alto > 40 lps	4.00	16.00
			Material Consolidado con posibilidades bajas	1.50	6.00
	(Recarga 2) Zonas con potencial de infiltración en función de las pendientes		0° - 5°	4.00	16.00
			6° - 10°	3.50	14.00

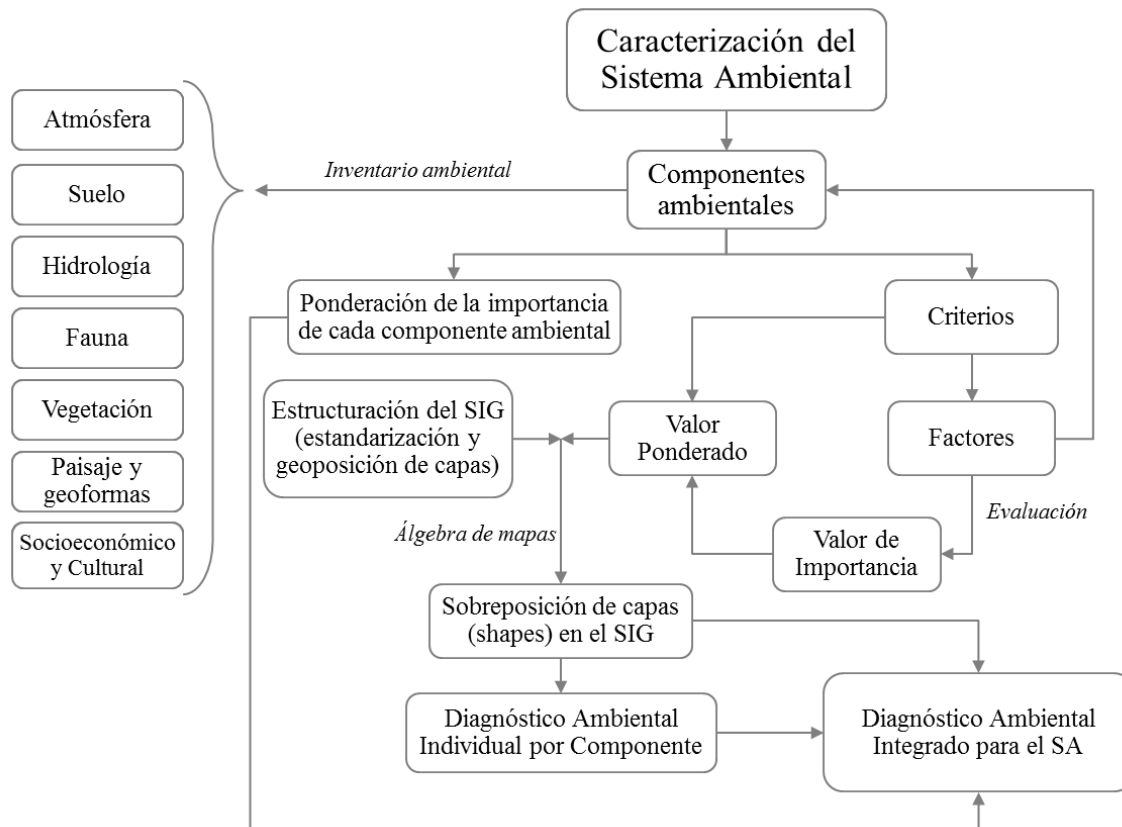
Componente Ambiental	Criterio	Factor	Valor de importancia	Valor Ponderado
	4	11° - 15°	3.00	12.00
		15° - 30°	2.00	8.00
		31° - 44°	1.00	4.00
		> 45°	0.50	2.00
	(Recarga 3) Áreas de captación de nanocuencas	658 a 777 ha	3.00	9.00
		538 a 657 ha	2.50	7.50
		418 a 537 ha	2.00	6.00
		298 a 417 ha	1.50	4.50
		178 a 297 ha	1.00	3.00
		57 a 177 ha	0.50	1.50
Vegetación	Actividades humanas	Zonas conservadas	4.00	16.00
		Zonas moderadamente conservadas	3.00	12.00
		Zonas degradadas	0.00	0.00
		Caminos pavimentados	0.00	0.00
		Localidades rurales	0.00	0.00
		Zona urbana	0.00	0.00
		Agostaderos y parcelas	0.00	0.00
		Actividades industriales	0.00	0.00
		Actividades mineras	0.00	0.00
		Caminos no pavimentados		0.00
	Cobertura de la vegetación	Cobertura cerrada	5.00	25.00
		Cobertura dispersa	3.50	17.50
		Cobertura abierta	1.00	5.00
Fauna	Influencia de zonas de ahuyentamiento	Zonas conservadas	8.00	64.00
		Zonas moderadamente conservadas	6.50	52.00
		Zonas degradadas	3.00	24.00
		Caminos pavimentados	1.00	8.00
		Localidades rurales	2.50	20.00
		Zona urbana	0.50	4.00
		Agostaderos y parcelas	4.00	32.00
		Actividades industriales	0.50	4.00
		Actividades mineras	0.50	4.00
		Caminos no pavimentados	2.00	16.00
	Zonas aptas para el establecimiento de hábitats	Áreas con vegetación	6.00	42.00
		Áreas agrícolas	3.50	24.50
		Corrientes de agua perenes	6.00	42.00
		Cuerpos de agua lénticos	6.00	42.00
		Corrientes de agua intermitentes	5.00	35.00
Paisaje y	Modelo de	Valle	2.00	4.00

Componente Ambiental	Criterio	Factor	Valor de importancia	Valor Ponderado
Geoformas 9	Topoformas valoradas por su grado de influencia al entorno 2	Pendiente baja	1.50	3.00
		Planicie	1.50	3.00
		Pendiente media	1.00	2.00
		Pendiente alta	0.75	1.50
		Cumbre cerro	0.50	1.00
	Actividades y usos de suelo que han transformado el paisaje natural 5	Zonas conservadas	5.00	25.00
		Zonas moderadamente conservadas	3.50	17.50
		Zonas degradadas	1.00	5.00
		Caminos pavimentados	2.00	10.00
		Localidades rurales	2.00	10.00
		Zona urbana	1.00	5.00
		Agostaderos y parcelas	1.00	5.00
		Actividades industriales	0.50	2.50
		Actividades mineras	0.50	2.50
		Caminos no pavimentados	1.00	5.00
	Modelo de Rumbos de Pendientes 2	N	2.00	4.00
		NE y NO	1.75	3.50
		E y O	1.50	3.00
		Plano	1.00	2.00
		S	0.50	1.00
		SE y SO	1.00	2.00
Socioeconómico y Cultural 17	Actividades humanas 9	Zonas urbanas	9.00	81.00
		Localidades rurales	7.00	63.00
		Actividades mineras	8.00	72.00
		Caminos pavimentados	8.00	72.00
		Áreas de interés antropológico y/o histórico	6.00	54.00
		Agostaderos y parcelas	7.00	63.00
		Caminos no pavimentados	5.00	45.00
		Zonas conservadas	7.00	63.00
		Zonas moderadamente conservadas	5.00	45.00
		Zonas degradadas	0.00	0.00
	Servicios e infraestructura 8	Disponibilidad de servicios	8.00	64.00
		Zonas conservadas	6.00	48.00
		Zonas moderadamente conservadas	4.00	32.00
		Caminos	6.50	52.00

Una vez generados los Diagnósticos Individuales de todos los componentes, fueron validados por el equipo antes de pasar al siguiente punto. Luego, se les asignó a cada uno en el SIG su correspondiente peso ponderado, relativo a su relevancia dentro del SA; y en seguida se integraron

todos en un solo modelo, que se realizó sobreponiendo los shapes de los Diagnósticos Individuales, haciendo luego una sumatoria con los Grids y clasificando los valores resultantes en cinco rangos equidistantes, generando así el Diagnóstico Ambiental Integrado (DA-I) del SA del Proyecto Depósito de Jales San Carlos.

Con la finalidad de resumir y esquematizar la metodología empleada para la elaboración del DA-I, en la Figura 4.35 se presenta el procedimiento seguido que dio origen a los Diagnósticos Individuales de los 7 componentes ambientales y finalmente al Diagnóstico Ambiental Integrado. Asimismo, en la Figura 4.37 y 4.37 se muestra un mosaico de los diagnósticos generados por componente para el Sistema Ambiental.

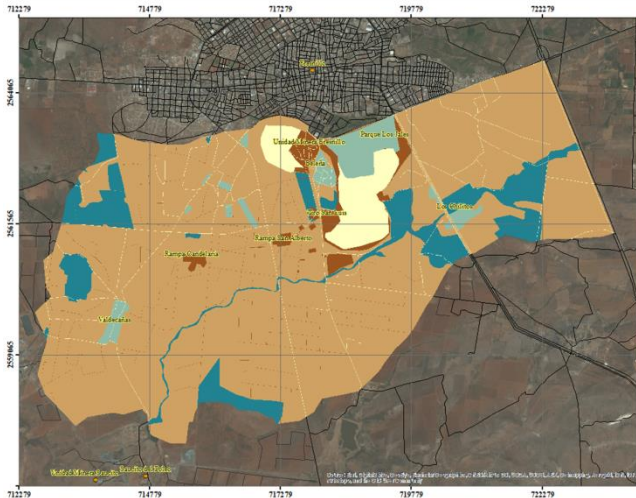


**Figura 4.35. Procedimiento para la generación del Diagnóstico Ambiental Integrado**

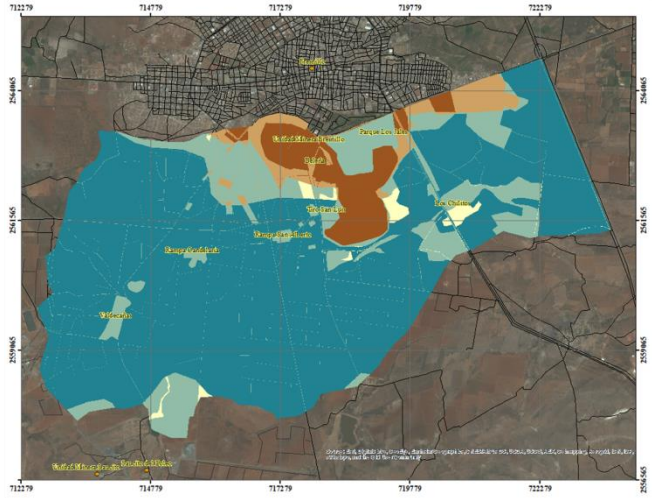




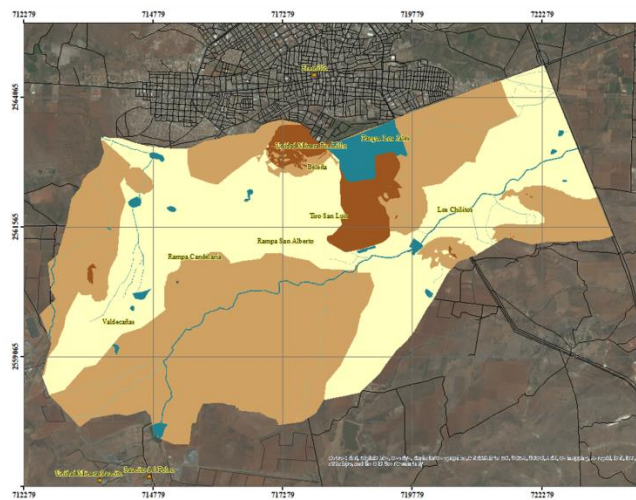
# Atmósfera



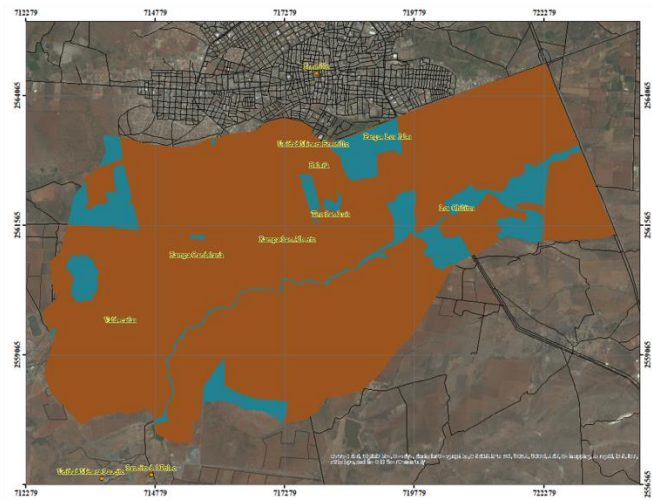
# Suelos



# Hidrología

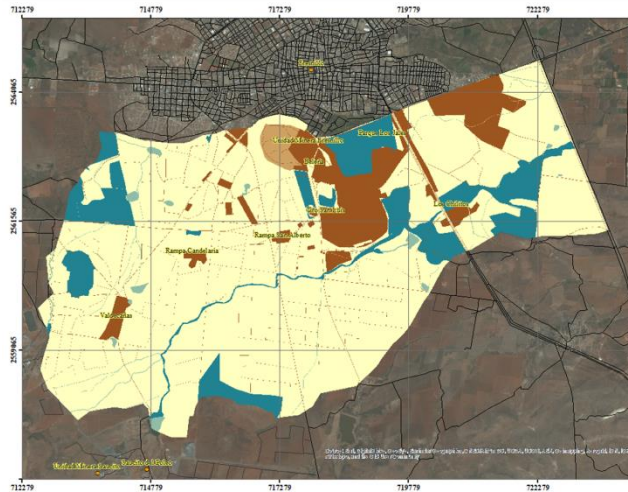


## Vegetación

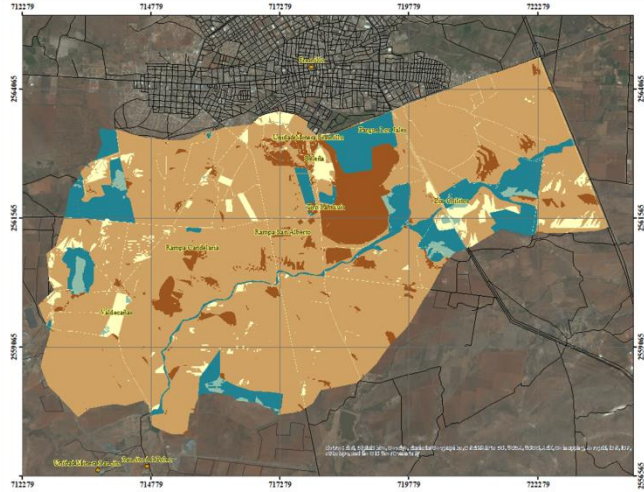


**Figura 4.36. Presentación de los Diagnósticos Individuales por componente (1)**

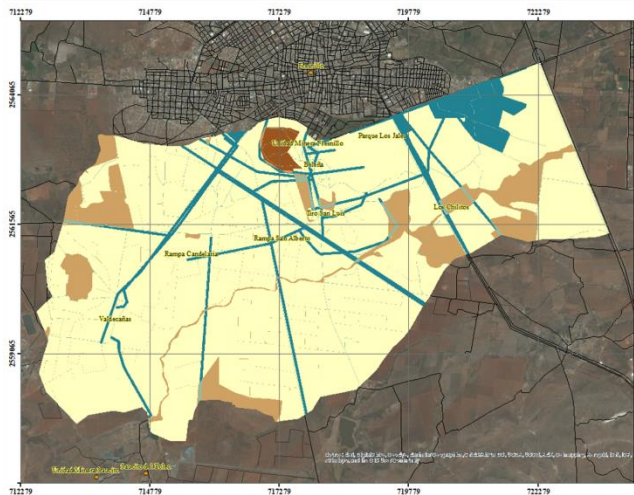
# Fauna



# Paisaje y Geoformas



# Socioeconomía y Cultural



**Figura 4.37. Presentación de los Diagnósticos Individuales por componente (2)**

## Diagnóstico Ambiental Integrado

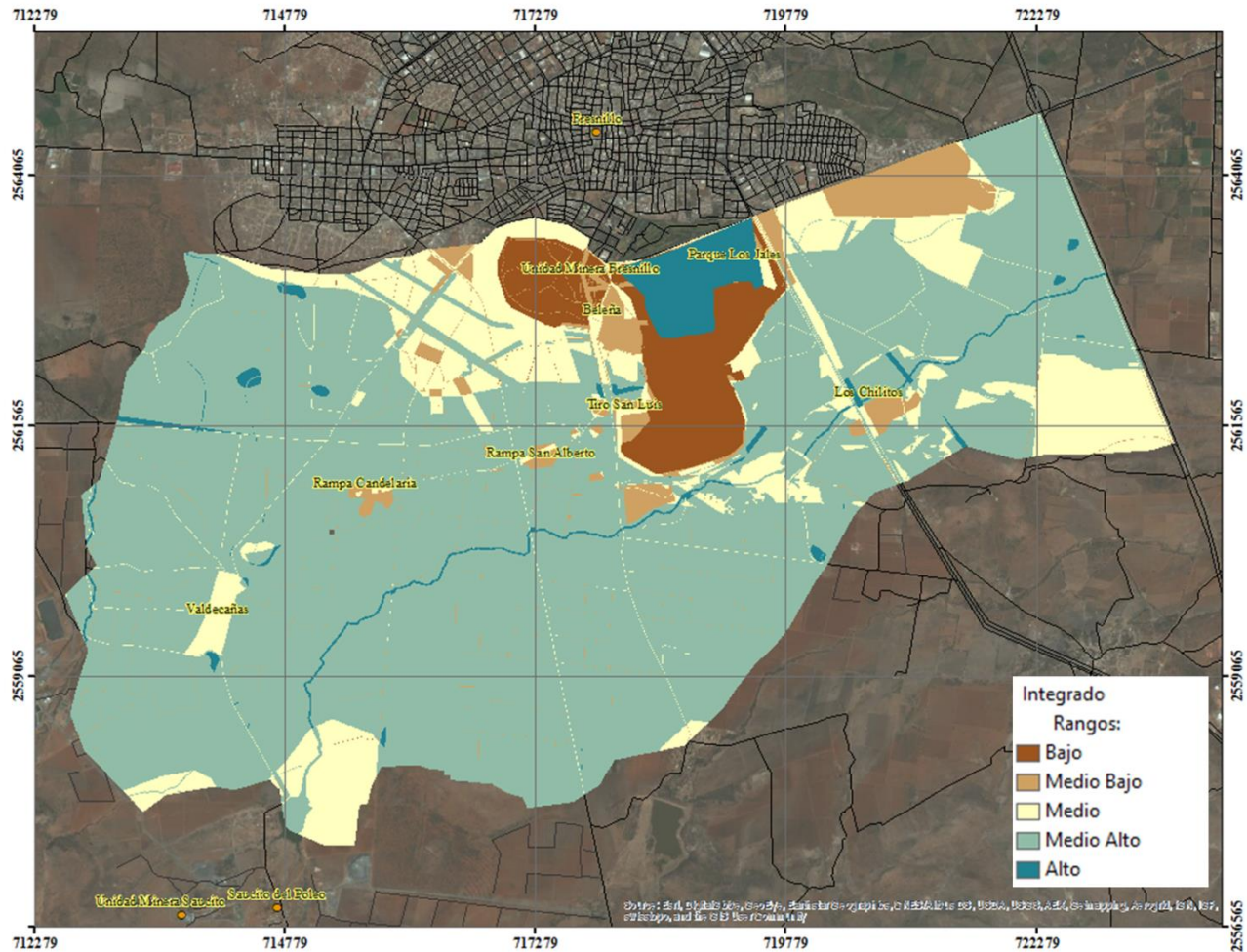
Para la integración de los diagnósticos individuales que dan origen al diagnóstico ambiental general del Sistema Ambiental Regional, se han tomado los valores de los Grids de los modelos de cada componente y se han multiplicado por su respectivo peso ponderado, determinado mediante el Proceso Analítico Jerárquico (Tabla 4.45). Es importante resaltar que la multiplicación se hace con el fin de comparar en la escala adecuada a los valores resultantes en los modelos de cada componente ambiental. En otras palabras, se compatibilizan las escalas de valores, y posteriormente se suman para generar el Diagnóstico Ambiental Integrado. Una vez realizadas las operaciones matemáticas sobre los Grids de cada modelo, la escala de valores resultantes se vuelve a dividir en cinco categorías ecualizadas, y se asigna un rango de calidad a cada categoría. De esta manera, son los



valores de cada modelo y no los grados de calidad mostrados en las figuras de los diagnósticos ambientales individuales de los apartados previos, los que influyen directamente sobre el Diagnóstico Ambiental Integrado, puesto que para el DA-I se ha generado su propia clasificación.

Habiendo empleado la información geográfica disponible y generada para el área de estudio, y procesándola en el Sistema de Información Geográfica mediante el software especializado (ArcGIS), se obtuvo un diagnóstico del estado (estimado o modelado) que guarda el medio ambiente en el SAR, que servirá de referencia para la modelación de los escenarios futuros, a partir de la estimación de los impactos ambientales generados por el proyecto una vez que esté en desarrollo, y con la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación. Todo esto se aborda en el Capítulo VII de la MIA-R.

El Diagnóstico Ambiental Integrado se muestra en la Figura 4.38, y se replica en el plano con una mayor escala adjunto en el Apéndice 4.4, que permite apreciar con más detalle las zonas mejor conservadas contra las zonas con mayor grado de deterioro en el Sistema Ambiental delimitado para el proyecto Depósito de Jales San Carlos.



**Figura 4.38. Diagnóstico Ambiental Integrado para el SA**



De acuerdo al DA-I generado, se puede concluir que la calidad predominante en el Sistema Ambiental es Media Alta. Esta calidad es generada principalmente por factores relacionados al uso de suelo agrícola, los cuales aun cuando se encuentran desprovistos de vegetación, presentan un alto valor de la riqueza del suelo y una derrama económica importante.

También se observan algunos polígonos dentro del SA con una calidad alta. Estos polígonos corresponden principalmente a las superficies ubicadas a lo largo del cauce, las cuales se interpretan como zonas moderadamente conservadas con vegetación. En la porción norte del SA se puede observar una superficie importante con calidad alta, la cual corresponde al Parque Ecológico los Jales. Este parque además de representar una zona con vegetación e hidrológicamente importante, se considera un área de importancia para la avifauna.

Por otra parte, la integración del DA-I evidencia que las superficies que presentan valores de calidad bajos corresponden a las zonas influenciadas directamente por la Unidad Fresnillo. La pérdida de suelo, aunada al retiro de la vegetación y el ahuyentamiento de fauna influyen directamente sobre la calidad de la huella de la Unidad Fresnillo. En cuanto a las superficies del SA que presentan calidad Media baja, el DA-I muestra que su presencia está directamente relacionada con el crecimiento de la ciudad de Fresnillo, en donde la mancha urbana genera la reducción de calidad principalmente sobre factores como Flora, Fauna y Suelo. La presencia de otras localidades como Beleña genera algunas otras porciones con calidad Media baja.

Sólo como referencia general, las herramientas empleadas en el SIG para generar el DA-I, permiten hacer una distribución de la superficie del SAR entre los 5 rangos o categorías de calidad ambiental considerados, de tal manera que el diagnóstico general del área de estudio arroja que la calidad predominante es Medio alto, seguido por Medio, Bajo, Medio bajo y Alto.

### **Descripción de la problemática ambiental detectada en el Área de Influencia del Proyecto**

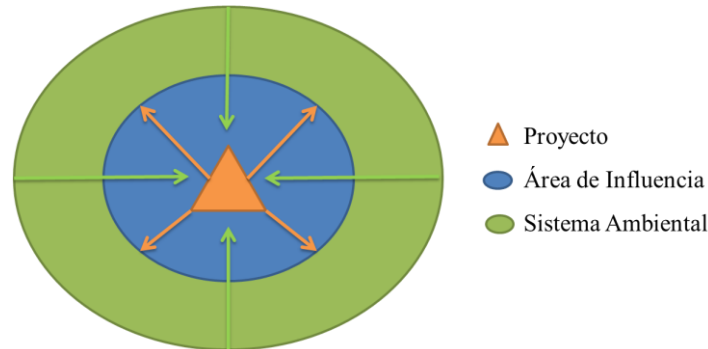
El objetivo de esta sección es la descripción puntual de la problemática ambiental identificada dentro del Área de Influencia (AI) del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, que si bien es abarcada por el polígono del Sistema Ambiental definido en la Sección IV.1, su delimitación está función a la presión que ejercerán las actividades y obras del Proyecto sobre los componentes ambientales, y a la extensión de dicha presión; por lo que el AI se determina con base en la evaluación e identificación de los impactos potenciales, lo que está plenamente desarrollado en el capítulo siguiente.

Para fines de identificación de la problemática ambiental, que conciernen al presente capítulo, se asume que el Área de Influencia es la superficie donde se resentirán los efectos de los impactos del Proyecto, considerando tanto los efectos directos como indirectos, es decir, considerando no solamente los elementos que pretenden ser objeto de aprovechamiento o afectación puntual, sino todo el conjunto de elementos que se interrelacionan e interactúan con los elementos directamente afectados para conformar el ecosistema.

En concreto, el Área de Influencia considera las interacciones del Proyecto y su alcance sobre los componentes ambientales, mientras que para el Sistema Ambiental se analizaron las interacciones



que habrá desde los componentes ambientales hacia el Proyecto, lo que se representa esquemáticamente en la Figura 4.39.

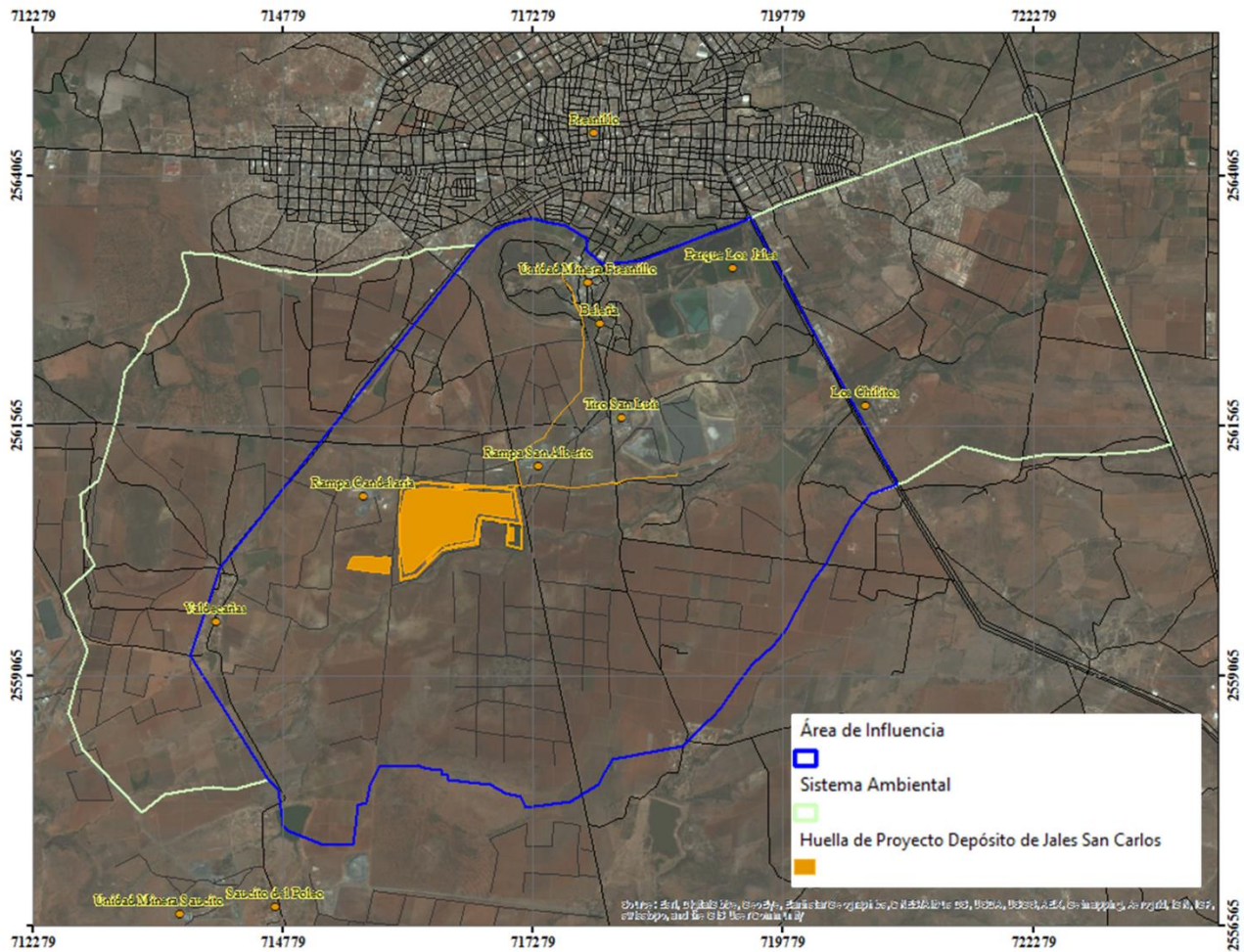


**Figura 4.39. Relación entre Sistema Ambiental, Área de Influencia y Proyecto**

La delimitación del AI fue diseñada tomando en cuenta principalmente dos factores. El primero de ellos corresponde a la porción Norte y Noreste, la cual se delimitó conforme a los límites de propiedad de Minera Fresnillo ya que como se mencionó anteriormente, el Proyecto se considera como una obra complementaria a la operación de la Unidad Fresnillo.

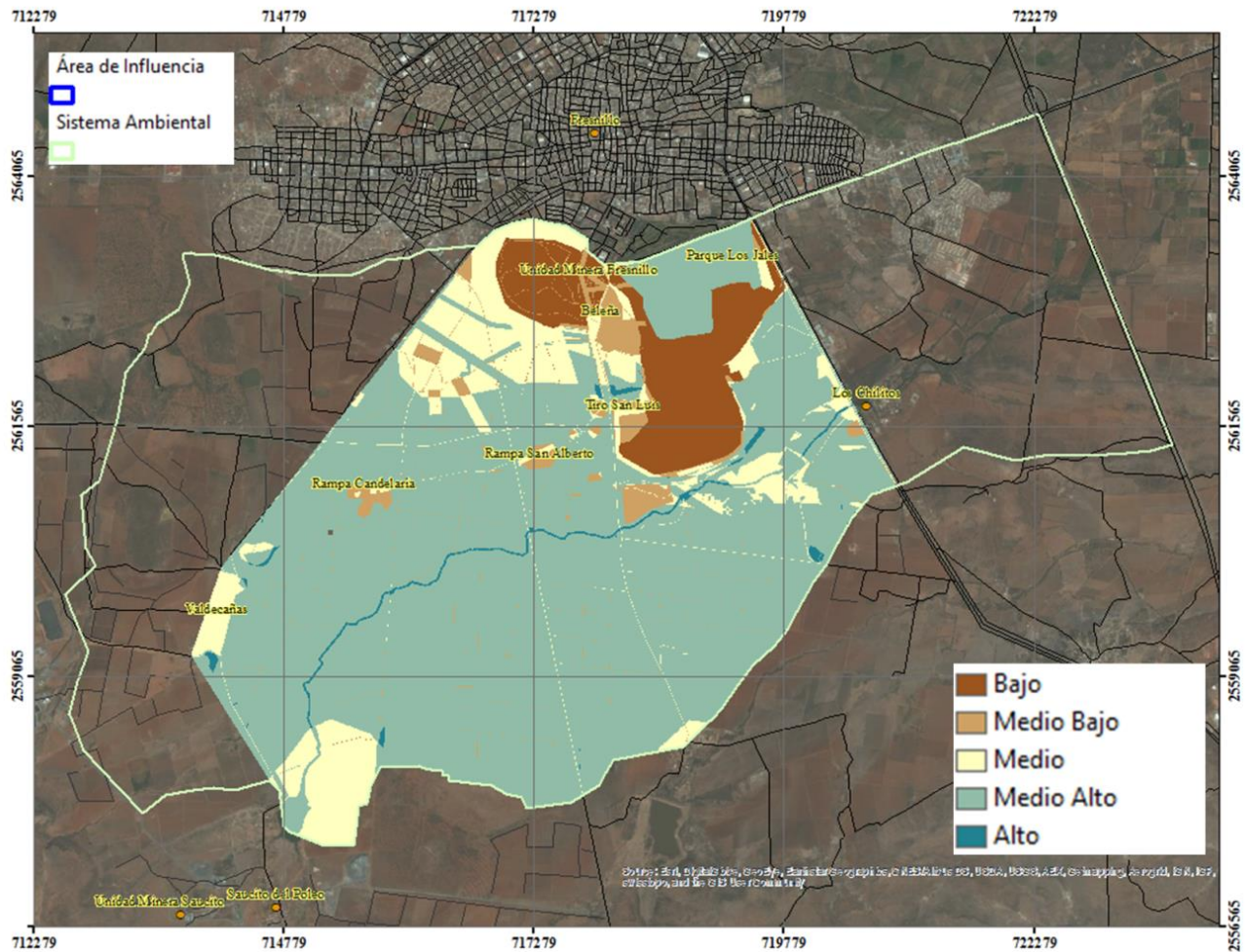
El segundo de los factores utilizados para la delimitación del AI corresponde al impacto sobre el componente paisaje, para la cual se utilizó la cuenca visual descrita en apartado IV.2.3, acotada a la delimitación del SA. Es importante mencionar que estos dos factores se consideraron principales conforme al resto únicamente por su extensión, ya que la afectación sobre otros componentes como Suelos o Geomorfología se considera muy puntual.

En la siguiente figura se muestra el Área de Influencia, cuyos límites quedan comprendidos en su totalidad dentro del polígono que demarca al Sistema Ambiental.



**Figura 4.40. Delimitación del Área de Influencia respecto al Sistema Ambiental y al Proyecto**

A partir del modelo de calidad ambiental generado para el SA (DA-I, Figura 4.38), se presenta en la Figura 4.41 un acercamiento al Área de Influencia del Proyecto Depósito de Jales San Carlos con el cual se evidencia que el estado que guarda el sitio sin proyecto corresponde principalmente a un rango de calidad Medio Alto con manchones de superficie con calidad media y baja en la porción Norte. También se observa que se presentan zonas con calidad alta, relacionadas directamente a la calidad de conservación que presentan.



**Figura 4.41. Acercamiento del AI sobre el Diagnóstico Ambiental Integrado**

A continuación se ofrece una descripción más puntual de la presión que existe en el AI por componente ambiental, entendiéndose ésta como las acciones o actividades generadoras de deterioro ambiental (SEMARNAT, 2000).

### *Atmósfera*

Si bien la presencia del Parque Ecológico Los Jales representa una zona moderadamente conservada con calidad media alta sobre el componente atmósfera, el desarrollo de la Unidad Fresnillo ha generado un incremento en la cantidad de vehículos y maquinaria en la zona, teniendo como consecuencia el incremento en la generación de contaminantes atmosféricos. Este incremento a generado una disminución en la calidad del componente Atmósfera en la región Centro Norte del AI, más específicamente sobre la huella de la Unidad Fresnillo.

Por otra parte, la presencia de una superficie importante de suelos agrícolas, así como de vías de comunicación, conllevan una alta emisión de ruido y polvos fugitivos generados por el constante movimiento de tierras. Estas actividades describen la calidad general del AI, en donde se puede observar que en su mayoría presenta una calidad Media baja.





### *Suelo*

Con relación al componente suelo, las condiciones actuales del AI están ligadas principalmente a la riqueza de los suelos agrícolas, en donde la calidad se presenta de Media alta a Alta. Por otra parte, la degradación de este componente está asociada a los procesos de cambio de uso de suelo, en donde las actividades de desmonte y despalme ocasionan la reducción de la cobertura del suelo.

### *Hidrología*

La calidad actual del AI con respecto a la hidrología, es de media a baja. En cuanto a extensión, este componente se ve afectado principalmente por las actividades agrícolas, mientras que hablando de intensidad, se ve afectado principalmente por las actividades desarrolladas dentro de la Unidad Fresnillo. No obstante, algunas superficies, principalmente el Parque Ecológico Los Jales, funge como zona de alta calidad sobre este componente.

### *Flora y Fauna*

Los componentes Flora y Fauna dentro del AI se encuentran impactados directamente por las actividades agrícolas aunadas al constante crecimiento de la Unidad Fresnillo. En este sentido, y teniendo en cuenta que la mayoría de la superficie del AI se encuentra desprovista de vegetación, la calidad general de Flora es perceptiblemente baja. Estas mismas características sumadas a la constante generación de ruidos y presencia de maquinaria, vehículos y personal, generan un impacto sobre la distribución espacial de la Fauna, ocasionando una disminución en la calidad de este componente.

### *Paisaje y Geoformas*

La degradación presente en el AI sobre los factores de Paisaje y Geoformas está directamente relacionada con la presencia de la Unidad Fresnillo, principalmente por zonas como el Depósito de Jales actual. La presencia de estas estructuras modifica sustancialmente la continuidad paisajística de la zona. Sin embargo, algunas otras áreas como en este caso el Parque Ecológico Los Jales, aumentan sustancialmente la calidad del Paisaje al presentan áreas moderadamente conservados con vegetación.





## **V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

En el Capítulo anterior se realizó una descripción de la situación actual de los recursos ambientales y socioeconómicos existentes en la zona donde se pretende desarrollar el Proyecto Depósito de Jales San Carlos. En el presente Capítulo se identifican los Factores ambientales que serán afectados y sus respectivos Indicadores de impacto; posteriormente se evalúa el impacto previsto por el desarrollo de las actividades y obras del proyecto sobre dichos recursos, pudiéndose generar nuevas afectaciones al ambiente y/o contribuir en la consolidación de los procesos de cambio existentes.

### ***V.1 Identificación de impactos***

#### **V.1.1 Metodología empleada**

La selección de la metodología, así como el desarrollo del procedimiento para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se realizó con un enfoque interdisciplinario, mediante un grupo de especialistas que proporcionaron su juicio profesional para el análisis de las interacciones de las obras y actividades en el contexto de las condiciones actuales del SA y de los procesos existentes de modificación del entorno natural.

La metodología empleada requiere una secuencia de pasos que en esencia conducen progresivamente de una revisión general a un análisis particular y detallado, a través de la fragmentación y reagrupamiento en conjuntos cada vez más reducidos de los elementos que interactúan e influyen en la estimación o previsión de los impactos, como lo son las obras/actividades del proyecto, por etapas, y los factores representativos de cada uno de los componentes ambientales.

Así, el primer paso del procedimiento consiste en una estimación general de las alteraciones que ocasionará el desarrollo del Proyecto en su conjunto, dentro del Sistema Ambiental, cuyas características físicas (bióticas, abióticas, perceptuales) y socioeconómicas se analizan en este Capítulo IV de la MIA-P.

Cabe mencionar que para el análisis estructurado del medio, el ambiente fue dividido en dos Sistemas: Físico y Socioeconómico, y cinco Subsistemas: Inerte, Biótico, Perceptual, Sociocultural y Económico. A cada uno de estos Subsistemas pertenecen una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, es decir, los elementos o cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por las acciones impactantes del proyecto (Tabla 5.1).

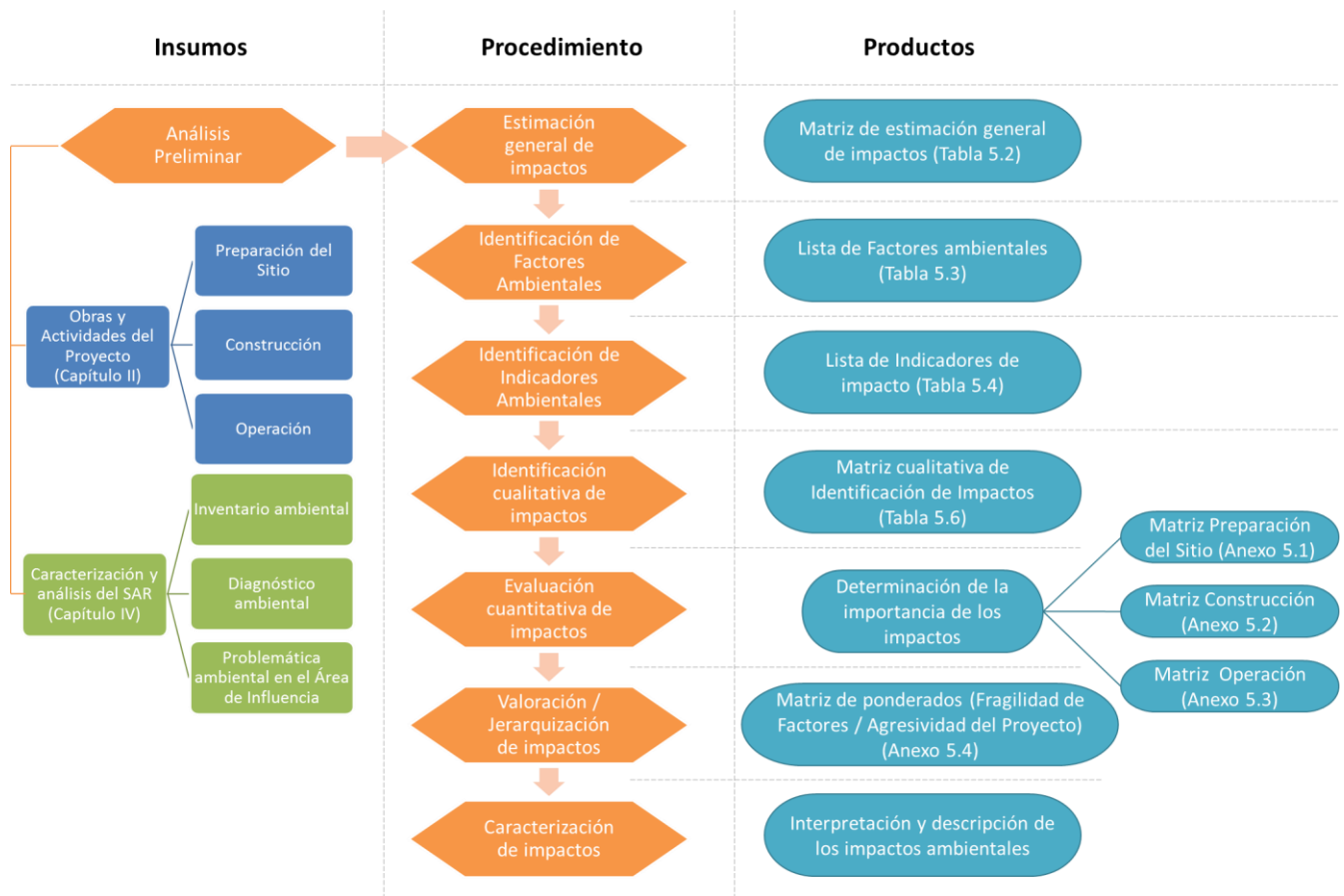
**Tabla 5.1. Componentes del entorno**

Sistema	Subsistema	Componente
Medio Físico	Medio Inerte	Atmósfera
		Geomorfología
		Hidrología
		Suelo
	Medio Biótico	Flora
		Fauna
Medio Socio-Económico	Medio Perceptual	Paisaje
	Medio Sociocultural	Infraestructura
		Cultural
	Medio Económico	Medio Económico

Con una noción muy general de las alteraciones esperadas, el siguiente paso del procedimiento consiste en el acotamiento del universo de análisis, es decir, la delimitación espacial del entorno, definiendo Factores ambientales para el análisis de cada Componente, así como Indicadores de impacto para cada Factor. A partir de ello, y analizando ahora las obras y actividades del Proyecto clasificadas por la etapa en que se desarrollarán (preparación del sitio, construcción y operación), se identifican de manera cualitativa los impactos ambientales.

Enseguida se determina la importancia de cada uno de los impactos identificados, utilizando matrices de causa – efecto para cada etapa del Proyecto, mediante las cuales se efectúa una evaluación cuantitativa y más refinada de los impactos. Posteriormente, se realiza una valoración de los impactos ponderando su valor de importancia y considerando el peso relativo de cada uno de los factores afectados en el SA, utilizando para ello una sola matriz para las tres etapas del proyecto (matriz de ponderados). Finalmente, se interpretan y se describen los principales impactos que generará el Proyecto, presentándolos tanto por etapas como por componente ambiental.

En la Figura 5.1 se presenta un diagrama que esquematiza los insumos, productos y procedimiento de la metodología empleada para la identificación, evaluación e interpretación de los impactos ambientales que se prevén para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos.



**Figura 5.1. Procedimiento utilizado para la identificación y evaluación de impactos**

A continuación se desarrolla paso a paso la metodología seleccionada para identificar y evaluar los impactos ambientales.

### V.1.2 Estimación general de impactos

La primera aproximación a la identificación de los impactos que generará el proyecto, se trata de una revisión general de potenciales afectaciones sobre el medio ambiente que ocasionaría el desarrollo del Proyecto, considerando las principales obras y actividades requeridas para alcanzar sus objetivos centrales. En este caso y para estos fines, el Proyecto se concibe como la construcción de una obra para la adecuada disposición y almacenamiento de las colas finales o jales del proceso de beneficio de minerales, además de sus obras asociadas para servicios y control del agua (bordo de protección, banco de tiro, camino de servicios, canal de desvío, vertedores de demasías, canal colector y pileta de agua recuperada), con una ocupación en conjunto de 686,149 m<sup>2</sup>, (68.6149 ha)

El contexto ambiental en el que se desarrolla el Proyecto viene de la línea base desarrollada en el Capítulo IV, cuya caracterización se realizó utilizando diversos criterios y metodologías, entre las que resaltan:

- Superposición cartográfica de los diferentes componentes ambientales y del proyecto



- Observaciones y estudios de campo
- Criterios de diseño, construcción y operación del proyecto
- Fotografías áreas y satelitales de la zona
- Información estatal y municipal sobre datos socioeconómicos, Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo
- Análisis de mapas y planos existentes de la zona
- Análisis y revisión de estudios del medio natural existentes de la zona

Considerando la información aportada por los Capítulos II y IV de esta MIA-P como insumos, la estimación general de los impactos del Proyecto se hizo con base a los siguientes criterios:

- Intensidad de la alteración o perturbación ambiental
  - Perturbación alta: cuando el impacto modifica substancialmente su calidad e impide su funcionamiento en forma importante
  - Perturbación media: el impacto modifica parcialmente su uso, calidad o integridad
  - Perturbación baja: el impacto no supone un cambio perceptible en la integridad o calidad del elemento medioambiental
- Amplitud del impacto
  - Amplitud regional: el impacto alcanzará el conjunto de la población del área de influencia o una parte de la misma
  - Amplitud local: el impacto alcanzará a una parte limitada de la población
  - Amplitud puntual: el impacto alcanzará a un pequeño grupo de la población
- Importancia del impacto
  - Mayor: cuando se provoca una modificación profunda en la naturaleza o en el uso de un elemento ambiental de gran resistencia y estimado por la mayoría de la población del área de influencia
  - Medio: cuando hay una alteración parcial de la naturaleza o de la utilización de un elemento ambiental con resistencia media y considerada por una parte limitada de la población del área
  - Menor: cuando hay una alteración local de la naturaleza o del uso de un elemento ambiental con resistencia baja y que, repercute en un grupo muy pequeño de la población del área
- Signo del impacto:
  - Positivo (+): Cuando los impactos son benéficos
  - Negativo (-): Cuando los impactos son adversos



La Tabla 5.2 que se presenta a continuación, muestra de forma generalizada los impactos esperados para el proyecto sobre cada componente ambiental.

**Tabla 5.2. Matriz de estimación general de impactos**

Componente ambiental	Intensidad de la alteración	Amplitud del impacto	Importancia del impacto	Signo
Atmósfera	Media	Puntual	Media	-
Geomorfología	Alta	Puntual	Media	-
Hidrología	Media	Puntual	Menor	-
Suelo	Media	Puntual	Media	-
Flora	Baja	Puntual	Menor	-
Fauna	Baja	Local	Menor	-
Paisaje	Media	Local	Menor	-
Infraestructura	Alta	Puntual	Mayor	+
Cultural	Baja	Local	Menor	+
Medio Económico	Media	Local	Media	+

De la tabla anterior se desprenden las siguientes observaciones:

- Por la intensidad de la alteración de los componentes ambientales, solo la geomorfología recibirá perturbaciones altas con impactos adversos (negativos) a partir del desarrollo del proyecto en consideración de todas sus etapas englobadas (preparación del sitio, construcción y operación). Sin embargo, la amplitud de los impactos sobre este componente es puntual. Por otro lado, el componente categorizado como infraestructura tendrá también una alteración alta, pero en sentido positivo. El resto de los componentes ambientales evaluados tendrán perturbaciones medias a bajas.
- Los efectos que el proyecto cause sobre la atmósfera, geomorfología, hidrología, suelo, flora e infraestructura, estarán muy localizados sobre las áreas de afectación (amplitud puntual). Los componentes fauna, paisaje, cultural y medio económico presentarán impactos con mayor amplitud sin llegar a tener una escala regional, siendo para los dos últimos componentes impactos de carácter positivo.
- Respecto a la importancia de los impactos, solo se considera que un componente recibirá un impacto de mayor importancia, siendo este el efecto positivo en materia de infraestructura y servicios de mina, al considerar que el contar con una adecuada obra para la disposición de los jales permitirá prolongar los procesos productivos y de aprovechamiento de minerales de la Unidad Fresnillo. Los efectos sobre el resto de los componentes, sean benéficos o adversos, son considerados de importancia media o menor.

### V.1.3 Identificación de Factores ambientales

A fin de volver más específica y puntual la estimación general de impactos, se deben identificar aspectos característicos y representativos de los componentes ambientales, denominados como Factores Ambientales, de manera que el análisis de las interacciones entre proyecto y medio



ambiente se haga a un nivel de mayor detalle. Para cada componente ambiental se identificaron y seleccionaron los principales Factores ambientales susceptibles de ser afectados a consecuencia del desarrollo del Proyecto Depósito de Jales San Carlos durante sus etapas de Preparación del terreno, Construcción y Operación. La etapa de abandono, se considera como un complemento a manera de plasmar la potencial integración de la obra al entorno natural.

Los Factores ambientales fueron identificados de acuerdo a los siguientes criterios:

- Ser objetivos
- Ser representativos del entorno
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto
- Ser excluyentes, es decir, sin solapamientos ni redundancias
- Ser de fácil identificación, tanto en su concepto como en su apreciación sobre información estadística, cartográfica (ubicables) o de trabajos de campo
- Ser de fácil cuantificación (medibles), dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles y habrá que recurrir a modelos de cuantificación específicos
- Con capacidad para determinar el momento en el que se presenta

De los Factores ambientales identificados se seleccionaron aquellos que potencialmente afectados por las actividades del proyecto, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Extensión: área de influencia en relación con el entorno
- Complejidad: compuesto de elementos diversos
- Rareza: no frecuente en el entorno
- Representatividad: carácter simbólico, incluye el carácter endémico
- Naturalidad: natural, no artificial
- Abundancia: en gran cantidad en el entorno
- Diversidad: abundancia de elementos distintos en el entorno
- Estabilidad: permanencia en el entorno, firmeza
- Singularidad: valor adicional por la condición de distinto o distinguido
- Irreversibilidad: imposibilidad de que cualquier alteración sea asimilada por el medio debido a mecanismos de autodepuración
- Fragilidad: endebles, vulnerabilidad y carácter perecedero de cualquier factor
- Continuidad: necesidad de conservación
- Insustituibilidad: imposibilidad de ser remplazado
- Clímax: proximidad al punto de más alto valor ambiental de un proceso
- Interés ecológico: por su peculiaridad ecológica
- Interés histórico-cultural: por su peculiaridad histórico-monumental-cultural
- Interés individual: por su peculiaridad a título individual
- Dificultad de conservación: dificultad de subsistencia en buen estado
- Significación: importancia para la zona del entorno

Los Factores ambientales seleccionados se muestran en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3. Factores ambientales considerados para el análisis ambiental**

Componente ambiental	Factor ambiental
Atmósfera	Calidad del aire – Material particulado (PST, PM-10)
	Calidad del aire – Emisiones (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> )
	Niveles sonoros
Geomorfología	Topografía
Hidrología	Cauces (cambios en el drenaje natural)
	Calidad del agua superficial – Materia Orgánica
	Calidad del agua superficial – Sedimentos
	Infiltración
Suelo	Distribución de unidades y profundidad
	Potencial de Erosión
	Cobertura
Flora	Distribución espacial y temporal
	Calidad y estado fitosanitario
Fauna	Distribución espacial y temporal
	Hábitat
	Especies protegidas
Paisaje	Cualidades estéticas
	Continuidad paisajística y visibilidad
Infraestructura	Servicios e infraestructura para unidad minera
Cultural	Capacitación, educación y programas
Medio Económico	Desarrollo económico
	Uso del territorio para actividades productivas
	Vocación del suelo

#### **V.1.4 Identificación de Indicadores de Impacto Ambiental**

Una vez identificados los Factores del medio susceptibles de ser impactados por las obras y/o actividades del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, se procedió al reconocimiento de sus Indicadores ambientales.

En el presente estudio, se entiende por Indicador de Impacto Ambiental (Indicador), los elementos cuantificables que en su conjunto son el mecanismo que permite medir el impacto comparando el valor del indicador “con” y “sin” proyecto; lo que arroja un valor numérico para cada uno de los impactos sobre los Factores ambientales.

La identificación de los indicadores de impacto ambiental del Proyecto Depósito de Jales San Carlos se hizo con base en los siguientes criterios de identificación:

- Tener representatividad y relevancia respecto al impacto de la obra
- Ser medibles en términos cuantitativos
- Ser cuantificables
- De fácil identificación

Los Indicadores ambientales identificados se muestran en la Tabla 5.4, conforme el Factor al cual se les atribuyen, y fueron utilizados de forma variable y en la medida en la que fue posible cuantificarlos y/o llevar a cabo estimaciones que permitieran dimensionar la actividad o potencial afectación, para la valoración de cada uno de los impactos ambientales.

**Tabla 5.4. Indicadores ambientales**

Componente ambiental	Factor	Indicador Ambiental
Atmósfera	Calidad del aire Material particulado (PST, PM <sub>10</sub> )	Número de unidades móviles
		Tamaño de unidades móviles
		Cantidad y/o intensidad de movimientos de tierras
	Calidad del aire Emisiones (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> )	Número de unidades móviles
		Tamaño de unidades móviles
		Número de fuentes fijas
		Turnos laborados
	Niveles sonoros	Cantidad y tipo de equipos utilizados
		Tipo de maniobra (mecánica, explosivos, etc.)
		Presencia humana
Geomorfología	Topografía	Pendientes
		Curvas de nivel (corte, excavación, relleno, apilamiento)
Hidrología	Cauces (cambios en el drenaje natural)	Geomorfología de cauce
		Escorrentía (relleno, desviación, cortes)
		Zona Federal
	Calidad del agua superficial – Materia Orgánica	Cantidad de MO de desmonte (superficie desmontada)
		Contenidos de materia orgánica en suelos
		Arrastres de materiales
	Calidad del agua superficial – Sedimentos	Cantidad de SST y SDT
		Acumulación de sedimentos en cauces de cuenca de captación
		Área de captación por nanocuenca
		Pendiente
Suelo	Distribución de unidades y profundidad	Tipo y profundidad efectiva del suelo
		Superficies estables
	Potencial de Erosión	Superficies con potencial
		Superficies erosionadas
	Cobertura del suelo	Extensión de cobertura de tipos de suelos
Flora	Distribución espacial y temporal	Clasificación
	Calidad y estado fitosanitario	Presencia de especies invasoras
		Vitalidad de vegetación natural
Fauna	Distribución espacial y temporal	Localización potencial de fauna silvestre
	Hábitat de fauna	Integridad estimada de hábitat
		Conectividad del hábitat (barreras físicas)
	Especies protegidas	Especies protegidas por la NOM-059
		Especies de interés internacional (CITES)



Componente ambiental	Factor	Indicador Ambiental
Paisaje	Cualidades estéticas Continuidad paisajística y visibilidad	Especies de limitado movimiento
		Especies Migratorias
		Estimación de cualidades escénicas de sitio o zona
		Estimación cualitativa
Infraestructura	Servicios e infraestructura para unidad minera	Cuenca visual
		Infraestructura únicamente para el promovente
Cultura	Capacitación, educación y programas	Programas
		Apoyos
		Capacitación/Educación
		Talleres
Medio Económico	Desarrollo económico	Número de empleos directos generados
		Número de empleos indirectos generados
		Derrama económica
		Recaudación
	Uso del territorio para actividades productivas	Actividad
		Intensidad
	Vocación del suelo	Uso potencial al final de cada etapa: Agrícola, Pecuaria, Habitacional, Industrial, Vida Silvestre

### V.1.5 Elementos impactantes del Proyecto

Para fines de hacer más puntual el análisis sobre los tipos de influencia que ejercerán los elementos del Proyecto sobre los componentes ambientales, a través de las matrices de doble entrada (Factores ambientales vs. elementos del Proyecto), a continuación se presenta una recapitulación concreta de las actividades impactantes que se desarrollarán en cada una de las etapas, para después establecer representativamente la agrupación de las obras, tal como son consideradas para la evaluación de los impactos.

Conforme a lo señalado en el Capítulo II, la etapa de preparación de sitio contempla actividades de delimitación; despalme con recuperación de suelo orgánico; conformación de terrazas en el banco de tiro, escarificado y compactación del suelo para la impermeabilización del vaso de las celdas; además de cortes y excavaciones en el suelo. Por su parte, la etapa de construcción integra el aprovisionamiento y transporte de materiales al sitio del Proyecto (material extraído de la obra de aprovisionamiento con el que se construyen los bordos de sobreelevación en el Depósito de Jales San Luis, y tepetate obtenido de la Unidad Minera Saucito); así como la construcción de cada una de las obras contempladas en el Proyecto Depósito de Jales San Carlos y la instalación de los equipos y sistemas que permitirán operar de forma adecuada al depósito: Bordos Iniciadores; Bordo de protección, Incisión y Torre de decantación (sistema decantador drenante); Sistema de monitoreo; Sistema de conducción de jales y de agua clarificada; Construcción de caminos de acceso y vialidades; y Obras para el control y manejo del agua (vertedores de demasías, canal colector, pileta de agua recuperada). Cabe destacar que el canal de desvío, tal como fue descrito en la Sección II.2.4, estará construido solo con tierra, por lo que sus actividades impactantes son incluidas como parte de los cortes y excavaciones a ejecutarse durante la preparación del sitio. Dado que la construcción de los bordos de sobreelevación, así como de la berma de refuerzo que se construirá sobre los bordos de

sobreelevación 1 y 2, se realizará de forma posterior a la construcción inicial del Proyecto, traslapándose las actividades requeridas para ello con las actividades operativas, estas obras son evaluadas como parte de la etapa de operación; la cual además incluye a las actividades de bombeo, conducción y vertido de los jales al depósito, clarificación y recuperación de agua, recirculación mediante bombeo de agua para uso industrial, así como el mantenimiento y la vigilancia de las obras y del sitio.

De acuerdo a lo anterior, para la simplificación del proceso de evaluación los impactos, se establecieron de forma representativa las actividades y obras que tendrán interacciones relevantes sobre los Factores ambientales en cada una de las etapas del Proyecto. Así, por ejemplo, para la etapa de preparación se evalúan las actividades a realizar en general, mientras que para las etapas de construcción y operación se agruparon las obras por la similitud de las actividades que requieren, considerando para su evaluación el conjunto de actividades impactantes que correspondan o apliquen al desarrollo de cada obra. La agrupación en cuestión se presenta en la Tabla 5.5.

**Tabla 5.5. Clasificación de obras por etapa del proyecto para evaluación de los impactos**

<b>Etapas</b>	<b>Actividades y Obras</b>
Preparación del sitio	Despalme con recuperación de suelo orgánico
	Transporte y conformación de terrazas con suelo recuperado y tepetate en el banco de tiro
	Escarificado y compactación del suelo para la impermeabilización del vaso
	Cortes y excavaciones sobre el terreno
Construcción	Aprovisionamiento y transporte de materiales de construcción
	Bordos Iniciales y Bordo de protección
	Incisión y Torre de decantación (sistema decantador drenante)
	Sistema de conducción de jales y de agua clarificada
	Sistema de monitoreo (pozos de monitoreo)
	Construcción de caminos de acceso y vialidades
	Obras para el control y manejo del agua (vertedores de demasías, canal colector, pileta de agua recuperada)
Operación	Almacenamiento de jales y recuperación de agua
	Bombeo y conducción de jales y de agua clarificada
	Bordos de sobreelevación y Berma de refuerzo

#### **V.1.6 Identificación cualitativa de impactos ambientales**

Una vez identificados los Factores e Indicadores Ambientales, así como habiendo recapitulado sobre las actividades requeridas para cada etapa y por cada obra del Proyecto, el siguiente paso en el proceso de identificación, valoración y caracterización de los impactos ambientales, consistió en la elaboración de una matriz cualitativa que permite identificar de forma cualitativa las interacciones relevantes al ambiente causadas durante la preparación del terreno, construcción y operación del Proyecto.

La matriz consiste en un cuadro de doble entrada en el que se disponen como filas los Factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las etapas del proyecto que



engloban a las actividades que tendrán lugar en cada una de las tres etapas y que serán causa de los posibles impactos. Para el llenado de la matriz, se analiza de forma general el grado de relevancia que podrían adquirir los efectos de los impactos, así como el sentido adverso o benéfico de los mismos. Como resultado, en la celda correspondiente a cada interacción se asigna una letra entre cinco posibles, las cuales diferencian los impactos adversos de los positivos y los categoriza como principales (de mayor relevancia) o secundarios (de menor relevancia), conforme a la siguiente nomenclatura:

- A = Impacto adverso principal
- a = Impacto adverso secundario
- ND = Impacto nulo / imperceptible
- B = Impacto benéfico principal
- b = Impacto benéfico secundario

Más adelante se conceptualiza mejor la clasificación de los impactos entre los principales y los secundarios, aunque en el Glosario de esta MIA-P (Sección VIII.3) se ofrecen las definiciones que permiten diferenciarlos.

En la Tabla 5.6 se presenta la Matriz cualitativa de identificación de los impactos por el desarrollo del Depósito de Jales San Carlos; mientras que en la Tabla 5.7 se muestra el balance numérico de los impactos por etapa.

**Tabla 5.6. Matriz cualitativa de identificación de impactos**

				Etapa		
				P r e p a r a c i ó n	C o n s t r u c c i ó n	O p e r a c i ó n
MEDIO FÍSICO	MEDIO INERTE	ATMÓSFERA	CALIDAD DEL AIRE - Material particulado (PST, PM-10)	A	a	a
			CALIDAD DEL AIRE - Emisiones (NOx, SOx, COX)	a	a	a
			NIVELES SONOROS	a	a	a
		GEOMORFOLOGÍA	TOPOGRAFÍA	A	A	a
		HIDROLOGÍA	CAUCES - (ocupación y/ modificación)	a	a	ND
			CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL - Materia Orgánica	a	ND	ND
			CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL - Sedimentos	A	a	ND
			INFILTRACIÓN	a	a	ND
		SUELO	DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES Y PROFUNDIDAD	a	a	ND
			POTENCIAL DE EROSIÓN	A	a	ND
			COBERTURA	A	ND	ND
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL	ND	a	ND
			CALIDAD Y EDO. FITOSANITARIO	ND	a	ND
		FAUNA	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL	a	a	a
			HÁBITAT	a	a	ND
			ESPECIES PROTEGIDAS	a	a	a
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	MEDIO PERCEPTUAL	PAISAJE	CUALIDADES ESTÉTICAS	a	a	ND
			CONTINUIDAD PAISAJÍSTICA Y VISIBILIDAD	a	A	ND
	MEDIO SOCIO-CULTURAL	INFRAESTRUCTURA	SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA PARA UNIDAD MINERA	ND	b	B
		CULTURAL	CAPACITACIÓN, EDUCACIÓN Y PROGRAMAS	b	b	b
	MEDIO ECONÓMICO	MEDIO ECONÓMICO	DESARROLLO ECONÓMICO	b	b	B
			USO DEL TERRITORIO PARA ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	ND	ND	B
			VOCACIÓN DEL SUELO	a	a	A

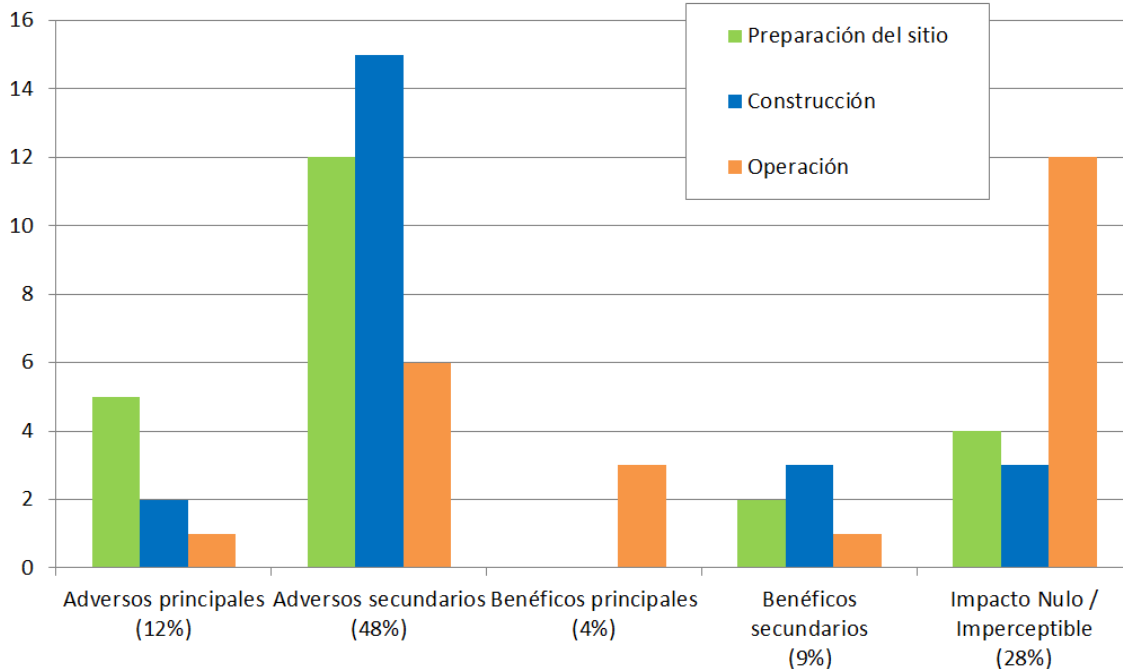
**Tabla 5.7. Balance de impactos por etapas**

Etapa	Adversos principales	Adversos secundarios	Benéficos principales	Benéficos secundarios	Impacto Nulo / Imperceptible
Preparación	5	12	0	2	4
Construcción	2	15	0	3	3
Operación	1	6	3	1	12
<b>Total por tipo</b>	<b>8</b>	<b>33</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>19</b>
<b>Total por sentido</b>	<b>41</b>		<b>9</b>		<b>19</b>

De la Matriz cualitativa de identificación de impactos, y de la Tabla 5.7, se obtienen las siguientes conclusiones parciales:

- En total, de las 50 modificaciones potenciales identificadas, el 59% son adversas (41 impactos), de las cuales el 20% son consideradas principales (8), y el 80% son impactos secundarios (33); en tanto que el 13% de los impactos son benéficos, equivalentes a 9 impactos (3 principales y 6 secundarios).





**Figura 5.2. Número de impactos identificados cualitativamente por etapas del Proyecto**

- En la etapa de preparación se tendrá el mayor número de impactos adversos principales; sobre los componentes atmósfera, geomorfología e hidrología se presentan impactos adversos principales en alguno de sus factores y secundarios en el resto de ellos. El componente suelo, a su vez, recibirá 2 impactos principales y uno secundario en sus tres Factores. Sobre la fauna y paisaje, se presentan impactos adversos secundarios en todos los Factores que los conforman.
- Los componentes cultura y medio económico presentarán impactos benéficos durante la primera etapa del Proyecto, considerados como de menor relevancia (impactos secundarios).
- Durante la etapa de construcción del proyecto solo se tendrán impactos adversos principales sobre los Factores topografía y continuidad paisajística y visibilidad. Factores como calidad del agua superficial por aportes de materia orgánica y cobertura de suelo ya no presentarán impactos en esta etapa del Proyecto.
- El Factor de servicios e infraestructura para unidad minera incrementará el número de impactos benéficos que generará el Proyecto durante la etapa de construcción, ya que los Factores capacitación, educación y programas, así como desarrollo económico, volverán a presentar impactos positivos; todos ellos de carácter secundario.
- La etapa de operación es la que menor cantidad de impactos adversos generará, siendo sólo uno de ellos principal: sobre el Factor vocación del suelo, del componente medio económico; el cual refiere a que el almacenamiento de jales en el depósito será permanente, limitando otros potenciales usos productivos del suelo, entre ellos el uso agrícola que tenía previamente, aunque de acuerdo a lo planeado, podrá recuperarse un uso de suelo forestal tras el final de la



vida útil del proyecto y el adecuado desarrollo de las actividades de cierre. Por otro lado, el componente atmósfera continuará presentando impactos adversos secundarios en todos sus factores, al igual que la topografía.

- Bajo la operación normal del Proyecto, no se espera que se presente ninguna afectación sobre la hidrología superficial ni subterránea durante esta tercera etapa del Proyecto. Así tampoco se afectará más a los componentes suelo y paisaje, los cuales fueron alterados durante las dos etapas previas.
- Los impactos benéficos más importantes del Proyecto se presentarán durante la operación, dados principalmente por lo que representa la obra para los servicios e infraestructura de la unidad minera, por el uso del territorio para actividades productivas de mayor alcance, y por el desarrollo económico asociado a este Proyecto que dará continuidad a los beneficios socioeconómicos que se han generado a través de los años con la generación de empleos y con la participación de Minera Fresnillo en programas sociales.

#### **V.1.7 Determinación de la importancia de los impactos ambientales**

Concluida la identificación general y cualitativa de los impactos ambientales, se procede a la elaboración de Matrices de Leopold Cuantitativas modificadas por Clifton Associates Ltd. Natural Environment S.C., una para cada etapa del Proyecto, en las cuales se evalúa aún con mayor detenimiento la realización de actividades requeridas para las obras, y su influencia sobre los componentes ambientales, conforme a lo manifestado en la Sección V.1.5 y Tabla 5.5. Cada obra en relación a un Factor ambiental y con base en sus Indicadores de impacto, es evaluada mediante diez atributos o parámetros de referencia (criterios de calificación numérica), para la determinación cuantitativa de la importancia de cada impacto:

- Intensidad (IN)
- Extensión (EX)
- Momento (MO)
- Persistencia (PE)
- Reversibilidad (RV)
- Sinergia (SI)
- Acumulación (AC)
- Efecto (EF)
- Periodicidad (PR)
- Recuperabilidad (MC)

Así entonces, las casillas de cruce entre obras y Factores ambientales en las matrices de importancia de los impactos ambientales (Anexos 5.1 al 5.3) están ocupadas por los valores correspondientes a estos diez atributos, determinados utilizando sus Indicadores ambientales respectivos (Tabla 5.4).

A partir de los parámetros anteriores, la valoración cuantitativa de la importancia de un impacto en particular fue obtenida mediante la siguiente fórmula:



$$\text{Importancia} = +/- (3\text{IN} + 2\text{EX} + \text{MO} + \text{PE} + \text{RV} + \text{SI} + \text{AC} + \text{EF} + \text{PR} + \text{MC})$$

El signo del impacto hace alusión al carácter benéfico (+), o perjudicial (-) de la naturaleza de las acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

A continuación se describe cada uno de los atributos empleados para la determinación del grado de importancia de los impactos:

#### *Intensidad (IN) – Grado de destrucción*

Grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que se actúa. El parámetro de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que el 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1 la afección mínima. Los valores comprendidos entre estos dos términos reflejarán situaciones intermedias.

#### *Extensión (EX)*

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter Puntual (1), si por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación como impacto Parcial (2) y Extenso (4). En el caso de que el efecto se produzca en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de una a cuatro unidades por encima del que le correspondería en función de la extensión en que se manifiesta.

#### *Momento (MO)*

El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado.

Cuando el tiempo transcurrido sea nulo o inferior a un año, el momento será Inmediato o a Corto Plazo, asignándole un valor (4) en ambos casos. Si el período de tiempo va de 1 a 5 años, Medio Plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años, Largo Plazo (1).

Si ocurre alguna circunstancia que haga crítico el momento del impacto, se le debe atribuir un valor de una a cuatro unidades por encima de las especificadas.

#### *Persistencia (PE)*

Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto a partir de su aparición. Si dura menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto Fugaz, asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 10 años, Temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, se considera el efecto como Permanente asignándole un valor (4).



### *Reversibilidad (RV)*

La posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.

Si es a Corto Plazo, se le asigna una valor (1), si es a Medio Plazo (2) y si el efecto es irreversible (4). Los intervalos de tiempo que comprenden estos períodos, son los mismos asignados en el parámetro Persistencia.

### *Sinergia (SI)*

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos posibles. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior al que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.

Cuando una acción actuando sobre un factor no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).

Cuando se presenten casos de debilitamiento, la valoración del efecto presentará valores de signo negativo, reduciendo al final el valor de la importancia del impacto.

### *Acumulación (AC)*

Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Por acumulativo también se entenderá la adición de unidades de medición de la magnitud del efecto (parámetros de calidad del aire, del agua, o cualquier otra unidad de medición aplicable), a los posibles efectos similares presentes en el sitio por actividades previas o ajenas a las del proyecto, y/o el incremento de las fuentes que lo originan dentro del SA.

Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa (4).

### *Efecto (EF)*

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto; es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser Directo o Primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta.

En el caso de que el efecto sea Indirecto o Secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.





Este término toma valor (1) en caso de que el efecto sea secundario y el valor (4) cuando sea directo.

#### *Periodicidad (PR)*

La periodicidad se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (Periódico), de forma impredecible en el tiempo (Irregular), o constante en el tiempo (Continuo).

A los efectos Continuos se les asigna valor (4), a los Periódicos (2) y a los de aparición irregular y discontinuos (1).

#### *Recuperabilidad (MC)*

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana.

Si el efecto es totalmente Recuperable, se le asigna un valor de (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o a mediano plazo, si lo es parcialmente, el efecto es Mitigable, y toma un valor (4). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) se le asigna el valor (8). En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias el valor adoptado será (4).

En la Tabla 5.8 se resumen los valores asignables a cada uno de los atributos mencionados:

**Tabla 5.8. Valores asignables a los atributos de importancia del impacto**

<b>Atributo</b>	<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Intensidad (IN)	Baja	1
	Media	2
	Alta	4
	Muy alta	8
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	4
	Total	8
	Crítico	(+4)
Momento (MO)	Largo plazo	1
	Medio plazo	2
	Inmediato	4
	Crítico	(+4)
Persistencia (PE)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	4

Atributo	Características	Valor
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1
	Medio plazo	2
	Irreversible	4
Sinergia (SI)	Sin sinergismo	1
	Sinérgico	2
	Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Indirecto (secundario)	1
	Directo	4
Periodicidad (PR)	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
	Periódico	2
	Continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Recuperable de manera inmediata	1
	Recuperable a mediano plazo	2
	Mitigable	4
	Irrecuperable	8

La evaluación llevada a cabo crea un índice que refleja las características cuantitativas y cualitativas del impacto, describiendo la interacción en términos de magnitud e importancia. La importancia del impacto toma entonces valores entre 13 y 100, lo que permite hacer comparaciones numéricas y jerarquizar los impactos. Los impactos con valores de importancia inferiores a 26 son clasificados como “irrelevantes”, es decir compatibles. Los impactos “Moderados” presentan una importancia en el rango entre 26 y 50. Son “Severos” cuando la importancia se encuentra entre 51 y 75, y “Críticos” cuando el valor es superior a 76. Según su clasificación, los impactos son marcados en la matriz de importancia con un color que los distingue, como se muestra en la Tabla 5.9.

**Tabla 5.9. Clasificación de la importancia de los impactos**

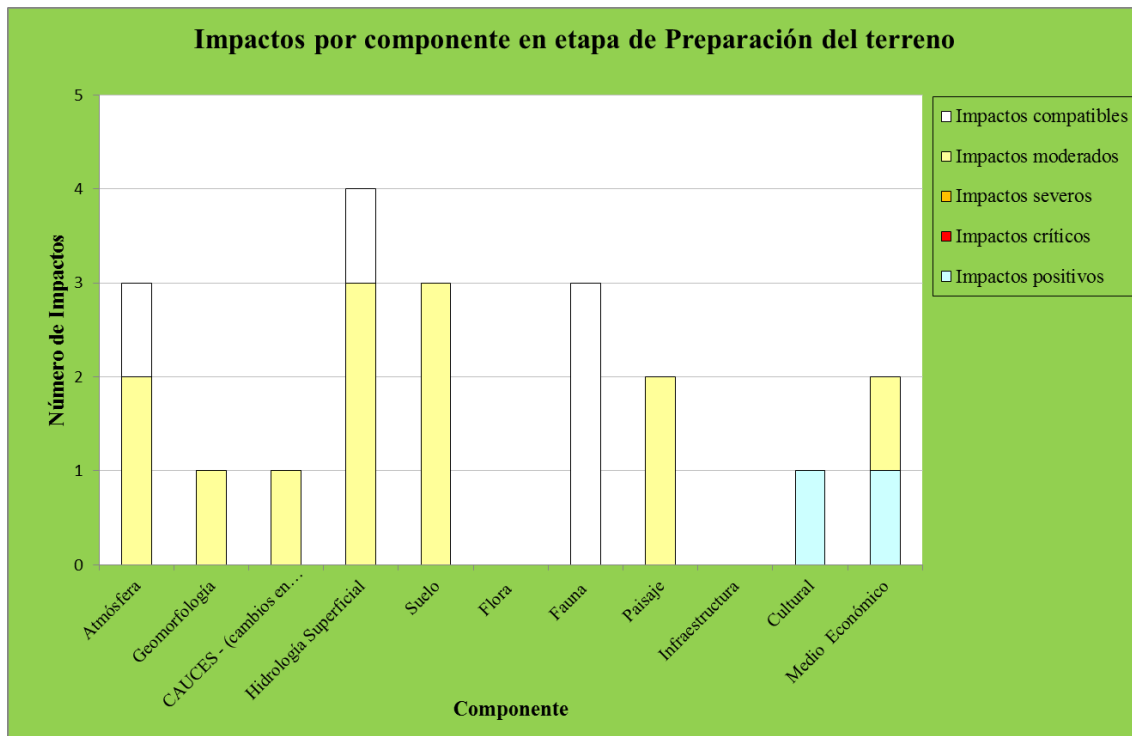
Valor de importancia	Clasificación / Color de identificación
De 13 a 25	Compatible
De 26 a 50	Moderados
De 51 a 75	Severos
De 76 a 100	Críticos

En los Anexos 5.1, 5.2 y 5.3 se presentan las matrices de importancia de los impactos de cada una de las etapas del proyecto, conforme a la agrupación de las obras antes indicada (Tabla 5.4). Del análisis de estas matrices se concluye principalmente lo siguiente:

### Preparación del sitio

De la matriz de caracterización de la importancia de impactos de la etapa de preparación del sitio del proyecto (Anexo 5.1), se destacan las siguientes conclusiones parciales:

- En esta etapa se presentarán impactos adversos de importancia compatible y moderada, sin estimarse impactos severos ni críticos. También se identificaron impactos benéficos del orden de importancia compatible y moderada. Esto se resume en el gráfico de la Figura 5.3.



**Figura 5.3. Tipos de impactos identificados y anticipados para la etapa de Preparación**

- La calidad del aire será modificada de forma local por la dispersión de polvos fugitivos, particularmente considerando los parámetros de PST y PM<sub>10</sub>, que se suspenderán en las áreas donde se estará preparando el sitio como resultado del movimiento de materiales, tanto en las actividades de despalme como por los cortes y excavaciones principalmente. Los polvos potencialmente se desplazarán en función del viento, presentando un efecto fugaz por su pronto asentamiento. Este impacto será moderado.
- El nivel de ruido aumentará con la presencia de maquinaria, de personal y de forma directa con las actividades programadas para la preparación del sitio (despalme, transporte y conformación de terrazas en el banco de tiro, impermeabilización de vaso, cortes y excavaciones). El impacto será, a lo sumo, moderado.
- En esta etapa la topografía del sitio será modificada de forma puntual sobre la huella del Proyecto, con la ejecución de las actividades de cortes y excavaciones, particularmente en el área de los bordos iniciadores, y por la preparación del dentellón para el desplante de los

mismos. No obstante, será de mayor importancia la alteración en el área destinada al banco de tiro, ya que durante esta etapa se conformarán las terrazas donde se almacenará el suelo recuperado durante el despalme y el material cortado y excavado, no apto para construcción. Este último impacto se estima de importancia moderada, pero en la frontera de los impactos severos.

- El inicio de las actividades de despalme, cortes y excavaciones para la preparación de los sitios donde se desplantarán las obras, incluyendo la excavación para el canal de desvío del agua pluvial considerado en el Proyecto, se estima como un impacto de importancia moderada sobre los cauces hidrológicos, en referencia a los cambios que se propiciarán en los patrones naturales de drenaje en la cuenca de captación.
- Se anticipan impactos por el incremento de aportes de sedimentos y, en menor medida, de materia orgánica sobre el cauce del Arroyo Prieto, al Sur del Polígono del Proyecto, derivado de la acumulación de arrastres existentes con movimiento de tierras, excavaciones, depósitos de suelos y materiales. Estos corresponden a impactos de intensidad alta, de extensión parcial, reversibles y recuperables a mediano plazo, lo que resultó en impactos moderados conforme a los valores de los criterios evaluados.
- Dado que el escarificado y compactado del terreno en ambas celdas del Depósito de Jales San Carlos se concibe como parte de la etapa de preparación del sitio, la afectación de mayor importancia sobre el Factor de infiltración se presentará aquí. Estas actividades tienen por objeto la impermeabilización del vaso para garantizar que no haya una migración de sustancias hacia el subsuelo ni al agua subterránea, por lo que se considera que el impacto es de moderada intensidad, directo, puntual, permanente y continuo, pero mitigable, lo que lo mantiene aún como un impacto de importancia moderada.
- El componente suelo tendrá impactos moderados en esta etapa sobre todos sus Factores, ya que el despalme consiste en su retiro de los sitios donde se desplantan los componentes del Proyecto, pues sus cualidades mecánicas no son aptas para soportarlos; aunque el sustrato con mayor contenido orgánico será recuperado y almacenado para su posterior reutilización en el cierre de las obras, siempre que cumpla con las condiciones para ello. Además, el despalme favorece la ocurrencia de procesos erosivos del suelo en las mismas áreas y en las zonas aledañas. Los impactos son puntuales y mitigables.
- Dado que el sitio seleccionado para el Depósito de Jales San Carlos es de uso agrícola, en la etapa de preparación del sitio no se prevén impactos sobre el componente de flora.
- El componente ambiental de la fauna presentará impactos de importancia compatible en todos sus Factores durante el desarrollo de esta etapa del Proyecto, todas asociadas a la presencia de personas y maquinaria, así como a la ejecución de las actividades previstas, lo que ocasionará el ahuyentamiento de la fauna que potencialmente se encuentra en el sitio, especialmente las aves, entre las cuales pueden presentarse especies bajo algún tipo de categoría de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pato mexicano - *Anas platyrhynchos diazi*; Gavilán pajarero - *Accipiter cooperii*; Aguililla aura - *Buteo albonotatus*; o Mirlo dorso rufo - *Turdus*



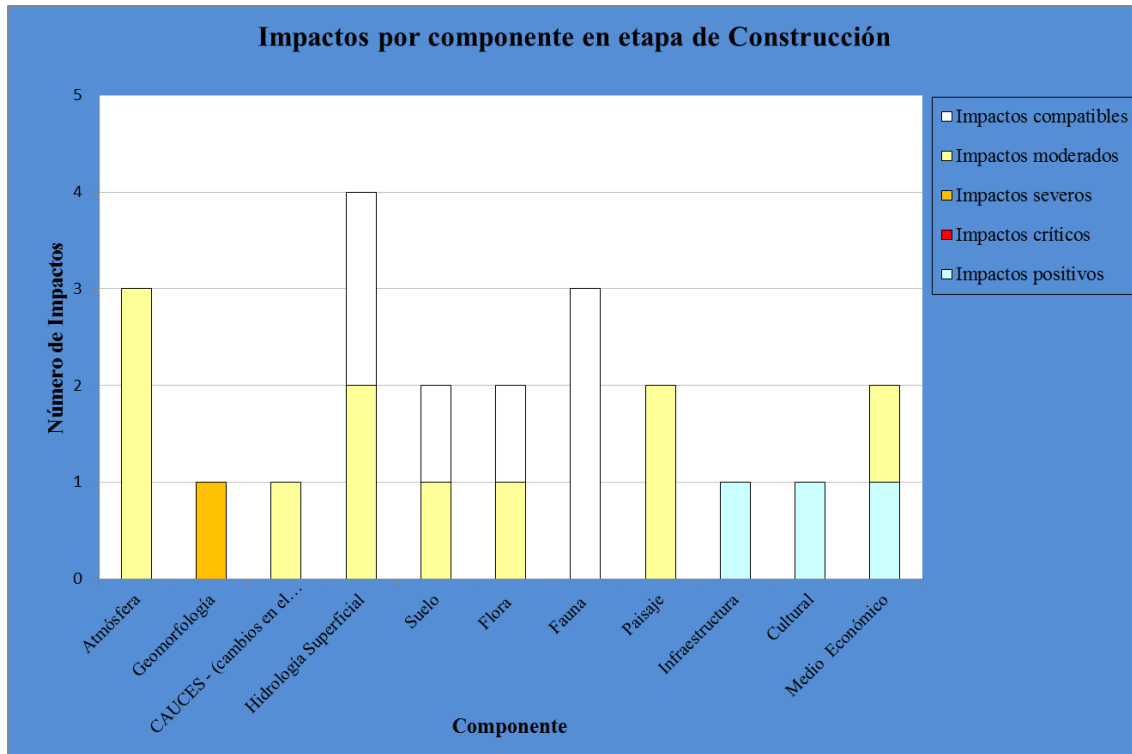
*rufopalliatu*s; ver Tabla 4.31. Especies endémicas y/o con alguna categoría de riesgo NOM-059); sin embargo, no se estima que haya afectaciones directas, permanentes, irreversibles ni continuas, a ninguna especie de fauna, por lo cual el impacto evaluado resultó ser compatible. Así mismo, la modificación de las condiciones del terreno, aun siendo agrícola, podría afectar el hábitat de algunas especies principalmente reptiles y anfibios, que se desarrollaran entorno al cauce del Arroyo Prieto, aun cuando ninguna de las obras pretendidas tendrá interacción directa con este cuerpo de agua.

- Se estima que los mayores impactos sobre la continuidad paisajística y sobre las cualidades estéticas del paisaje, serán de importancia moderada y estarán dados principalmente por los cortes y excavaciones sobre el terreno; y por las actividades para la conformación de las terrazas con suelo recuperado y tepetate en el banco de tiro, lo cual implica el rompimiento de la continuidad del paisaje con una geoforma artificial sobre el terreno plano.
- Se anticipa que habrá impactos benéficos, aunque poco significativos, durante la preparación del sitio, dados por la contratación del personal que laborará en el desarrollo de esta etapa, así como por la capacitación que recibirá para ello. Como parte del desarrollo económico en la primera etapa del Proyecto, se considera también a los contratistas que participaron en el diseño y desarrollo de la ingeniería, consultores, desarrolladores de los estudios previos, etc.
- Se estima una limitación a la posibilidad de continuar con el uso de suelo actual (agrícola), así como de explotar otros usos productivos alternos de suelo (vocación), generada por la sustracción del suelo con mayor contenido orgánico.

#### *Construcción:*

De la matriz de caracterización de la importancia de impactos de la etapa de construcción del proyecto (Anexo 5.2), se destacan las siguientes conclusiones parciales:

- De acuerdo a la distribución de actividades y grupos de obras para la evaluación de impactos, en la etapa de construcción se presentarán impactos adversos compatibles, moderados y uno solo de importancia severa, sin identificarse impactos críticos. Los impactos benéficos se presentan con una importancia en el rango de los moderados. En la Figura 5.4 se presenta a manera de resumen gráfico la categorización de la importancia de los impactos identificados para la etapa de construcción



**Figura 5.4. Tipos de impactos identificados y anticipados para la etapa de Construcción**

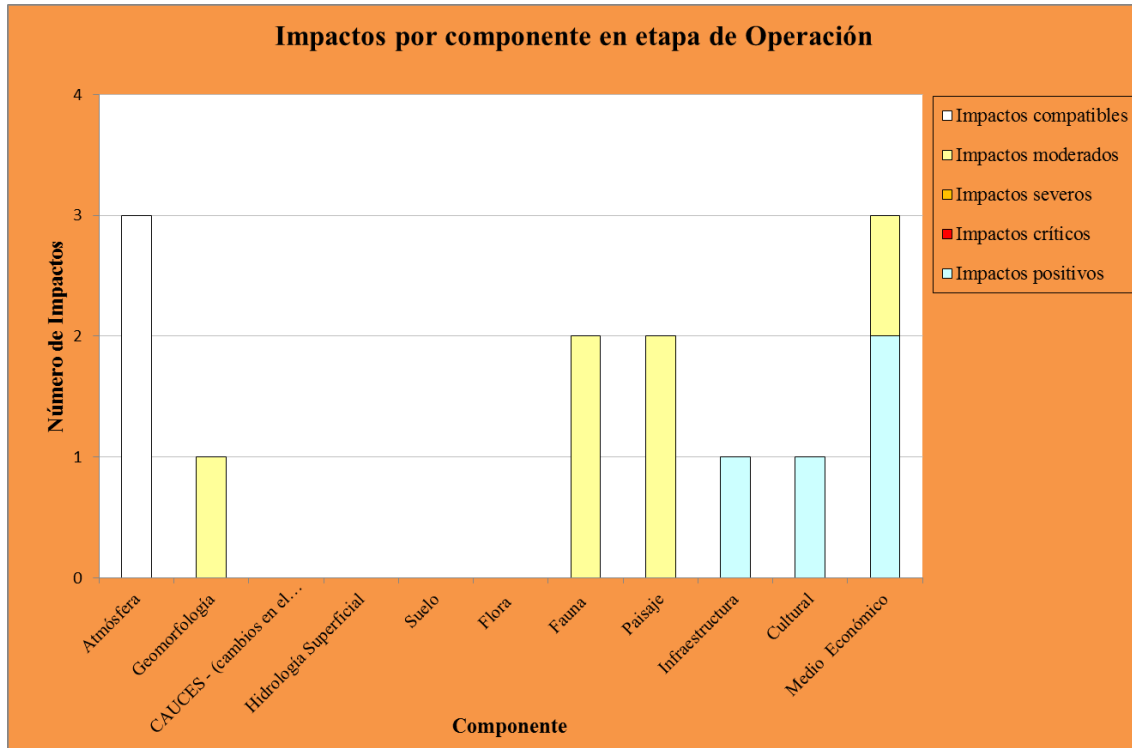
- Durante el tiempo en que se desarrollará la construcción del Proyecto, se estima que habrá emisiones de partículas suspendidas y de gases de combustión que degradarán de forma parcial la calidad del aire, tanto por el aprovisionamiento, transporte y movimiento de materiales como por la construcción de los bordos iniciadores, del bordo de protección, de la incisión para el sistema decantador drenante, de la perforación de los pozos de monitoreo, de la construcción de accesos y vialidades de servicios, y de las obras de control y manejo del agua. Así mismo, la realización de estas actividades y obras generarán emisiones de ruido que incrementarán los niveles normales en el área. Sin embargo, cabe resaltar que estos tres tipos de impactos tienen efectos fugaces, lo que significa que una vez que concluyan las actividades que generan las emisiones, los efectos adversos desaparecerán de forma inmediata, haciendo que la importancia de estos impactos sea moderada a compatible.
- Las alteraciones más relevantes a suscitarse durante la construcción del Proyecto, ocurrirán con el grupo de obras “bordos iniciadores y bordo de protección”, ya que con su construcción se generará el mayor de los impactos estimados para el desarrollo Depósito de Jales San Carlos en sus tres etapas, el cual será recibido por el componente geomorfología; y es que el desplante de los bordos alterará de forma muy alta, permanente, irreversible e irre recuperable la topografía del terreno, criterios que causan que este impacto alcance una importancia de severo, por más de que se trate de un impacto puntual. Dicha alteración está estrechamente ligada con la disrupción de la continuidad paisajística en el entorno agrícola, donde naturalmente se extiende el terreno en forma de un valle, y con la ejecución del Proyecto se erigirá una nueva geoforma artificial que será visible desde toda la cuenca visual (ver Figura 4.33. Cuenca visual del proyecto Depósito de Jales San Carlos).

- En el sentido opuesto, este grupo de obras también es el que generará el mayor de los impactos benéficos durante la etapa de construcción, en virtud de que representan una valiosa e importante incorporación a la infraestructura de la Unidad Fresnillo, muy necesaria para la continuidad de sus operaciones. Así también es durante esta etapa que se contratará a un mayor número de trabajadores (36 en total).
- Dado que la incisión correspondiente al sistema decantador drenante en la Celda 1 implicará una nueva excavación del terreno, no prevista para la etapa de preparación del sitio, aún en la etapa constructiva se tendrá un impacto adverso moderado sobre la distribución de unidades y profundidad efectiva del suelo. Así también la construcción del camino de servicios e incluso la instalación de los sistemas de conducción de jales y de agua clarificada, afectará de forma moderada al componente suelos.
- Las únicas afectaciones posibles que generará el Proyecto sobre el componente flora serán provocadas por la construcción e instalación del sistema de conducción de jales, ya que atravesará un predio que aún mantiene vegetación forestal, aunque en estado de degradación. Las actividades consideradas para esta tarea no suponen una pérdida de la cobertura vegetal, ya que solo se pretenden hacer algunas podas solo cuando sea necesario para la apertura de la trinchera donde se colocará la geomembrana impermeable y sobre ellas las tuberías de conducción de jales, antes de rellenar la trinchera. En estos sitios no se empleará maquinaria, únicamente herramientas manuales con la finalidad de reducir al mínimo la afectación de la vegetación; sin embargo, se estima que aún se podrá ocasionar un impacto de importancia moderada en los factor de distribución espacial y temporal de la vegetación, puesto que la realización de trabajos propiciará la aparición de especies ruderales, especialmente en el área de la trinchera.
- Dadas las condiciones actuales de los sitios, se considera que la construcción de las obras generará alteraciones mínimas (compatibles) con el componente faunístico, generando ahuyentamiento por las maniobras a realizar, principalmente del grupo zoológico de aves, entre las que se encuentran algunas especies protegidas, sin afectar directamente a individuos de alguna en particular. La única posible afectación, también de importancia compatible, sobre el factor del hábitat, está dada por el grupo de obras Sistema de conducción de jales y de agua clarificada, en virtud de que se realizarán actividades dentro de un área con vegetación, donde potencialmente pueden encontrarse mayor número de individuos que utilicen esa área como refugio, tal como fue comentado en el punto anterior.
- Tanto la construcción de los caminos de acceso y vialidades, como las obras para el control y manejo del agua (vertedores de demasías, canal colector, pileta de agua recuperada), representarán alteraciones moderadas acumulativas sobre el medio perceptual.

#### *Operación:*

De la matriz de caracterización de la importancia de impactos de la etapa de Operación del proyecto (Anexo 5.3), se destacan las siguientes conclusiones parciales:

- La etapa de operación conlleva el menor número de impactos adversos, por el menor grado de movimientos, actividades y maniobras requeridas durante esta etapa del Proyecto.
- Los impactos identificados corresponden a compatibles (3 impactos) y moderados (6); no se identificaron impactos de importancia severa ni crítica; asimismo, se estimaron 4 impactos positivos para esta etapa del Proyecto. Todo ello se resume en el gráfico mostrado en la Figura 5.5.



**Figura 5.5. Tipos de impactos identificados y anticipados para la etapa de Operación**

- Aun cuando se continuarán presentando emisiones a la atmósfera durante la etapa de operación del Depósito de Jales San Carlos, principalmente a partir de la ejecución de las actividades para el incremento de altura de los bordos del depósito (construcción de los bordos de sobreelevación), estas resultarán de menor intensidad y de importancia compatible.
- Los impactos que se seguirán presentando en esta etapa sobre la geomorfología, estarán dados por dos aspectos: el gradual llenado del vaso del depósito y el incremento de altura de la obra por la construcción de los bordos de sobreelevación. De tal manera que estas modificaciones puntuales pero acumulativas, ocasionarán un impacto de importancia moderada sobre este Factor. De igual forma, estos mismos aspectos conllevarán impactos moderados sobre el medio perceptual, ya que tanto las cualidades estéticas como la continuidad paisajística y visibilidad continuarán modificándose a partir de las actividades para la sobreelevación de los bordos y por el continuo vertido de jales dentro del depósito.
- Bajo una operación normal del Depósito de Jales San Carlos, y considerando que se haya





construido tal como fue diseñado el Proyecto, en la tercera etapa de ejecución ya no se deben esperar alteraciones negativas sobre la hidrología, suelo ni flora.

- En esta etapa, el componente de fauna presentará dos posibles impactos de importancia moderada sobre los Factores distribución espacial y temporal, y especies protegidas, en virtud de que la operación del Depósito de Jales incluirá una playa y un espejo de agua en ambas celdas, lo que podrá ser un atractivo para aves hacia el depósito, de entre las cuales se identificaron 2 especies protegidas por la NOM-059, una en categoría de amenazada, y otra especie más considerada endémica.
- La etapa de operación conlleva impactos de tipo positivos, del orden de importancia moderada, además de un aspecto positivo de mayor importancia, por los servicios e infraestructura que representa el Proyecto para la Unidad Fresnillo, que es en sí mismo una obra requerida a mediano plazo para la continuidad en los procesos de aprovechamiento y beneficio de minerales; representa así, un proyecto que permitirá prolongar los beneficios que ha generado la actividad minera en la región, particularmente al ser una importante fuente de empleo y un detonante del desarrollo económico.

#### **V.1.8 Valoración de impactos ambientales con ponderación de importancia de los Factores ambientales**

Una vez determinado el grado de importancia de los impactos de las obras sobre los Factores ambientales en cada etapa, se realizó una nueva valoración de los impactos, esta vez ponderando el peso específico de los Factores ambientales dentro del Sistema Ambiental, es decir, el nivel de relevancia de cada Factor en la dinámica local del ecosistema respecto a los demás Factores.

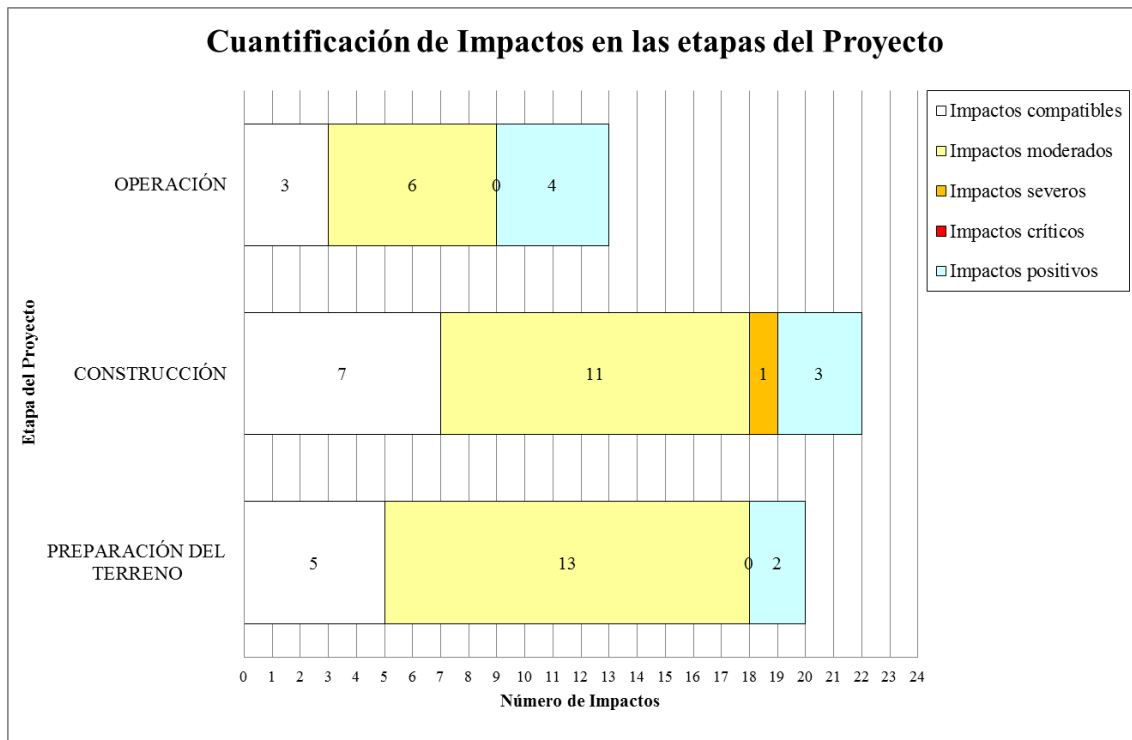
Para lo anterior, se extrajeron primeramente los valores más altos de importancia de los impactos de cada matriz (Anexos 5.1 al 5.3), traspasándolos a la denominada Matriz de Ponderados, la cual se muestra en el Anexo 5.4. Después, a cada Factor ambiental identificado se le asigna un peso por su mayor o menor contribución a la situación ambiental, expresado en Unidades de Importancia (“UIP”). La determinación de los valores numéricos de cada peso se basó en los pesos específicos de cada componente respecto a su influencia o relevancia en el entorno, valorados previamente para el desarrollo del Diagnóstico Ambiental (ver Sección IV.2.5 de esta MIA-P). Con este análisis se determinó el peso ponderado de cada componente ambiental sobre un valor total de 100 (Tabla 4.45). A partir de ello, para fijar las Unidades de Importancia de los Factores ambientales, se multiplicó el peso ponderado de cada componente por 10 para manejar valores enteros, y se repartió dicho valor entre los Factores que lo integran; de manera que se predeterminaron un total de 1,000 UIP a ser repartidos entre los distintos Factores ambientales, de acuerdo a su grado de contribución al SA y en congruencia con la metodología aplicada para la elaboración del diagnóstico ambiental.

En la Matriz de Ponderados (Anexo 5.4), se presentan junto a la columna de Factores Impactados las UIP asignadas a cada Factor ambiental. La columna del Total Absoluto representa entonces la sumatoria de los impactos ambientales de todas las acciones sobre cada Factor ambiental; mientras que la columna del Total Relativo representa la sumatoria del Total Absoluto más las

Unidades de Importancia de cada Factor ambiental. La sumatoria por filas indica las incidencias del conjunto sobre cada Factor ambiental y por tanto, su “Fragilidad” ante el Proyecto. La suma por columnas da una valoración relativa del efecto que el conjunto de actividades y obras para cada etapa producirá en el medio, y por tanto, su “Agresividad”.

De la matriz de valoración de impactos con ponderación de los factores ambientales del proyecto (Anexo 5.4), se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los impactos identificados y anticipados para las tres etapas del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, abarcan afectaciones compatibles, moderadas e inclusive, un impacto de importancia severa, así como impactos benéficos; esto se presenta a manera de resumen gráfico en la siguiente Figura:



**Figura 5.6. Tipos de impactos identificados y anticipados para las tres etapas del proyecto**

- La etapa del Proyecto con mayor número de impactos adversos generados será la de construcción, además de que el mayor de los impactos del Proyecto se presentará en esta etapa con importancia severa, derivado de las modificaciones geomorfológicas y cambios en la topografía del sitio.
- La etapa de preparación es la que presentará mayor número de impactos de importancia moderada, especialmente por el despalme, cortes y excavaciones, y la conformación de las terrazas en el banco de tiro que también cambiará puntualmente la topografía del área donde se desplantará.

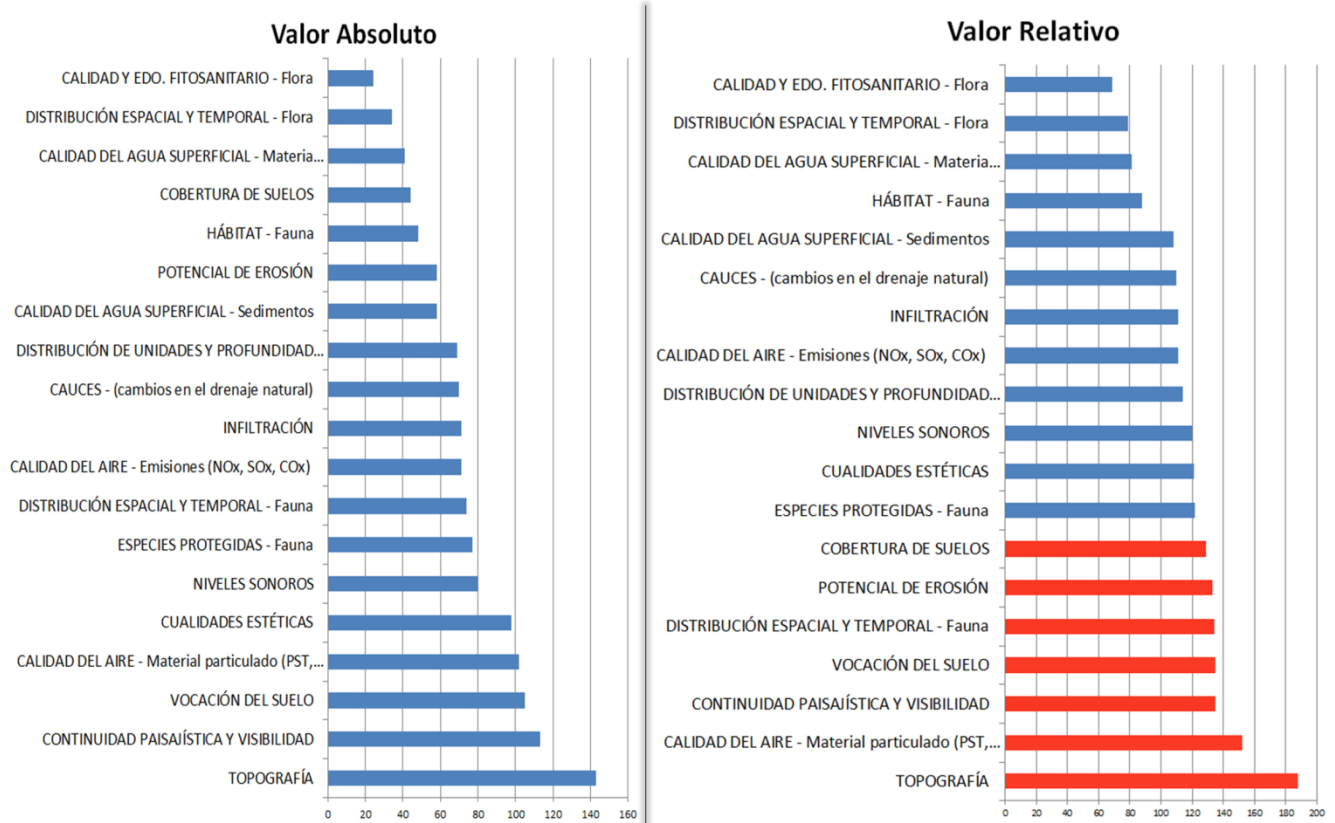
- La etapa de operación presenta un menor número de impactos negativos en función del menor número de actividades y maniobras, así como la intensidad de las mismas, que se realizarán para esta etapa. Así mismo, es la etapa que más impactos positivos presenta.
- Por la magnitud del impacto adverso absoluto total que reciben (suma de los valores de importancia más altos que resultaron para cada Factor por cada etapa del Proyecto), los Factores ambientales pueden ser ordenados, de mayor a menor vulnerabilidad, como aparecen en la Tabla 5.10.
- Por la magnitud del impacto adverso relativo total que reciben (suma del valor relativo más la UIP del correspondiente Factor), los Factores ambientales pueden ser ordenados, de mayor a menor vulnerabilidad, como aparecen en la Tabla 5.11.

**Tabla 5.10. Factores impactados por valor absoluto**

No.	Factor
1	Topografía
2	Continuidad paisajística y visibilidad
3	Vocación del suelo
4	Calidad del aire - PST, PM <sub>10</sub>
5	Cualidades estéticas
6	Niveles sonoros
7	Especies protegidas - fauna
8	Distribución espacial y temporal - fauna
9	Calidad del aire - emisiones (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> )
10	Infiltración
11	Cauces - cambios en el drenaje natural
12	Distribución de unidades y profundidad del suelo
13	Calidad del agua superficial - sedimentos
14	Potencial de erosión
15	Hábitat - fauna
16	Cobertura de suelos
17	Calidad del agua superficial - materia orgánica
18	Distribución espacial y temporal - flora
19	Calidad y edo. Fitosanitario - flora

**Tabla 5.11. Factores impactados por valor relativo**

No.	Factor
1	Topografía
2	Calidad del aire - PST, PM <sub>10</sub>
3	Continuidad paisajística y visibilidad
4	Vocación del suelo
5	Distribución espacial y temporal - fauna
6	Potencial de erosión
7	Cobertura de suelos
8	Especies protegidas - fauna
9	Cualidades estéticas
10	Niveles sonoros
11	Distribución de unidades y profundidad del suelo
12	Calidad del aire - emisiones (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> )
13	Infiltración
14	Cauces - cambios en el drenaje natural
15	Calidad del agua superficial - sedimentos
16	Hábitat - fauna
17	Calidad del agua superficial - materia orgánica
18	Distribución espacial y temporal - flora
19	Calidad y edo. Fitosanitario - flora



**Figura 5.7. Factores ambientales ordenados de menor a mayor vulnerabilidad y por su valor Absoluto (izq.) o Relativo (der.) de acuerdo a la importancia de los impactos identificados**

- Por la magnitud del impacto Benéfico Relativo y Absoluto que reciben, los componentes ambientales pueden ser ordenados, de mayor a menor importancia, como sigue: Servicios e infraestructura para Unidad Fresnillo; Desarrollo económico (continuidad de efectos benéficos generados por la unidad minera, derrama económica y generación de empleos), Capacitación y programas de desarrollo, y Uso del territorio para actividades más productivas que las actuales.
- Por la magnitud del impacto Adverso Absoluto y Relativo que reciben, los Subsistemas Ambientales pueden ser ordenados, de mayor a menor vulnerabilidad, como sigue: Medio inerte, Medio biótico, Medio perceptual y Medio Económico.
- El Medio inerte recibirá impactos adversos compatibles, moderados y un impacto de importancia severa (topografía). No se estimaron impactos críticos.
- El Medio biótico recibirá impactos adversos compatibles (7) y moderados (3), únicamente. No se estimaron impactos Severos ni Críticos sobre la flora o fauna.
- El Medio perceptual recibirá impactos moderados durante las tres etapas de desarrollo del Proyecto, principalmente por la interrupción de la continuidad paisajística y visibilidad del





Depósito de Jales San Carlos, el cual se erigirá sobre una planicie donde predominan las parcelas agrícolas, aunque también representa un efecto acumulativo sobre las cualidades estéticas del entorno, donde existen diversos frentes de trabajo de la Unidad Fresnillo.

- El Medio Socioeconómico recibirá impactos Benéficos en la misma escala de los compatibles, moderados y severos; siendo el principal efecto positivo el aseguramiento de infraestructura adecuada y con capacidad suficiente para el almacenamiento de los jales producidos durante el beneficio de minerales, de la cual dependerá a mediano plazo la continuidad de los procesos de la Unidad Fresnillo.

## **V.2 Caracterización de los impactos**

De acuerdo las definiciones integradas en el Glosario de esta MIA-P (Sección VIII.3) y con base en el Artículo 3o, Fracción IX del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, un impacto ambiental significativo o relevante es aquel que “provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales”.

Conforme al proceso de Evaluación de los Impactos Ambientales (EIA) desarrollado para el Proyecto Depósito de Jales San Carlos, ninguno de los impactos identificados provocará alteraciones que obstaculicen la existencia de ningún ser vivo, ni la continuidad de los procesos naturales. En estos términos, el proyecto no generará impactos potenciales significativos o relevantes.

No obstante, las metodologías empleadas permitieron identificar los impactos potenciales, de importancia variable, que se presentarán sobre los componentes ambientales, a partir de la realización de las obras y actividades en cada etapa del Proyecto. Así también, la valoración y jerarquización de los impactos permitió discernir los impactos principales de los secundarios o de menor importancia, considerándose como impactos principales del Proyecto, aquellos cuyo valor de importancia relativa resultó más alto, en virtud de que convergen algunas de las siguientes condiciones: que la evaluación de sus atributos resultó en los mayores valores de importancia (impactos severos y algunos moderados sobre el límite de la clasificación); que la influencia sobre el Factor alterado se presenta en más de una etapa del desarrollo del Proyecto (preparación, construcción y operación); y que la ponderación del Factor ambiental alterado (UIP), sea alta en el contexto del Sistema Ambiental. En esta sección se interpretan y se describen los impactos identificados como principales a partir de las matrices de importancia y de la matriz de ponderados con su jerarquización.

### **V.2.1 Descripción de los impactos principales identificados**

A continuación se describen los impactos interpretados y definidos como principales, tanto adversos como positivos, que se estima generará el desarrollo del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, a los cuales se les ha designado un código respecto al componente ambiental sobre el cual se presentarán.



## ***Impactos Adversos***

### **Atmósfera**

#### ***Atm-1 Decremento de la calidad del aire (polvos fugitivos y emisiones contaminantes)***

Generación y dispersión de partículas suspendidas (polvos fugitivos), derivado de la operación de maquinaria pesada, despalme, excavaciones, tráfico vehicular, acarreo de materiales, conformación de los bordos con tepetate, etc. Figura como impacto potencial debido a que se producirá de forma moderada durante las etapas de preparación y construcción, siendo un impacto inherente y lógico de las maniobras requeridas en estas etapas, pero con temporalidad fugaz y recuperable de forma inmediata al cesar las actividades que generan las emisiones (durante el primer año de desarrollo del proyecto). Durante la etapa de operación, la afectación será mínima (compatible), y estará principalmente localizada en las áreas del camino de servicios y banco de tiro.

Dada la cercanía del Proyecto con localidades rurales y con la zona urbana de la ciudad de Fresnillo, con más de 122 mil habitantes, el potencial decremento de la calidad del aire representa un impacto que adquiere mayor importancia, por su efecto acumulativo con otras intensas emisiones atmosféricas en el área, principalmente por el parque vehicular que circula regularmente por la ciudad, y por las grandes extensiones de parcelas agrícolas que son consideradas como susceptibles a la erosión eólica y por lo tanto potenciales sitios de emisiones de polvos. Por esta razón, aun cuando las matrices de evaluación de impactos muestran que el impacto principal es ocasionado por la emisión de material particulado, considerando principalmente los parámetros PST, PM<sub>10</sub>, el impacto Atm-1 también incluye a las emisiones de los gases de combustión como los óxidos de carbono (CO<sub>x</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), que serán generados de forma moderada por el Proyecto, particularmente durante su preparación y construcción.

### **Geomorfología**

#### ***Ge-1 Alteración en la topografía***

La ejecución del Proyecto Depósito de Jales San Carlos implica la modificación de la topografía primeramente por medio de cortes y excavaciones, y posteriormente de manera más sensible con la conformación de las terrazas en el banco de tiro y por la construcción de los bordos iniciadores, del bordo de protección, y de los bordos de sobreelevación, sobre un terreno cuya geoforma predominante es el valle y planicies con pendientes bajas.

Las modificaciones por el banco de tiro no se consideran perpetuas ya que ese material será reutilizado para el cierre del Depósito de Jales San Carlos; no así para las celdas de la obra primordial del Proyecto, ya que las modificaciones a la topografía natural que ocasionarán, si bien son muy puntuales, se consideran de importancia principal por su muy alta intensidad, persistencia, irreversibilidad, continuidad e irrecuperabilidad; es decir, que esta nueva geoforma artificial que sobresaldrá en el entorno, será permanente.



## **Suelos**

### ***Su-1 Aumento del potencial de erosión***

Las actividades de extracción del suelo (despalme), recuperación de la capa orgánica, acarreo y disposición en banco de tiro para la conformación de las terrazas, podrían ocasionar un incremento en la tasa de erosión local; especialmente en la franja de terrenos inmediatos al área de ocupación de las obras, lo cual ocurrirá durante la etapa de preparación del sitio, estimándose como un impacto de importancia moderada. De la misma forma, se estima que las actividades de construcción de las obras del Proyecto, incluyendo a las obras asociadas, generarán un impacto de la misma naturaleza pero de importancia compatible.

Para la etapa de operación no se prevé ninguna actividad que pueda incrementar la posibilidad de perder el suelo por efectos eólicos ni hídricos. No obstante, la realización de las actividades propias de cada etapa del Proyecto, que incrementan el potencial de erosión del suelo, junto con la importancia relativa o peso ponderado (UIP) que mantiene el componente suelo en la dinámica del ecosistema en el SA, obligan a considerar a éste como un impacto principal.

### ***Su-2 Alteraciones en distribución y cobertura de suelos***

Durante las actividades de Preparación de terreno se eliminará la cobertura de suelos en el área de despalme del Depósito de Jales, y en donde se construirán los otros componentes del Proyecto, excepto las líneas de conducción de jales y agua clarificada que irán dentro de trincheras rellenas; considerándose una recuperación y almacenamiento diferenciado del suelo orgánico en el banco de tiro. No obstante, se estima que habrá una reducción de la cobertura de suelos considerando que la superficie despalmada será mucho mayor a la superficie de almacenamiento que cubrirá el banco de tiro.

El suelo rescatado será resguardado y será restaurado posteriormente en la superficie de las celdas y sobre los taludes externos del Depósito de Jales San Carlos, para realizar actividades de reforestación como una medida de compensación, lo que mitigará en cierta medida el impacto a la cobertura y distribución de los suelos. Aun así, se anticipa que el suelo deberá ser enriquecido con fertilizantes para su efectivo uso como sustrato para la vegetación, ya que su apilamiento en las terrazas del banco de tiro y el periodo de almacenamiento (mayor a 9 años), provocará la pérdida de sus propiedades originales, deteriorando su calidad por la falta de oxigenación. No obstante, debido a la importancia ambiental del suelo en el contexto del SA, las UIP asignadas a los Factores evaluados del componente convirtieron a las interacciones del Proyecto con el suelo, en impactos principales; es decir, aun cuando las afectaciones al suelo por el desarrollo de las etapas de preparación y construcción del Depósito de Jales San Carlos son de carácter moderado, de acuerdo con el análisis previo para determinar el peso ponderado de cada componente en la dinámica del ecosistema, el suelo es el componente de mayor relevancia en el contexto del SA, y por lo tanto las modificaciones al mismo deben ser consideradas como principales.



## **Fauna**

### ***Fa-1 Modificación en la distribución espacial de fauna***

El Sistema Ambiental ha sido transformado durante décadas por el desarrollo de diversas actividades productivas, entre las que destaca la minería, cuyos inicios datan del Siglo XVI, la agricultura, ganadería y más recientemente por el crecimiento de la población y de la mancha urbana de la ciudad de Fresnillo. Todo ello ha provocado que sólo existan ciertos relictos de vegetación forestal a nivel del SA, y consecuentemente que la fauna silvestre en el SA se conforme con especies que han desarrollado tolerancia al disturbio, entre ellas el grupo zoológico de las aves, que son más adaptables y tolerantes.

Se prevé que en general todas las actividades para la preparación y construcción del Proyecto originarán disturbios que alejará a la fauna potencialmente presente en el sitio, especialmente a las aves; de la misma ocurrirá durante la construcción de la sección de la línea de conducción de jales que atravesará por un área que mantiene cobertura vegetal, donde potencialmente se encontrarán más especies de reptiles y pequeños mamíferos. Estas alteraciones, no obstante, se consideran temporales, ya que como se ha mencionado, la fauna que aún se encuentra en el SA es adaptable y tolerante a los disturbios, por lo que los impactos sobre este Factor son moderados.

Durante la etapa de operación se espera un efecto diferente sobre el mismo Factor de distribución espacial y temporal, y es que la existencia de un espejo de agua en cada celda del Depósito de Jales San Carlos será un potencial atractivo para especies de fauna, particularmente aves (entre las que se identificaron dos especies protegidas, una amenazada y una endémica). Cabe resaltar que la cercanía que guarda el Proyecto con las presas de jales restauradas y convertidas en humedales y en un Parque Ecológico, que mantienen agua de mayor calidad de forma permanente y que presentan vegetación, representa una ventaja que mitigará naturalmente al impacto Fa-1, ya que estas áreas serán predilectas para la avifauna por sus condiciones.

Es importante destacar que los impactos sobre la fauna durante las primeras dos etapas del Proyecto serán de importancia compatible, mientras que en la operación alcanzará una importancia moderada. Este impacto resultó como principal por la combinación del hecho de evaluarse en las tres etapas de la ejecución del Proyecto, y por las UIP que le correspondieron al componente conforme a su relevancia en el contexto del SA.

## **Paisaje**

### ***Pa-1 Pérdida de la continuidad paisajística y visibilidad del Proyecto***

En estrecha relación con el impacto Ge-1, se estima que principalmente dos de las obras del Proyecto, el banco de tiro y el propio depósito de jales, romperán con la continuidad paisajística en el valle de Fresnillo, pues representan la conformación de nuevas geoformas artificiales que modificarán de forma muy intensa pero puntual la topografía natural. De acuerdo a lo proyectado, el banco de tiro será temporal, ya que al finalizar la operación del Proyecto se reutilizará el material almacenado para las actividades de estabilización física y biológica del depósito; no obstante, dado que esto ocurrirá después de 10 años de haber iniciado el Proyecto, conforme a la metodología para





la evaluación de impactos, se consideró su efecto como permanente, aunque no será residual. Por otra parte, el depósito de jales en sí, será una obra permanente y residual, irreversible por medios naturales, e irre recuperable, de manera que el paisaje seguirá siendo transformado a partir de la ejecución del Proyecto

## **Medio económico**

### ***ME-1 Pérdida de la vocación del suelo***

La pérdida de la vocación del suelo es un impacto que hace referencia a la afectación al uso de suelo actual y/o potencial por degradación del terreno y limitación de otros usos productivos alternos. En este sentido, siendo agrícola el uso de suelo actual en el área del Depósito de Jales San Carlos, el despalme (sustracción del suelo con mayor contenido orgánico) eliminará la posibilidad de seguir empleándolo para esta actividad productiva. Posteriormente, la construcción de las obras limitará aún más el potencial del área para emplearse como cultivo agrícola, así como para el desarrollo de otras actividades productivas. Finalmente, la acumulación y almacenamiento permanente de jales en el depósito impedirá que la superficie ocupada vuelva a tener un uso productivo diferente al que se le dio como depósito de jales. No obstante, con la aplicación de actividades de restitución y cierre se podrá recuperar de forma parcial una vocación para fines únicamente de recuperación de vida silvestre (flora y fauna).

Aunque este Factor alterado fue evaluado con una baja designación de unidades de importancia ambiental (UIP), resultó como una constante afectación en cada una de las tres etapas del Proyecto, razón por la que figura entre los impactos principales.

### ***Impactos benéficos***

Además de los impactos adversos descritos anteriormente, el desarrollo del Proyecto Depósito de Jales San Carlos causará impactos positivos con importancia desde compatible a severa para el Medio social y económico, los cuales se describen a continuación.

### ***Sc-1 Continuidad en la producción de la Unidad Fresnillo***

El principal impacto positivo derivado del Proyecto, corresponde a la construcción de la infraestructura adecuada, con la capacidad suficiente para albergar las colas del proceso de beneficio de minerales de la Unidad Fresnillo, por 9 años más. Esta obra sería crítica para la continuidad de la producción en la unidad minera si no se contara con ella a mediano plazo, ya que los depósitos de jales actuales están llegando a su máximo nivel. De manera que el Proyecto permitirá prolongar la actividad minera-industrial de Minera Fresnillo que aun cuenta con reservas minerales aprovechables, así como con los múltiples beneficios sociales, económicos y culturales que ya genera en su entorno y a nivel regional.

### ***ME-2 Desarrollo económico***

Generación de empleos y derrama económica, puntual a escala de proyecto y local de alta relevancia por ser acumulativo a la operación de la Unidad Fresnillo, es decir, el Proyecto permitirá

continuar con los beneficios que ha generado la actividad minera en la región, particularmente al ser una importante fuente de empleo y un detonante del desarrollo económico.

### ***ME-3 Uso del terreno para una actividad productiva de mayor rentabilidad***

El uso de suelo que pretende darse al terreno donde se localiza el Proyecto, supone la continuidad de una actividad productiva con mucho mayor beneficio económico y social asociado al impacto Sc-1, así como una mayor rentabilidad y desarrollo económico en relación a las actuales actividades agrícolas que se desempeñan ahí, aun cuando dichos beneficios se vean acotados en principio por el periodo de vida útil del Depósito de Jales San Carlos.

## **V.2.2 Impactos identificados por etapas del proyecto**

Considerando que los impactos ambientales identificados en la sección anterior serán potencialmente causados en diferentes momentos del desarrollo del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, se elaboró la Tabla 5.12 en donde se muestran los impactos principales y secundarios identificados para cada componente ambiental, por etapa del proyecto. Para el caso de los impactos principales, se emplea en la Tabla 5.12 su código de impacto.

**Tabla 5.12. Impactos potenciales en cada componente ambiental por etapa del proyecto**

Componente Ambiental	Factores impactados	Etapas del Proyecto		
		Preparación	Construcción	Operación
Atmósfera	Calidad del aire - PST, PM <sub>10</sub>	<i>Atm-1</i>	<i>Atm-1</i>	<i>Atm-1</i>
	Calidad del aire - emisiones (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> )	<i>Atm-1</i>	<i>Atm-1</i>	<i>Atm-1</i>
	Niveles sonoros	Moderado	Moderado	Compatible
Geomorfología	Topografía	<i>Ge-1</i>	<i>Ge-1</i>	<i>Ge-1</i>
Hidrología	Cauces - cambios en el drenaje natural	Moderado	Moderado	NA
	Calidad del agua superficial - materia orgánica	Compatible	Compatible	NA
	Calidad del agua superficial - sedimentos	Moderado	Compatible	NA
	Infiltración	Moderado	Moderado	NA
Suelo	Distribución de unidades y profundidad del suelo	Moderado	Moderado	NA
	Potencial de erosión	<i>Su-1</i>	<i>Su-1</i>	NA
	Cobertura de suelos	<i>Su-2</i>	NA	NA
Flora	Distribución espacial y temporal - flora	NA	Moderado	NA
	Calidad y edo. Fitosanitario - flora	NA	Compatible	NA
Fauna	Distribución espacial y temporal - fauna	<i>Fa-1</i>	<i>Fa-1</i>	<i>Fa-1</i>
	Hábitat - fauna	Compatible	Compatible	NA
	Especies protegidas - fauna	Compatible	Compatible	Moderado
Paisaje	Cualidades estéticas	Moderado	Moderado	Moderado
	Continuidad paisajística y visibilidad	<i>Pa-1</i>	<i>Pa-1</i>	<i>Pa-1</i>
Infraestructura	Servicios e infraestructura para unidad minera	NA	Benéfico	Benéfico
Cultural	Capacitación, educación y programas	Benéfico	Benéfico	Benéfico
Medio económico	Desarrollo económico	Benéfico	Benéfico	Benéfico
	Uso del territorio para actividades productivas	NA	NA	Benéfico
	Vocación del suelo	<i>ME-1</i>	<i>ME-1</i>	<i>ME-1</i>



### **V.3    *Impactos Acumulativos***

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos conlleva por su naturaleza impactos acumulativos, que son aquellos que pueden ser acentuados o sumados a los impactos a determinado Factor ambiental, ya sean entre las obras pretendidas, obras y actividades existentes e incluso, por la dinámica natural y de uso de suelo del terreno y región.

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos, para fines descriptivos de impactos acumulativos, descarta como relevantes a las afectaciones que pueden llegar a ser acumulativas pero cuyos efectos presentan características de persistencia fugaz o temporal, reversibles a corto plazo, y recuperables a corto o mediano plazo. Para efectos de relevancia en la acumulación de impactos, se consideran como relevantes a aquellos impactos identificados como principales y que presentan efectos permanentes, irreversibles, que implican necesidad de medidas de mitigación o que puedan llegar a ser irre recuperables.

Los impactos relevantes y acumulativos del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, corresponden a:

- Modificaciones geomorfológicas

Se incrementará la superficie de afectaciones por cortes y excavaciones dentro del Sistema Ambiental, así como la generación de geoformas artificiales de importantes dimensiones, incluyendo los aspectos sinérgicos de tales modificaciones

- Pérdida de suelo (cobertura y erosión)

El Proyecto, acumulará sus impactos sobre el componente suelo (especialmente sobre los Factores de cobertura y potencial de erosión), a otras actividades que afectan al entorno local y regional, destacando entre éstas a la pérdida de suelos por el desarrollo urbano, por las actividades minero-industriales, e incluso por los efectos de erosión eólica e hídrica a los que son susceptibles los suelos agrícolas de temporal anual, así como las degradación física por pérdida de la función productiva de los mismos a causa de su uso agrícola

- Transformación del paisaje

Dentro del Sistema Ambiental prácticamente no existen áreas que conserven en buen estado su condición natural, ya que se trata de un entorno intensamente modificado a lo largo de los años por la población y por las actividades productivas desarrolladas en él. El Proyecto Depósito de Jales San Carlos acumulará sus efectos a la modificación del entorno de forma permanente e irreversible.



## **VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

El presente capítulo se caracteriza por ser un instrumento de gestión ambiental que será llevado a cabo por la empresa Minera Fresnillo S.A. de C.V. durante el desarrollo de las actividades del Proyecto Depósito de Jales San Carlos. Con la finalidad de planificar, definir y facilitar la aplicación de medidas ambientales destinadas a prevenir, mitigar y/o compensar los efectos previsibles producto de la ejecución del proyecto.

Así pues, se hace necesario definir las medidas que se agruparán en función de su naturaleza con respecto a las etapas mencionadas anteriormente de acuerdo a la siguiente tipología:

- Medidas preventivas, las cuales van encaminadas a evitar en la medida de lo posible o minimizar los daños ocasionados por el proyecto, antes de que se lleguen a producir tales deterioros sobre el medio circundante.
- Medidas mitigadoras o correctoras, son aquellas que se definen para reparar o reducir los daños que son inevitables que se generen por las acciones del proyecto, de manera que sea posible concretar las actuaciones que son necesarias llevar a cabo sobre las causas que las han originado.
- Medidas compensatorias tienen por objeto producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente al efecto adverso identificado.

A continuación se describen algunas de las medidas generales que involucran a la política que la empresa Minera Fresnillo S.A. de C.V. adoptará para la ejecución de las actividades del Proyecto Depósito de Jales San Carlos.

### *Medidas generales*

Se deberán seguir todos los procedimientos de seguridad específicos para la realización del proyecto con los que cuenta Minera Fresnillo, tales como el Procedimiento de operación de presas de jales o el Procedimiento de emergencias en presa de jales (Anexo 2.11).

Se suministrará equipo de protección personal (EPP) para todo personal que labore en el proyecto.

Se impartirán cursos de capacitación en cada una de las etapas del proyecto. Dichos cursos estarán dirigidos a todo el personal del proyecto y serán de carácter obligatorio.

Deberá existir una Supervisión Ambiental encargada de la vigilancia y el cumplimiento de todas las medidas generales, de prevención, mitigación y compensación.

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo bajo los ideales y lineamientos de industria limpia, así como del certificado SSMARC (Anexo 2.8).



## VI.1 Descripción de las medidas de prevención, mitigación o compensación para los impactos relevantes identificados

Con base en los 7 impactos principales que ocasionará el proyecto Depósito de Jales San Carlos identificados con la metodología de evaluación empleada (Anexo 5.4) y descritos en el Capítulo V del presente documento, se ejecutarán medidas de prevención, mitigación y compensación para los componentes ambientales en cada una de las etapas del proyecto (Preparación del terreno, Construcción y Operación); mismas que se muestran en las siguientes tablas y se describen posterior a ellas.

### VI.2.1 Atmósfera

A continuación se presentan, en formato de tabla, las medidas a implementar para el componente Atmósfera.

**Tabla 6.1. Medidas para componente Atmósfera.**

Línea estratégica		1. Prevención y mitigación para la protección del factor ambiental: Atmósfera			
ID	Etapas del Proyecto	Preparación, construcción			
	Impacto <sup>1</sup>	Descripción de la medida <sup>2</sup>	Tiempo <sup>3</sup>	Recursos necesarios <sup>4</sup>	Grado de cumplimiento <sup>5</sup>
1	ATM-1	Humedecimiento de superficies de rodado (accesos, áreas de maniobras)	16 meses (etapa de preparación y construcción, considerando temporada de lluvia)	Camión pipa 10,000 lts	Conteo de los riegos efectuados por semana
2	ATM-1	El equipo y maquinaria deberán estar sujetos a revisión y mantenimiento periódico	20 meses para etapa de preparación y construcción	2 veces al mes, en taller de mantenimiento	Bitácora de cumplimiento
	Etapas del Proyecto	Preparación, construcción y operación			
3	ATM-1	Prohibición de fuegos, fogatas y/o quemas	Toda la vida útil del proyecto	Instalación de al menos 3 señalamientos indicativos y/o prohibitorios	# de señales instaladas
4	ATM-1	Control de velocidad - caminos de acceso a 30 km/h	Toda la vida útil del proyecto	Instalación de al menos una señal por cada km de camino	# de señales instaladas
5	ATM-1	Control de Velocidad - vialidades constructivas y operativas a 20 km/h	Toda la vida útil del proyecto	Instalación de un señal en cada camino	# de señales instaladas
<sup>1</sup> = Impacto al que va dirigida la acción <sup>2</sup> =Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación <sup>3</sup> =Tiempo en el que se instrumentará o duración <sup>4</sup> = Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc. <sup>5</sup> = Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia					



### ***Descripción detallada de las medidas a aplicar en la línea estratégica***

#### ***1. Humedecimiento de superficies de rodado (accesos, áreas de maniobras)***

Esta actividad pretende aglomerar las partículas disponibles en el suelo que pudieran transformarse en partículas suspendidas a raíz del tránsito de vehículos y equipo en los caminos de acceso. Esto será posible a través de humedecer los caminos mediante riego con una pipa equipada de aspersores.

Se propone que en temporada de lluvias (Jun-Ago) el riego se suspenda siempre y cuando el suelo se encuentre húmedo. Caso contrario, durante el periodo normal se propone el riego dos veces al día: antes del inicio del turno de trabajo y antes de concluir el mismo (periodos de mayor tránsito). Esta actividad será desarrollada durante los 20 meses que duran las etapas de preparación y construcción del sitio.

Los recursos necesarios para la ejecución de esta actividad son: Renta de camión pipa con por lo menos 10,000 lts de capacidad, equipada con motobomba y aspersores. El costo estimado es de \$600.00 peso por servicio.

No se elimina la posibilidad de utilizar algún producto químico que ayude a neutralizar la generación de polvos, sin embargo, esto dependerá de sus características (fórmula), rentabilidad y costo.

El indicador de eficiencia serán los recorridos de riego por semana, calculados por control de vigilancia. No se considera la medición de partículas suspendidas ya que el monitoreo no es representativo, toda vez que el tránsito no es constante y presenta horarios pico de flujo vehicular, quedando el resto del día con actividad mínima.

La medida de emergencia en caso de observar que no se cumple el objetivo de reducir la presencia de partículas suspendidas será la adición de un tercer recorrido de riego al día.

#### ***2. El equipo y maquinaria deberán estar sujetos a revisión y mantenimiento periódico***

El equipo y la maquinaria al estar en un uso continuo para el desarrollo y ejecución del proyecto, suelen presentar algunos desvaríos que si no se les da el debido mantenimiento preventivo pueden ocasionar emisiones atmosféricas contaminantes.

Por lo anterior, para prevenir el posible impacto se propone la revisión y mantenimiento del equipo y maquinaria dos veces al mes durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto.

Para efectuar esta medida se deberá realizar el mantenimiento dentro de instalaciones asignadas y adecuadas para dicha actividad (taller de mantenimiento). Además, los recursos necesarios es hacer uso de la mano de obra del Proyecto (un par de mecánicos, supervisor).



### *3. Prohibición de fuegos, fogatas y/o quemas*

En ocasiones durante las jornadas laborales, algunos trabajadores acostumbran a realizar fogatas y/o quemas de basura, materiales, desperdicios, maderas, entre otras cosas, ya sea como algo recreativo o para mantener el calor durante épocas de frío. Sin embargo esta actividad está prohibida.

Para llevar a cabo la ejecución de la medida, se deberán colocar al menos 3 señalamientos indicativos y/o prohibitorios durante toda la vida útil del Proyecto. Estos se ubicarán en las áreas de trabajo con mayor flujo de personal.

### *4. Límite de velocidad en caminos de acceso a 30 km/hr*

Una de las principales causas de la generación de partículas suspendidas (PST) en caminos de terracería es la velocidad, a mayor velocidad es mayor la cantidad de polvos que se genera durante el tránsito de un vehículo. Esta medida tiene el objetivo de reducir la causa de generación de PST en los caminos de acceso, dado que es similar a la medida 3, la descripción detallada se hace en el siguiente punto.

### *5. Límite de velocidad en caminos de acceso a 20 km/hr*

Como se menciona en el punto anterior, una de las principales causas que genera las PST en los caminos y vialidades de terracería es la velocidad, por tanto, una forma de reducir la presencia de este impacto es controlando la velocidad. Se ha definido límites de velocidad para los vehículos que transiten tanto en los caminos de acceso como en las vialidades; estableciendo límites de 30 km/h y 20 km/h respectivamente.

El tiempo en el que se instrumentará esta medida es en todas las etapas del Proyecto, teniendo vigencia durante las etapas de preparación, construcción y operación.

Los recursos necesarios son la adquisición de 15 señales de tránsito que indiquen “límite 30 km/h” y 25 señales que indiquen “límite 20 km/h” Se considera un stock de señales en almacén para reponer aquellas que puedan resultar dañadas o vandalizadas.

El costo medio por señal, incluyendo flete e instalación es de \$500 pesos, por lo tanto el costo estimado de la ejecución de esta medida será de \$27,500 pesos.

Estas señales se instalarán solo en los caminos de acceso al Proyecto y vialidades. La medida de emergencia en caso de no lograr prevenir el impacto será la instalación de reductores de velocidad.

## VI.2.2 Geomorfología

**Tabla 6.2. Medidas para componente Geomorfología.**

Línea estratégica		2. Medidas correctivas o compensatorias para el factor ambiental: Geomorfología			
ID	Etapas del Proyecto	Operación (Abandono)			
	Impacto <sup>1</sup>	Descripción de la medida <sup>2</sup>	Tiempo <sup>3</sup>	Recursos necesarios <sup>4</sup>	Grado de cumplimiento <sup>5</sup>
6	G-1	Estabilización de taludes al finalizar el proyecto (Plan de Restitución y Cierre)	Al finalizar la vida útil del proyecto	Al ser una medida muy distante en su tiempo de ejecución, no es sabido a ciencia cierta los recursos o herramientas necesarios. Es parte de la ejecución del PRC	Incorporación al plan de cierre
7	G-1	Revegetación del depósito de jales (Plan de Restitución y Cierre)	Al finalizar la vida útil del proyecto	Al ser una medida muy distante en su tiempo de ejecución, no es sabido a ciencia cierta los recursos o herramientas necesarios. Es parte de la ejecución del PRC	Incorporación al plan de cierre
<sup>1</sup> = Impacto al que va dirigida la acción <sup>2</sup> =Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación <sup>3</sup> =Tiempo en el que se instrumentará o duración <sup>4</sup> = Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc. <sup>5</sup> = Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia					

### 6. Estabilización de taludes al finalizar el aprovechamiento

Una vez concluida la operación del depósito de jales, se deberán estabilizar los taludes como medida correctiva.

Las especificaciones técnicas de esta maniobra deberán quedar sujetas al Plan de Restitución y Cierre de la Unidad Minera Fresnillo.

Es difícil estimar los costos para la ejecución de esta medida así como establecer el número de herramientas, maquinaria y/o personal necesario; esto debido al tiempo en que se deberá aplicar la maniobra. Además, dichos costos deberán revisarse, actualizarse y establecerse dentro del PRC con el que cuenta la unidad minera.

### 7. Revegetación del depósito de jales (siguiendo el concepto del parque ecológico los jales)

Al igual que la anterior, la revegetación del depósito de jales será una medida de compensación la cual tendrá que ejecutarse una vez finalizada la vida útil del proyecto.

La revegetación deberá llevarse a cabo aprovechando el suelo orgánico producto del despalle de las obras del proyecto. Asimismo, los costos de la ejecución de la revegetación del depósito deberán integrarse al PRC de la unidad minera.



## VI.2.3 Suelos

**Tabla 6.3. Medidas para componente Suelo.**

Línea estratégica		3. Prevención, mitigación y compensación para la protección del factor ambiental: Suelo			
ID	Etapa del Proyecto		Preparación, construcción		
	<i>Impacto<sup>1</sup></i>	<i>Descripción de la medida<sup>2</sup></i>	<i>Tiempo<sup>3</sup></i>	<i>Recursos necesarios<sup>4</sup></i>	<i>Grado de cumplimiento<sup>5</sup></i>
8	Su-1	Establecimiento de obras de conservación de suelo aguas arriba	20 meses	Material de construcción (local) Mano de obra	m3 de captación de suelo aguas arriba
9	Su-1	Uso de letrinas	20 meses	Instalación de letrinas en proporción de 1 por cada 15 trabajadores	# de letrinas instaladas
10	Su-1	Limitar despalde únicamente a las áreas autorizadas	3 meses	Estacado, cintas flying, etc	cantidad de cintas, mojoneras o estacas instaladas
11	Su-1	Rescate/recuperación y almacenamiento de suelo orgánico. Asignar un área para su almacenamiento	Toda la vida útil del proyecto	Cargador frontal Camiones de volteo de acarreo	m3 de suelo almacenado
	Etapa del Proyecto		Operación y abandono		
12	Su-1	Monitoreo periódico para identificar presencia de fenómenos erosivos	Anual durante Operación	Monitoreo por parte de la supervisión ambiental (Anual)	Bitácora de monitoreo
13	Su-2	Utilización de suelo rescatado para restitución de áreas afectadas	Al finalizar el proyecto	Inciertos, debido al tiempo en que se ejecutará la medida	Incorporar al plan de cierre
<sup>1</sup> = Impacto al que va dirigida la acción <sup>2</sup> = Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación <sup>3</sup> = Tiempo en el que se instrumentará o duración <sup>4</sup> = Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc. <sup>5</sup> = Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia					

### 8. Establecimiento de obras de conservación de suelo aguas arriba

Para la mitigación del impacto identificado como Su-1 se establece que las acciones descritas en la medida #9 son suficientes y válidas para mitigar también este impacto, esto en consonancia con la descripción realizada en el capítulo IV en donde se puede entender que la conservación del suelo (o su erosión) contribuye al aporte de sedimentos y por tanto a la calidad de los efluentes de la zona.

### 9. Uso de letrinas

De igual manera que el caso anterior, para mitigar el impacto Su-1 se establece que las acciones descritas en la medida #11 son suficientes para mitigar también este impacto.



#### *10. Limitar despálme únicamente a áreas autorizadas*

Durante la etapa de preparación del sitio, específicamente durante los 3 meses que dura el despálme según el programa general de trabajo (Cap. II.2.1.), se deberán delimitar las áreas en donde se llevará a cabo la extracción y/o retiro de la capa superficial de suelo.

Para ello se deberá delimitar el área mediante la instalación de estacas marcadas ya sea con cintas fluorescentes, aerosol fluorescente o cinta flying. Con esto se pretende prevenir que el potencial de erosión aumente por invadir áreas que no fueron contempladas.

El costo de esta medida será el referente a la compra de las estacas, cintas u aerosoles. Se deberán instalar estacas al menos cada 30 metros de distancia entre una y otra; esto será de manera secuencial conforme se avance en la preparación y construcción del proyecto, por lo que se podrán reutilizar las estacas y/o mojoneras para las diferentes áreas del proyecto siempre y cuando esto sea posible.

#### *11. Rescate/recuperación y almacenamiento de suelo orgánico (asignar un área para su almacenamiento)*

Durante la etapa de preparación, específicamente los 3 meses asignados para despálme, se realizará el rescate y/o recuperación de suelo orgánico.

Posteriormente, se deberá asignar un sitio adecuado para su almacenamiento para proteger el suelo rescatado. Este almacenamiento deberá realizarse durante toda la vida del proyecto.

Los recursos necesarios para la implementación de esta medida son cargadores frontales y camiones de volteo para el transporte del suelo. A su vez, se deberá ejecutar el monitoreo y vigilancia de las condiciones del suelo almacenado de manera mensual.

#### *12. Monitoreo periódico para identificar presencia de fenómenos erosivos*

Durante la operación del proyecto se deberá de realizar el monitoreo de manera periódica para identificar fenómenos erosivos. La aplicación de esta medida será de manera anual durante la etapa de operación del proyecto.

El cumplimiento se llevará a cabo mediante una bitácora o registro con la fecha de la visita (monitoreo), el nombre del supervisor, sitio específico visitado y las condiciones en que se encuentra dicho sitio (reporte).

El costo de esta medida se traduce en jornales (un jornal de manera mensual) del supervisor ambiental del proyecto.

#### *13. Utilización de suelo rescatado para restitución de áreas afectadas*

Conforme termine la vida útil de las obras del proyecto, se deberá utilizar el suelo rescatado producto del despálme con motivos de restitución de áreas afectadas. Sin embargo, para la

implementación de esta medida se deberá de revisar y vincular el PRC con que cuenta la unidad minera.

#### VI.2.4 Fauna

**Tabla 6.4. Medidas para componente Fauna.**

Línea estratégica		4. Prevención y mitigación para la protección del factor ambiental: Fauna			
ID	Etapas del Proyecto	Preparación, construcción			
	<i>Impacto<sup>1</sup></i>	<i>Descripción de la medida<sup>2</sup></i>	<i>Tiempo<sup>3</sup></i>	<i>Recursos necesarios<sup>4</sup></i>	<i>Grado de cumplimiento<sup>5</sup></i>
14	Fa-1	Recorridos de ahuyentamiento durante despilme	3 meses	Equipo especializado para manejo de fauna Personal técnico calificado	Registro de incidencias
15	Fa-1	Rescate y liberación de fauna en áreas de construcción	20 meses	Equipo especializado para manejo de fauna Personal técnico calificado	# especies liberadas
Etapas del Proyecto		Preparación, construcción y operación			
16	Fa-1	Establecimiento de señales	Toda la vida útil del proyecto	Carteles alusivos a la protección ambiental.	# señales instaladas
17	Fa-1	Control del espejo de agua en celdas del Depósito	Operación del proyecto	Procedimiento de operación del Depósito de Jales y Supervisión	Superficie del espejo
<sup>1</sup> = Impacto al que va dirigida la acción <sup>2</sup> =Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación <sup>3</sup> =Tiempo en el que se instrumentará o duración <sup>4</sup> = Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc. <sup>5</sup> = Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia					

#### 14. Recorridos de ahuyentamiento durante despilme

Esta actividad corresponde a una medida de prevención, ya que se realizarán recorridos matutinos de al menos 30 minutos en las zonas donde se pretende llevar a cabo los trabajos de preparación y construcción.



El tiempo de ejecución es de 3 meses, mismos que corresponden a la etapa de preparación del sitio, en específico al despalme. El responsable de esta actividad es el supervisor ambiental del Proyecto.

El grado de cumplimiento corresponde a un registro en el que se anotarán las incidencias relevantes, en caso de presentarse, durante los recorridos de ahuyentamiento.

#### *15. Rescate y liberación de fauna en áreas de construcción*

Esta medida corresponde a una actividad de prevención, ya que es altamente factible proteger a los individuos presentes en el área del Proyecto para realizar su captura y posterior liberación. Esta actividad puede aplicarse sobre cualquier grupo de animales presentes en el sitio, sin embargo, está enfocada para aplicarse sobre los reptiles.

Se instrumentará esta actividad mientras duren los trabajos de preparación del sitio (despalme en específico), es decir durante los primeros 3 meses del Proyecto. El supervisor ambiental del proyecto será el responsable de esta actividad.

Se requiere de la adquisición de equipo especializado de fauna como son: kit de manejo de reptiles, trampas Sherman, trampas tomahawk, bolsas de manejo y cajas de traslado, el costo de adquisición de estos equipos es de \$30,000 pesos. Se considera una cuadrilla de 4 personas para todas las actividades de fauna (incluido ahuyentamiento).

El grado de cumplimiento se verificará a través de cuantas capturas fueron realizadas, comparándolo contra las liberaciones realizadas, debiendo registrar los datos generales de cada uno de los individuos incluyendo las coordenadas de captura y liberación. Deberá registrarse también los datos de mortandad de individuos en el sitio.

#### *16. Establecimiento de señales*

Se establecerán señales a alusivas a la prohibición de cazar y la prohibición de capturar especies. Se colocarán al menos 5 señales de cada una de estas leyendas en los caminos de accesos y en la cercanía de la zona operativa.

El costo estimado para las 10 señales es de \$5,000 pesos. El grado de cumplimiento será el número de señales instaladas.





**Figura 6. 1. Ejemplo de señalética ambiental para protección de fauna**

#### *17. Control del espejo de agua en celdas del Depósito*

El adecuado manejo y control operativo sobre el Depósito de Jales San Carlos, propiciará no solo la estabilidad de la obra, sino que tendrá un efecto sinérgico que mitigará el impacto estimado sobre la distribución espacial y temporal de la avifauna de la zona, y es que solo por la simple presencia de agua en las celdas del depósito (estanque o espejo de agua entorno a la torre decantadora), algunas especies podrían acercarse al sitio. En este sentido, en el procedimiento de operación del depósito se deberán asentar las dimensiones adecuadas para que sea técnicamente más eficiente el sistema decantador drenante, pero considerando reducir al máximo posible la superficie del espejo de agua, con la finalidad de que el Proyecto no represente un atractivo para las aves, y que sigan optando por bajar a los humedales y/o al área del lago artificial del Parque Ecológico Los Jales, los cuales exhiben condiciones mucho más favorables para las aves, como una mayor disponibilidad de agua y vegetación. La cercanía del Depósito de Jales San Carlos con los humedales y el Parque Ecológico representa de forma natural una mitigación al impacto Fa-1, pero aun así deberá considerarse el control permanente del espejo de agua como una medida preventiva y de mitigación.

La aplicación de esta medida se realizará durante los 9 años que dura la etapa operativa del Proyecto, y requerirá de una constante supervisión del área técnica y ambiental de la promotora.

Los recursos para su aplicación consistirán en la actualización y/o adaptación del procedimiento denominado “Operación de las Presas de jal” (Clave FRE-PO-40-16) de la Unidad Fresnillo, en el cual se incluirán las condiciones propias del Depósito de Jales San Carlos y los requerimientos técnicos particulares para su adecuada operación. Se requiere personal para realizar esta labor de modificación al procedimiento y supervisores técnicos y ambientales que mantengan vigilancia permanente en el Proyecto.

El grado de cumplimiento se determinará conforme a la superficie del espejo de agua estimada en la supervisión contra la superficie determinada en el procedimiento de operación, por lo que los responsables del cumplimiento de la medida serán los supervisores, quienes deberán verificar

que el espejo de agua en cada celda sea igual o menor a la superficie determinada en el procedimiento.

## VI.2.5 Paisaje

**Tabla 6.5. Medidas para componente Paisaje.**

	Línea estratégica	5. Medidas correctivas o compensatorias para el factor ambiental: Paisaje			
ID	Etapas del Proyecto	Cierre y Abandono del Proyecto			
	Impacto <sup>1</sup>	Descripción de la medida <sup>2</sup>	Tiempo <sup>3</sup>	Recursos necesarios <sup>4</sup>	Grado de cumplimiento <sup>5</sup>
18	Pa-1	Estabilización física, química y biológica del sitio	Al finalizar la vida útil del proyecto	Al ser una medida muy distante en su tiempo de ejecución, no es sabido a ciencia cierta los recursos o herramientas necesarios. Es parte de la ejecución del PRC	Incorporación al plan de cierre
<sup>1</sup> = Impacto al que va dirigida la acción <sup>2</sup> =Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación <sup>3</sup> =Tiempo en el que se instrumentará o duración <sup>4</sup> = Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc. <sup>5</sup> = Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia					

### 18. Estabilización física, química y biológica del sitio

El impacto sobre el componente paisaje generado por el Proyecto es considerado como un impacto residual, ya que no hay medidas que prevengan o mitiguen dicho impacto. No obstante, las actividades preliminares de cierre contemplan la estabilización física de los taludes, así como la estabilización química y biológica del sitio, considerando para ello la reforestación tanto de los bordos del depósito como de la superficie superior, con lo cual se espera compensar de forma general las modificaciones al entorno visual y paisajístico.

## VI.2.6 Medio Económico

**Tabla 6.6. Medidas para componente Medio Económico.**

	Línea estratégica	6. Medidas correctivas o compensatorias para el factor: Medio Económico			
ID	Etapas del Proyecto	Operación (Abandono)			
	Impacto <sup>1</sup>	Descripción de la medida <sup>2</sup>	Tiempo <sup>3</sup>	Recursos necesarios <sup>4</sup>	Grado de cumplimiento <sup>5</sup>
19	ME-1	Cursos de capacitación para el desarrollo de las localidades aledañas	Continuo durante la operación	3 sesiones anuales. Personal calificado para impartición de cursos	Registro de las sesiones. Listas de asistencia
<sup>1</sup> = Impacto al que va dirigida la acción <sup>2</sup> =Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación <sup>3</sup> =Tiempo en el que se instrumentará o duración <sup>4</sup> = Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc. <sup>5</sup> = Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia					



### *19. Cursos de capacitación para el desarrollo de las localidades aledañas*

El impacto que generará el Proyecto sobre el factor vocación del suelo se considera como un impacto residual, dado que ningún tipo de medida podría reducir o mitigar la pérdida del uso potencial del suelo. Sin embargo, se pretende compensar ese impacto mediante la impartición de 3 sesiones de manera anual durante la etapa operativa, dirigidas a las localidades aledañas al mismo; esto con el fin de que al terminar la vida útil del proyecto las personas conozcan y obtengan las capacidades y herramientas para desarrollar actividades económicas con base en el nuevo uso de suelo predominante.

### ***VI.2 Medidas de prevención, mitigación o compensación para los impactos Secundarios identificados, por componente ambiental***

Para la mayoría de los impactos secundarios identificados, se aplicarán las siguientes medidas, acomodadas por componente ambiental, con las cuales se pretende atenuar más sus efectos. Éstas medidas podrán ser integradas dentro de los reglamentos, procedimientos y/o programas que la empresa Minera Fresnillo S.A. de C.V., elabore para la ejecución adecuada, eficiente y segura de las actividades del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, en cualquiera de sus etapas. de igual manera a través del programa de vigilancia ambiental se pretende la supervisión y cumplimiento de todas las medidas propuestas tanto para los impactos principales como los secundarios.

#### ***Atmósfera***

- Se utilizarán letrinas móviles en proporción de una por cada 15 trabajadores
- Para el tránsito de vehículos (camiones, equipo pesado y vehículos de servicio se implementaron métodos de control de velocidad (señalización, instrucciones y reductores de velocidad), campañas educativas para las personas vinculadas al proyecto minero
- Se llevara una revisión periódica de equipos y maquinaria a fin de que estos se encuentren con niveles máximos de emisión certificados por el fabricante y en cumplimiento con las normatividad correspondiente a emisiones de contaminantes atmosféricos
- Las excavaciones y acumulaciones de material deberán permanecer con una humedad adecuada a fin de evitar la suspensión de polvo. En las áreas donde se realicen excavaciones o movimientos de material se mantendrá constantemente húmedo para minimizar la emisión y dispersión de polvos
- El diseño de las rutas de acarreo de material deberá contemplar las mínimas distancias factibles, con el propósito de reducir la generación de emisiones y consumo de combustible
- Se deberá contar con un programa de monitoreo de concentración de partículas suspendidas en el aire, el cual se deberá aplicar con una frecuencia semestral o en su defecto anual
- Para mitigar el impacto ocasionado por el aumento de los niveles de ruido se realizarán las siguientes acciones:
  - Se programarán las actividades mineras que provoquen niveles altos de ruido en horarios que no perturben el trabajo de las personas en el área industrial y sitios adyacentes



- Se monitoreará sistemáticamente los niveles de ruido dentro del proyecto, para determinar los sitios críticos y con ello diseñar los sistemas de insonorización de acuerdo a la dinámica del medio
- Se realizará mantenimiento preventivo a las maquinarias y equipos que son generadores de ruido

### ***Geomorfología***

- Se evitará realizar cortes y excavaciones diferentes a las establecidas en el proyecto
- Deberán contemplarse estrategias para el suavizado y estabilización de taludes creados
- Se deberá revisar e incorporar al Plan de Restitución y Cierre de la unidad minera las actividades para compensar y disminuir los impactos referentes a la modificación en la topografía del sitio

### ***Hidrología superficial***

- Se deberán establecer puntos de monitoreo aguas arriba y aguas debajo del depósito de jales
- Se deberá monitorear la calidad del agua superficial mínimo cada seis meses, principalmente las el arroyo Prieto
- Se deberán utilizar letrinas móviles en proporción de una por cada 15 trabajadores. Dichas letrinas se instalarán durante la etapa de preparación y construcción
- Queda estrictamente prohibido verter aguas residuales sobre el arroyo o cualquier escorrentía natural

### ***Suelos***

- Se deberán utilizar letrinas móviles en proporción de una por cada 15 trabajadores. Dichas letrinas se instalarán durante la etapa de preparación y construcción
- En las etapas iniciales del proyecto se deberá evitar las excavaciones y remociones de suelo innecesarias, ya que las mismas ocasionan daños al hábitat, y por ende a la fauna, incrementando los procesos erosivos, inestabilidad y escurrimiento del suelo
- El suelo orgánico retirado de las obras del proyecto deberán ser ubicadas en un área debidamente identificada con la finalidad de futuras acciones de reforestación
- Se deberá monitorear que el apilamiento de suelo en los depósitos sea estable para evitar su erosión eólica e hídrica
- Las áreas por las que se desplace la maquinaria deberán restringirse a los caminos internos y a los sitios predeterminados para el proyecto
- En las áreas donde exista el riesgo de que la superficie del terreno se desestabilice a consecuencia de los procesos erosivos del suelo (flujo de corrientes superficiales), sobrecarga, o cualquier otro problema geotécnico o ambiental, la supervisión ambiental tomará las medidas de protección necesarias
- La promovente y contratistas estarán al pendiente de la revisión y mantenimiento de maquinaria y vehículos, esta actividad se realizará en áreas destinadas y equipadas para su manutención y evitar lugares temporales como caminos y zonas de trabajo con el objeto de evitar la contaminación del suelo.





- La recarga de combustible deberá realizarse evitando derrames y en un lugar especialmente destinado para esta finalidad
- Los residuos serán almacenados en lugares cubiertos con suelo impermeabilizado y con señalización indicando su contenido y medidas de seguridad
- Los vehículos de transporte de suelo deberán ser adecuados, con cubiertas perfectamente sujetas

### ***Fauna***

- Las áreas por las que se desplace la maquinaria deberán restringirse a los caminos internos y a los sitios predeterminados para el proyecto
- Los despalmes deberán ser planeados de tal forma que se ofrezca la oportunidad de huida a las especies de fauna silvestre y que estas no queden acorraladas por las actividades del proyecto
- Realizar acciones de educación ambiental mediante folletos, carteles y charlas, a manera de crear conciencia de la necesidad de conocer, valorar y conservar la fauna silvestre
- Los individuos de fauna capturados para su reubicación, deberán de mantenerse en sitios adecuados, sombreados y con agua un lapso de tiempo no mayor a 24 horas para su reubicación
- La reubicación de las especies de fauna silvestre deberán de efectuarse en horarios adecuados (principalmente en las primeras horas de la mañana o por la tarde) y deberán realizarse en zonas que cuenten con las condiciones óptimas o similares al sitio donde se realizó la captura de cada individuo
- Controlar el ingreso de fauna introducida al área de influencia del proyecto, como perros y gatos que pudieran depredar especies nativas, de igual manera restringir el acceso de que pueda competir o desplazar a la fauna silvestre
- Se capacitará al personal del proyecto con respecto a la forma de actuar ante la presencia de fauna silvestre (venenosa, potencialmente agresiva etc.)
- El personal que labore en el sitio en cualquiera de las tres etapas, debe limitarse a recorrer los espacios por donde se desarrollen sus actividades. No se debe permitir al personal que produzca ruidos muy fuertes, con equipos de música y otros aparatos de audio
- No se permitirá la caza de animales silvestres. Se establecerán sanciones en caso de incumplimiento
- Se deberán hacer recorridos de supervisión continuos por los caminos internos, y llevar una bitácora para el monitoreo de atropellamientos de fauna. Si estos se presentan de manera recurrente, se deberán implementar medidas adicionales para el cruce seguro de la fauna aumentando señalización junto a reductores de velocidad

### ***Paisaje***

- Favorecer la integración de la vegetación, depositando suelo orgánico y material vegetal en la superficie de las áreas cuya funcionalidad hayan llegado a su fin o en áreas potenciales para su restauración
- Se tendrán que llevar a cabo actividades de restauración durante el proceso de operación del proyecto, el cual deberá realizarse en la medida de lo posible de manera paralela a las



actividades mineras, con el fin de reducir los tiempo para la regeneración, adaptación y recuperación de las condiciones ambientales de estas áreas

### ***Medio económico***

- Mantener la continua comunicación que tiene el área de Relaciones con la Comunidad con las localidades que han sido influenciadas por el desarrollo de la Unidad Fresnillo, ello para identificar áreas de oportunidad, y en su caso, diseñar programas de capacitación complementarios a la comunidad sobre las áreas identificadas y sobre las actividades productivas de la zona.
- Ejecución de programas, apoyos y campañas (salud, educación, etc.) para los habitantes de las localidades cercanas, trabajadores y sus familias

### ***VI.3 Supervisión Ambiental***

En general, el impacto causado por el desarrollo del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, deberá ser integrable, asimilable y/o compatible con el entorno actual. Con grados de afectación bajos a moderados sin representar un impacto residual que implique colocar en riesgo al ecosistema local o regional.

Para el efecto de control, prevención y mitigación de posibles impactos ambientales, la acción de mayor importancia por parte de la promotora, será el estricto control ambiental, vigilancia y seguimiento de las medidas establecidas, durante toda la vida útil del Proyecto. Estas acciones se realizarán a través de diferentes instrumentos como lo es el Sistema de Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Relaciones Comunitarias de Minera Fresnillo, el cual tiene como objetivo y meta primaria el cumplimiento de la normatividad y la aplicación de las políticas ambientales de la empresa, contiene los instrumentos necesarios para asegurar la integración del Proyecto a los procesos de supervisión y auditoría, además de la correcta aplicación de las medidas y asignación de responsabilidades al personal que deberá vigilar los aspectos ambientales durante el desarrollo del Proyecto (supervisores ambientales); quienes a su vez harán uso de herramientas como listas de verificación (*check list*) para el desarrollo de sus funciones.

En el Capítulo VI de esta MIA se detalla el contenido del Programa de Vigilancia Ambiental que abarca las actividades de supervisión de la obra. Los rubros principales del programa contemplan lo siguiente:

- Vigilancia por parte de los Supervisores designados por Minera Fresnillo S.A. de C.V.
- Levantamiento de reportes y atención a incidentes (contratistas, arrendadores, personal, visitantes, etc.)
- Cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas y legislación aplicable al Proyecto y
- Estricto control de actividades y/o medidas establecidas para la prevención, mitigación y control de impactos al medio ambiente
- Elaboración de reportes anuales de seguimiento al cumplimiento normativo y de la correcta aplicación de las medidas de prevención y mitigación de impactos, incluyendo



evidencia fotográfica de las condiciones del sitio e integrando información de la bitácora de operación sobre los avances del Proyecto y aspecto técnicos relevantes

- Aplicación de los procedimientos del SSMARC al Proyecto como un área más de trabajo de la unidad minera, incluyendo muestreos puntuales periódicos y/o monitoreos de ruido ambiental, emisiones atmosféricas, calidad del agua, etc.
- Seguimiento de las condiciones generales de la vegetación dentro del área de amortiguamiento y seguridad, y en los terrenos forestales circundantes al Polígono del Proyecto (salud, vigor, renuevos, plaga, enfermedad, muerte)
- Control correctivo en caso de detectar desviaciones en algún equipo, implicando paro de actividad, inspección y arreglo/ajustes

## **VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

En este punto se describe el pronóstico ambiental para la zona, tomando en cuenta la situación actual del Sistema Ambiental (SA), los impactos positivos y adversos del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, así como los impactos residuales del proyecto.

### ***VII.1 Pronóstico del escenario***

La metodología que se ha empleado para pronosticar los posibles escenarios ambientales, conjuga información cualitativa, cuantitativa, descriptiva y geográfica de los siguientes aspectos:

- Del Diagnóstico Ambiental Integrado (DA-I), presentado en el Capítulo IV de este documento, el cual ilustra el escenario actual; siendo analizado particularmente dentro de los límites del Área de Influencia (AI), por ser dentro de esta área donde se resentirán y se amortiguarán los efectos adversos ocasionados por el proyecto.
- De la problemática ambiental y los procesos de degradación identificados en la Sección IV.2.5 para el AI, los cuales evolucionan hacia el escenario sin proyecto (E0)
- De la evaluación de los impactos positivos y adversos que podría ocasionar el proyecto, los cuales fueron identificados y evaluados en las matrices de importancia de impactos (Capítulo V y Anexos 5.1, 5.2 y 5.3 de esta MIA-R), a partir de lo cual se generó el escenario de impactos (escenario con Proyecto y sin medidas = E1)
- La aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el Capítulo VI, así como los impactos residuales del proyecto, que dan lugar al escenario de medidas o E2 (escenario con Proyecto y con medidas)

Es importante recordar que el objetivo del DA-I es mostrar cartográficamente el rango de calidad que guardan los componentes ambientales actualmente dentro del Sistema Ambiental, y por ende dentro del Área de Influencia del Proyecto, plasmando de forma gráfica las áreas con mayor afectación y las que se conservan mejor. Ello se logró mediante la jerarquización de la importancia de los recursos bióticos y abióticos a través de criterios aplicados a la información geográfica de los componentes (para más detalles ver la Sección IV.2.5 del Capítulo IV).

Retomando este objetivo, y teniendo como base el Diagnóstico Ambiental, el equipo multidisciplinario que ha sido partícipe del desarrollo de esta manifestación y de los estudios que la integran y la sustentan, determinó las posibles modificaciones a los valores de importancia actuales de los componentes ambientales integrados, en una escala porcentual; primero suponiendo un escenario donde no se desarrollara el Depósito de Jales San Carlos; luego, estimando la disminución porcentual de la calidad de los componentes a consecuencia del desarrollo de las obras del Proyecto, conforme a la evaluación completa de sus impactos (desarrollada en el Capítulo V). Con esto es





posible hacer una proyección del escenario actual modificado por la ejecución de las obras, sin la minimización de los efectos negativos con la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas.

Posteriormente, a fin de hacer un análisis comparativo, se determinó otro conjunto de valores correspondiente a la disminución porcentual de la calidad de los componentes ambientales integrados derivada de la ejecución del Proyecto, pero esta vez considerando la aplicación de las medidas del Capítulo VI. Este escenario además de mostrar el detrimento acumulativo en la calidad actual del SA, pero atenuado con la aplicación de las medidas propuestas, muestra también una estimación de la distribución que tendrán los impactos residuales, que son aquellos que permanecerán en el ambiente aun después de aplicar las medidas de mitigación y compensación. Por lo anterior, el segundo escenario se ha denominado Escenario de Medidas o E2.

La referencia que se toma para la asignación de los valores porcentuales de disminución en la calidad de los componentes ambientales en los escenarios E1 y E2, viene de la identificación de los impactos principales, así como desde las matrices de importancia de impactos; para ello se consideraron los valores de importancia absoluta determinados por componente ambiental, con especial atención en su residualidad; así mismo, se han determinado hasta tres áreas de afectación dependiendo de la extensión de los impactos con la que fueron evaluados en las matrices de impactos, suponiendo una disminución del efecto adverso conforme se aleja del sitio de origen; siendo así el área de afectación más intensa la Huella del Proyecto.

Cabe aclarar que el periodo estimado para la modelación de los escenarios futuros es posterior al término de la primera fase de la etapa de cierre y abandono de la obra, siendo este un momento más adecuado para evaluar la residualidad del Proyecto, ya que las etapas previas generarán impactos asociados a la preparación, construcción y operación del Proyecto, que dejarán de presentarse una vez que se termine las actividades que lo generan. Por tal razón, los escenarios plasmados a continuación se contemplan en un periodo a 17 años a partir del inicio del Proyecto, lo que de acuerdo con el cronograma (Figura 2.7. Diagrama de Gantt del Programa General de Trabajo), es inmediato posterior a la fase de reforestación y mantenimiento de las áreas reforestadas para el cierre definitivo del sitio, una vez concluido el periodo para la estabilización física y química del depósito.

La metodología para plasmar gráficamente los valores porcentuales de disminución en la calidad de los componentes ambientales en la cartografía, consiste nuevamente en la aplicación de álgebra de mapas, utilizando las herramientas de la plataforma donde se construyó el Sistema de Información Geográfica (Capítulo VIII); para ello, a los valores del modelo del Diagnóstico Ambiental Integrado se les resta el valor total de disminución porcentual para cada área de afectación, repitiendo el procedimiento para cada escenario.

### **VII.1.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto**

El escenario sin proyecto (E0), mantendría como base una condición similar a la situación actual del Sistema Ambiental, con las alteraciones e impactos previamente identificados y definidos como parte del Diagnóstico Ambiental Integrado, y de la descripción de la Problemática Ambiental detectada en el Área de Influencia del Proyecto, pero con un decremento general de la calidad ambiental asociado al crecimiento demográfico en la zona, y por el incremento de las actividades



productivas en la zona, tanto minero-metalúrgicas como agropecuarias, lo que se traduce en mayor presión sobre los componentes ambientales.

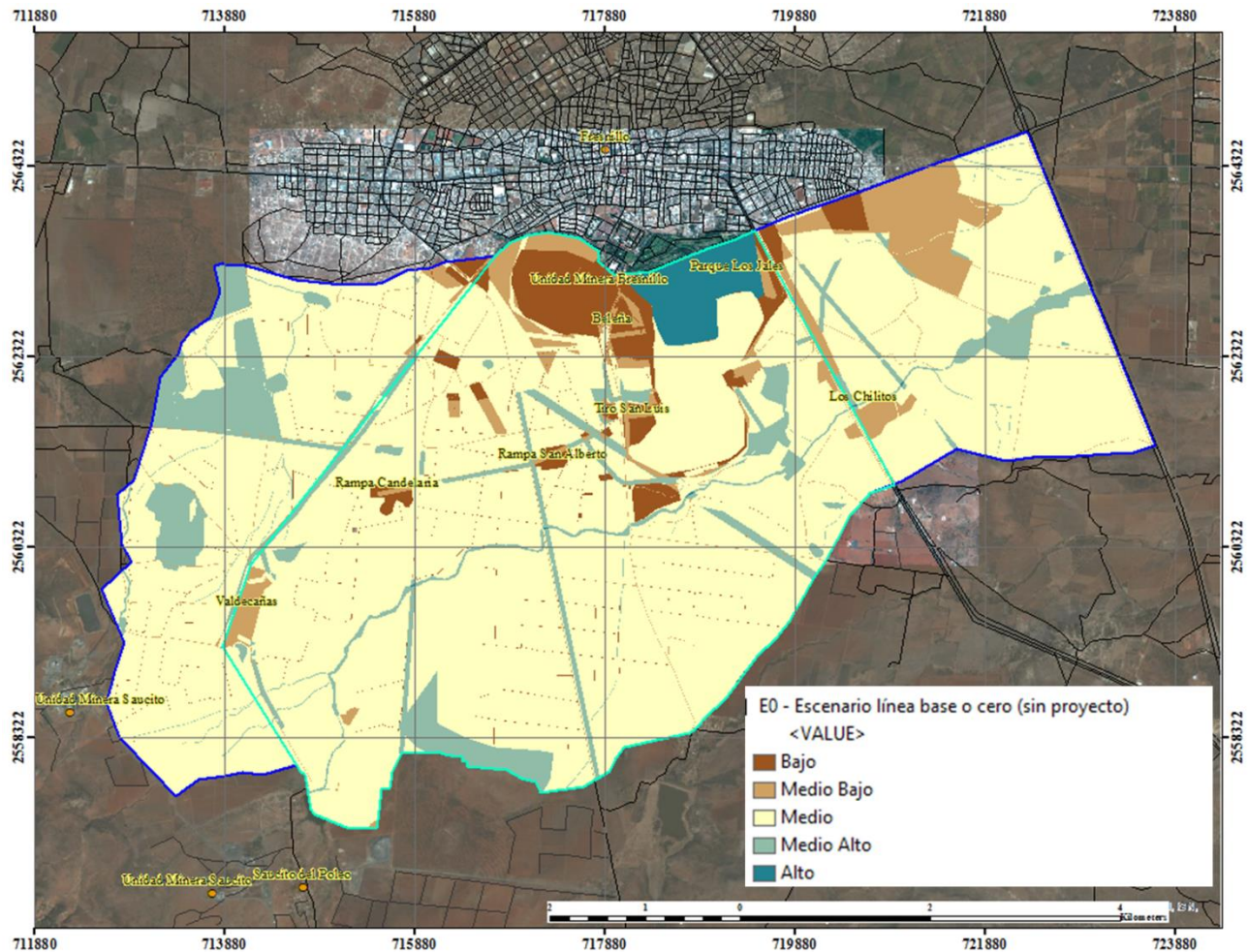
Se estima que en el periodo considerado de 17 años, se presentaría una degradación en materia de suelos, derivadas del permanente proceso de erosión al que está expuesto, sobretudo al no contar con vegetación que lo retenga; así como un gradual empobrecimiento por su continuo uso agrícola, y por la adición de agroquímicos. Se puede anticipar también que habrá una mayor ocupación del suelo para un uso distinto al agrícola, lo que representará una disminución acumulada de la cobertura. Por ello es que se esperaría una disminución generalizada de la calidad ambiental, sin poder precisar áreas bajo presión por alguna actividad en particular, es decir, que no se identificaron áreas con mayor potencial de afectación conforme a su estado actual.

El escenario sin proyecto, podría también impactar indirectamente el desarrollo de estas actividades, ya que de no contar con la infraestructura que garantice la continuidad de la producción de la Unidad Fresnillo, podría anticiparse el cierre de la misma, afectando con mayor intensidad al componente socioeconómico, tanto por la pérdida de fuentes de empleo como de los beneficios sociales y comunitarios generados por Minera Fresnillo.

En la Tabla 7.1 se muestran los valores de calidad modificados para el escenario E0 en el SA (escenario sin proyecto); el cual se presenta en la Figura 7.1.

**Tabla 7.1. Pronóstico de la calidad ambiental en el Sistema Ambiental considerando que no se ejecute el Proyecto (escenario E0 a 17 años)**

<b>Componente</b>	<b>Valor de disminución en la escala de cada componente (%)</b>	<b>Peso Ponderado en el SAR del componente</b>	<b>Valor en la escala del DA-I (%)</b>
Atmósfera	10%	13	1.3
Suelo	1%	20	0.2
Hidrología	10%	17	1.7
Vegetación	25%	9	2.3
Fauna	20%	15	3.0
Paisaje y geoformas	30%	9	2.7
Socioeconomía y Cul.	-15%	17	-2.6
<b>Total</b>			<b>8.6%</b>



**Figura 7.1. Sistema Ambiental Regional (E0 – Sistema Ambiental sin proyecto)**

En un balance ordinario, comparando el Diagnóstico Ambiental en el Sistema Ambiental (Figura 4.41) contra el pronóstico del E0 (Figura 7.1), las modificaciones adversas esperadas serían moderadas de forma generalizada, haciendo que las áreas agrícolas reduzcan su calidad de un nivel medio alto a uno medio. Sólo se mantendría una zona con nivel de calidad alto, que son los humedales y el Parque Ecológico Los Jales, ello por su relevancia para los componentes de vegetación, fauna, hidrología y cultural, principalmente. En este modelo se está considerando como en proceso de desarrollo una restauración ambiental en los depósitos de jales activos, razón por la cual la zona al Sur del Parque Ecológico evidencia una mejora, pasando de un estado de calidad bajo en el Diagnóstico Ambiental Integrado actual, a una calidad media en el E0, influenciado por la atracción de fauna silvestre y el establecimiento de vegetación. La distinción entre trazos lineales definidos de calidad media alta y la predominancia de la superficie en calidad media (áreas agrícolas mayoritariamente), se debe a la ponderación del medio socioeconómico dentro del SA, el cual valora con mayor calidad a la disponibilidad de servicios y vías de comunicación.

### VII.1.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto

Al analizar las potenciales modificaciones que generaría el Proyecto Depósito de Jales San Carlos si se realizara sin contemplar las medidas de prevención y mitigación propuestas, pero sí considerando como parte del Proyecto a las actividades preliminares de cierre que consisten en la reubicación del sustrato y la reforestación del depósito y los taludes externos de los bordos (lo que en sí mismo representa una mitigación de los impactos residuales del Proyecto), se esperaría una degradación de la calidad ambiental moderada pero de forma puntual sobre la Huella del Proyecto, acompañada con el deterioro de la calidad ambiental en el resto de la superficie del SA, de acuerdo a lo estimado para el Escenario E0 (sin proyecto); es decir, en el E1 la calidad ambiental esperada es similar al E0, excepto por la huella del proyecto, en la que se evidencia un deterioro superior aunque controlado, para resultar con una calidad media baja.

En la Tabla 7.2 se muestran los valores porcentuales que reflejan la degradación de la calidad ambiental dentro del Sistema Ambiental, ocasionada por el desarrollo del Proyecto. Cabe destacar que los porcentajes de disminución se presentan a la escala de valores resultantes de los diagnósticos individuales de cada componente ambiental, pero también se presentan a la escala del Diagnóstico Ambiental Integrado, una vez que han sido multiplicados por el peso ponderado del componente respecto a su influencia en el SA.

**Tabla 7.2. Disminución porcentual de los valores de calidad del escenario actual a consecuencia del desarrollo del proyecto (escenario E1)**

Componente	Valor de disminución en la escala de cada componente (%)			Peso Ponderado en el SAR del componente	Valor en la escala del DA-I (%)		
	Huella del proyecto	Buffer 200 m	Buffer 500 m		Huella del proyecto	Buffer 200 m	Buffer 500 m
Atmósfera	5%	2%	1%	13	0.7%	0.3%	0.1%
Suelo	25%	5%	0%	20	5.0%	1.0%	0.0%
Hidrología	3%	0%	0%	17	0.5%	0.0%	0.0%
Vegetación	-3%*	0%	0%	9	-0.3%*	0.0%	0.0%
Fauna	-2%*	-1%	0%	15	-0.3%*	-0.2%*	0.0%
Paisaje y geoformas	75%	30%	15%	9	6.8%	2.7%	1.4%
Socioeconomía y Cul.	-10%*	0%	0%	17	-1.7%*	0.0%	0.0%
<b>Total</b>					<b>11%</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>

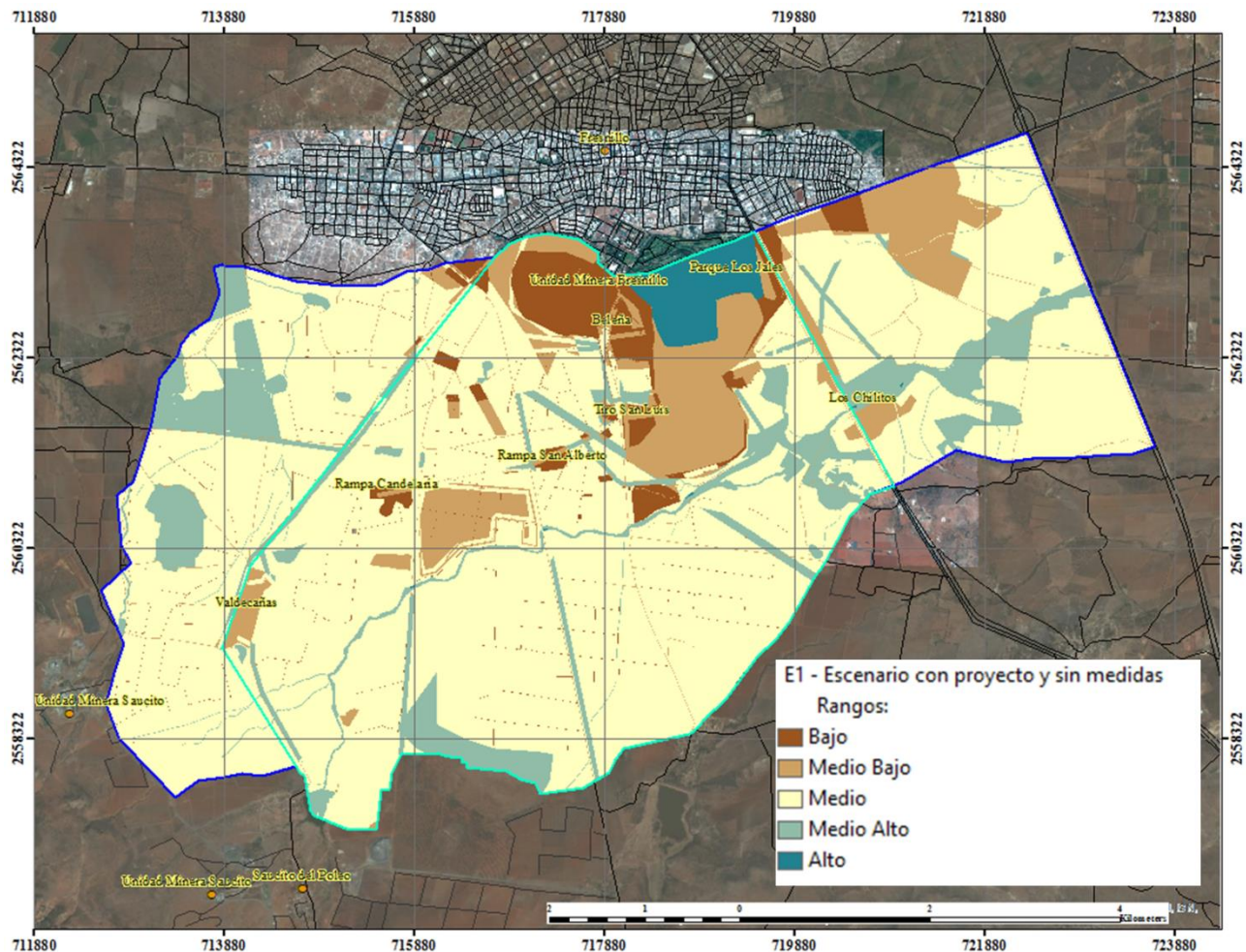
\* Los valores porcentuales negativos indican que en vez de hacer una disminución de los valores de calidad, se hace una adición de valores, reflejando en los modelos de los escenarios los impactos positivos identificados que generará el Proyecto.

En la Figura 7.2, se muestra el Escenario de Impactos o E1, en el cual se aprecia el deterioro sobre las superficies de ocupación del Proyecto, sin incluir a los sistemas de conducción de jales y de agua clarificada, los cuales ocasionaron solo una afectación temporal durante su construcción. Tal



como en el E0, la mayor parte de la superficie del SA exhibirá una calidad media, con áreas específicas de calidad baja, correspondientes a las zonas en las que Minera Fresnillo o sus contratistas mantienen actividad asociada a la unidad minera.

En otras palabras, el desarrollo del Proyecto sin la ejecución de medidas de conservación, afectará de forma puntual la composición del ecosistema sin embargo, a nivel del Sistema Ambiental no tendría relevancia dado que éste está sujeto también a otros procesos de degradación ajenos e independientes al Proyecto.



**Figura 7.2. Escenario de impactos (E1 – SA con Proyecto, sin medidas)**

Aunque se consideró la extensión de algunas de las afectaciones sobre los componentes ambientales mediante la asignación de valores a dos áreas de amortiguamiento (a 200 m y a 500 m a partir de la Huella del Proyecto), éstas no son suficientemente importantes como para cambiar a un menor rango la calidad ambiental. Por esta razón es que la figura que corresponde al E1 muestra aparentemente solo una degradación puntual sobre la huella del proyecto.

En este escenario, los componentes Suelo y Paisaje – geoformas, son los que resentirían con mayor intensidad la degradación en su calidad, el primero de forma puntual (solo sobre la Huella del



Proyecto y un poco en la primera zona de amortiguamiento), mientras que el paisaje presentaría afectaciones tanto en la Huella del Proyecto (con una disminución de hasta el 75%), como en las dos áreas de amortiguamiento consideradas. Por otra parte, el componente socioeconómico y cultural incrementaría un 10% su calidad sobre las áreas del proyecto, mientras que los componentes del medio biótico (vegetación y fauna) también presentarían un ligero incremento en su calidad, a partir de la estabilización biológica (reforestación) del Depósito de Jales San Carlos.

En términos generales, sobre la superficie que abarca la Huella del Proyecto, los componentes ambientales en su conjunto, perderían el 11% de su calidad actual. En la primera área de afectación considerada (buffer de 200 m alrededor de la Huella del Proyecto), la calidad ambiental se reduciría en un 4%; mientras que en la segunda área de afectación considerada (buffer 500m) se perdería solo el 1%.

### VII.1.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

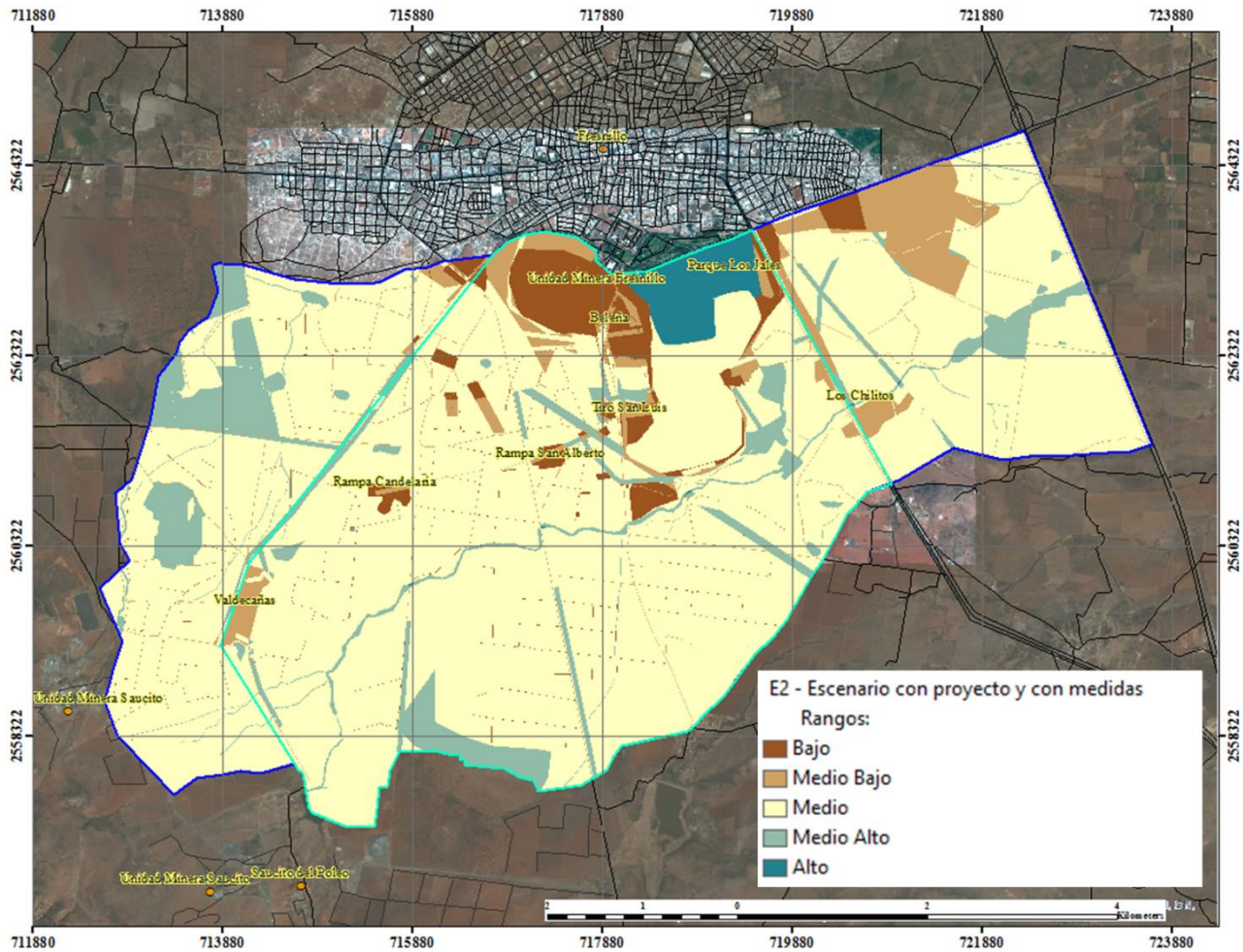
El escenario E2 mantiene como base el escenario de impactos, pero considera una atenuación de los valores de disminución en función de los resultados que se espera que tengan las medidas propuestas, dentro de las medidas para la prevención y mitigación de los impactos.

En la Tabla 7.3 se muestran los valores estimados de disminución de la calidad de cada componente, en términos porcentuales.

**Tabla 7.3. Disminución porcentual de los valores de calidad del escenario actual a consecuencia del desarrollo del proyecto con la aplicación de medidas (escenario E2)**

Componente	Valor de disminución en la escala de cada componente (%)			Peso Ponderado en el SAR del componente	Valor en la escala del DA-I (%)		
	Huella del proyecto	Buffer 200 m	Buffer 500 m		Huella del proyecto	Buffer 200 m	Buffer 500 m
Atmósfera	0%	0%	0%	13	0.0%	0.0%	0.0%
Suelo	5%	0%	0%	20	1.0%	0.0%	0.0%
Hidrología	3%	0%	0%	17	0.5%	0.0%	0.0%
Vegetación	-3%*	0%	0%	9	-0.3%*	0.0%	0.0%
Fauna	-2%*	-1%*	0%	15	-0.3%*	-0.2%*	0.0%
Paisaje y geoformas	75%	30%*	15%*	9	6.8%	2.7%	1.4%
Socioeconomía y Cul.	-10%*	0%	0%	17	-1.7%*	0.0%	0.0%
<b>Total</b>					<b>6%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>

\* Los valores porcentuales negativos indican que en vez de hacer una disminución de los valores de calidad, se hace una adición de valores, reflejando en los modelos de los escenarios los impactos positivos identificados que generará el Proyecto.



**Figura 7.3. Escenario de medidas (E2 – SA con Proyecto y con medidas)**

Como se refleja en la Figura 7.3, en el escenario futuro previsto con el desarrollo del Proyecto y con la aplicación de las medidas propuestas, la calidad ambiental en el SA mantendría un nivel cercano al estimado para el E0 (escenario sin proyecto), conservando una calidad media en el área del Proyecto, que se emula con la calidad ambiental predominante en la zona. Esto mismo puede interpretarse como que llegado el periodo de 17 años analizado, y de haberse construido, operado y restituido el Depósito de Jales San Carlos tal como ha sido establecido desde su diseño, será totalmente compatible con el entorno, el cual se ha diagnosticado como altamente modificado de sus condiciones naturales primarias de antaño.

De esto último se resalta la importancia que adquiere la supervisión y vigilancia del desarrollo de las obras, tanto en materia ambiental como en materia civil.

Concretamente, se espera que para este escenario la calidad ambiental en la superficie que ocuparía la Huella del Proyecto se degradará solo un 6%, contra el 11% estimado en el E1, lo que representa una alteración casi de la mitad de lo que representa la alteración considerada en el escenario de impactos.



#### **VII.1.4 Pronóstico ambiental**

A partir del análisis de los tres apartados anteriores, y dadas las condiciones actuales del sitio, así como las tendencias futuras de desarrollo e incremento de presión sobre los componentes ambientales, se concluye que el pronóstico ambiental para el área de estudio hacia la etapa de cierre del Proyecto, no será sustancialmente afectado por su ejecución, siempre que se ejecute según las consideraciones de diseño.

Es importante reconocer la importancia de estas obras directamente para la Unidad Fresnillo, ya que en el mediano plazo resultarán primordiales para dar continuidad al proceso de beneficio de minerales, y extender por un mayor plazo la actividad productiva de la empresa, lo que indirectamente también representa beneficios para una gran comunidad, tanto en términos de empleos bien remunerados, como por la derrama económica, la incentivación de la economía local, la contribución tributaria, los programas de apoyo y desarrollo social, así como la generación de espacios recreacionales como el zoológico de la mina Proaño, el Parque Ecológico Los Jales, los museos y el club de golf que mantiene Minera Fresnillo.

A partir de los aspectos positivos que tendría el Proyecto, y en consideración del grado de calidad que guarda el SA respecto a los componentes ambientales, el Proyecto se considera ambientalmente viable, aunque no está exento de generar impactos permanentes sobre el entorno, catalogados como residuales, los cuales se describen a continuación.

#### **VII.1.5 Impactos residuales**

De los impactos principales identificados en el capítulo V de esta MIA-P, y a partir de los escenarios futuros previstos, se anticipa que los siguientes impactos son los que presentarán una residualidad<sup>[1]</sup>, como resultado del desarrollo del Proyecto, y de forma posterior a la ejecución de las medidas establecidas en el capítulo anterior de este documento.

##### Geomorfología

El conjunto de los bordos de contención y los jales almacenados en ambas celdas del Depósito de Jales San Carlos, representará el principal impacto residual a la geomorfología que directa o indirectamente afectó también a los componentes de suelo, hidrología y paisaje, ya que representan una alteración de las curvas de nivel actuales de manera localizada, que es inevitable, pero que pueden estabilizarse de forma que no representen un riesgo al equilibrio regional del ecosistema, especialmente en materia de control y prevención de la erosión.

Si bien no es factible la reconformación del terreno a un estado original, se podrán suavizar taludes generados por el Proyecto, y asegurar una estabilidad del terreno para evitar posibles procesos erosivos a largo plazo; tal condición está proyecta como parte de los objetivos para la etapa de cierre y abandono del Proyecto, que se centran en alcanzar un equilibrio físico, químico y biológico en las áreas afectadas.

---

<sup>[1]</sup> Se entiende por impacto residual al efecto que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación, y cuya residualidad deriva de la persistencia e irreversibilidad del efecto (incluso después de la atenuación o mitigación).

La siguiente figura ilustra lo que sería el impacto residual que sobre el componente geomorfológico y paisajístico recaería.



BORDOS DE TEPETATE.



BORDOS CON RECUBRIMIENTO VEGETAL.



BORDOS REFORESTADOS.

**Figura 7.4. Bosquejo del escenario futuro con impactos residuales**

#### Suelo

Aun cuando se planeé un rescate, almacenamiento y conservación del suelo orgánico en las áreas a despallar para el desplante de obras y desarrollo de obras asociadas, se estima una pérdida residual indirecta de suelo por procesos erosivos detonada por las propias obras del proyecto, así como una degradación en la calidad y productividad del suelo, asociada a las condiciones de anoxia a las que será expuesto por la conformación de las terrazas en el banco de tiro, de manera que requerirá de un enriquecimiento con fertilizantes para su posterior empleo como sustrato de la vegetación en la etapa de cierre y abandono del Proyecto. Si bien el grado de erosión no se visualiza como intenso, la relevancia del recurso para el entorno natural le incrementa la importancia a este impacto.

#### Vocación del suelo

La preparación, construcción y operación del Depósito de Jales San Carlos degradará de forma puntual al terreno en materia de vocación del suelo, limitando o eliminando otros usos





productivos potenciales. En otras palabras, aun cuando se estima que el Proyecto otorgará un uso productivo de mucho mayor rentabilidad que el uso actual (agricultura), el beneficio está limitado al periodo de vida útil del depósito, y posteriormente no podrá ser empleado para otros usos productivos, aunque las medidas para el adecuado cierre y abandono del sitio preliminarmente considerar convertir a la zona en un área reforestada y apta para la conservación de flora propia de la zona, lo cual eventualmente propiciará el establecimiento de hábitats para algunas especies de mamíferos pequeños y aves.

## ***VII.2 Programa de Vigilancia Ambiental***

En la línea de desarrollo de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, se ha descrito que el Proyecto es considerado como una obra complementaria a la operación de la Unidad Fresnillo, en particular del área industrial (recuperación y concentración de minerales mediante proceso de flotación).

De esta manera, se establecerá un Programa de Vigilancia Ambiental para el seguimiento de la calidad de los diferentes factores ambientales que podrían ser afectados durante la ejecución del Proyecto, así como los sistemas de control y medidas de estos parámetros. Como parte del programa, las principales acciones que desempeñarán los supervisores son las siguientes:

- Recorridos continuos por todos los frentes de trabajo con relación al Proyecto, empleando listas de verificación (*check list*) para la inspección y vigilancia de las condiciones ambientales y de trabajo adecuadas.
- Informar y hacer cumplir la política ambiental y las reglas generales de Seguridad y Medio Ambiente, a todo el personal involucrado
- Llevar estricto control de actividades y/o medidas establecidas para la prevención, mitigación y control de impactos al medio ambiente, descritas en el capítulo anterior
- Evaluar la necesidad de proponer cambios en las medidas de prevención y mitigación
- Verificar las condiciones de seguridad e higiene laboral de los frentes de trabajo y de todo el personal con el fin de prevenir accidentes
- Levantar reportes y atención a incidentes
- Verificar que en el área del Proyecto no haya generación, manejo ni almacenamiento de residuos de ningún tipo, y que los que sean generados en otros sitios, como en los talleres de mantenimiento, reciban un adecuado manejo conforme a los procedimientos específicos
- Verificar que la maquinaria y equipos asignados al Proyecto operen siempre en buenas condiciones, y en caso contrario, exigir al personal a cargo la interrupción de la operación y su traslado inmediato a los talleres correspondientes para su mantenimiento
- Efectuar control correctivo en caso de detectar desviaciones en algún equipo, implicando paro de actividad, inspección y arreglo/ajustes
- Coordinar la aplicación buenas prácticas operativas para el mejoramiento del desempeño ambiental del proyecto
- Verificar la correcta vinculación de los lineamientos presentes en la NOM-141-SEMARNAT-2010

Como evidencia de la implementación del programa y cumplimiento de sus objetivos, se elaborarán reportes en los que quede demostrado el cumplimiento de las medidas descritas en este capítulo más las que sean indicadas por la autoridad en el correspondiente resolutive, a través de la descripción de las acciones de seguimiento continuo y de fotografías con fecha y georeferencia que muestren los cambios progresivos en las condiciones del Polígono del Proyecto.

Asimismo se deberá llevar una bitácora de operación en la que se registren los avances del Proyecto, incluyendo información sobre las fechas en las que se ejecutan actividades que conciernen al Proyecto; las horas de trabajo acumuladas durante los periodos de operación; la maquinaria, el número de camiones de volteo y el personal empleado; observaciones generales del sitio; y demás aspectos técnicos operativos del Proyecto. La información concentrada en la bitácora de operación deberá ser integrada en los informes anuales de cumplimiento a las medidas establecidas y a los términos y condicionantes que sean impuestos al Proyecto.

### VII.3 Conclusiones

El Proyecto Depósito de Jales San Carlos tendrá afectaciones en las características ambientales actuales presentes en el área. Debido a que en la zona donde pretende realizarse el Proyecto, los componentes ambientales se encuentran muy alterados respecto a su estado natural original, producto de la presión que ha ejercido el humano a través de muchos años de aprovechar los recursos naturales de la zona, estableciendo una comunidad que se volvió ciudad, explotando los yacimientos minerales desde el Siglo XVI, así como el aprovechamiento de las cualidades del suelo y del terreno para la práctica de la agricultura, las afectaciones del presente Proyecto solo se adicionaran a las modificaciones ya existentes.

Los principales impactos ambientales adversos o de mayor trascendencia que podría generar el Proyecto, sin que ninguno de éstos alcance una intensidad o importancia tal que obstaculice la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, ni la continuidad de los procesos naturales, se presentan de forma sintetizada en la siguiente tabla.

**Tabla 7.4. Impactos adversos potenciales identificados**

Componente ambiental	Código	Impacto potencial
Atmósfera	ATM-1	Alteración a la calidad del aire por emisión de partículas suspendidas, principalmente durante el desarrollo de las etapas de preparación y construcción del Proyecto
Geomorfología	Ge-1	Modificaciones topográficas, principalmente por la conformación de una nueva geoforma artificial que se desplantará sobre un valle de pendientes bajas
Suelo	Su-1	Incremento de potencial de erosión por extracción del suelo (despalme), recuperación de la capa orgánica, acarreo y disposición en banco de tiro para la conformación de las terrazas
	Su-2	Alteraciones en distribución y cobertura de suelos por ocupación de sitios con pendientes que favorecen el desarrollo del factor edáfico. Durante las actividades de Preparación de terreno se eliminará la

Componente ambiental	Código	Impacto potencial
		capa de suelo orgánico (recuperada) y aquel que no sea apto para construcción, de las áreas de desplante del Depósito de Jales, por lo que habrá una reducción de la cobertura de suelos considerando que la superficie despalmada será mucho mayor a la superficie de almacenamiento que cubrirá el banco de tiro. Se anticipa, a su vez, que el apilamiento del suelo orgánico en las terrazas del banco de tiro y el periodo de almacenamiento (mayor a 9 años), provocará la pérdida de sus propiedades originales, deteriorando su calidad por la falta de oxigenación
Fauna	Fa-1	Las actividades para la preparación y construcción del Proyecto originarán disturbios que alejará a la fauna potencialmente presente en el sitio, especialmente a las aves. Durante la etapa de operación se espera un efecto diferente sobre el mismo Factor por la existencia de un espejo de agua en el Depósito de Jales, que será un potencial atractivo para especies de fauna.
Paisaje	Pa-1	El banco de tiro y el propio depósito de jales, romperán con la continuidad paisajística en el valle de Fresnillo.
Medio económico	ME-1	El desarrollo del Proyecto impedirá que la superficie ocupada vuelva a tener un uso productivo diferente al que se le dio como depósito de jales.

El Depósito de Jales San Carlos, representará un impacto residual a la geomorfología que directa o indirectamente afecta también a los componentes de suelo, hidrología y paisaje, ya que representan una alteración de las curvas de nivel actuales de manera localizada, que es inevitable, pero que pueden estabilizarse de forma que no representen un riesgo al equilibrio regional del ecosistema, especialmente en materia de control y prevención de la erosión. Si bien no es factible la reconformación del terreno a un estado original, se podrán suavizar taludes generados por el Proyecto, y asegurar una estabilidad del terreno para evitar posibles procesos erosivos a largo plazo; tal condición está proyecta como parte de los objetivos para la etapa de cierre y abandono del Proyecto, que se centran en alcanzar un equilibrio físico, químico y biológico en las áreas afectadas.

Se estima una pérdida directa de suelo (despalme puntual de áreas), e indirecta por procesos erosivos detonada por las propias obras del proyecto, tanto en las etapas de preparación como durante la construcción, aunque solo de manera moderada; si bien el grado de erosión no se visualiza como intenso, la relevancia del recurso para el entorno natural le incrementa la importancia a este impacto, aunque no llega a considerarse como un impacto severo, ni mucho menos crítico.

Como se ha analizado a lo largo de este estudio con base en la información del Proyecto (Capítulo II) y del entorno (Capítulo IV), si bien los principales impactos que potencialmente podría generar el desarrollo del Depósito de Jales San Carlos, alterarán en grado moderado las condiciones ambientales actuales en el sitio, desde la emisión de polvos fugitivos hasta la continuidad paisajística, pasando por afectaciones a la topografía, al suelo, y a la fauna, ninguno de éstos impactos son de carácter significativo en cuanto a que provoquen alteraciones en los ecosistemas y sobre los recursos



naturales o en la salud, de manera que se obstaculice la existencia y desarrollo de seres vivos en el AI o en el SA; así como tampoco romperán con la continuidad de los procesos naturales.

La apropiada y oportuna ejecución de las medidas de control, prevención y mitigación, pero sobretodo la continua y eficiente supervisión y vigilancia en materia civil y ambiental, serán tareas vitales para cumplir con los objetivos esenciales del Proyecto, respetando la integridad funcional y la capacidad de carga del ecosistema, y a su vez favoreciendo indirectamente, a través de la Unidad Fresnillo, la continuidad del desarrollo y beneficios socioeconómicos que genera actualmente la empresa promovente; logrando con ello la sustentabilidad del Proyecto.

Aun cuando la evaluación de impactos no haya identificado afectaciones posibles al componente hidrológico dadas las características de las obras y su diseño conforme a la normatividad correspondiente, se seguirán todos los lineamientos para la preparación, construcción, operación, post-operación y monitoreo del Depósito de Jales establecidos en la NOM-141-SEMARNAT-2003 (Anexo 3.1 de esta MIA-P), entre los que se incluyen muestreos para caracterización de los jales, mediciones en los instrumentos del sistema de monitoreo para identificar desviaciones a la operación normal, etc. ya que esto es una obligación normativa aplicable al Proyecto.

Por otro lado, la presión que generará el Proyecto a las condiciones actuales de los componentes ambientales en el Sistema Regional, será de carácter acumulativa a nivel del SA e incluso a nivel del Área de Influencia, debido a que dentro de su superficie se localizan áreas operativas minero-industriales, pero particularmente por la existencia de actividades agrícolas que han transformado de forma significativa el entorno natural, provocando la pérdida de cobertura vegetal y los procesos que a ella se asocian, dada su sinergia: incremento del potencial de erosión eólica e hídrica (con arrastres de sedimentos), pérdida total o parcial de hábitats y alejamiento de la fauna silvestre, deterioro y/o transformación del paisaje, etc. Sin embargo, no se ha considerado que el efecto acumulativo y/o sinérgico de las afectaciones propias del Proyecto ejerzan reacciones adversas significativas, que tengan potencial para ocasionar desequilibrios sobre alguno de los componentes ambientales.

Del análisis integral desarrollado en esta MIA-P, entre los que se incluye la evaluación de impactos ambientales, se concluye que:

- Dado que el diseño del depósito consideró los criterios de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y los estudios previos del sitio, a partir de los cuales se desarrolló la ingeniería de detalle para garantizar la estabilidad del bordo, no se debe esperar una falla estructural del depósito, a menos que su construcción no haya atendido a los planos de ingeniería; pero para evitar que esto suceda, se establecerá un control topográfico especializado permanente durante la construcción de la obra. Por lo tanto, el Proyecto propuesto no representa un riesgo a la salud y bienestar humano
- El Proyecto propuesto no afectará significativamente la calidad de ningún cuerpo de agua subterráneos ni superficiales, conforme al diseño del Depósito de Jales, el cual se apega cabalmente a los lineamientos de la NOM-141-SEMARNAT-2003
- Los potenciales impactos que el Proyecto genere sobre la vida silvestre son poco





significativos ya que no existen situaciones con alta probabilidad de efectos permanentes o largo plazo de gran magnitud sin solución desde el punto de vista técnico

- El Proyecto contempla actividades y obras de prevención y mitigación de los impactos identificados a los diferentes componentes ambientales
- El Proyecto implica la ejecución de obras de restauración, rehabilitación y de estabilización al final de su vida útil (etapa de abandono), que deberán ser consideradas en el Plan de Cierre y sus periódicas actualizaciones
- El pronóstico ambiental para el área de estudio hacia la etapa de cierre del Proyecto, indica que el entorno no será sustancialmente afectado por su ejecución, siempre que se ejecute según las consideraciones de diseño.

Con base en lo anterior, el Proyecto Depósito de Jales San Carlos no representa un factor de desequilibrio ecológico a nivel del Sistema Ambiental local y/o regional, ni ocasionará situaciones de contingencia ambiental que representen un riesgo a la salud y bienestar humano, ni causará una inestabilidad en la funcionalidad del ecosistema.



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

### ***VIII.1 Formatos de presentación***

Para realizar la caracterización del medio físico, biótico, social y económico del Proyecto Depósito de Jales San Carlos, se desarrollaron diferentes acciones para evaluar la información ambiental del área donde se pretende realiza el proyecto:

- a) Evaluación preliminar del proyecto
- b) Trabajo de campo
- c) Procesamiento de la información generada
- d) Recopilación bibliográfica de información
- e) Elaboración de un sistema de información geográfica
- f) Generación de elementos de salida

A continuación se menciona una breve descripción de las diferentes acciones involucradas en la ejecución de la evaluación ambiental:

- a) Evaluación preliminar del proyecto

Una vez que Natural Environment S.C. recibe la solicitud de Minera Fresnillo S.A. de C.V. para la elaboración de los estudios que integran a la Manifestación de Impacto Ambiental, se conforma el equipo de trabajo y se reúne para analizar de forma preliminar los alcances del proyecto (scoping), revisando la información general de las obras y actividades pretendidas (información proporcionada por el promovente), así como las condiciones generales del entorno, lo cual incluye la revisión de la base de datos de información geográfica que dispone Natural Environment S.C., un análisis espacial en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) de la SEMARNAT, y revisión de otras fuentes de información. Así mismo, se hace un bosquejo del polígono que representará al Sistema Ambiental y de las áreas de referencia involucradas en el proyecto, con las cuales se planean los trabajos de campo y se determinan los sitios de muestreos.

- b) Trabajo de campo

Como parte de los trabajos de investigación y evaluación de las características ambientales naturales del sitio, se hicieron recorridos por las áreas involucradas en el Proyecto en el mes de junio de 2015, durante los cuales se levantó la información de los medios biótico, físico y socioeconómico que se presentan en el Sistema Ambiental del proyecto, empleando para ello métodos y técnicas particulares para cada componente (transectos, recorridos aleatorios, capturas, fototampas, tomas fotográficas, identificación de huellas, entrevistas, etc.)



c) Procesamiento de la información generada

El trabajo de gabinete se inicia con el procesamiento de la información generada en campo para obtener resultados de los muestreos, además de organizar la información facilitada durante la visita por los responsables del Proyecto, para su análisis, descripción e integración al Sistema de Información Geográfica.

d) Recopilación bibliográfica de información

Se colectó información bibliográfica de otros estudios disponibles realizados en la región, incluyendo información generada previamente por Natural Environment S.C., referente al medio biótico, abiótico e infraestructura, así como información a nivel regional de diversas fuentes públicas, principalmente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), del Servicio Geológico Mexicano (SGM), etc. incluyendo a temas como edafología, geología, uso del suelo, vegetación, topografía, climatología e hidrología superficial y subterránea.

e) Elaboración de un Sistema de Información Geográfica

Con la finalidad de asegurar el apropiado análisis de la situación ambiental del sitio donde se pretende el desarrollo del Proyecto Depósito de Jales San Carlos se elaboró un Sistema de Información Geográfica (SIG) el cual consistió de los siguientes puntos:

- Estructuración funcional del sistema

En esta paso se diseñó la estructura del sistema con base en las necesidades específicas del Proyecto, con esto se definieron escalas mínimas y máximas, proyecciones geográficas aplicables, zonas geográfica limitada y atributos: así como, características de la topología del sistema, creando las bases para la estandarización de la información.

- Integración y estandarización de la información recopilada

Se vertió al sistema la información de las fuentes públicas oficiales citadas en el inciso anterior junto con la información generada para el Proyecto y con información adicional de otras fuentes privadas; integrándola toda en un formato digital estándar, con el fin de homogeneizar y manejar dicha información para abordar diversos planteamientos.

A continuación, en la Tabla 8.1, se enlistan los principales datos que se integraron al Sistema en esta fase:

**Tabla 8.1. Datos integrados al Sistema de Información Geográfica**

Nombre	Tipo de información	Cobertura	Observaciones
Polígonos de obras y componentes (plan maestro)	Vector	Área del proyecto	Información proporcionada por el promovente
Polígonos de lotes y predios	Vector	Área del proyecto	Información proporcionada por el promovente
Plano de instalaciones de abastecimiento y vías de acceso	Vector	Área del proyecto	Información proporcionada por el promovente
Imagen Satelital Quickbird 2015	Archivo raster	25 km2	QB Marzo 2015 – Pixel .60 cm bandas color natural y monocromatica
Ortofotografía INEGI	Archivo raster	f13b47 A, B, C, D , E y F	Monocromatica – Abril 1994 Píxel 1.5 m.
Imagen Satelital Base ESRI	Archivo raster	Mundial y Local	Información gratuita ESRI MAPS, imágenes locales y regionales
Topografía Base ESRI	Archivo raster	Mundial y Local	Información gratuita ESRI MAPS, imágenes locales y regionales
Vías de Acceso y Carreteras Base ESRI	Archivo raster	Mundial y Local	Información gratuita ESRI MAPS, imágenes locales y regionales
Modelo digital de elevación regionales	Generado a partir de curvas de nivel INEGI cada 10 m.	Local	Generados mediante Spatial Analysis por proceso de Tin interpolación de curvas de nivel para su posterior conversión a grid (malla)
Modelo de relieve regionales	Generado a partir de curvas de nivel INEGI cada 10 m.	Local	Generados mediante Spatial Analysis a partir del modelo digital de elevación con una equidistancia de 10 m
Modelo de pendientes regionales	Generado a partir de curvas de nivel INEGI cada 10 m.	Local	Generados mediante Spatial Analysis a partir del modelo digital de elevación con una equidistancia de 10 m
Modelo hidrológico regionales	Generado a partir de curvas de nivel INEGI cada 10 m.	Local	Generados mediante Arc-Hidro Analysis, generando rumbo de corrientes y el flujo acumulado de precipitación, para posteriormente determinar el modelo de corrientes y el modelo de nano cuencas y cuencas hidrológicas
Modelo digital de elevación locales	Generado a partir de curvas de nivel de detalle proporcionadas por el promovente	Área del proyecto	Generados mediante Spatial Analysis por proceso de Tin interpolación de curvas de nivel para su posterior conversión a grid (malla)
Modelo de relieve locales	Generado a partir de curvas de nivel de detalle proporcionadas por el promovente	Área del proyecto	Generados mediante Spatial Analysis a partir del modelo digital de elevación con la equidistancia mínima modelable
Modelo de pendientes locales	Generado a partir de curvas de nivel de detalle proporcionadas por el promovente	Área del proyecto	Generados mediante Spatial Analysis a partir del modelo digital de elevación con la equidistancia mínima modelable
Modelo hidrológico local	Generado a partir de curvas de nivel de detalle proporcionadas por el promovente	Área del proyecto	Generados mediante Arc-Hidro a partir del modelo digital de elevación con la equidistancia mínima modelable



Modelo de clasificación espectral de la vegetación	Vector	Local	Generado a partir de fotografía Quickbird Marzo 2015 detalla del proyecto (Pixel .60 cm)
Carta Hidrología Superficial INEGI	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta INEGI
Carta Hidrología Subterránea INEGI	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta INEGI
Carta Geológica INEGI	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta INEGI
Carta Edafológica INEGI	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta INEGI
Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie 5 INEGI	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta INEGI
Carta de Uso Potencial INEGI	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta INEGI
Carta de Efectos Climáticos INEGI (Mayo - Octubre)	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta INEGI
Carta de Efectos Climáticos INEGI (Noviembre - Abril)	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta INEGI
Carta de Geológica Minera SGM	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta Servicio Geológica Mexicano
Carta Propiedad Mineras SGM	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta Servicio Geológica Mexicano
Carta Magnética SGM	Archivo raster y Carta dura 1:250,000	F1303 y F1306	Datos referidos a la carta Servicio Geológica Mexicano
Áreas de Conservación de Aves AICAS	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Cabeceras Municipales	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Modelo de Climas Nacional	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Curvas de Nivel 100 metros	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
División Política Estatal	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Divisiones Florísticas	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Edafología	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Escorrentamiento Media Anual	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Escorrentamiento Total Anual	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Estaciones Climatológicas	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Estaciones Hidrométricas	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Evapotranspiración Real	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Fisionómica Estructural	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional

Hidrogeología	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Hidrografía	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Hipsometría	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Insolación Media Anual	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Insolación Total Anual	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Inventario Nacional Forestal Puntos de Verificación	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Lenguas Indígenas a Nivel Municipal	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Marginación a Nivel Municipal	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Precipitación Media Anual	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Precipitación Total Anual	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Provincias Bio-Geográficas de México	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Permeabilidad de Rocas y Suelos	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Provincias Bióticas de México	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Provincias Fisiográficas de México	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Provincias Hepetofaunísticas de México	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Rasgos de Humedad Según Climas	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Redes Carreteras	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Regímenes de humedad en el suelo	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Región Terrestre Prioritaria RTP	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Región Hidrológica Prioritaria RHP	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Regiones Ideológicas de Mexico	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Regiones Hidrológicas Administrativas	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Regiones Naturales de México	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Suelos Dominantes de México	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Temperatura Media Anual	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Usos de Suelo y Vegetación Serie 3	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional

Usos de Suelo y Vegetación Serie 4 – Compuesta CONABIO	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto corregidas Red Geodésica Nacional
Vegetación Según Rendowski	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONABIO – Orto foto
Cuencas CONAGUA	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONAGUA – Corregidas Red Geodésica Nacional
Cuencas CNA	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONAGUA – Corregidas Red Geodésica Nacional
Cuencas Instituto de Geografía	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONAGUA – Corregidas Red Geodésica Nacional
Sub-Cuencas CONAGUA	Vectorial temática nacional	Nacional	Información Nacional CONAGUA – Corregidas Red Geodésica Nacional
Plano de Políticas de Conservación CONAFOR	Vectorial temática nacional	Nacional	Inventario Nacional Forestal CONAFOR – Corregidas Red Geodésica Nacional
Plano de Políticas de Producción CONAFOR	Vectorial temática nacional	Nacional	Inventario Nacional Forestal CONAFOR – Corregidas Red Geodésica Nacional
Plano de Políticas de Restauración CONAFOR	Vectorial temática nacional	Nacional	Inventario Nacional Forestal CONAFOR – Corregidas Red Geodésica Nacional
Plano de Políticas No Aplicables CONAFOR	Vectorial temática nacional	Nacional	Inventario Nacional Forestal CONAFOR – Corregidas Red Geodésica Nacional
Áreas Naturales Protegidas Federales CONANP	Vectorial temática nacional	Nacional	CONANP Actualización 2011 - 2012 – Corregidas Red Geodésica Nacional
Áreas Naturales Protegidas Estatales CONANP	Vectorial temática nacional	Nacional	CONANP Actualización 2011 - 2012 – Corregidas Red Geodésica Nacional
Áreas Naturales Protegidas Municipales CONANP	Vectorial temática nacional	Nacional	CONANP Actualización 2011 - 2012 – Corregidas Red Geodésica Nacional
Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación CONANP	Vectorial temática nacional	Nacional	CONANP Actualización 2011 - 2012 – Corregidas Red Geodésica Nacional
Sitios RAMSAR - CONANP	Vectorial temática nacional	Nacional	CONANP Actualización 2011 - 2012 – Corregidas Red Geodésica Nacional
Grado de Peligro por Sequia	Vectorial temática nacional	Nacional	CENAPRED Actualización 2013– Corregidas Red Geodésica Nacional
Grado de Riesgo por Ciclones Tropicales	Vectorial temática nacional	Nacional	CENAPRED Actualización 2013– Corregidas Red Geodésica Nacional
Grado de Riesgo por Nevadas	Vectorial temática nacional	Nacional	CENAPRED Actualización 2013– Corregidas Red Geodésica Nacional
Regionalización Sísmica CFE	Vectorial temática nacional	Nacional	CENAPRED - CFE Actualización 2013– Corregidas Red Geodésica Nacional
Zonificación Eólica CFE	Vectorial temática nacional	Nacional	CENAPRED - CFE Actualización 2013– Corregidas Red Geodésica Nacional
División Ejidal ASERCA RAN	Vectorial temática nacional	Nacional	SAGARPA – Corregidas Red Geodésica Nacional
Entidades Urbanas, Rurales y Divisiones Municipales Actualizadas 2013	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI 2013 – Corregidas Red Geodésica Nacional
Maco Geodésico Nacional	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI 2013 – Corregidas Red Geodésica Nacional
Uso de Suelo y Vegetación Serie 5 INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI 2013 – Corregidas Red Geodésica Nacional

Modelo de Climas – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Modelo de Climas – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Modelo de Climas – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Modelo Edafológico – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Fisiografía – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Geología Fallas – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Geología Fracturas – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Sitios de Muestro de hidrogeología – Nacional Temática	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Geo-Hidrología– Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Hidrología Superficial Cuencas y Sub-cuencas – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Sitios de Muestreo Hidrología superficial – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Divisiones Municipales y Estatales – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Uso Potencial – Nacional Temática INEGI	Vectorial temática nacional	Nacional	INEGI – Corregidas Red Geodésica Nacional
Imagen LandSat	Imagen Raster	Regional	Imagen link Landsat.com
Modelo de Paisaje Geoland	Imagen Raster	Local	Generado a partir de Modelo Jeneses
Muestreos de Vegetación	Información Puntual	Local	Levantamiento GPS Campo
Muestreos de Suelo	Información Puntual	Local	Levantamiento GPS Campo
Muestreos de Fauna	Información Puntual	Local	Levantamiento GPS Campo
Puntos de Control para Modelo de Paisaje	Información Puntual	Local	Levantamiento GPS Campo
Toponimia INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Poblados INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Vías de Transportación INEGI 50,000	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58

Referencia topográfica puntual INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Instalaciones de Comunicación INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Cementerios INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Cuerpos de agua cercanos al área de estudio INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Modelo de escorrentías INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Coducción de agua INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Topografía INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Edificaciones Diversas puntuales INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Hidrográficos Puntuales INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Límites linderos INEGI Oficiales	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Referencia Topográfica de área INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Áreas urbanas INEGI	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Líneas de Conducción y Transmisión	Vector Temática Local	Local	Carta 50,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Acuíferos	Vector Temática Nacional	Nacional	CONAGUA - REPDA – Corregidas Red Geodésica Nacional
Vías de Comunicación INEGI 250,000	Vector Temática Local	Regional	Carta 250,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Áreas de Importancia Topográfica INEGI 250,000	Vector Temática Local	Regional	Carta 250,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Vías de conducción hidrológica INEGI 250,000	Vector Temática Local	Regional	Carta 250,000 INEGI Clave F13B63, F13B37, F13B38, F13B46, F13B47, F13B48, F13B56, F13B57 y F13B58
Sitio de anidación, refugio y alimentación	Información Puntual	Local	Levantamiento GPS Campo



Recomendaciones forestales	Vector Temático	Local	Modelos generados con personal interno (Edafólogo) Natural Environment S.C.
Clases texturales	Vector Temático	Local	Modelos generados con personal interno (Edafólogo) Natural Environment S.C.
Profundidad Efectiva del Suelo	Vector Temático	Local	Modelos generados con personal interno (Edafólogo) Natural Environment S.C.
Limitantes Físicas	Vector Temático	Local	Modelos generados con personal interno (Edafólogo) Natural Environment S.C.
Unidades Edafológicas FAO 70, WRB 2000 y WRB 2006	Vector Temático	Local	Modelos generados con personal interno (Edafólogo) Natural Environment S.C.
Modelo de Climas Máximo	Raster - Temático	Local	Modelos generados a partir de Spatial Analyst – Modelo IDW - Spline – Kriding
Modelo de Climas Mínimos	Raster - Temático	Local	Modelos generados a partir de Spatial Analyst – Modelo IDW - Spline – Kriding
Modelo de Climas Promedio	Raster - Temático	Local	Modelos generados a partir de Spatial Analyst – Modelo IDW - Spline – Kriding
Modelo de Precipitación	Raster - Temático	Local	Modelos generados a partir de Spatial Analyst – Modelo IDW - Spline – Kriding
Modelo de Heladas	Raster - Temático	Local	Modelos generados a partir de Spatial Analyst – Modelo IDW - Spline – Kriding
Zonas de Recarga Natural	Raster - Temático	Local	Generados mediante Arc-Hidro a partir del modelo digital de elevación con la equidistancia mínima modelable
Sitios de Importancia Cultural y Arqueológica	Vector Temático	Regional	Proporcionado por el INAH

- Creación de nuevas capas de información temática

Utilizando la información topográfica, se generó nueva información temática, como los siguientes modelos: Modelo Digital de Elevación, Modelo de Relieve, Modelo de Geoformas, Modelo de Topoformas, etcétera.

- Presentación general del sistema en plataforma de ArcMap

Una vez armado el sistema, éste se presentó en formato de Proyecto con plataforma ArcMap. Dicha información se estructuró por capas ligadas a un macro.

#### g) Generación de elementos de salida del sistema

Se generó una plataforma de salida (layout), para lo cual fue necesario realizar una solapa en donde se muestra la información referente al plano, se determinó el sistema de coordenadas, el datum, así como la retícula.

Se nombró un norte geográfico y se procedió a la generación de planos temáticos de salida; para cada uno de ellos se creó su simbología específica.

Finalmente se determinó el tamaño de la hoja de salida (doble carta o 90 x 60 centímetros), y los planos fueron impresos en papel y en formato PDF calidad 300 DPI.



#### **VIII.1.1 Planos definitivos**

Tal como se explicó anteriormente, el SIG, permitió la generación de cartografía de baja escala que fue empleada para elaborar diferentes planos que se encuentran anexos en el presente estudio.

El sistema se diseñó para presentar información de salida del SIG en forma de planos, para lo cual se crearon *layouts* para impresión en plotter y/o impresora de escritorio. El sistema permitió también presentar la información en forma de tablas, gráficas, imágenes digitales, en formatos como jpg, bmp, gif, etc; así como exportar e importar información en programas como AutoCAD y AutoCAD MAP.

En el Capítulo IX de este documento se presenta la lista de Anexos (planos y documentos) de la presente Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Depósito de Jales San Carlos.

#### **VIII.1.2 Fotografías**

Se presentan el Anexo 2.2 que refiere al Reporte Fotográfico General de las condiciones actuales que guardan los componentes ambientales dentro del Sistema Ambiental, donde se aprecian los usos del suelo, el paisaje, entre otros rasgos característicos de la zona.

Asimismo, en el Anexo 4.3 se presenta el registro fotográfico de la fauna silvestre observada durante los trabajos en campo.

#### **VIII.1.3 Videos**

No fue necesaria la inclusión de videos en el presente documento.

#### **VIII.1.4 Listas de Flora y Fauna**

Dentro del Capítulo IV del presente documento, se incluyen las listas de especies identificadas en los estudios de Flora y Fauna llevados a cabo en el Sistema Ambiental del Proyecto.

#### **VIII.2 Otros anexos**

En el Capítulo IX se presenta el listado de los anexos que aparecen de manera adjunta al presente documento. Los anexos corresponden a planos georreferenciado, documentos de descripción, las matrices de evaluación de impactos, entre otros documentos complementarios.

#### **VIII.3 Glosario de términos**

Para la Manifestación de Impacto Ambiental se consideran las definiciones contenidas tanto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como en su Reglamento en Materia de Evaluación Impacto Ambiental; algunas de las cuales se citan a continuación, además de conceptos adicionales utilizados en este estudio:



*Cambio de uso de suelo:* Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación.

*Escenario modificado:* características de los componentes ambientales que resultan de adicionar los efectos de los impactos generados por el Proyecto, al estado actual que presentan, y habiendo aplicado las medidas preventivas y de mitigación apropiadas.

*Impacto ambiental acumulativo:* El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

*Impacto ambiental residual:* El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

*Impacto ambiental sinérgico:* Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

*Impacto potencial:* Capacidad del efecto producido por una obra o actividad específica para modificar directa o indirectamente uno o más componentes ambientales con respecto a su línea base

*Impactos principales:* Impactos identificados en el proceso de evaluación mediante la metodología elegida cuya importancia, expresada en términos de los atributos o parámetros de referencia del impacto (criterios de calificación numérica) y con base en los indicadores ambientales respectivos, destacan sobre el resto de los impactos generados por una obra o actividad específica, sin llegar a ser considerados como impactos significativos o relevantes.

*Impactos secundarios:* Impactos identificados en el proceso de evaluación mediante la metodología elegida, cuya importancia es menor a la de los impactos principales.

*Impactos significativos o relevantes:* Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales

*Medidas de mitigación:* Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un Proyecto en cualquiera de sus etapas.

*Medidas de prevención:* Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.



#### VIII.4 Bibliografía

AOU (2012). The American Ornithologists Union, en: <http://www.aou.org/>

APG. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121.

Bhushan, N., y Rai, K. (2004). *Strategic decision making. Applying the analytic hierarchy process*. United States of America. Springer-Verlag. 2004, pp. 15-17.

CAMIMEX. (2013). *Informe Anual*. Cámara Minera de México. México D.F.

Challenger, A. (1998). *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México*. Pasado Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 847 p.

CNAH (2012). The Center for North American Herpetology, en: <http://www.cnah.org/>

CONABIO (2011). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, SEMARNAT, en: <http://www.conabio.gob.mx>

CONAFOR (2004). *Protección, restauración y conservación de Suelos forestales*. CONAFOR, México.

Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press. Nueva York. 1262 p.

EPA. (01 de 07 de 2009). Code of Federal Regulations. Recuperado en Enero de 2014, de Title 40 - Protection of Environment: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2009-title40-vol15/xml/CFR-2009-title40-vol15-part70.xml>

Eugene, A.T. y H.E. Burkhat. (1983). *Forest Measurements*. McGraw-Hill. N.Y., USA. 331 p. Font-Quer P. 1953. *Diccionario de botánica*. Editorial Labor. Barcelona.

García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)* (2. ed. corr. y aumentada ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.

González-Elizondo, M. S. (1997). *Upper Mezquital River region, Sierra Madre Occidental, México*, In: Davis, S. D., V. H. Heywood, O. Herrera-McBryde, J. Villa-Lobos y A. C. Hamilton (eds.). *Centres for plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. Vol. III: The Americas. The World Wide Fund for Nature & International Union for the Conservation of Nature - The World Conservation Union. Cambridge, UK. pp. 157-160.



González-Elizondo M.S., González- Elizondo M., Tena-Flores J.A., Ruacho-González L. y López-Enríquez I.L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100: 351-403

González Márquez, J. J., & Montelongo Buenavista, I. (Septiembre-Diciembre de 1996). *El ordenamiento ecológico del territorio como instrumento de política ambiental*. Recuperado en Marzo de 2014, del sitio web de Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco: <http://www.azc.uam.mx/publicaciones/alegatos/pdfs/31/34-05.pdf>

INE (2010). Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, en: <http://www.ine.gob.mx/>

INEGI (2000). Los análisis físicos y químicos en la cartografía edafológica de INEGI, guía normativo-metodológica. Versión digital tomada de <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/edafologia/normedaf.pdf?c=3> Noviembre 2006.

INEGI (2006a). *Guía para la interpretación de cartografía, Edafología*. Editorial INEGI. Primera reimpresión. México.

Lot, A. y Chiang F. (Compiladores). (1986). *Manual de Herbario*. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C., México, D. F.

Miranda F. y Hernández-Xolocotzi E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179

Moreno N.P. (1984). *Glosario Botánico Ilustrado*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (CECSA), Xalapa.

Morrone J. J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de biodiversidad* 76: 207 – 252.

Rzedowski J. (1978). *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México, D.F.

Porta Casanella, Jaume. López-Acevedo, M (2005). *Agenda de Campo de Suelos, Información de Suelos para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Porta, J. López-Acevedo, M. Roquero, C (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Segunda edición. Bilbao

Saaty, T., Vargas, L. (1994). *Decision making in economic, political, social and technological environments. With the analytic hierarchy process*. The analytic hierarchy process vol. VII. RWS Publications. USA.

Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*. United States of America. RWS Publications, pp. 32-33.





Saaty, Thomas L. (1997). *Toma de decisiones para líderes. El proceso analítico jerárquico la toma de decisiones en un mundo complejo*. RWS Publications. USA

SEDESOL (2010), Secretaría de Desarrollo Social, en: <http://www.sedesol.gob.mx/>

SIATL (2010). Simulador de Flujos de Agua de Cuencas hidrográficas, INEGI, en: [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#)

Siraj, S., Mikhailov, L. and Keane, J. A. (2013). *PriEsT: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments*. International Transactions in Operational Research. doi: 10.1111/itor.12054

SGM. (Septiembre de 2011). Panorama Minero del estado de Zacatecas. Recuperado, Agosto de 2011, de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/ZACATECAS.pdf>

SMN (2010). Servicio Meteorológico Nacional. CONAGUA, en: <http://smn.conagua.gob.mx>



## **IX. LISTA DE ANEXOS**

### **IX.1 Anexos**

#### **Anexo digitales**

- Anexo Digital A. Plano de propiedades y documentación legal de la tenencia de la tierra
- Anexo Digital B. Coordenadas del Sistema Ambiental.
- Anexo Digital C. Shape del SA

### **Capítulo I**

- Anexo 1.1. Acta Constitutiva de Minera Fresnillo, S.A. de C.V.
- Anexo 1.2. Localización Regional del Depósito de Jales San Carlos y vías de acceso
- Anexo 1.3. Registro Federal de Contribuyentes de Minera Fresnillo, S.A. de C.V.
- Anexo 1.4. Poder Legal del Representante Legal
- Anexo 1.5. Identificación Oficial y CURP del Representante Legal
- Anexo 1.6. Cédula Profesional del Responsable Técnico del Estudio

### **Capítulo II**

- Anexo 2.1. Localización específica del Proyecto
- Anexo 2.2. Reporte fotográfico general del Proyecto
- Anexo 2.3. Caracterización de jales de la Unidad Fresnillo
- Anexo 2.4. Estudio Geotécnico
- Anexo 2.5. Planta y Secciones: Celda 1 y Celda 2
- Anexo 2.6. Sistema de monitoreo
- Anexo 2.7. Estudio Hidrológico
- Anexo 2.8. Procedimientos del SSMARC para el adecuado manejo y disposición de residuos
- Anexo 2.9. Antecedentes de fallas y causas de rompimiento de depósitos de jales
- Anexo 2.10. Descripción del Árbol de Fallas
- Anexo 2.11. Plan de Atención a Emergencias y Procedimiento para la Prevención de Emergencias en los Depósitos de Jales

### **Capítulo III**

- Anexo 3.1. Vinculación del Depósito de Jales San Carlos con la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003

### **Capítulo IV**

- Anexo 4.1. Sistema Ambiental del Proyecto
- Anexo 4.2. Muestreo de calidad del agua
- Anexo 4.3. Reporte fotográfico de las especies registradas dentro del Sistema Ambiental.
- Anexo 4.4. Diagnóstico Ambiental Integrado para el Sistema Ambiental



## **Capítulo V**

- Anexo 5.1. Matriz de importancia de impactos, etapa Preparación del Sitio
- Anexo 5.2. Matriz de importancia de impactos, etapa Construcción
- Anexo 5.3. Matriz de importancia de impactos, etapa Operación
- Anexo 5.4. Matriz de valoración de impactos con ponderación de factores ambientales