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

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

III. Partes o secciones clasificadas: La parte de DATOS PERSONALES concernientes a una persona identificada o identificable tales como: 1) Domicilio particular como dato de contacto o para recibir notificaciones. 2) Teléfono y correo electrónico de particulares. 3) OCR de la Credencial de Elector (domicilio y fotografía). 4) RFC personas físicas. 5) CURPs. 6) Fotografía. 7) Inversión requerida; los cuales se encuentran en el capítulo I y II de la MIA. Consta de 10 versiones públicas.

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

V. Firma la Jefa de la Unidad Jurídica:

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
DELEGACIÓN FEDERAL EN EL ESTADO DE SONORA

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

Fecha de Clasificación y número de acta de sesión: Resolución 0134/2020/SIPOT, en la sesión celebrada el 22 de octubre del 2020.

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

# PROYECTO GRAN POTENCIAL LA HERRADURA

## MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Sector Minero
Modalidad Particular

**Minera Penmont S. de R. L. de C. V.**
Boulevard Navarrete # 227
Colonia Raquet Club
Hermosillo, Sonora. México.
CP 83200.

**ÍNDICE**

**ÍNDICE** _____ **A**

**ANTECEDENTES** _____ **1**

**I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL** _____ **5**

I.1 Proyecto _____ 5
I.1.1 Nombre del proyecto _____ 5
I.1.2 Ubicación del proyecto _____ 5
I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto _____ 5
I.1.4 Presentación de la documentación legal _____ 6

I.2 Promovente _____ 6
I.2.1 Nombre o razón social _____ 6
I.2.2 Registro federal de contribuyentes del promovente _____ 6
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal _____ 6
I.2.4 Dirección del promovente o representante legal para recibir u oír notificaciones _____ 6

I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental _____ 7
I.3.1 Nombre o razón social _____ 7
I.3.2 Registro federal de contribuyentes _____ 7
I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio _____ 7
I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio _____ 8

**II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO** _____ **9**

II.1 Información general del proyecto _____ 9
II.1.1 Naturaleza del proyecto _____ 9
II.1.2 Selección del sitio _____ 15

II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización 16
II.1.4 Inversión requerida 20
II.1.5 Dimensiones del proyecto 20
II.1.6 Condiciones actuales del sitio y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias 21
II.1.6.1 Obras existentes en la UM 21
II.1.6.2 Cuerpos de agua 22
II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos 22

II.2 Características particulares del proyecto 22
II.2.1 Programa general de trabajo 22
II.2.2 Preparación del terreno 23
II.2.3 Construcción de obras 25
Zona Ampliación del Tajo Megacentauro 28
Zona Tepetatera 33
Zona Patio de lixiviación 36
Zona Depósito de jales 44
Zona Canal de derivación 56
Zona Futura ampliación de tepetater y/o depósito de jales 63
Zona Stockpile 65
Zona Acceso Oriente 66
Zona Reservorio de agua tratada 69
Zona Área de almacenamiento temporal 72
Zona Área de construcciones 74
Zona Geotecnia 76
Zona Mantenimiento 80
Zona Administrativa y nuevo campamento 87
II.2.4 Construcción de obras asociadas o provisionales 98
II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento 98
II.2.6 Etapa de abandono del sitio 99
II.2.7 Utilización de explosivos 99
II.2.8 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera 100
II.2.8.1 Residuos sólidos 100
II.2.8.2 Residuos líquidos 102
II.2.8.3 Emisiones a la atmósfera 102
II.2.9 Infraestructura adecuada para el manejo y disposición adecuada de los residuos 102

**III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 104**

III.1. Información sectorial 104

III.2 Vinculación con las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo de la región 107
III.2.1. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 107
III.2.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 109

III.2.3. Programa de Desarrollo Minero 2013-2018 (PRODEMIN) 109
III.2.4. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021 del Estado de Sonora (PED) 109
III.2.5. Programa Regional para el Desarrollo del Norte 2017-2018 (PRDN) 111
III.2.6. Plan Municipal de Desarrollo 2019-2021 del Municipio de Caborca 111
III.2.7. Programa Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) 112
III.2.8. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio 117
III.2.9. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Sonora 123
III.2.10. Programa Nacional Hídrico (PNH) 126
III.2.11. Áreas de protección y conservación de recursos 127
III.2.11.1. Áreas Naturales Protegidas (ANP) 127
III.2.11.2. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) 129
III.2.11.3. Regiones Prioritarias (Terrestres, hidrológicas) 130

III.3. Leyes y Reglamentos Federales 134
III.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) 134
ARTÍCULO 5 134
ARTÍCULO 11 134
ARTÍCULO 15 135
ARTÍCULO 19 135
ARTÍCULO 28 136
ARTÍCULO 30 137
ARTÍCULO 108 137
ARTÍCULO 109 137
ARTÍCULO 110 138
ARTÍCULO 117 138
ARTÍCULO 134 139
ARTÍCULO 150 139
ARTÍCULO 155 140
III.3.2. Reglamento de la LGEEPA, en materia de evaluación de impacto ambiental (REIA) 140
ARTÍCULO 5 140
ARTÍCULO 17 141
ARTÍCULOS, 19 al 22, 24 y 26 al 28 141
ARTÍCULO 47. 142
ARTÍCULO 49. 142
ARTÍCULO 50. 142
ARTICULO 51 143
III.3.3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) 2018 143
ARTÍCULO 16 143
ARTÍCULO 18 143
ARTÍCULO 19 144
ARTÍCULO 20 144
ARTÍCULO 21 145
ARTÍCULO 22 145
ARTÍCULO 40 145
ARTÍCULO 45 146
ARTÍCULO 95 146

III.3.4. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos ___ 146
ARTÍCULO 27 ___ 146
ARTÍCULO 35 ___ 147
ARTÍCULO 46 ___ 148
ARTÍCULO 82 ___ 149
III.3.5. Ley Minera ___ 149
ARTÍCULO 27 ___ 150
ARTÍCULO 37 ___ 150
ARTÍCULO 39 ___ 150
III.3.6. Ley General De Vida Silvestre ___ 151
ARTÍCULO 18 ___ 151
ARTÍCULO 31 ___ 151
ARTÍCULO 37 ___ 151
ARTÍCULO 58 ___ 152
ARTÍCULO 69 ___ 152
ARTÍCULO 106 ___ 153
III.3.7. Reglamento de la Ley General De Vida Silvestre ___ 153
ARTÍCULO 83 ___ 153
ARTÍCULO 90 ___ 154
III.3.8. Ley de Aguas Nacionales (LAN) ___ 154
ARTÍCULO 86 BIS 2 ___ 154
ARTÍCULO 96 BIS 1 ___ 155
III.3.9. Ley General de Cambio Climático ___ 155
ARTÍCULO 7 ___ 155
ARTÍCULO 8 ___ 156
ARTÍCULO 26 ___ 156
ARTÍCULO 34 III ___ 156
ARTÍCULO 87 ___ 157
III.3.10. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático ___ 157
ARTÍCULO 3 ___ 157
ARTÍCULO 4 ___ 158
III.3.11. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental ___ 158
ARTÍCULO 6 ___ 158
ARTÍCULO 10 ___ 159
ARTÍCULO 11 ___ 159
ARTÍCULO 13 ___ 159
ARTÍCULO 14 ___ 159
ARTÍCULO 15 ___ 160
ARTÍCULO 16 ___ 160

III.4. Acuerdos y Convenios Internacionales en materia de Desarrollo Sustentable y Medio ambiente suscritos por México ___ 160
III.4.1. Declaración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano ___ 161
III.4.2. Carta Mundial de la Naturaleza ___ 161
III.4.3. Declaración de Río ___ 162
III.4.4. Agenda 21 ___ 162

III.4.5. Acuerdo de parís _____ 163
III.4.6. Convención relativa a los humedales de importancia internacional (RAMSAR) _____ 163
III.4.7. Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) _____ 164
III.4.8. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestre (CITES) _____ 165

III.5. Guías y estándares internacionales _____ 165
III.5.1. Banco Mundial e IFC _____ 166
III.5.2. Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro _____ 168

III.6. Normas Oficiales Mexicanas _____ 169
III.6.1. Normas Oficiales Mexicanas en Materia Agua _____ 170
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996 _____ 170
III.6.2. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Protección de Flora y Fauna _____ 170
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010 _____ 170
III.6.3. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Emisión de Gases _____ 170
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-041-SEMARNAT-2015 _____ 170
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-045-SEMARNAT- 2018 _____ 171
III.6.4. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Residuos _____ 171
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-SEMARNAT-2005 _____ 171
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-054- SEMARNAT-1993 _____ 171
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-138- SEMARNAT/SS-2012 _____ 171
III.6.5. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Ruido _____ 172
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-STPS-2001 _____ 172
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-080-SEMARNAT-1994 _____ 172
Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 _____ 172
III.6.6. Norma Oficial Mexicana en Materia de Regulación del Proyecto _____ 172
Norma Oficial Mexicana NOM-023-STPS-2003 _____ 172
Norma Oficial Mexicana NOM-120-ECOL-1997 _____ 173
Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003 _____ 173
Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 _____ 173
Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007 _____ 174
Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009 _____ 174

**IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO _____ 175**

IV.1 Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SA) donde pretende establecerse el Proyecto y del Área de Influencia. _____ 175
IV.1.1. Delimitación del SA del Proyecto _____ 175
IV.1.2. Delimitación del Área de Influencia del Proyecto _____ **¡Error! Marcador no definido.**

IV.2 Caracterización y análisis del SA _____ **¡Error! Marcador no definido.**
IV.2.1 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA **¡Error! Marcador no definido.**

IV.2.1.1 Medio abiótico ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.1.1 Atmósfera ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.1.2 Geología y geomorfología ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.1.3. Suelos ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.1.4 Hidrología y Geohidrología ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.2 Medio biótico ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.2.1 Vegetación ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.2.2 Fauna ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.3 Medio Perceptual ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.3.1. Introducción ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.3.2. Metodología ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.3.3. Resultados ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.4 Medio Socioeconómico ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.1.5. Diagnóstico ambiental ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.5.1. Metodología para la elaboración del DA ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.5.2. Diagnóstico Ambiental por componentes ¡Error! Marcador no definido.
IV.2.5.3. Descripción de la problemática ambiental detectada en el Área de Influencia del Proyecto ¡Error! Marcador no definido.

**V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 383**

V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales del Proyecto Gran Potencial La Herradura 383
V.1.1 Identificación de componentes ambientales 384
V.1.2 Identificación de factores ambientales 385
V.1.3 Identificación de indicadores de impacto ambiental 386
V.1.4 Evaluación del impacto ambiental del Proyecto Gran Potencial La Herradura 388
V.1.4.1 Criterios para la evaluación del impacto ambiental 388
V.1.4.2 Actividades impactantes 388
V.1.4.3 Tipos e intensidad de las alteraciones ambientales 390
V.1.4.4 Identificación de impactos ambientales 392
V.1.4.5 Determinación de la importancia y jerarquización de los impactos ambientales 394
V.1.4.6. Valoración de impactos ambientales con ponderación de importancia de los factores ambientales 422
V.1.4.7 Caracterización de los impactos 426
V.1.4.7. Descripción de los impactos potenciales significativos identificados 427
V.1.4.8. Impactos identificados por etapa del proyecto 434
V.1.4.9. Evaluación de los impactos por componente ambiental 435
V.1.4.10. Impactos Acumulativos 438

**VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 440**

VI.1 Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental 443

VI.2 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental 443

VI.3 Prácticas y medidas generales enfocadas a la prevención y mitigación de los impactos secundarios 453

VI.4 Impactos residuales 455
VI.4.1 Atmósfera 455
VI.4.2 Geomorfología 456
VI.4.3 Suelos 456
VI.4.4 Hidrología 456
VI.4.5 Vegetación y Fauna 457
VI.4.6 Paisaje 457

**VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 458**

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin Proyecto 459

VII.2 Descripción y análisis del escenario con Proyecto 462

VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación y/o compensación 465

VII.4 Conclusiones del Pronóstico Ambiental 467

**VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES 471**

VIII.1 Glosario de términos 474

VIII.2 Bibliografía 476

**IX. LISTA DE ANEXOS 482**

# ANTECEDENTES

La Unidad Minera La Herradura promovida por Minera Penmont, S. de R.L. de C.V. y la cual pertenece en su totalidad a Fresnillo PLC, se encuentra en fase operativa desde el año 1997, en la que se realizó la entrega de la primera Manifestación de Impacto Ambiental con la que se dio inicio de actividades mineras en el sitio.

A lo largo de los años y de una adecuada operación de las actividades mineras, la Unidad Minera La Herradura ha ido creciendo y aumentando su capacidad de producción diaria de oro, a la par de un aumento gradual y considerable de sus colaboradores, contratistas y personal general, propiciando una constante derrama económica en la región.

Minera Penmont, como empresa tanto social como ambientalmente responsable, ha sido participe de los distintos mecanismos jurídicos en materia ambiental para el desarrollo y crecimiento de la Unidad Minera, lo cual se ha visto reflejado con las distintas autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, presentando así un Proyecto minero con la mayor preservación del medio ambiente en el estado de Sonora. Desde el año 1997 hasta la actualidad, la UM La Herradura ha tenido la certeza jurídica de realizar cada una de las obras y actividades que la comprenden con la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, algunas de las cuales (las principales autorizaciones que han propiciado la UM como se encuentra en la actualidad) se describen a continuación:

1) MIA La Herradura: en el año 1997 mediante el Oficio D.O.O.DGOEIA.-00428 con el que se iniciaban las operaciones mineras en la región.

2) Modificaciones 1, 2 y 3 de la MIA La Herradura: la primera autorizada con el Oficio S.G.P.A-D.G.I.R.A.-DIA.-1319/02 del año 2002; la segunda autorizada con el Oficio S.G.P.A.-DGIRA-DEI-3208/04 en el año 2004 y finalmente la tercera autorizada en el Oficio S.G.P.A/DGIRA.-DDT.-2421.06 del año 2006.

3) MIA Ampliación de la Unidad Minera la Herradura: la segunda Manifestación de Impacto Ambiental en la Unidad fue autorizada en el año 2008 mediante el Oficio S.G.P.A.-DGIRA-DG.-3605/08.

4) La MIA anterior presentó una posterior Modificación al Proyecto autorizado en materia de impacto ambiental en el año 2009 con el Oficio S.G.P.A./DGIRA.DG.3651.09.

5) Como parte del crecimiento de la Unidad Minera La Herradura y sus obras para el aprovechamiento minero se presentó una segunda ampliación de la UM mediante el Proyecto MIA Segunda Ampliación de la Unidad Minera la Herradura, la cual fue autorizada mediante el Oficio S.G.P.A.-DGIRA-DG.-7445/10 en el año 2010.

6) Continuando con el crecimiento de la Unidad, se solicitó la autorización del Proyecto MIA Linea de Transmisión 115 Kv Estación Sahuaro – Herradura que fue otorgada en el año 2011 mediante el Oficio DS-SG-UGA-IA-0368-11.

7) Seguido de las MIA's anteriortes, con la constante extracción de mineral y la reserva aún viable económicamente, La Herradura contempló aumentar y mejorar su infraestructura de aprovechamiento, razón por la cual se ingresó la MIA Alta Ley Herradura en el año 2012 y que fue autorizada con el Oficio DS-SG-UGA-IA-0159-12.

8) Casi a la par del Proyecto anterior y con el aumento de la infraestructura en la Unidad, se sumó otro método de aprovechamiento mediante la solicitud de autorización de la MIA PLD-HERRADURA, la cual fue ingresada en el mismo año 2012 y que fue autorizada por el Oficio DS-SG-UGA-IA-0496-12.

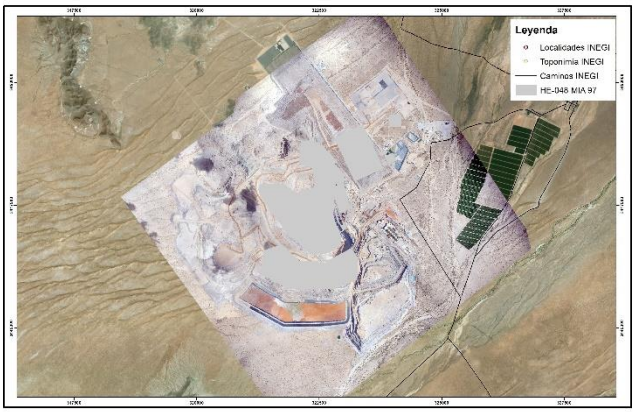
9) En el mismo año 2012 se presentó ante la autoridad la solicitud de autorización del Proyecto APL 10-11, el cual contempló la realización de los patios de lixiviación 10 y 11 de la Unidad Minera La Herradura, la cual fue autorizada mediante el Oficio DS-SG-UGA-IA-0758-12.

10) A finales del año 2012 y con la búsqueda de aumentar la capacidad operativa de las obras en la UM, se planteó, presenteó y autorizó por parte de la SEMARNAT el Proyecto Informe Preventivo Presa de Jales 1 el cual autorizado mediante el Oficio DS-SG-UGA-IA-0758-12.

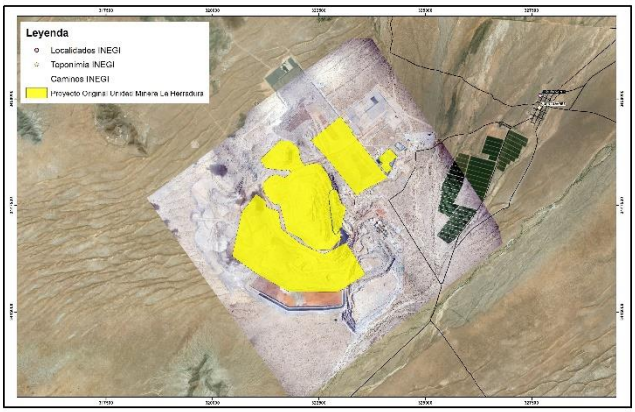
11) Uno de los Proyectos más recientes de la UM La Herradura corresponde al Proyecto denominado Incorporación de áreas contiguas, el cual contempló la solicitud de ciertas áreas en materia de impacto ambiental que quedaron inmersas en la UM para poder ser utilizadas por distintas obras y espacios de la Unidad, englobando casi toda la totalidad de los predios a favor de la promovente para la operación de la UM. Este Proyecto fue realizado y autorizado por la autoridad en el año 2013 mediante el Oficio DS-SG-UGA-IA-0250-13.

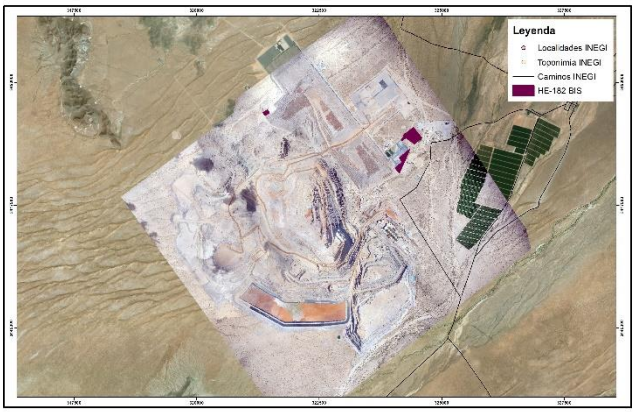
12) Posteriormente, se han solicitado algunos otrs Proyectos en materia de impacto ambiental y en cambio de uso de suelo, autorizados por la autoridad en cumplimiento a la normatividad ambiental aplicable, tales como la modificación a la MIA Incorporación de áreas contiguas y la MIA de la Fase 13 de los patios de lixiviación, cumpliendo en cada uno de ellos y en los anteriormente descritos cada una de las condicionantes y términos establecidos para su realización.

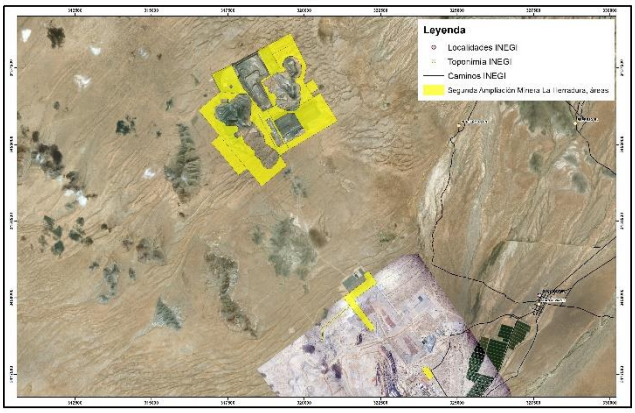
En la siguiente Figura se presenta a manera de resumen las distintas autorizaciones en la Unidad Minera La Herradura desde el año 1997 descritas anteriormente.

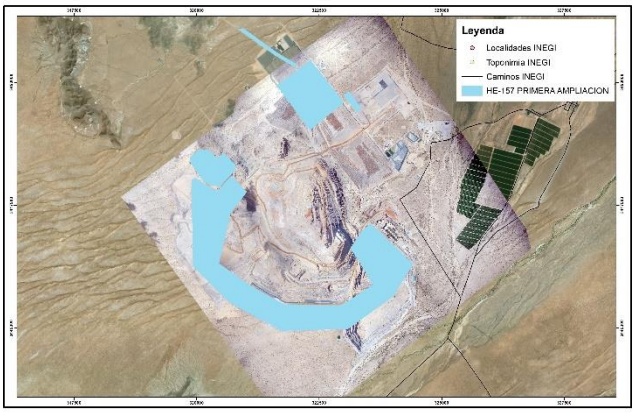

Leyenda
Localidades INEGI
Toponimia INEGI
Caminos INEGI
HE-048 MIA 97

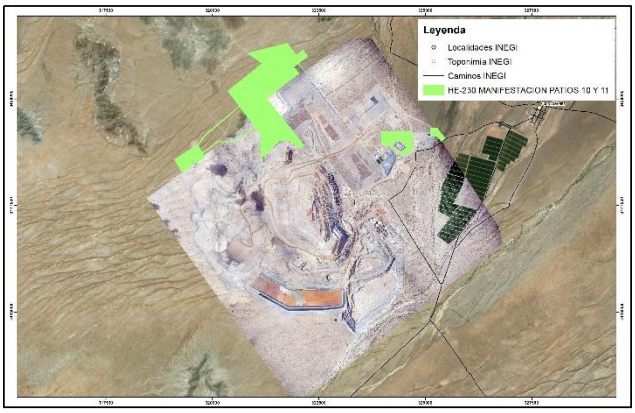
Leyenda
Localidades INEGI
Toponimia INEGI
Caminos INEGI
Primera Ampliación Minera La Herradura 2008

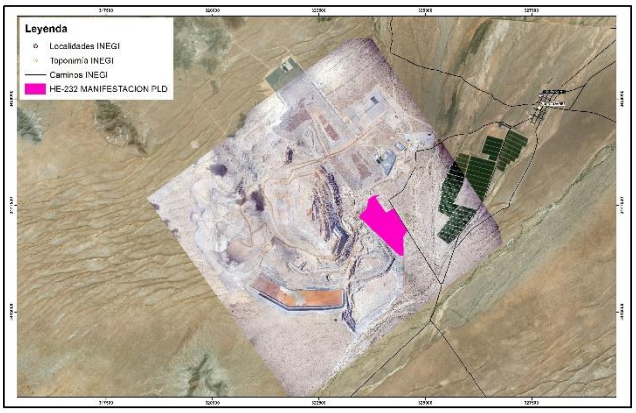

Leyenda
Localidades INEGI
Toponimia INEGI
Caminos INEGI
Proyecto Original Unidad Minera La Herradura


Leyenda
Localidades INEGI
Toponimia INEGI
Caminos INEGI
HE-182 BIS


Leyenda
Localidades INEGI
Toponimia INEGI
Caminos INEGI
Segunda Ampliación Minera La Herradura, áreas


Leyenda
Localidades INEGI
Toponimia INEGI
Caminos INEGI
HE-157 PRIMERA AMPLIACION


Leyenda
Localidades INEGI
Toponimia INEGI
Caminos INEGI
HE-230 MANIFESTACION PATIOS 10 Y 11


Leyenda
Localidades INEGI
Toponimia INEGI
Caminos INEGI
HE-232 MANIFESTACION PLD

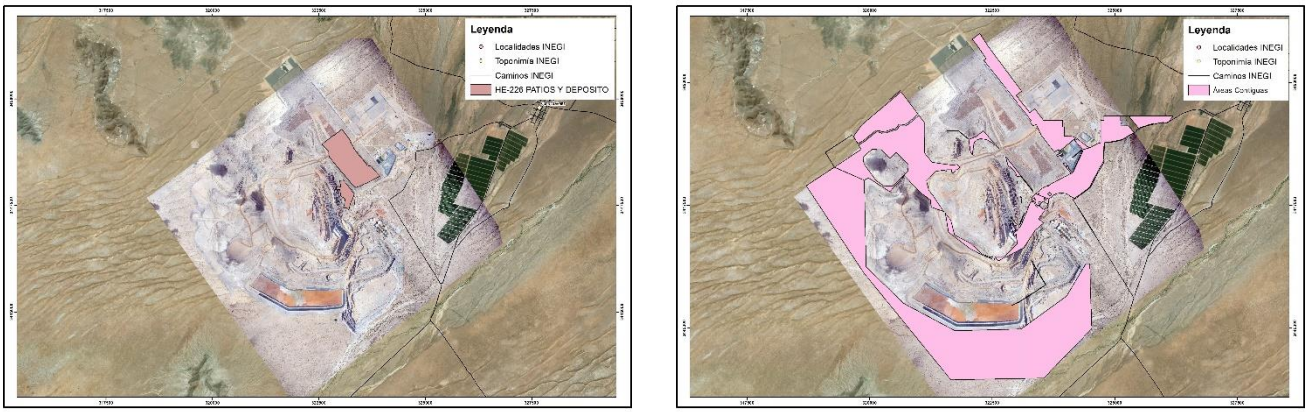



**Figura 1. Autorizaciones de la Unidad Minera La Herradura (1997-actualidad)**

Con la realización del presente Proyecto Gran Potencial La Herradura, se busca la integración de todas las obras necesarias para la UM, dado que las reservas de mineral han sido positivas y viables económicamente para su aprovechamiento en un tiempo de 25 años, preparando, construyendo y operando infraestructura básica necesaria para un proyecto minero, ampliando y manteniendo así la derrama económica, el flujo de trabajo y el movimiento de mineral en esta región del estado de Sonora.

Este Proyecto fue realizado por la empresa mexicana Clifton Associates Ltd. MR - Natural Environment S.C. con la aplicación de distintas metodologías reconocidas a nivel nacional e internacional para su desarrollo.

# 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 suscita la elaboración y presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Particular (MIA-P) se denomina "Proyecto Gran Potencial La Herradura", que en lo sucesivo se describirá como "Proyecto Gran Potencial" o simplemente "el Proyecto".

### *I.1.2 Ubicación del proyecto*

El Proyecto Gran Potencial Unidad Minera La Herradura se ubica en el municipio de Caborca, Estado de Sonora, al Norte de México, específicamente en terrenos propiedad de Minera Penmont, S. de R.L. de C.V. En el Anexo 1.1 se muestra la localización regional y local del proyecto.

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

El desarrollo del Proyecto en su totalidad comprenderá una totalidad de 25 años estimados (en 3 fases operativas para una fácil comprensión), lo cual comprenderá las etapas de preparación del sitio, la construcción de las distintas obras y la operación del mismo. Posteriormente se procederá a una etapa de cierre y abandono del sitio cuando la vida útil de la Unidad llegue a su fin, sin embargo, se presentará una actualización del Plan de restitución del cierre contemplado para el año 2016, en el cual se integrarán las obras del Proyecto Gran Potencial La Herradura para el año 2044. Cabe destacar que se tendrá un aprovechamiento de mineral en el Tajo Megacentauro hasta el año 2037, posteriormente el mineral que sea acarreado y almacenado será procesado 2 años después en las Plantas de Lixiviación Dinámica para dar inicio a las actividades de cierre con 5 años más de riego de patios de lixiviación.

Ajeno a las condiciones y características técnicas de los equipos, los proyectos mineros se rigen por una serie de factores que pueden llegar a modificar su período de vida, entre los cuales destacan:

- La cantidad y calidad del mineral detectado durante de las etapas previas de exploración.
- Que la cantidad, distribución y calidad del mineral detectado no sea lo esperado conforme a lo proyectado con la exploración.
- Detección de nuevas zonas mineralizadas que incrementen las reservas de minerales.
- Condiciones económicas nacionales e internacionales que permitan que el desarrollo de las obras y actividades sea conforme a los precios estimados y por lo tanto rentables para la empresa.
- Condiciones sociales al entorno del proyecto.

Esto no quiere decir que el Proyecto no seguirá este plan en tiempo pretendido, sin embargo, el desarrollo del mismo podrá presentar variaciones en la planeación. Para tal efecto, se notificará a la autoridad en cualquier cambio que sea requerido durante el desarrollo del Proyecto respecto a los plazos estipulados.

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

Los terrenos superficiales en donde se pretende llevar a cabo el Proyecto Gran Potencial La Herradura fueron negociados ante notario público y en el Anexo 1.2 se presenta la documentación que demuestra la acreditación de su propiedad para las obras.

## *I.2 Promovente*

### *I.2.1 Nombre o razón social*

La razón social de la empresa promovente es Minera Penmont, S. de R. L. de C.V., constituida mediante Escritura Pública No. 41,427 protocolizada ante la Fe de los Notarios Públicos No. 139 y 136, los Licenciados Adrian Rogelio Iturbide Galindo y José Manuel Gómnez del Campo López, el 26 de agosto de 1998 (Anexo 1.3 Acta Constitutiva del promovente).

### *I.2.2 Registro federal de contribuyentes del promovente*

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

El Representante Legal es Ricardo Abraham Esquivel Arellano, (Anexo 1.5, Copia de Identificación Oficial), cuya personalidad se acredita mediante Escritura Pública incluida en el Anexo 1.6.

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

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

| | |
|---|---|
| Nombre | Ricardo Abraham Esquivel Arellano |
| Cargo | Representante Legal |
| Empresa | Minera Penmont, S. de R. L. de C.V. |
| Calle | Boulevard Navarrete # 227 |
| Colonia | Raquet Club |
| C. P. | 83200 |
| Municipio | Hermosillo |
| Entidad Federativa | Sonora |

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

### *I.3.1 Nombre o razón social*

Clifton Associates Ldt MR
Natural Environment S. C.

*Descargo de responsabilidad*

La presente Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad del Proyecto Gran Potencial La Herradura, 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 Penmont, S. de R.L. de C.V.

El presente reporte fue elaborado para ser utilizado sujetándose a los términos y condiciones del contrato de Natural Environment S.C. con Minera Penmont, S. de R.L. 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*

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

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

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

# II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## *II.1 Información general del proyecto*

### *II.1.1 Naturaleza del proyecto*

El Proyecto Gran Potencial La Herradura consiste principalmente en la ampliación de las obras mineras actualmente desarrolladas en la Unidad Minera La Herradura (extracción de mineral mediante tajo a cielo abierto), derivado de los resultados positivos en la proyección del tajo Cenaturo, el cual es el principal generador de mineral a proceso de beneficio, y que presenta una reserva favorable para continuar las actividades de explotación y beneficio, el cual contempla una producción aproximada hasta el año 2037, para continuar con las labores de beneficio hasta el año 2044.

Con la ampliación del Tajo Centauro, y con ello el aumento en la producción de mineral por día y por año, será necesario tanto la ampliación de obras existentes o la construcción de nuevas áreas requeridas para el beneficio, ya que con la infraestructura existente no sería suficiente para cumplir con la demanda diaria operativa. Es por esto que el Proyecto Gran Potencial contempla la construcción de nuevas áreas administrativas, comedores, campamentos y demás áreas para la seguridad operativa y de descanso para el personal que labora en la Unidad Minera La Herradura.

Como parte de la ampliación del tajo centauro, se tendrá incidencia con algunas obras existentes en la Unidad, ya que el crecimiento del vaso del tajo será no sólo en profundidad sino en amplitud en la dimensión del mismo, por lo que algunas obras tendrán que ser desmanteladas en su totalidad o reubicarlas para que puedan continuar con su operación habitual.

Este Proyecto nace de la necesidad de ampliar la vida útil de la Unidad Minera y continuar las labores operativas, asimismo aprovechando la reserva actual estimada con los distintos trabajos de geotecnia y exploración, para lo cual se requiere la ampliación de las distintas áreas autorizadas y la construcción de obras ligadas al beneficio de mineral, propiciando el desarrollo económico en la región.

El Proyecto Gran Potencial La Herradura plantea la delimitación de polígonos que envuelvan las distintas obras que lo componen por su naturaleza, mantener una zoonificación homogénea y congruente entre sí, siempre buscando un desarrollo y operación óptima de la Unidad Minera La Herradura y sus actividades mineras.

El Proyecto Gran Potencial será desarrollado de manera contigua o inmersa dentro de algunas áreas previamente autorizadas en materia de impacto ambiental, provenientes desde la autorización de la unidad minera en 1997 hasta la fecha, con lo que ampliarían también las áreas delimitadas como el polígono general de la UM.

Para asegurar que el polígono del Proyecto englobará todas las obras actuales y futuras, la delimitación se basó en los siguientes criterios:

- Distribución e inventario de obras existentes

- Tendencias de crecimiento de obras principales (tajos, patios de lixiviación y tepetatera) a lo largo de la etapa operativa de la unidad minera
- La propiedad y titularidad de los diversos predios
- Proyección a futuro de las actividades de explotación y beneficio de minerales

En la Figura 2.1 se presenta la delimitación del polígono del Proyecto, utilizando como fondo una imagen satelital de la Unidad Minera La Herradura en el año 2011 y se adjunta con mejor detalle en el Anexo 2.1.

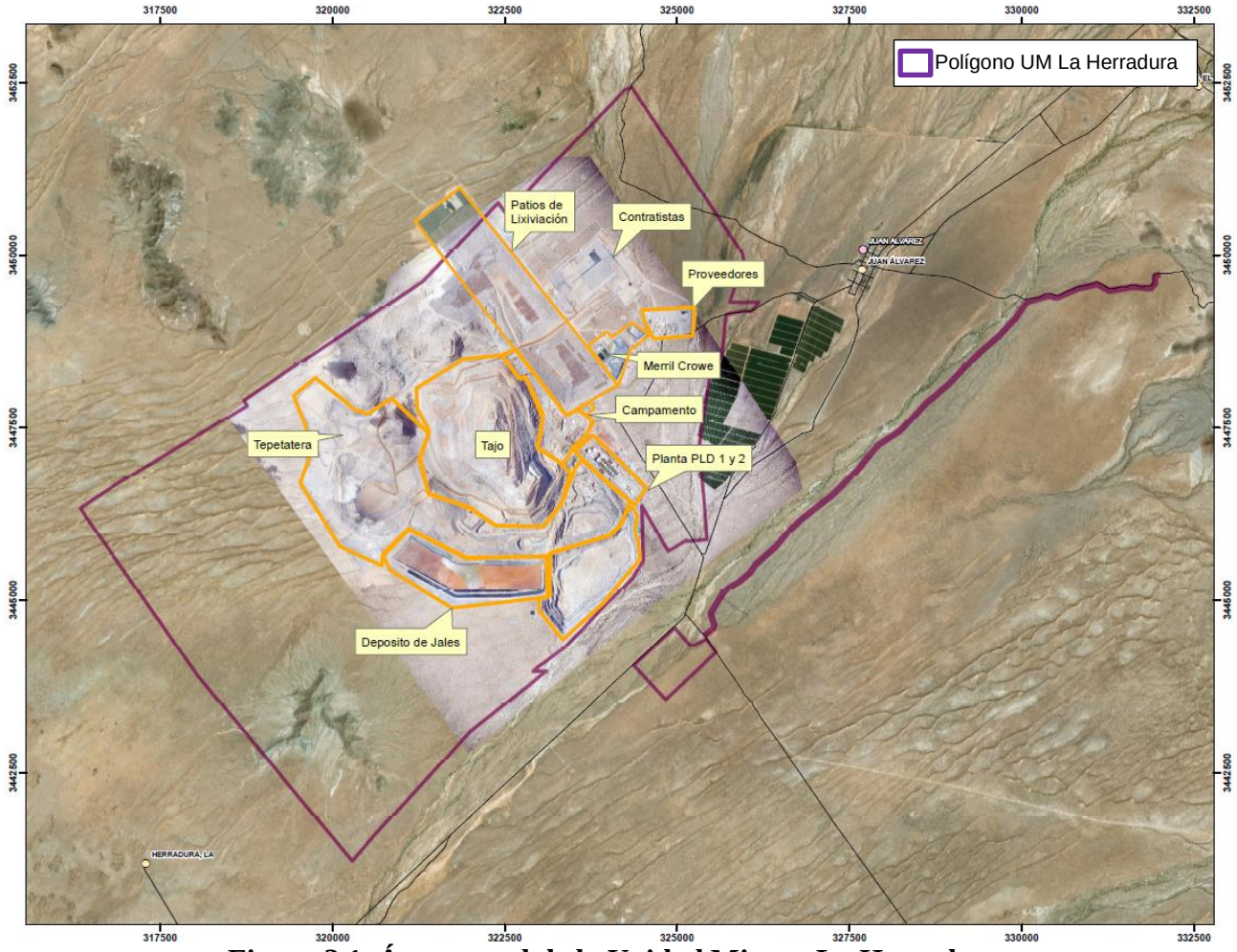



**Figura 2.1. Área actual de la Unidad Minera La Herradura**

Con base a un análisis del historial de todas las autorizaciones emitidas para la Unidad Minera La Herradura, desde 1997 hasta el presente año, en la Figura 2.2 se presentan los polígonos que comprenden el presente Proyecto Gran Potencial La Herradura, que de manera general se contemplan un total de 3 polígonales representadas en la Figura 2.2, la cuales contendrán un total de 14 Zonas que integrarán un total de 42 obras para el desarrollo del Proyecto Gran Potencial.

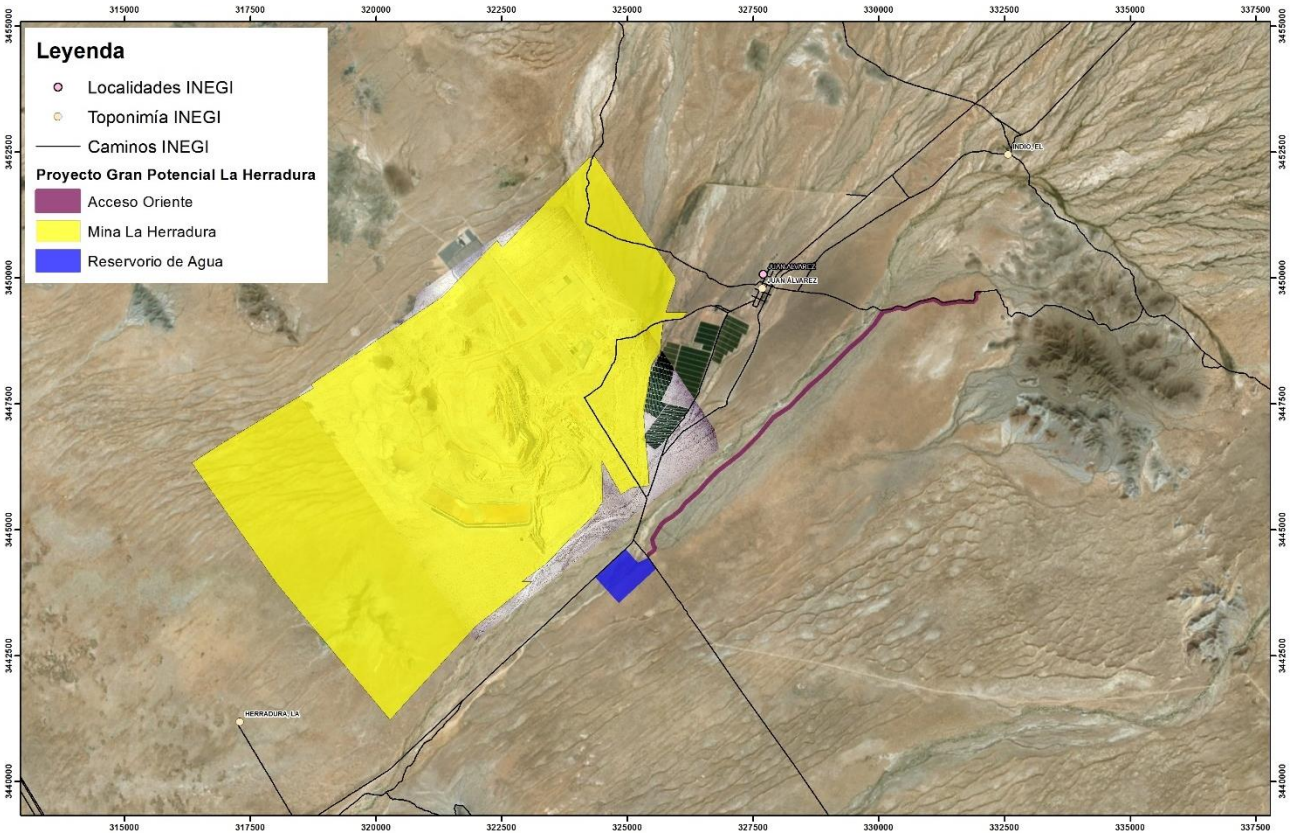



**Figura 2.2. Poligonales que componen el Proyecto Gran Potencial**

Es importante señalar que algunas de las obras inmersas dentro del Proyecto Gran Potencial La Herradura requerirán actividades propias para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, ya que aún albergan vegetación forestal en ellas, que, aunque no es la totalidad del Proyecto, aquellas áreas que lo necesiten se someterán a la evaluación para la autorización del Cambio de Uso de Suelo mediante un Estudio Técnico Justificativo independiente a la presente MIA.

Como se mencionó anteriormente, el Proyecto se distribuirá mendiante 3 poligonales envolventes generales, en las cuales se encontrarán un total de 14 Zonas como un conglomerado de obras tomando como base su naturaleza o propósito, así como su cercanía con otras obras ya existentes, lo cual facilita su descripción y análisis; dentro de estas 14 Zonas se encontrarán la totalidad de las obras del Proyecto lo que resulta en un total de 42 obras solicitadas en materia de impacto ambiental. En la siguiente Figura 2.3 se presenta la distribución de las 14 Zonas del Proyecto y en la Figura 2.3 el desglose de las 42 obras del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

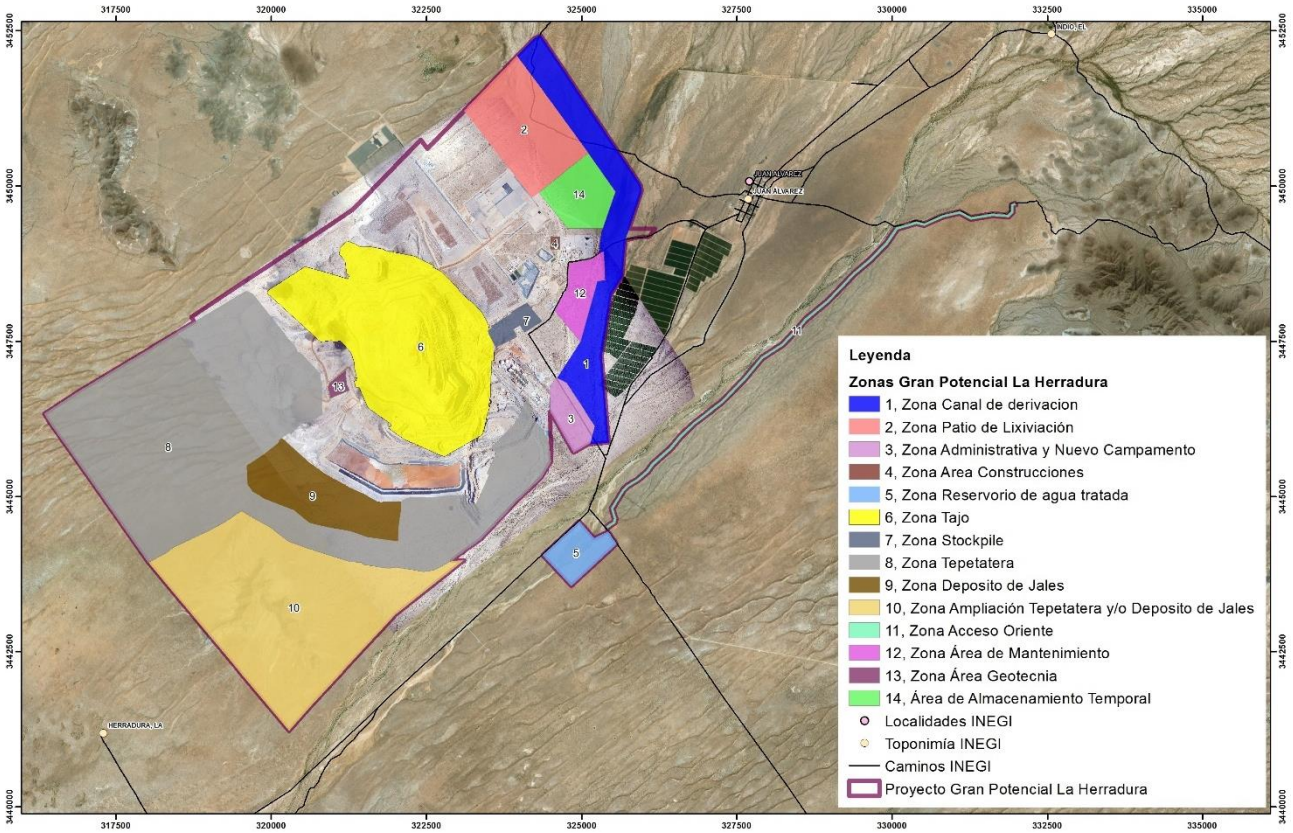



**Figura 2.3. Zonas que comprenden la totalidad del Proyecto Gran Potencial La Herradura**

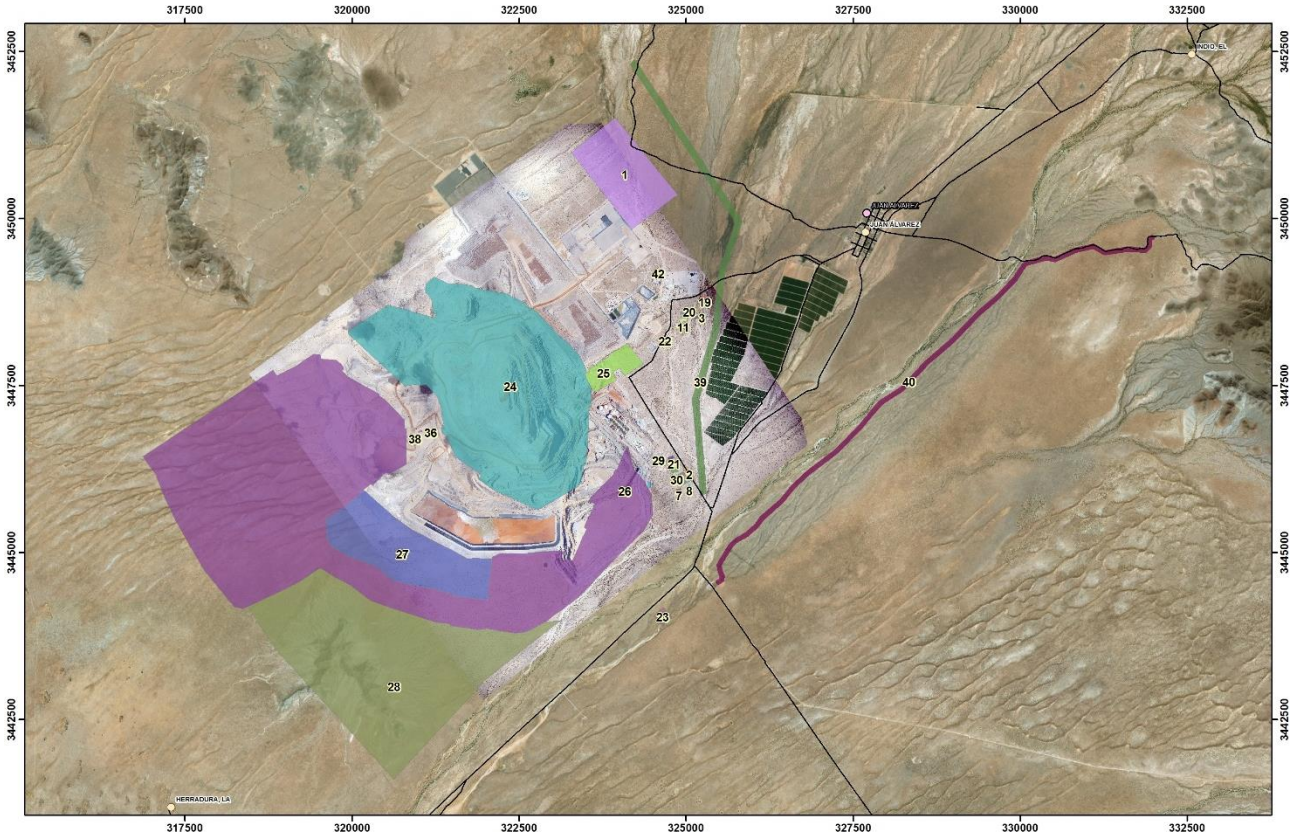



**Figura 2.4. Distribución proyectada de las obras del Proyecto**

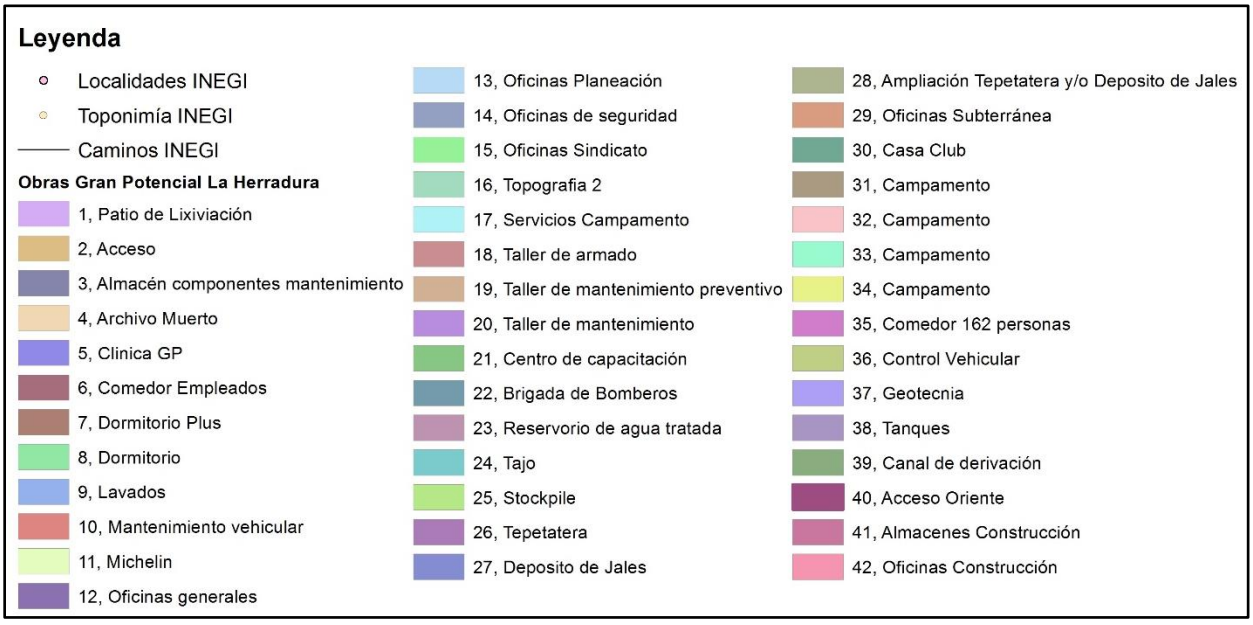



**Figura 2.5. Simbología de las obras del Proyecto**

Por medio del agrupado de obras propuesto en este Proyecto, las obras y actividades a desarrollar dentro del Proyecto Gran Potencial La Herradura serán incorporadas de forma planificada a

la Unidad Minera, la cual cuenta con las características operativas principales que se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1. Características operativas generales de La Herradura**

| Característica | Descripción |
|---|---|
| Sistema de Minado | Tajo a cielo abierto (200,000 TPD o 75,920,000 TPA) |
| Sistema de acarreo | Transporte con camiones fuera de camino (Yucles) |
| Sistema de Lixiviación | Lixiviación por montones con solución cianurada |
| Sistema de beneficio | Planta de precipitación por Zinc (1,600 $m^3$ por hora)<br>Planta de lixiviación Dinámica (8,000 toneladas por día) |
| Disposición de Tepetate | Tepetatera Centauro |
| Empleos directos e indirectos | Actualmente se cuenta con un total de 1,800 colaboradores y 1,500 contratistas directos.<br>(Con el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura se contempla contar con 2,400 colaboradores y 1,900 contratistas directos para un total de 4,200 empleos directos) |

El contar con el el acomodo de obras por Zonas propuesto traerá múltiples beneficios tanto para la operación de Unidad Minera La Herradura como para su entorno a través de una correcta planeación del crecimiento de la misma. A continuación, se describen los principales beneficios:

1. Capacidad de crecimiento y viabilidad técnica y económica

A partir de las experiencias operando la unidad minera se ha observado que contrario a su apariencia de procesos lentos y largos, la minería a cielo abierto cuenta con una dinámica acelerada y cambiante que propicia la necesidad de desarrollar proyectos internos en el día a día relacionados con la modificación, ampliación o reubicación de obras asociadas o auxiliares, tales como: almacenes, enfermería, caminos, estacionamientos, comedores, por mencionar algunas.

Con la ampliación de las distintas actividades de la UM (Unidad Minera) como el tajo o áreas de beneficio, algunas de las obras existentes como campamento, oficinas y almacenes serán reinstaladas en nuevos sitios estratégicamente seleccionados, con la finalidad de seguir operándolos de manera normal como hasta la fecha se ha llevado a cabo. Todas estas obras serán descritas más adelante.

El contar con ambas características (superficie y autorización) derivado de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, permitirá a La Herradura desarrollarse con presteza, habilidad que la dotará de una mayor capacidad competitiva en el mercado minero y manteniendo el desarrollo económico en la región que actualmente envuelve a la UM.

El Proyecto pretende atender la necesidad de La Herradura para contar con capacidad de crecimiento y viabilidad técnica y económica, pero buscando que este crecimiento sea de una manera ordenada y planificada conforme a las áreas ya autorizadas y actualmente operativas.

2. Sustentabilidad a través del respeto al ecosistema

Minera Penmont reconoce que el crecimiento de La Herradura ha sido paulatino y constante, lo que ha resultado en la evaluación de impactos ambientales tanto negativos como positivos de forma parcial y segmentada, evaluando de forma independiente cada una de sus ampliaciones y generando entre cada una de ellas impactos poco identificables por separado que, sin embargo, en conjunto se potencian o diluyen sin que esto sea precisamente evaluado.

El presente Proyecto, permitirá reconocer los impactos ambientales generados por la ocupación de las nuevas áreas de la ampliación de obras, no de forma parcial, sino integrada con lo cual se podrán revisar las estrategias adoptadas para el control y mitigación de los mismos, así como para la protección y preservación de la flora y fauna del lugar.

Un beneficio importante será la complementariedad entre las distintas medidas de control y mitigación de los impactos ambientales negativos, así como de las distintas actividades de protección y conservación de la flora, la fauna y los servicios ambientales del ecosistema.

3. Certeza legal

Al delimitar un polígono del Proyecto que integra y comprende las obras actuales y futuras de la unidad minera, el Proyecto Gran Potencial pretende dar certeza legal a la operación de La Herradura, la cual se refiere a la búsqueda del cumplimiento de la LGEEPA y la LGDFS, principalmente en lo que respecta a que todas las obras actuales y futuras tengan autorización en materia ambiental y que se desarrollen en áreas que hayan sido autorizadas para cambiar el uso de suelo forestal a uno minero-industrial en caso de ser necesario.

### *II.1.2 Selección del sitio*

La selección sitio para el Proyecto Gran Potencial La Herradura fue definida con base a los siguientes criterios técnicos, ambientales y económicos, que favorecen su viabilidad:

- Condiciones geológicas de la zona
- Confirmación de la reserva de mineral en el tajo centauro
- Distribución de las obras existentes en áreas sujetas a ampliación
- Tendencias de crecimiento de obras principales (patios de lixiviación, tepetatera o depósito de jales) a lo largo de la etapa operativa de la unidad minera
- Influencia indirecta de las obras actuales sobre características ambientales
- La propiedad y titularidad del terreno

Cabe destacar que el principal criterio de selección del sitio del Proyecto deriva por la reserva de mineral presente en el tajo centauro, el cual es el principal medio de extracciónde la UM, ya que de ello depende la expansión de las obras y tamaño de las mismas.

Sumado a esto, la selección del sitio para cada obra que compone el Proyecto va de la mano con el óptimo aprovechamiento de la superficie para una mejor operación con el menor impacto ambiental y costo operativo, sumado al proceso operativo del minado a cielo abierto y los métodos de aprovechamiento de mineral presentes en la Unidad Minera La Herradura.

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

El Proyecto Gran Potencial La Herradura se localiza al Noroeste del Estado de Sonora, en el Municipio de Caborca, Estación Sahuaro (clave: 26010176) y Juan Álvarez (clave: 260170419) las localidades más cercanas.

En el Anexo 2.2 se adjunta un plano en el cual se destaca la Unidad Minera La Herradura y algunas de sus características de ubicación actual las cuales se describen a continuación:

- Colindancias del polígono del Proyecto

El polígono del Proyecto colinda al Oeste con terrenos de uso forestal propiedad de Minera Penmont y terrenos del Ejido El Bajío, al Norte colinda con terrenos de uso forestal propiedad de Minera Penmont en los que se han realizado actividades de exploración minera; al Este colinda con terrenos propiedad del Ejido Juan Álvarez y al Sur con terrenos de uso forestal propiedad de Minera Penmont.

- Acceso

El acceso al Proyecto es por el camino vecinal Estación Sahuaro – Juan Álvarez, en donde se encuentra un entronque en el kilómetro 19 que lleva a La Herradura.

Para acceder al camino vecinal mencionado se utiliza la carretera estatal 037 Puerto Peñasco – Caborca que se une a la red federal de carreteras por medio de la Carretera Federal 002 en Caborca.

- Propiedad del terreno

Como se mencionó anteriormente, la ubicación del Proyecto Gran Potencial está ligado a la propiedad del terreno, ya que sólo se realizarán obras o actividades solamente donde Minera Penmont tenga posesión por convenios o compra – venta. En la siguiente Figura se presenta la actual tenencia de la tierra de Minera Penmont con relación a las obras del Proyecto.

El presente Proyecto se conjunta en su totalidad dentro de 3 poligonos, los cuales en su interior contentran la totalidad de las 42 obras determinadas en sus 14 Zonas, además de las distintas áreas ya autorizadas con anterioridad en la Unidad Minera La Herradura. A continuación, en la Tabla 2.2 se presentan las coordenadas perimetrales de cada vértice del polígono denominado Mina La Herradura. Por su parte en la Tabla 2.3 se presentan las coordenadas del polígono denominado Reservorio de agua y finalmente en la Tabla 2.4 se presentan las coordenadas del polígono denominado Acceso Oriente.

**Tabla 2.2. Coordenadas UTM Datum WGS84 del polígono Mina La Herradura**

| Coordenadas UTM WGS84 | | | | | Coordenadas UTM WGS84 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ID** | **Nombre** | **X** | **Y** | | **ID** | **Nombre** | **X** | **Y** |
| **1** | Mina La Herradura | 324684 | 3451913 | | **50** | Mina La Herradura | 324212 | 3445180 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2** | Mina La Herradura | 325573 | 3450583 | | **51** | Mina La Herradura | 324117 | 3445088 |
| **3** | Mina La Herradura | 325928 | 3450052 | | **52** | Mina La Herradura | 324050 | 3445024 |
| **4** | Mina La Herradura | 325934 | 3450042 | | **53** | Mina La Herradura | 324006 | 3444981 |
| **5** | Mina La Herradura | 325940 | 3450031 | | **54** | Mina La Herradura | 323976 | 3444953 |
| **6** | Mina La Herradura | 325945 | 3450020 | | **55** | Mina La Herradura | 323877 | 3444850 |
| **7** | Mina La Herradura | 325950 | 3450009 | | **56** | Mina La Herradura | 323787 | 3444753 |
| **8** | Mina La Herradura | 325954 | 3449997 | | **57** | Mina La Herradura | 323738 | 3444701 |
| **9** | Mina La Herradura | 325957 | 3449986 | | **58** | Mina La Herradura | 323604 | 3444558 |
| **10** | Mina La Herradura | 325959 | 3449974 | | **59** | Mina La Herradura | 323574 | 3444526 |
| **11** | Mina La Herradura | 325961 | 3449961 | | **60** | Mina La Herradura | 323368 | 3444315 |
| **12** | Mina La Herradura | 325962 | 3449949 | | **61** | Mina La Herradura | 323151 | 3444151 |
| **13** | Mina La Herradura | 325962 | 3449937 | | **62** | Mina La Herradura | 323039 | 3444075 |
| **14** | Mina La Herradura | 325961 | 3449925 | | **63** | Mina La Herradura | 323013 | 3444058 |
| **15** | Mina La Herradura | 325960 | 3449913 | | **64** | Mina La Herradura | 322979 | 3444030 |
| **16** | Mina La Herradura | 325958 | 3449901 | | **65** | Mina La Herradura | 322905 | 3443972 |
| **17** | Mina La Herradura | 325955 | 3449889 | | **66** | Mina La Herradura | 323103 | 3443976 |
| **18** | Mina La Herradura | 325951 | 3449877 | | **67** | Mina La Herradura | 321997 | 3443099 |
| **19** | Mina La Herradura | 325762 | 3449319 | | **68** | Mina La Herradura | 321983 | 3443084 |
| **20** | Mina La Herradura | 326181 | 3449319 | | **69** | Mina La Herradura | 320621 | 3441610 |
| **21** | Mina La Herradura | 326102 | 3449201 | | **70** | Mina La Herradura | 320281 | 3441225 |
| **22** | Mina La Herradura | 326059 | 3449176 | | **71** | Mina La Herradura | 318015 | 3443940 |
| **23** | Mina La Herradura | 325983 | 3449190 | | **72** | Mina La Herradura | 317490 | 3444686 |
| **24** | Mina La Herradura | 325873 | 3449170 | | **73** | Mina La Herradura | 317442 | 3444753 |
| **25** | Mina La Herradura | 325707 | 3449134 | | **74** | Mina La Herradura | 316422 | 3446203 |
| **26** | Mina La Herradura | 325694 | 3449007 | | **75** | Mina La Herradura | 316337 | 3446337 |
| **27** | Mina La Herradura | 325678 | 3448836 | | **76** | Mina La Herradura | 316458 | 3446415 |
| **28** | Mina La Herradura | 325648 | 3448534 | | **77** | Mina La Herradura | 316916 | 3446714 |
| **29** | Mina La Herradura | 325560 | 3448398 | | **78** | Mina La Herradura | 318758 | 3447818 |
| **30** | Mina La Herradura | 325481 | 3448275 | | **79** | Mina La Herradura | 318706 | 3447898 |
| **31** | Mina La Herradura | 325320 | 3447264 | | **80** | Mina La Herradura | 319280 | 3448278 |
| **32** | Mina La Herradura | 325369 | 3446672 | | **81** | Mina La Herradura | 319826 | 3448640 |
| **33** | Mina La Herradura | 325380 | 3446534 | | **82** | Mina La Herradura | 321312 | 3449626 |
| **34** | Mina La Herradura | 325434 | 3445876 | | **83** | Mina La Herradura | 321424 | 3449742 |
| **35** | Mina La Herradura | 325240 | 3445860 | | **84** | Mina La Herradura | 321993 | 3450329 |
| **36** | Mina La Herradura | 325131 | 3445851 | | **85** | Mina La Herradura | 322402 | 3450752 |
| **37** | Mina La Herradura | 325135 | 3445864 | | **86** | Mina La Herradura | 322510 | 3450607 |
| **38** | Mina La Herradura | 324866 | 3445710 | | **87** | Mina La Herradura | 323103 | 3451220 |
| **39** | Mina La Herradura | 324776 | 3445868 | | **88** | Mina La Herradura | 323121 | 3451238 |
| **40** | Mina La Herradura | 324679 | 3446038 | | **89** | Mina La Herradura | 323185 | 3451304 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **41** | Mina La Herradura | 324636 | 3446114 | | **90** | Mina La Herradura | 323221 | 3451341 |
| **42** | Mina La Herradura | 324562 | 3446245 | | **91** | Mina La Herradura | 323942 | 3452087 |
| **43** | Mina La Herradura | 324490 | 3446372 | | **92** | Mina La Herradura | 323956 | 3452101 |
| **44** | Mina La Herradura | 324491 | 3446316 | | **93** | Mina La Herradura | 324167 | 3452320 |
| **45** | Mina La Herradura | 324497 | 3445890 | | **94** | Mina La Herradura | 324233 | 3452385 |
| **46** | Mina La Herradura | 324497 | 3445890 | | **95** | Mina La Herradura | 324303 | 3452418 |
| **47** | Mina La Herradura | 324509 | 3445569 | | **96** | Mina La Herradura | 324325 | 3452427 |
| **48** | Mina La Herradura | 324458 | 3445492 | | **97** | Mina La Herradura | 324337 | 3452433 |
| **49** | Mina La Herradura | 324352 | 3445314 | | **98** | Mina La Herradura | 324684 | 3451913 |

**Tabla 2.3. Coordenadas UTM Datum WGS84 del polígono Reservorio de agua**

| **Coordenadas UTM WGS84** | | | |
|---|---|---|---|
| **ID** | **Nombre** | **X** | **Y** |
| **1** | Reservorio de Agua | 325111 | 3444434 |
| **2** | Reservorio de Agua | 325201 | 3444334 |
| **3** | Reservorio de Agua | 325414 | 3444434 |
| **4** | Reservorio de Agua | 325426 | 3444440 |
| **5** | Reservorio de Agua | 325430 | 3444434 |
| **6** | Reservorio de Agua | 325445 | 3444413 |
| **7** | Reservorio de Agua | 325458 | 3444394 |
| **8** | Reservorio de Agua | 325471 | 3444376 |
| **9** | Reservorio de Agua | 325484 | 3444356 |
| **10** | Reservorio de Agua | 325499 | 3444335 |
| **11** | Reservorio de Agua | 325512 | 3444316 |
| **12** | Reservorio de Agua | 325528 | 3444294 |
| **13** | Reservorio de Agua | 325543 | 3444273 |
| **14** | Reservorio de Agua | 325558 | 3444251 |
| **15** | Reservorio de Agua | 325563 | 3444243 |
| **16** | Reservorio de Agua | 325498 | 3444182 |
| **17** | Reservorio de Agua | 324829 | 3443563 |
| **18** | Reservorio de Agua | 324370 | 3444058 |
| **19** | Reservorio de Agua | 324382 | 3444069 |
| **20** | Reservorio de Agua | 324776 | 3444434 |
| **21** | Reservorio de Agua | 324887 | 3444536 |
| **22** | Reservorio de Agua | 324961 | 3444605 |
| **23** | Reservorio de Agua | 325111 | 3444434 |

**Tabla 2.4. Coordenadas UTM Datum WGS84 del polígono Acceso Oriente**

| **Coordenadas UTM WGS84** | | **Coordenadas UTM WGS84** |
|---|---|---|

| ID | Nombre | X | Y | ID | Nombre | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Acceso Oriente | 331956 | 3449581 | **38** | Acceso Oriente | 325518 | 3444648 |
| **2** | Acceso Oriente | 331879 | 3449501 | **39** | Acceso Oriente | 325495 | 3444698 |
| **3** | Acceso Oriente | 331621 | 3449522 | **40** | Acceso Oriente | 325467 | 3444818 |
| **4** | Acceso Oriente | 331263 | 3449466 | **41** | Acceso Oriente | 325648 | 3445116 |
| **5** | Acceso Oriente | 331089 | 3449561 | **42** | Acceso Oriente | 325728 | 3445193 |
| **6** | Acceso Oriente | 330830 | 3449502 | **43** | Acceso Oriente | 325891 | 3445292 |
| **7** | Acceso Oriente | 330516 | 3449365 | **44** | Acceso Oriente | 326040 | 3445419 |
| **8** | Acceso Oriente | 330395 | 3449392 | **45** | Acceso Oriente | 326124 | 3445538 |
| **9** | Acceso Oriente | 330088 | 3449307 | **46** | Acceso Oriente | 326415 | 3445792 |
| **10** | Acceso Oriente | 329927 | 3449069 | **47** | Acceso Oriente | 326577 | 3445990 |
| **11** | Acceso Oriente | 329664 | 3448796 | **48** | Acceso Oriente | 326791 | 3446194 |
| **12** | Acceso Oriente | 329399 | 3448573 | **49** | Acceso Oriente | 327241 | 3446541 |
| **13** | Acceso Oriente | 328979 | 3448138 | **50** | Acceso Oriente | 327249 | 3446547 |
| **14** | Acceso Oriente | 328622 | 3447836 | **51** | Acceso Oriente | 327601 | 3446909 |
| **15** | Acceso Oriente | 328531 | 3447734 | **52** | Acceso Oriente | 327889 | 3447255 |
| **16** | Acceso Oriente | 328241 | 3447430 | **53** | Acceso Oriente | 328213 | 3447464 |
| **17** | Acceso Oriente | 327918 | 3447223 | **54** | Acceso Oriente | 328499 | 3447763 |
| **18** | Acceso Oriente | 327633 | 3446880 | **55** | Acceso Oriente | 328592 | 3447867 |
| **19** | Acceso Oriente | 327277 | 3446515 | **56** | Acceso Oriente | 328949 | 3448169 |
| **20** | Acceso Oriente | 327269 | 3446508 | **57** | Acceso Oriente | 329370 | 3448605 |
| **21** | Acceso Oriente | 326819 | 3446161 | **58** | Acceso Oriente | 329635 | 3448828 |
| **22** | Acceso Oriente | 326609 | 3445961 | **59** | Acceso Oriente | 329894 | 3449096 |
| **23** | Acceso Oriente | 326446 | 3445762 | **60** | Acceso Oriente | 330061 | 3449344 |
| **24** | Acceso Oriente | 326156 | 3445509 | **61** | Acceso Oriente | 330394 | 3449437 |
| **25** | Acceso Oriente | 326072 | 3445390 | **62** | Acceso Oriente | 330512 | 3449410 |
| **26** | Acceso Oriente | 325916 | 3445257 | **63** | Acceso Oriente | 330816 | 3449543 |
| **27** | Acceso Oriente | 325755 | 3445158 | **64** | Acceso Oriente | 331095 | 3449606 |
| **28** | Acceso Oriente | 325682 | 3445089 | **65** | Acceso Oriente | 331271 | 3449511 |
| **29** | Acceso Oriente | 325513 | 3444811 | **66** | Acceso Oriente | 331619 | 3449565 |
| **30** | Acceso Oriente | 325536 | 3444712 | **67** | Acceso Oriente | 331862 | 3449545 |
| **31** | Acceso Oriente | 325563 | 3444652 | **68** | Acceso Oriente | 331913 | 3449598 |
| **32** | Acceso Oriente | 325543 | 3444575 | **69** | Acceso Oriente | 331914 | 3449712 |
| **33** | Acceso Oriente | 325473 | 3444529 | **70** | Acceso Oriente | 331975 | 3449738 |
| **34** | Acceso Oriente | 325413 | 3444487 | **71** | Acceso Oriente | 332001 | 3449702 |
| **35** | Acceso Oriente | 325388 | 3444522 | **72** | Acceso Oriente | 331957 | 3449683 |
| **36** | Acceso Oriente | 325449 | 3444564 | **73** | Acceso Oriente | 331956 | 3449581 |
| **37** | Acceso Oriente | 325506 | 3444602 | | | | |

### *II.1.4 Inversión requerida*

### *II.1.5 Dimensiones del proyecto*

Para el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura en su totalidad para las 3 poligonales presentadas al inicio de este Capítulo se requerirá una superficie total de 5,306.4082 ha (53,064,082.0163 m²), de las cuales 3,738.3120 ha (37,383,120.2628 m²) corresponden a la superficie que requerirán las nuevas 14 nuevas Zonas del Proyecto. Las 1,568.0962 ha restastantes corresponden a las superficies que actualmente se encuentran en operación por su autorización en materia de impacto ambiental, y que en conjunto suman la totalidad de la superficie solicitada para el **Proyecto Gran Potencial La Herradura en un solo polígono de 5,306.4082 ha**.

De la superficie total solicitada 5,306.4082 ha, a continuación, se presenta la superficie correspondiente a cada una de las 14 Zonas en las que se divide el Proyecto Gran Potencial La Herradura, las cuales serán las principales áreas para la evaluación de impacto ambiental y su autorización para cada una de sus obras. En el Anexo 2.3 se presentan las 14 Zonas del Proyecto Gran Potencial La Herradura, así como el Anexo Digital con todas las coordenadas y superficies del Proyecto para su consulta digital.

**Tabla 2.5. Dimensión solicitada para el Proyecto**

| ID | Nombre | Area m² | ha |
|---|---|---|---|
| **1** | Mina La Herradura | 52076613.7040 | 5207.6614 |
| **2** | Acceso Oriente | 386826.5182 | 38.6827 |
| **3** | Reservorio de Agua | 600641.7941 | 60.0642 |
| | **TOTAL** | **53064082.0163** | **5306.4082** |

**Tabla 2.6. Superficies solicitadas para cada Zona del Proyecto**

| Zonas Gran Potencial La Herradura | | | |
|---|---|---|---|
| **ID** | **Nombre** | **Area m²** | **ha** |
| **1** | Zona Canal de derivacion | 2859247.5254 | 285.9248 |
| **2** | Zona Patio de Lixiviación | 2202998.3743 | 220.2998 |
| **3** | Zona Administrativa y Nuevo Campamento | 493819.4368 | 49.3819 |
| **4** | Zona Area Construcciones | 31120.8956 | 3.1121 |
| **5** | Zona Reservorio de agua tratada | 600641.7941 | 60.0642 |
| **6** | Zona Tajo | 7082080.8479 | 708.2081 |
| **7** | Zona Stockpile | 280342.4634 | 28.0342 |
| **8** | Zona Tepetatera | 14211969.1378 | 1421.1969 |
| **9** | Zona Deposito de Jales | 1883290.3883 | 188.3290 |
| **10** | Zona Ampliación Tepetatera y/o Deposito de Jales | 6126343.4312 | 612.6343 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **11** | Zona Acceso Oriente | 386826.5182 | 38.6827 |
| **12** | Zona Área de Mantenimiento | 225571.9462 | 22.5572 |
| **13** | Zona Área Geotecnia | 84270.9265 | 8.4271 |
| **14** | Área de Almacenamiento Temporal | 914596.5771 | 91.459658 |
| | **TOTAL** | **37383120.2628** | **3738.3120** |

### *II.1.6 Condiciones actuales del sitio y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias*

#### *II.1.6.1 Obras existentes en la UM*

El Proyecto Gran Potencial La Herradura no incluye la construcción de ninguna obra minera diferente a las que han sido planteadas para la unidad minera a través de sus diferentes proyectos (1997-2019) y que en su mayoría se encuentran en operación, ya que la totalidad de las obras solicitadas en la presente MIA son similares a las existentes y no representa cambios en la naturaleza de las actividades dentro de la UM. En la siguiente Tabla se enlistan las obras mineras y operativas de La Herradura. La naturaleza de este Proyecto contempla la ampliación de las áreas operativas y la construcción de nuevas obras requeridas de manera imprescindible para su correcto desarrollo como tepetateras, patio de lixiviación, áreas administrativas y de recreación social.

**Tabla 2.7. Obras mineras de La Herradura**

| **Tipo** | **Obra minera** |
|---|---|
| Explotación | Tajo Centauro |
| | Polvorín |
| | Tepetatera Centauro |
| | Transporte de mineral |
| Beneficio en planta Merrill Crowe (precipitación por Zinc) | Trituración |
| | Patios de Lixiviación (etapas 1 a 13) |
| | Planta de precipitación por Zinc (1,600 $m^3$ por hora) |
| | Laboratorio |
| | Piletas de solución rica |
| | Pileta de solución intermedia |
| | Piletas de emergencia |
| Beneficio en planta de lixiviación dinámica | Planta de proceso lixiviación dinámica (8,000 toneladas por día) |
| | Trituración y molienda |
| | Laboratorio |
| | Presa de Jales |
| | Stockpile |

- Condiciones actuales

Con la actual operación de la Unidad Minera, el uso de suelo se ha ido modificando conforme se ha requerido en áreas específicas, todo mediante las debidas solicitudes de cambio de uso de suelo e

impacto ambiental, desde el inicio de La Herradura hasta las distintas ampliaciones y obras asociadas de la misma.

Actualmente en el polígono del Proyecto y sus colindancias se pueden encontrar los siguientes usos de suelo:

- Uso industrial-minero
- Caminos y veradas vecinales
- Zona sub urbana (Juan Álvarez)
- Derecho de vía para vías generales de comunicación (FFCC y Carretera 037)
- Derecho de vía para líneas de transmisión
- Instalaciones de servicio

Paralelamente a la presentación de la MIA-P ante la Delegación de la SEMARNAT, se entregará el Estudio Técnico Justificativo para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales, de las áreas del Proyecto que requieren dicha autorización.

#### *II.1.6.2 Cuerpos de agua*

En la zona del Proyecto no se localiza ningún cuerpo de agua perene.

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

Debido a que el Proyecto se realizará en una zona con un importante desarrollo minero-industrial, no requerirá de nuevos servicios de urbanización, ya que actualmente se cuenta con todo lo necesario para llevar a cabo la operación.

Los servicios existentes en la zona son los siguientes:

- Camino de acceso
- Caminos internos
- Agua potable
- Energía eléctrica
- Planta de tratamiento de agua residual
- Comunicación satelital (teléfono e internet) y Radio comunicación
- Campamentos
- Comedores
- Servicios médicos
- Equipo y brigadas de respuesta a emergencias
- Estación de autoservicio de combustibles
- Almacenamiento temporal de residuos peligrosos

## *II.2 Características particulares del proyecto*

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

El desarrollo del Proyecto en su totalidad comprenderá una totalidad de 25 años estimados (en 3 fases operativas para una fácil comprensión), lo cual comprenderá las etapas de preparación del sitio, la construcción de las distintas obras y la operación del mismo. Posteriormente se procederá a una etapa de cierre y abandono del sitio cuando la vida útil de la Unidad llegue a su fin, sin embargo, se presentará una actualización del Plan de restitución del cierre contemplado para el año 2016, en el cual se integrarán las obras del Proyecto Gran Potencial La Herradura para el año 2044. Cabe destacar que se tendrá un aprovechamiento de mineral en el Tajo Megacentauro hasta el año 2037, posteriormente el mineral que sea acarreado y almacenado será procesado 2 años después en las Plantas de Lixiviación Dinámica para dar inicio a las actividades de cierre con 5 años más de riego de patios de lixiviación.

En la siguiente Tabla 2.8 se presenta el cronograma de actividades para el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

**Tabla 2.8. Cronograma de actividades del Proyecto**

| Fases | Etapas | Años | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 a 2 | 3 a 4 | 5 a 6 | 7 a 8 | 9 a 10 | 11 a 12 | 13 a 14 | 15 a 16 | 17 a 18 | 19 a 20 | 21 a 22 | 23 a 24 | 25 en adelante |
| Fase 1 | Preparación | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| | Construcción | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| | Operación | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Fase 2 | Preparación | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | Construcción | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | |
| | Operación | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| Fase 3 | Preparación | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Construcción | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| | Operación | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Cierre | | | | | | | | | | | | | | ■ |

## *II.2.2 Preparación del terreno*

A continuación, se describen las actividades genéricas considerarás para la preparación del terreno de las áreas del Proyecto (posteriormente serán descritas las actividades específicas para las obras que lo requieran):

1. Delimitación y señalización de los sitios a ocupar

   Una brigada de topografía equipada con una estación total, realizará la delimitación de las áreas que sean autorizadas en los resolutivos ambientales, y conforme a los planos de diseño. Esta cuadrilla indicará con ayudas visuales (estacas o banderines) los límites de la zona a ocupar y los sitios específicos de cada una de las áreas que requieren de preparación.

2. Ejecución del Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental

   Como parte de las actividades de preparación del sitio se ejecutarán las tareas establecidas dentro del Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental (PMVA), destacando que estas

actividades están incorporadas al programa de trabajo y no son consideradas como actividades alternas o secundarias.

Las actividades del PMVA que destacan para esta etapa son:

- Recorridos para ahuyentamiento de la fauna de alta movilidad
- Ejecución de actividades de captura y liberación de fauna de baja movilidad

Para revisar los detalles del PMVA, consultar la Sección VI.1 de esta MIA.

3. Obras de control de escorrentías y manejo de agua de lluvia

Puesto que el sitio del Proyecto presenta ciertas corrientes intermitentes en temporal de lluvias que puedan afectar el desarrollo operativo de las obras nuevas y actuales de la Unidad Minera, se pretende llevar a cabo la preparación y construcción de un canal de derivación al Norte del Proyecto para evitar efectos adversos sobre el recurso y que afecte las obras dentro de la UM. Todo esto será detallado más adelante.

4. Desmonte

A la par de las actividades del PMVA y dadas las características de la vegetación en el sitio, se llevarán a cabo actividades correspondientes para el desmonte de los ejemplares forestales en el sitio (para lo cual se solicitará la respectiva autorización del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales mediante un Estudio Técnico Justificativo de manera independiente a la presente MIA).

Para estas actividades se realizará el rescate y reubicación de las especies adecuadas para ello, buscando minimizar los impactos ambientales derivadas de dichas acciones, todo esto en las áreas que se soliciten para el CUSTF.

Las actividades de desmonte serán llevadas a cabo mediante medios manuales y con el uso de maquinaría especializada para ello, acotando las obras de desmonte solamente a las áreas propuestas y previamente autorizadas en el documento respectivo para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

5. Despalme

Con equipo y maquinaria adecuada (retroexcavadora, tractor bulldozer, motoconformadora, entre otros) se realizará el despalme de los sitios a ocupar, el cual consiste en la remoción del material ya sea de suelo o rocoso que no cumple con las características adecuadas para el desplante de las obras pretendidas y que se encuentra a una profundidad mayor a 30 cm.

6. Desmantelamiento

En caso de ser necesario, se realizará el desmantelamiento de las obras a ser reubicadas o modificadas. Estos trabajos se realizarán en su mayoría por contratistas especializados y la

cantidad de residuos a generar estará directamente relacionada con la obra a desmantelar. Para darle un manejo adecuado a los residuos generados se utilizará la infraestructura existente en La Herradura y se buscará el reciclaje y reutilización de los mismos.

Para el desmantelamiento pudieran requerirse los siguientes equipos: grúas, tractores, retroexcavadores, camiones de volteo, camiones de carga.

7. Cortes y rellenos

Debido a la topografía y relieve de la zona, será comúnmente necesario realizar cortes y rellenos en los sitios a ocupar.
Los cortes serán realizados sobre cerros o dunas, y según sea el caso, se utilizarán explosivos para lograr los niveles marcados por el diseño de las obras. El material resultante podrá ser utilizado como material de relleno o en caso contrario será almacenado de forma diferenciada o dispuesto en la Tepetatera.

Los rellenos igualmente serán definidos por el diseño de cada obra o edificio en particular, para esto se utilizará material adecuado con fin de lograr la nivelación y compactación requerida.

Los equipos utilizados en estas maniobras son: camiones de volteo, camiones de alto perfil (camiones mineros) para acarreo, cargadores frontales, tractores, retroexcavadoras y motoconformadoras.

Para el uso de explosivos se utilizarán las instalaciones y permisos existentes, así como lo equipos disponibles para la operación de la mina a cielo abierto, entre los que destacan las maquinas perforadoras o rotarias.

8. Nivelación y compactación

La etapa de preparación del sitio concluye con los trabajos de nivelación y compactación, que según sea el caso buscará dar el terminado de nivel de piso señalado en el diseño o ingeniería.

La nivelación y compactación será realizada con maquinaria pesada, preferentemente motoconformadora y vibrocompactador.

9. Cercado del área

Las áreas que por seguridad requieran de control de acceso podrían ser cercadas con alambre de púa o malla industrial.

### *II.2.3 Construcción de obras*

El desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura, contempla el desarrollo y construcción de 42 obras asociadas al sector minero dentro de la UM, las cuales están inmersas en un total de 13 poligonales que engloban ciertas obras por su naturaleza y cercanía. Estas 42 obras comprenden desde

áreas administrativas como oficinas, salones de capacitación; incluyen también sitios para la recreación del personal de la UM, tales como comedores para contratistas y personal administrativo, campamentos de trailas, hoteles y áreas deportivas; así como obras mineras en su totalidad tales como depósito de jales, tepetateras, almacenes de materiales y talleres de mantenimiento, la ampliación del tajo centauro y stockpile, entre otras.

La totalidad de las obras se han planeado y diseñado de manera en la que el desarrollo de la UM con la ampliación de su vida útil sea la más óptima, menos impactante y con una aplicación congruente de los recursos aplicables en sitio, se busca el mejor aprovechamiento de insumos y con un mayor desarrollo económico interno, que, a su vez, propicie lo mismo en la región.

Para poder realizar una descripción más sencilla y comprensible de la totalidad de las obras que comprenden el Proyecto, se realizará el desglose de obras definidas por poligonal envolvente, un total de 13 poligonales para comprender las 42 obras del Proyecto. En la siguiente Tabla se presentan las 42 obras en la poligonal correspondiente. Posteriormente se describen los detalles de construcción de las mismas. En el Anexo 2.4 se presenta un plano georreferenciado donde se presentan las 42 obras que comprenden el Proyecto.

**Tabla 2.9. Obras que comprenden el Proyecto.**

| ID | Obra |
|---|---|
| **1** | Patio de lixiviación |
| **2** | Acceso |
| **3** | Almacén de componentes de mantenimiento |
| **4** | Archivo muerto |
| **5** | Clínica GP |
| **6** | Comedor de empleados |
| **7** | Dormitorio Plus |
| **8** | Dormitorio |
| **9** | Área de Lavados automotriz |
| **10** | Mantenimiento vehicular |
| **11** | Área de Michelin (neumáticos) |
| **12** | Oficinas generales |
| **13** | Oficinas de planeación |
| **14** | Oficinas de seguridad |
| **15** | Oficinas de sindicato |
| **16** | Oficinas de Topografía 2 |
| **17** | Servicios de campamento |
| **18** | Taller de armado |
| **19** | Taller de mantenimiento preventivo |
| **20** | Taller de mantenimiento |
| **21** | Centro de capacitación |
| **22** | Brigada de bomberos |

| | |
|---|---|
| **23** | Reservorio de agua tratada |
| **24** | Tajo |
| **25** | Stockpile |
| **26** | Tepetatera |
| **27** | Depósito de jales |
| **28** | Ampliación de tepetarea y/o depósito de jales |
| **29** | Oficinas Subterránea |
| **30** | Casa club |
| **31** | Campamento 1 |
| **32** | Campamento 2 |
| **33** | Campamento 3 |
| **34** | Campamento |
| **35** | Comedor de 162 personas |
| **36** | Control vehicular |
| **37** | Oficinas de Geotecnia |
| **38** | Tanques de agua |
| **39** | Canal de derivación |
| **40** | Acceso oriente |
| **41** | Almacenes de construcción |
| **42** | Oficinas de construcción |

Para la descripción de la totalidad de las obras y para un mayor entendimiento del desarrollo de cada una de ellas, se realizó una zoonificación del Proyecto, se tomó como base la naturaleza y tipo de obra tanto para la construcción y operación de las mismas, en concreto se presenta un total de 14 Zonas que comprenden las 42 obras del Proyecto Gran Potencial La Herradura. En la siguiente Tabla se presentan las Zonas del Proyecto y la descripción de cada una.

**Tabla 2.10. Zonas del Proyecto Gran Potencial**

| Nombre |
|---|
| Zona Canal de derivacion |
| Zona Patio de Lixiviación |
| Zona Administrativa y Nuevo Campamento |
| Zona Area Construcciones |
| Zona Reservorio de agua tratada |
| Zona Tajo |
| Zona Stockpile |
| Zona Tepetatera |
| Zona Deposito de Jales |
| Zona Ampliación Tepetatera y/o Deposito de Jales |
| Zona Acceso Oriente |
| Zona Área de Mantenimiento |

| |
|---|
| Zona Área Geotecnia |
| Área de Almacenamiento Temporal |

- **Zona Ampliación del Tajo Megacentauro**

Actualmente la Unidad Minera La Herradura, presenta el mayor aprovechamiento de mineral (Oro en mayor procpoción) en el Tajo Centuaro, el principal medio de extracción. Este tajo ha existido desde el comienzo de la Unidad Minera en el año 1997 y ha crecido conforme a las reservadas estimadas mediante exploraciones y la aplicación de la geofísica en la región, con ello determinando las reservas estimadas y comprobadas.

El tajo centauro ha cambiado a lo largo de los años y con ello, ha detonado un desarrollo económico considerable por el beneficio del oro y la generación de empleos directos e indirectos a nivel nacional, imprescindible para la operación minera en el municipio de Caborca.

Con la aplicación de actividades de exploración se ha determinado que las reservas de mineral son económicamente viables para poder continuar con la operación de la UM, se pretende utilizar las zonas actualmente operativas para continuar de manera homogénea los trabajos en el tajo, empleando los taludes existentes para la ampliación de las dimensiones del mismo, así como el método actual de extracción para aumentar la profundidad actual.

En la actualidad, el tajo centauro presenta una profundidad de 266 m debajo del nivel del mar, empleando taludes de 8 m de alto entre cada sección, en la siguiente Figura se presenta una vista aérea del tajo con respecto a la UM, así como fotografías aéreas obtenidas mediante vuelos de dron en meses anteriores.

**Figura 2.6. Vista aérea y a nivel de suelo actual del Tajo Centauro**

Tal como se ha descrito a lo largo de los años durante la operación del tajo dentro de la Unidad Minera La Herradura, la presente ampliación se llevará a cabo bajo el mismo proceso constructivo de minado a cielo abierto, ya que con ello se mantiene la homogeneidad en los impactos ambientales y sumado a la particularidad de que mediante este método el tajo se construye a la par de que se opera.

El proceso constructivo de tajo abierto a utilizar tiene las siguientes características:

- El límite del yacimiento de mineral es definido de acuerdo a los estudios geológicos obtenidos por geofísica y exploración minera, a las fluctuaciones en los precios de los metales y a los costos de operación, principalmente.

- Antes de iniciar la construcción se realizarán las actividades 1 a 8 de preparación del terreno (sección II.2.2) en los sitios donde se puedan llevar a cabo dichas actividades, principalmente en las zonas que presentan obras anteriores, las cuales deben ampliarse.

- Las rampas tendrán una pendiente del 10% y un talud de 45º a ambos lados para darle estabilidad al terreno. Por cada 100 m de avance en forma inclinada, se tendrá un avance en posición vertical de 8 m.

- Teniendo el primer avance de 100 m de longitud, se procederá a realizar la ampliación a ambos lados de la rampa, hasta dejar abierta toda el área que esté sobre la cota definida por el diseño.

- Antes de terminar con la ampliación de la rampa principal descendente en la cota definida en el diseño, se continuará con su apertura 8 m debajo de la anterior y de igual forma, se procederá a hacer la ampliación a lo largo y ancho del yacimiento.

- Con un tractor (ripper) se realizará el escariado de toda la roca de las rampas que sea posible derribar sin utilizar explosivo.

- Al momento de llegar a la roca maciza y que ya no sea posible hacer la extracción con tractor se procederá a hacer perforaciones de orificios en la roca, llamados “barrenos”, en forma ordenada y con equipo adecuado, los cuales son llenados con explosivo y se detonan. Al detonarse, el material cae sobre la misma área, es levantado con cargadores frontales y puesto sobre camiones de alto perfil, los cuales acarrearán el material estéril (tepetate) a la nueva tepetatera (la cual será descrita más adelante) y el material mineralizado (mineral) a los patios de lixiviación y Plantas de Lixiviación Dinámica de la Unidad Minera La Herradura.

Con base a los resultados de exploración que se han llevado a cabo se determinó que en las áreas contiguas al Tajo Centauro existe material con concentraciones de mineral que lo hacen susceptible de ser aprovechado y por lo tanto se plantea la ampliación del tajo. En el Anexo 2.5 se adjunta un plano con los límites de crecimiento máximo del Tajo Centauro.

Derivado de los distintos análisis y estimaciones de la reserva de mineral en el tajo centauro (tanto para óxidos como para sulfuros) se estima que se pueda presentar una extracción continua hasta el año 2037, se pretende almacenar el mineral para poder realizar actividades de beneficio (por patios de lixiviación y Merril Crowe, así como Lixiviación Dinámica) hasta el año 2044 para posteriormente proceder a un cierre progresivo.

En el LOM (Life Of Mine) actual desarrollado se estima que se obtendrá mineral catalogada en mediana ley (que va de 0.25 a 1.00 gramos de Oro por tonelada extraída) y Alta Ley (en una concentración mayor a 1.00 gramos por tonelada de mineral) esto en Óxidos y en Súlfuros.

Respecto a Óxidos a Mediana Ley extraidos hasta el año 2037 se estima una proporción de 83,369,000 Mt (Millones de Toneladas) de mineral con un promedio de 0.483 g de Oro y para el caso de los Óxidos en Alta Ley se estima una extracción de 16,097,000 Mt con un promedio de 1.845 g de Oro por tonelada. En Óxidos para Alta Ley se estima la extracción de 16,097,000 Mt con un promedio estimado de 1.845 g de Oro por tonaelada de mineral.

En lo que respecta a Sulfuros extraidos se consideran en Mediana Ley aquellos concentrados de 0.30 a 0.51 g por tonelada y en Alta Ley a una concentración mayor a 0.51 g por tonelada extraida. En la estimación de extracción de Sulfuros se espera tener hasta el año 2037 un total de 82,542,000 Mt extraidas a las cuales se espera un promedio de 0.407 g/ton de Oro. Para Alta Ley se espera obtener un total de 110,268,000 Mt con un promedio de concentración de 1.141 g/ton.

Con estos datos se puede resumir que en total de mineral extraído para Óxidos y Sulfuros para la vida útil del Proyecto será de 292,277,000 Mt con un promedio de 0.785 g/ton de Oro.

Como en cualquier desarrollo minero, aquel material extraído considerado como inerte o que no cuenta con las proporciones de mineral para poder ser procesado y aprovechado es considerado como Tepetate, el cual será almacenado de manera segura, estable y ordenada en las tepetateras de la UM (Se plantean nuevas áreas, las cuales se solicitan en la presente MIA y cuya descripción se integra en apartados posteriores). Con la estimación de extracción en la vida útil del Proyecto se presenta un total aproximado de 1,589,104,000 Mt de Tepetate, que sumado a los valores de mineral extraído se contempla el movimiento de 1,881,380,000 Mt en total de material extraído para el Proyecto Gran Potencial La Herradura.

En la siguiente Figura se presenta el Modelo de Bloques proyectado para el Tajo Centauro en donde se presenta la profundidad actual y los bloques de mineral proyectados para la ampliación del mismo.

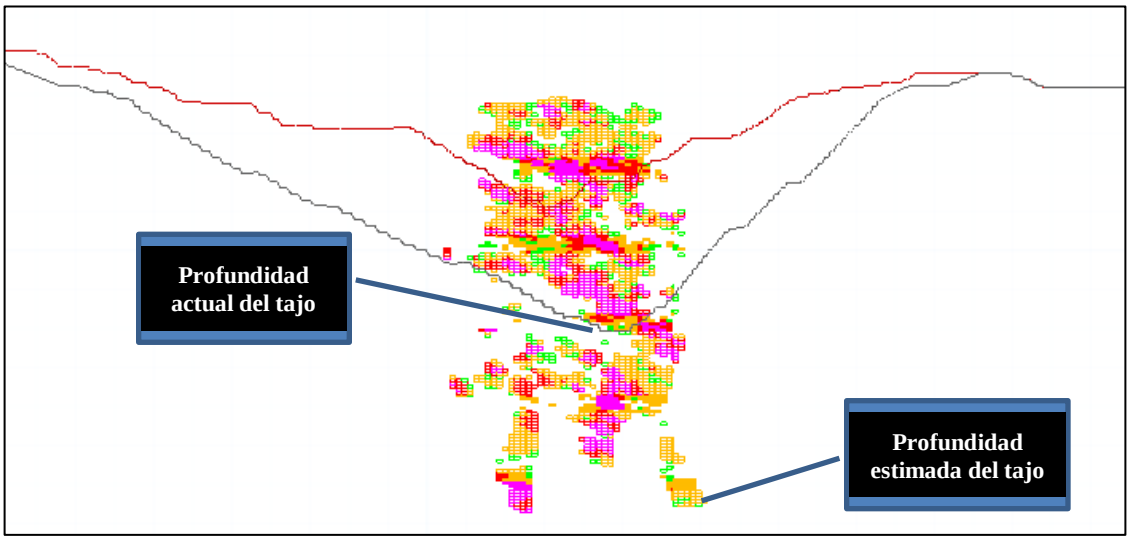



**Figura 2.7. Modelo por bloques del Tajo Centauro**

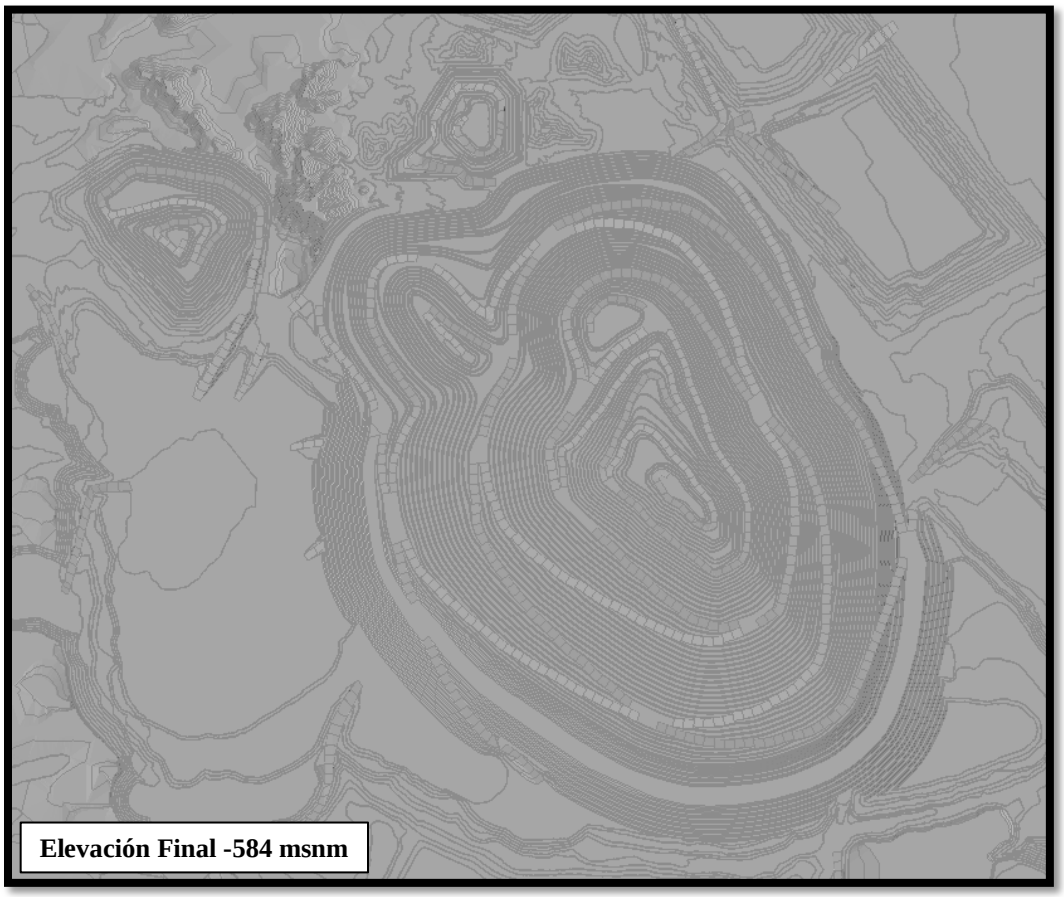



**Figura 2.8. Topografía final del Tajo Centauro**

En el Anexo 2.6 se presenta la proyección de extracción de mineral con base en el método descrito en el presente capítulo y la modificación en la topografía por año en el Tajo Centauro al final del mismo en el año 2037. De igual manera, en el Anexo 2.7 se presenta un Reporte fotográfico de las condiciones actuales del sitio, entre ellas el tajo centauro.

En la siguiente Figura se presenta una representación de la proyección del tajo al final de la vida útil del mismo.

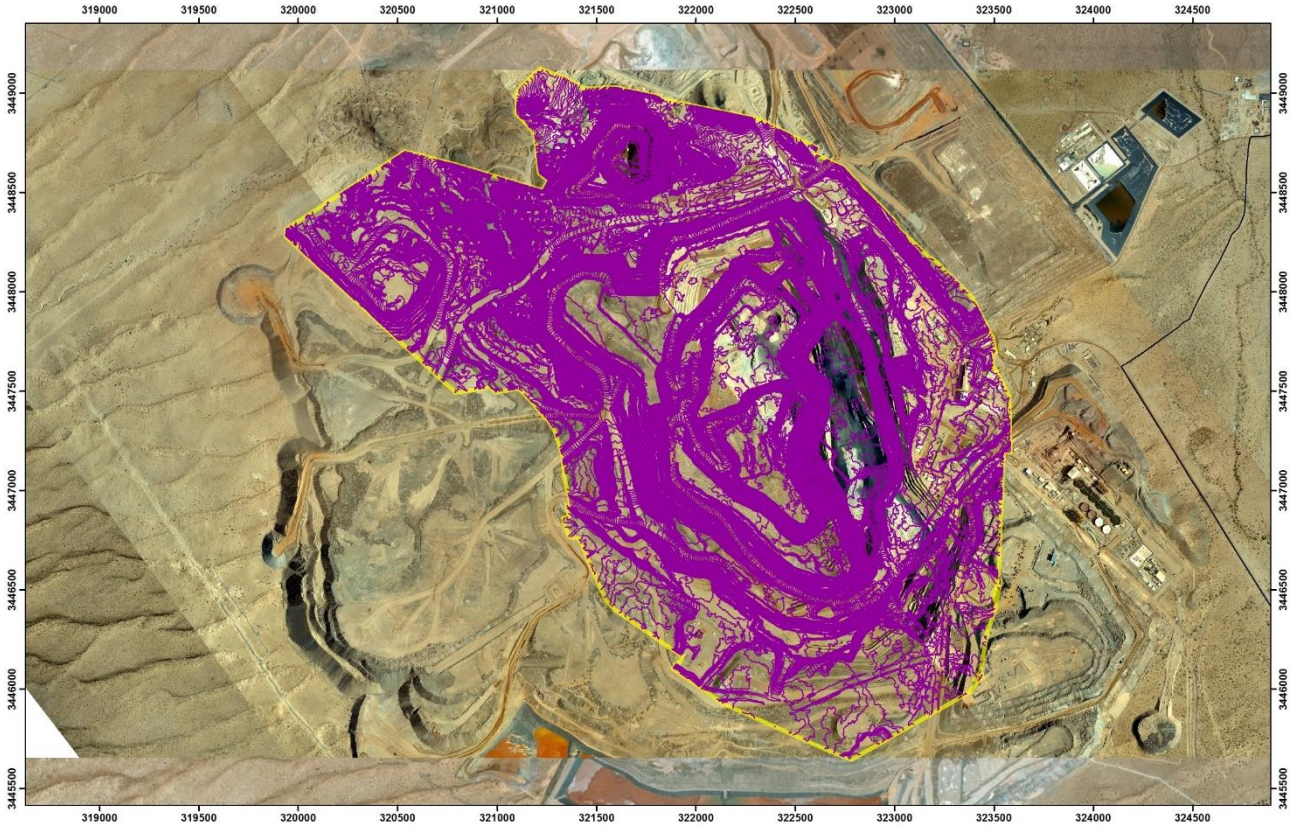



**Figura 2.9. Proyección final del tajo Megacentauro**

Para mantener seguro el Tajo Megacentauro respecto al agua con la que se pueda tener incidencia durante su operación o por la inundación en el cono de abatimiento, actualmente La Herradura cuenta con un sistema de pozos y bombeos en distintos puntos del tajo, esto para poder extraer y bombear el agua en el sitio, minimizando el riesgo en la operación tanto para el personal como para la maquinaria. Este sistema de bombeo es de distintas capacidades por punto y con ello se asegura el bombeo de agua a superficie. Para el 2016 y que actualmente se maneja este sistema de bombeo se tiene un total de 8 hrs de bombeo promediando un total de 250 GPM (Galones Pr Minuto). En la siguiente Figura se presenta el esquema actual de bombeo en el Tajo.

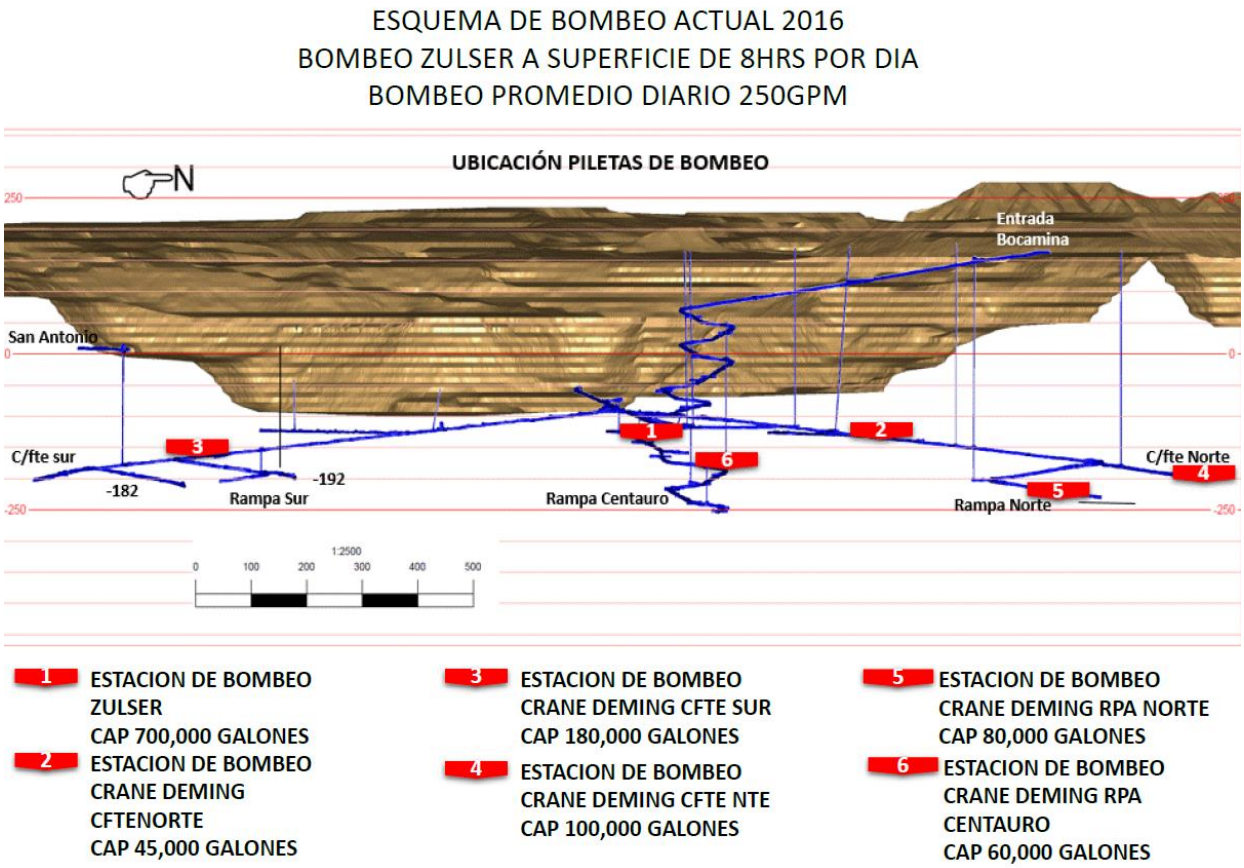



**Figura 2.10. Bombeo actual Tajo Megacentauro**

Este sistema de bombeo podrá realizar las operaciones de extracción y manejo de agua del Tajo Megacentauro, sin embargo, se tendrá una adaptación y mejora del mismo con la construcción y operación de nuevas piletas de bombeo conforme se profundice el Tajo Megacentauro, conforme a la proyección final del mismo.

- **Zona Tepetatera**

Con la ampliación del Tajo Centauro y la proyección descrita de extracción para la UM, se presentará un incremento considerable en el volumen de tepetate existente en el sitio, el cual no es aprovechable ni presenta una viabilidad para proceso de beneficio por cualquiera de los métodos en La Herradura. Todo este tepetate extraído será acarreado por medio de camiones de alto volumen (yucles) y su disposición final será la nueva tapetatera.

Ampliar el Tajo Centauro implica incrementar el volumen de tepetate extraído y por lo tanto también la necesidad de ampliar por cuarta ocasión la actual Tepetatera Centauro. En el Anexo 2.8 se adjunta un plano con los límites de crecimiento máximo de la Tepetatera.

Al igual que para la ampliación del Tajo Centauro, el proceso constructivo de la ampliación de la Tepetatera Centauro será el que actualmente se utiliza en La Herradura, el cual tiene la particularidad de que se construye al mismo tiempo que se opera.

Antes de iniciar la construcción se realizarán las actividades detalladas para la preparación del terreno en el polígono determinado mediante el Plan Maestro del Proyecto Gran Potencial La Herradura (sección II.2.2).

El proceso constructivo de la tepetatera esta basado en los pasos o etapas que a continuación se describen:

1. En el tajo, el material es clasificado por personal de La Herradura como mineral o tepetate.

2. De forma diferenciada, ambos materiales son cargados a camiones de alto perfil a través de un cargador frontal situado en el área en turno de explotación dentro del tajo.

3. El conductor de cada camión es notificado del tipo de carga que acarrea y en caso de que transporte tepetate realiza el recorrido hacia la Tepetatera por la rampa más cercana.

4. Durante el trayecto el conductor es notificado por la oficina de Control vehicular hacia que sitio específico de la Tepetatera debe dirigirse.

5. Una vez en el sitio especifico de la nueva Tepetatera se realiza la maniobra de descarga, la cual puede ser a nivel de piso o en el borde:

    - Tiro a nivel de piso: se utiliza este sistema para elevar el piso de la tepetatera al siguiente nivel una vez que se ha alcanzado el límite de la zona de tiro. Cada nivel esta diseñado con una altura máxima de 15 metros. Cuando se tira el material a nivel de piso este es compactado indirectamente con el paso de los camiones.
    - Tiro en el borde: cuando se ha iniciado un nuevo nivel, los camiones descargan en sentido ordenado en el borde de la tepetatera, condición que la va creciendo paulatinamente, el material se acomoda de manera libre por acción de la gravedad.

6. La conformación de los taludes y niveles se da con ayuda de maquinaria pesada (tractores y motoconformadoras).

7. La altura máxima de diseño para la tepetatera es de 80 metros sobre el nivel de suelo.

8. Durante todos los recorridos y en todo momento del turno se realizan riegos de los caminos utilizados para el acarreo.

Para esta nueva Tepetatera, se tiene un volumen estimado de almacenaje y mineral extraído del Tajo Centauro, proporcional anual, asi miso, un año es el que se considera para evaluar las dimensiones de la tepetatera. Todo el volumen de tepetate que es estimado será almacenado, a continuación, en la siguiente tabla, se muestra que para el final de la vida útil del Tajo se reduce la cantidad de tepetate extraído con un estimado total de 1,589,104,000 toneladas. En la siguiente Tabla se presenta el volumen de tepetate desglosado por años.

**Tabla 2.11. Volumen de tepetate para almacenar**

| Año | Tepetate total (Ton) |
|---|---|
| 2019 | 121,664,000 |
| 2020 | 126,840,000 |
| 2021 | 127,787,000 |
| 2022 | 118,556,000 |
| 2023 | 114,714,000 |
| 2024 | 108,994,000 |
| 2025 | 114,489,000 |
| 2026 | 83,089,000 |
| 2027 | 80,961,000 |
| 2028 | 74,489,000 |
| 2029 | 108,906,000 |
| 2030 | 84,145,000 |
| 2031 | 60,587,000 |
| 2032 | 76,165,000 |
| 2033 | 101,940,000 |
| 2034 | 55,416,000 |
| 2035 | 13,773,000 |
| 2036 | 14,292,000 |
| 2037 | 2,297,000 |
| **TOTAL** | **1,589,104,000** |

En la siguiente Figura se muestra una representación de la Tepetatera que ejemplifica el proceso de construcción y operación de la pretendida obra de la nueva Tepetatera.

**Figura 2.11. Proceso constructivo y operativo de una tepetatera**

- **Zona Patio de lixiviación**

Una de las obras más importantes para la operación del Proyecto Gran Potencial, además de la ampliación del Tajo Centauro y la apertura de la nueva tepetatera es la construcción y operación de un nuevo Patio de Lixiviación, el cual estará ubicado en la porción Norte del sitio del Proyecto justo a un costado de los patios ya existentes.

Como se mencionó anteriormente, la Unidad Minera La Herradura maneja un par de procedimientos de aprovechamiento minero, que posterior a la extracción de mineral por el minado a cielo abierto, todo el resultado es acarreado mediante yucles con dirección a los patios de lixiviación (aunque el mineral puede pasar por una serie de trabajos de trituración) para ser dispuesto y apilado de manera homogénea en la base del patio para proceder al lixiviado.

De manera general, el polígono determinado para la construcción del nuevo patio de lixiviación tendrá las actividades de preparación del sitio descritas en el apartado II.2.2 del presente Capítulo, con la finalidad de presentar un sitio bien delimitado, con la topografía requerida y adecuado para las actividades de lixiviado, se pretende aplicar distintas capas impermeables como geomembranas y rocas

en la base del patio con la finalidad de evitar la infiltración y poder recuperar el lixiviado con ley mineral para poder proceder al beneficio por precipitación con Zinc en la Planta Merril Crowe.

**Figura 2.12. Ejemplo de preparación de un patio de lixiviación**

Existen elementos importantes que destacan por su naturaleza en el nuevo patio de lixiviación, y es que, en él, se han diseñado obras y elementos particulares de forma tal, que será incorporada al 100% a la infraestructura ya existente, es decir, en espacios aledaños a los previamente ocupados por las actividades de la Unidad Minera La Herradura.

- Aprovechamiento de la infraestructura actual de tuberías de soluciones, recuperación y procesamiento en planta de beneficio (Merrill Crowe).

- La posición con respecto al patio ha sido definida involucrando la orientación y posición de la infraestructura existente.

- Compatibilidad con las obras existentes tales como: pozos de monitoreo, caminos, líneas eléctricas y subestación, obras de minado, estación de combustibles, campamento, servicios, taller de mantenimiento, entre otros incluidos en la Unidad Minera.

- Factibilidad técnica y económica para al transporte y acarreo de mineral desde los lugares de minado a cielo abierto.

- Mantener una franja de terreno que funcione durante la preparación y construcción como patio de maniobras, estacionamiento, almacenamiento de plásticos y material filtro. Así mismo, contar con espacio para la instalación de una trituradora portátil, para la producción del material filtro que requiere el patio de lixiviación.

La construcción del patio de lixiviación deberá pasar por estrictos controles de calidad, y para fines de la justificación técnica, aseguramiento de control de soluciones y prevención ante contingencias y fugas, resaltan los siguientes puntos:

- Observación de cada uno de los rollos de membrana impermeable para verificar su manejo de descarga y un adecuado almacenamiento.

- Inventario e inspección de la superficie para comprobar la ausencia de defectos y daños en cada uno de los rollos de geomembrana al momento de recibirlos.

- Inspección y aprobación de la superficie para el recubrimiento con suelo arcilloso de baja permeabilidad antes del despliegue de la geomembrana en el patio de lixiviación, en los canales de solución y piletas

- Inspección y documentación del despliegue de la geomembrana, incluyendo la verificación del espesor de las hojas, del traslape, y documentación del arreglo de paneles.

- Verificación de la realización de las pruebas en las muestras de los ensayos de soldadura de las uniones y documentación de los resultados.

- Observación y documentación de las juntas soldadas en campo.

- Observación y documentación de las reparaciones realizadas a la geomembrana.

- Observación y documentación de las pruebas no destructivas a presión en las uniones soldadas por fusión y pruebas de vacío o de chispa en uniones y reparaciones soldadas por extrusión.
- Identificación de las pruebas destructivas a las muestras de uniones soldadas, observación de las muestras de pruebas destructivas y documentación de los resultados de las pruebas.

Las pruebas y análisis inherentes para la instalación de las etapas del patio 13, incluyen:

- Muestreo y pruebas de conformidad de geomembrana (60 LLDPE y 80 HDPE).
- Pruebas a material del relleno grava.
- Pruebas a material del relleno protector de arena.
- Pruebas a material del relleno del recubrimiento con suelo arcilloso.

Es de importancia señalar que, el desarrollo de este nuevo patio de lixiviación será llevado a cabo conforme a las características de construcción y operación realizadas en los patios de lixiviación anteriormente presentadas y autorizadas, además de que toda la tubería y sistema de captación continua estarán conectadas con las piletas de solución rica y de contingencia existentes para el Patio 13 ya

autorizado, por lo que la realización de esta obra conlleva un menor impacto ambiental con una mayor viabilidad técnica por utilizar parte de las obras y equipos ya existentes en la UM.

Este nuevo Patio de Lixiviación estará ubicado en la porción Norte del Proyecto, el cual abarcará una superficie 220.2998 ha aledañas a la fase 13 de los patios existentes. En la siguiente Tabla se presentan las coordenadas de ubicación del nuevo patio con una figura georreferenciada del mismo.

**Tabla 2.12. Coordenadas para el patio de lixiviación**

| ID | X | Y | ID | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 324213 | 3449833 | **15** | 324186 | 3451790 |
| **2** | 324197 | 3449822 | **16** | 324327 | 3451600 |
| **3** | 324183 | 3449839 | **17** | 324339 | 3451584 |
| **4** | 323970 | 3450110 | **18** | 324420 | 3451474 |
| **5** | 323943 | 3450144 | **19** | 324953 | 3450744 |
| **6** | 323921 | 3450172 | **20** | 325086 | 3450560 |
| **7** | 323746 | 3450396 | **21** | 325102 | 3450539 |
| **8** | 323286 | 3450990 | **22** | 324874 | 3450356 |
| **9** | 323103 | 3451220 | **23** | 324870 | 3450353 |
| **10** | 323121 | 3451238 | **24** | 324719 | 3450232 |
| **11** | 323185 | 3451304 | **25** | 324715 | 3450228 |
| **12** | 323221 | 3451341 | **26** | 324309 | 3449902 |
| **13** | 323942 | 3452087 | **27** | 324215 | 3449835 |
| **14** | 323956 | 3452101 | **28** | 324213 | 3449833 |

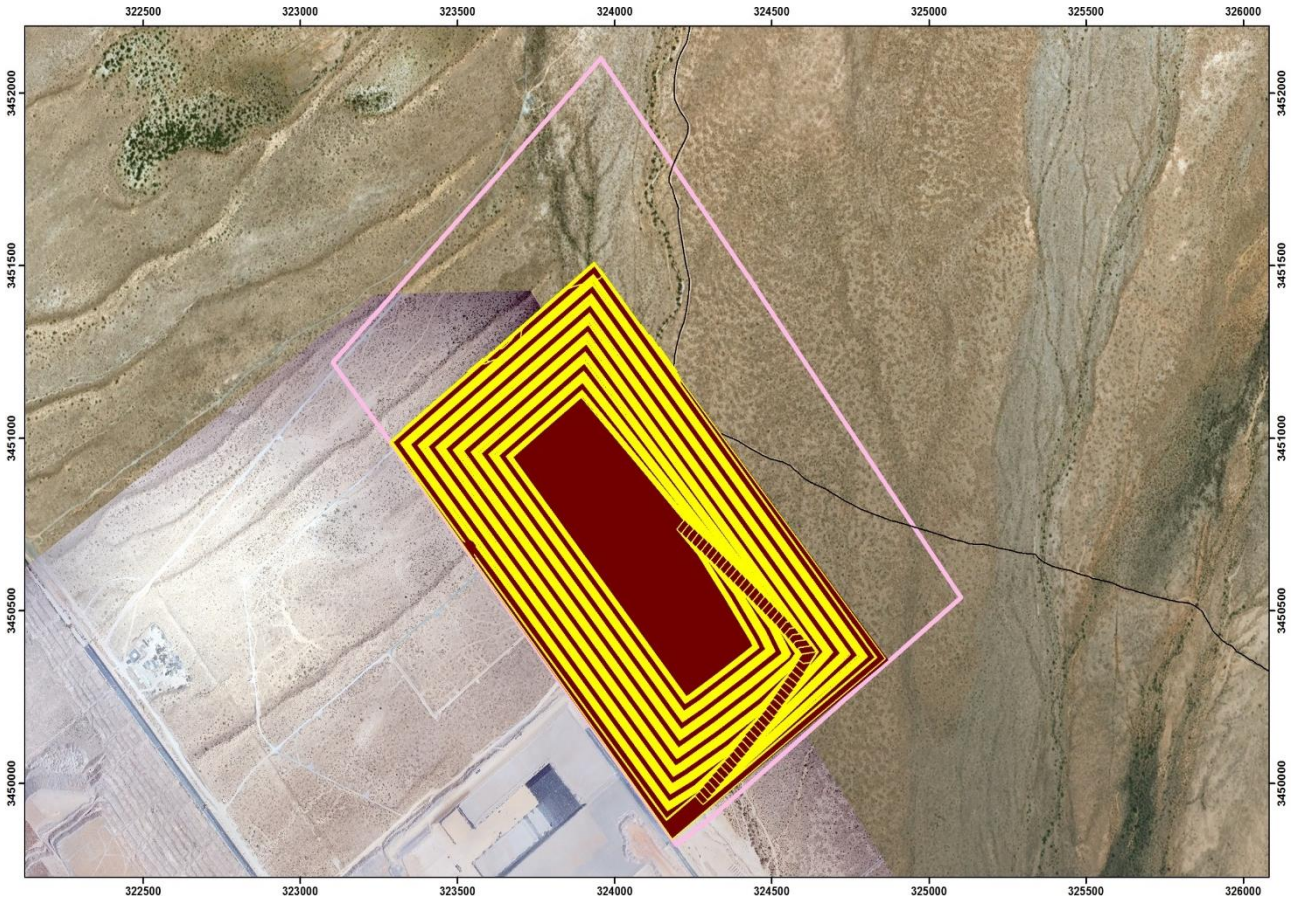



**Figura 2.13. Zona del Patio de Lixiviación y arreglo proyectado**

Este Patio de Lixiviación contempla una altura total para su conformación de 120 m, esto llevado a cabo por etapas y por una conformación homogénea, se respetará la ingeniería del mismo para evitar incidentes por derrumbes, fracturas y demás situaciones no esperadas.

Para el establecimiento de este nuevo patio, posterior a las actividades de preparación del sitio y con ello comenzar la construcción/operación del mismo, de manera general se realizará a cabo la instalación de los siguientes materiales para una buena captación y evitar infiltraciones al subsuelo:

- Colocación de relleno estructural, el cual es la primera capa posterior a la rubrasante preparada en la etapa anterior y de la roca ya compactada (con un ancho variable por zona). Este relleno estructural en promedio será de 1 m de alto para un mejor soporte.

- Instalación de geotextil con arcillas. Esta es la primera capa que limita la infiltración y previene los efectos adversos de la lixiviación sobre el subsuelo. Esta capa de geotextil es de tipo secundaria con características de 60 MIL LLDPE Texturizada por un solo lado. Esta geomembrana esta acompañada por una capa arcillosa compuesta por bentonita para ua mejor retención de líquidos y una porción de 50 mm de suelo fino, este último para poder proteger la geomembrana de cualquier daño propiciado por las capas superiores con una mayor densidad y peso.

- Relleno de arena. En caso de ser necesario una capa de nivelación y soporte extra, se podrá emplear una nueva capa de relleno, la cual será de arena fina o granulada con un espesor promedio o estimado de 300 mm.

- Instalación de geomembrana impermeable. Esta es la segunda capa impermeable, la cual es la principal a manera de retención de líquidos lixiviados y en la cual se prevee la mayor cantidad de lixiviados para su recuperación. Esta geomembrana presenta una mayor densidad que la descrita anteriormente de 80 MIL LLDPE Texturizada también por un solo lado, la cual permitirá una mayor recolección de líquido.

- Instalación de tuberías de recolección de las soluciones. A través de esta tubería es como se realiza la recuperación de los lixiviados en el patio. Será una tubería contínua por la perimetral del patio, la cual será perforada para la captación con un diámetro de 6" N-12 PCPE. Esta tubería llevará todo el lixiviado recuperado con dirección a la pileta de solución rica existente en el patio Fase 13, para posteriormente pasar a beneficio en la planta de Merril Crowe.

- Colocación de una capa de material filtro. Esta capa estará compuesta por dos densidades, la cual ayudará a drenar y filtrar todo el lixiviado para poder ser captado con las menores impuresas posibles. La primera capa de este "filtro" será de Grava para dren de solución con T.M.A de 1 a ½" con un alto máximo de 450 mm. Posterioemente se podrá emplear una capa de mayor densidad, la cual también será de grava para dren de solución con T.M.A. de 3" y un espesor apróximado de 150 mm.

- Mantenimiento de control y aseguramiento de calidad en todas las etapas de los patios. Estas son medidas requeridas para que al momento de la instalación de las distintas capas de retención en la base del patio se lleven a cabo de la mejor manera y con la mayor calidad posible, para evitar con ello incidentes o reparaciones en un futuro.

- Ejecución de pruebas no destructivas y destructivas en cada patio como parte del control de calidad. Este tipo de pruebas se llevan a cabo para poder determinar la calidad incial y final de cada sección de construcción del patio, asegurando la mayor seguridad posible.

- Revisión de la estabilidad de taludes hasta una altura de 120 metros. Al llegar a cada división de talud se realizarán análisis de estabilidad para asegurar que es seguro continuar con la operación del patio hasta la altura máxima contemplada de 120 m.

Durante su operación, la impermeabilización del patio de lixiviación, funciona para evitar la pérdida de soluciones ricas en oro-plata y de cianuro al subsuelo y el sistema de tuberías y material filtro para la recuperación de dichas soluciones. De la misma forma, el sistema de recuperación de soluciones del patio actual, será aprovechado para conectar a las tuberías de recolección de soluciones con las etapas anteriores.

En la siguiente Figura se presenta un diagrama de la construcción de la base para el patio de lixiviación nuevo, acorde a las características del sistema de recubrimiento central de los patios existentes en operación.

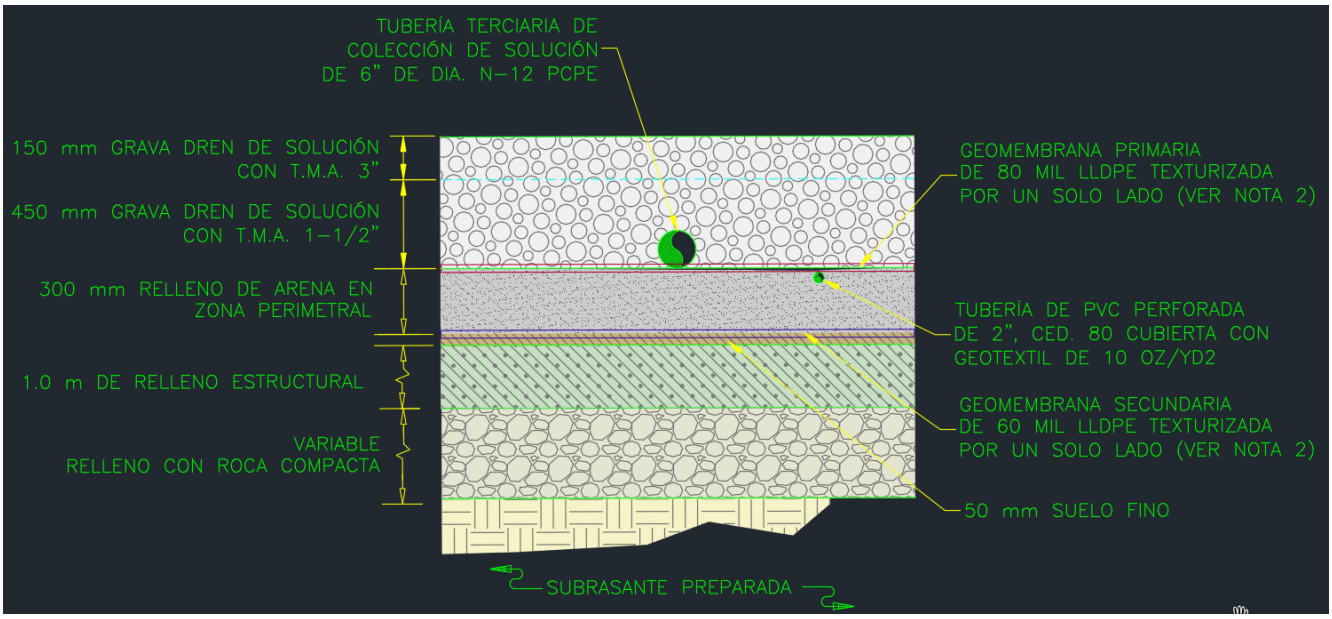



**Figura 2.14. Recubrimiento central del patio de lixiviación**

Además, se presentan los diagramas de construcción en las distintas secciones por orientación del nuevo patio en el que se incluyen bermas de seguridad para contener derrumbes en caso de presentarse, tuberías para la contención de lixiviados derramados, todo ello con los mismos métodos constructivos anteriormente descritos.

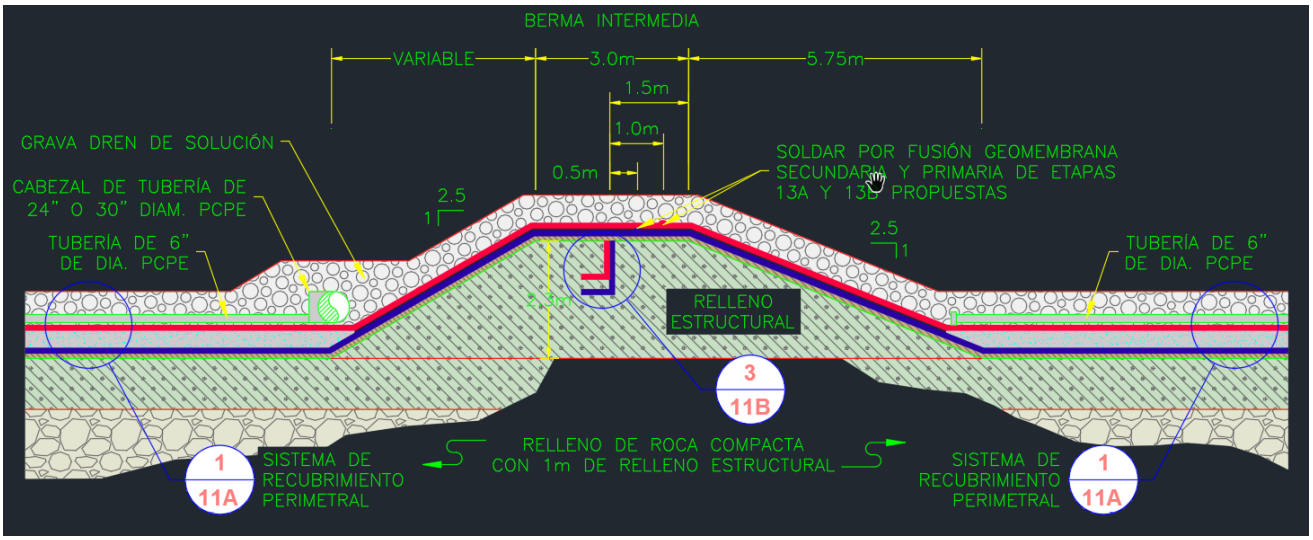



**Figura 2.15. Detalle de construcción de la berma intermedia**

Finalmente, en la siguiente Figura se presenta el detalle de construcción para la sección correspondiente a la berma perimentral (descrita en la Figura anterior), el camino de operación para los yucles de carga de mineral, el cual estará sobre la subrasante preparada y el relleno de roca compacta para un mayor soporte del peso. Este camino tendrá un ancho de 30 m con una pendiente del 2.0% como mínimo y en la parte final se construirá una berma de seguridad para contención de mineral disperso, finalmente dar un talud de soporte en 2.5H:1V.

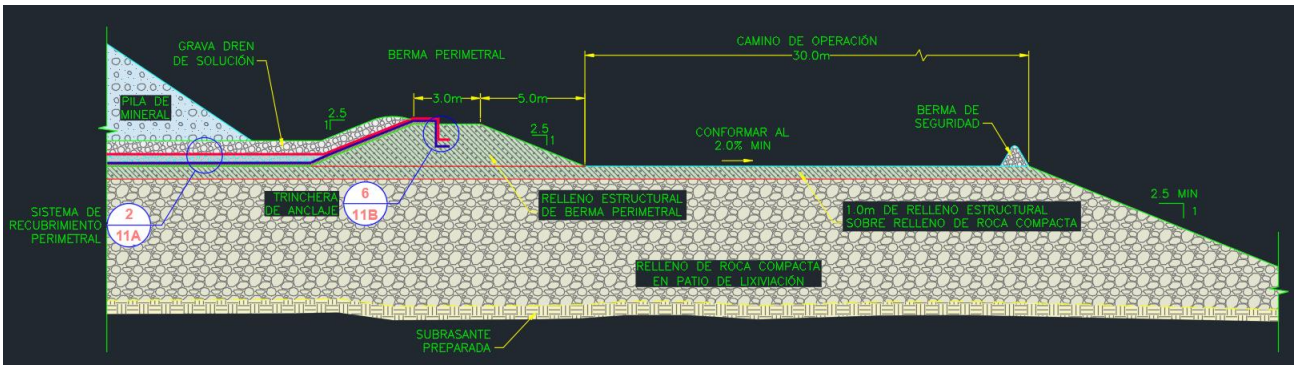



**Figura 2.16. Detalle de construcción de berma y camino perimetral con la pila de mineral**

En la siguiente Figura se presentan algunas tomas aéreas y a nivel del suelo de los patios ya exsitentes en la Unidad Minera La Herradura, los cuales comparten detalles de ingeniería para su construcción y operación.

**Figura 2.17. Patio de lixiviación**

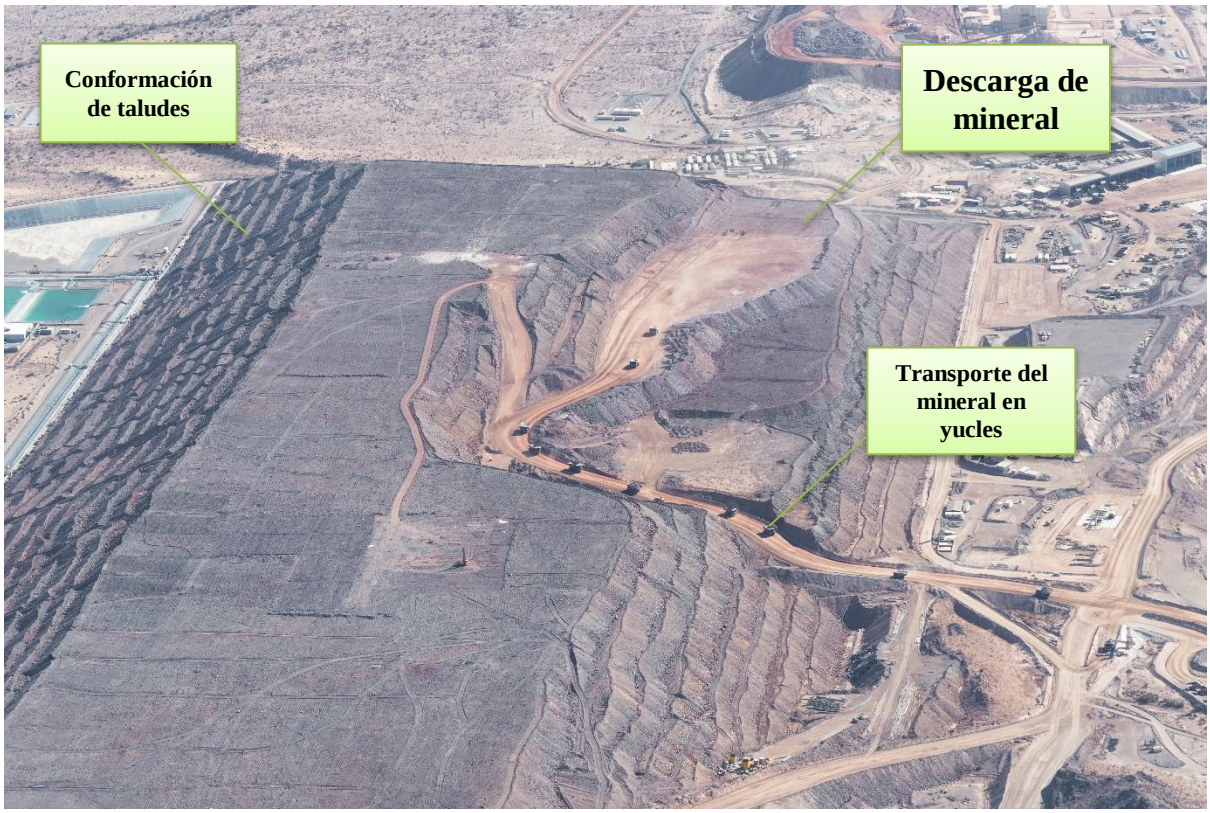



**Figura 2.18. Construcción de un patio de lixiviación**

- **Zona Depósito de jales**

Actualmente, dentro de la Unidad Minera se cuenta con un depósito de jales, el cual es utilizado para almacenar los jales mineros provenientes de la Planta de Lixiviación Dinámica bajo una estricta construcción, operación y observancia de la NOM-141-SEMARNAT-2003. Este depósito de jales está constituido en 3 distintas fases, las cuales han sido presentadas y autorizadas por la SEMARNAT conforme se han ido llenando el vaso del mismo. Este depósito de jales está diseñado para contener un total de 30 millones de toneladas de jal en su primera fase proveniente del beneficio de mineral, el cual es llenado mediante el uso de una red de tuberías, el cual aumentará en las 2 fases posteriores hasta un estimado de 60 Mt.

Puesto que el depósito de jales existente en su fase 3 está llegando al final de su vida útil por su capacidad y para continuar con la operación de la Unidad Minera La Herradura mediante el aprovechamiento de mineral por lixiviación dinámica, razón por la cual se presenta este documento para la ampliación de las obras mineras, se requiere la preparación, construcción y operación de un nuevo depósito de jales para la UM.

En la siguiente Figura se presenta una fotografía aérea actual del depósito de jales de la Unidad Minera.

**Figura 2.19. Depósito de jales actual de la UM**

Este nuevo depósito de jales se contempla construir en la porción Sur del Proyecto Gran Potencial, a un costado del depósito existente, todo para continuar el desarrollo de la UM con el mayor orden y agrupación de obras por naturaleza, para minimizar impactos ambientales y optimizar la operación y áreas ya impactadas, así mismo, reducir los sitios donde se requieran hacer obras al aprovechar los medios y la urbanización ya existente (tales como caminos de acceso, red de tuberías, entre otros).

En la siguiente Figura se presenta la ubicación propuesta para el desarrollo del nuevo depósito de jales respecto a la Unidad Minera La Herradura, así como su distribución en el polígono envolvente determinado, junto con la tabla de coordenadas de ubicación.

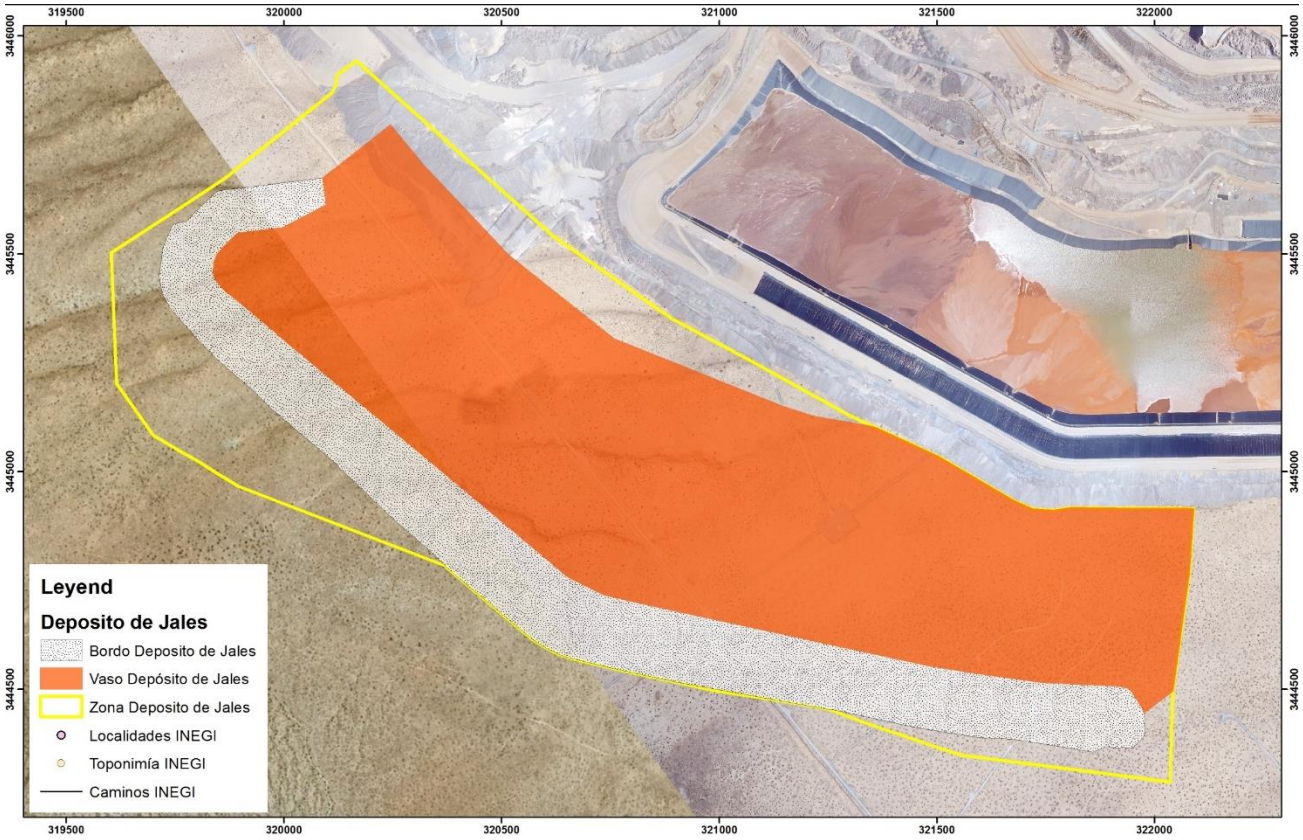



**Figura 2.20. Ubicación de la Zona del nuevo depósito de jales de la UM**

**Tabla 2.13. Coordenadas de ubicación del nuevo depósito de jales**

| Coordenadas Depósito de Jales | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ID** | **X** | **Y** | | **ID** | **X** | **Y** | | **ID** | **X** | **Y** |
| **1** | 322090 | 3444915 | | **27** | 320776 | 3444544 | | **53** | 320098 | 3445859 |
| **2** | 322089 | 3444907 | | **28** | 320668 | 3444569 | | **54** | 320110 | 3445869 |
| **3** | 322080 | 3444769 | | **29** | 320652 | 3444574 | | **55** | 320117 | 3445880 |
| **4** | 322057 | 3444599 | | **30** | 320632 | 3444581 | | **56** | 320119 | 3445886 |
| **5** | 322054 | 3444580 | | **31** | 320617 | 3444588 | | **57** | 320120 | 3445889 |
| **6** | 322051 | 3444560 | | **32** | 320593 | 3444601 | | **58** | 320121 | 3445896 |
| **7** | 322042 | 3444497 | | **33** | 320566 | 3444619 | | **59** | 320122 | 3445904 |
| **8** | 322041 | 3444466 | | **34** | 320533 | 3444647 | | **60** | 320123 | 3445911 |
| **9** | 322041 | 3444463 | | **35** | 320506 | 3444669 | | **61** | 320166 | 3445943 |
| **10** | 322040 | 3444438 | | **36** | 320448 | 3444717 | | **62** | 320618 | 3445541 |
| **11** | 322040 | 3444413 | | **37** | 320444 | 3444721 | | **63** | 320653 | 3445517 |
| **12** | 322039 | 3444397 | | **38** | 320390 | 3444766 | | **64** | 320891 | 3445351 |
| **13** | 322036 | 3444288 | | **39** | 320376 | 3444778 | | **65** | 321071 | 3445256 |
| **14** | 322010 | 3444291 | | **40** | 320372 | 3444784 | | **66** | 321300 | 3445129 |
| **15** | 321558 | 3444349 | | **41** | 319896 | 3444966 | | **67** | 321503 | 3445035 |
| **16** | 321505 | 3444366 | | **42** | 319848 | 3444996 | | **68** | 321677 | 3444934 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **17** | 321477 | 3444375 | **43** | 319805 | 3445022 | **69** | 321721 | 3444914 |
| **18** | 321331 | 3444425 | **44** | 319758 | 3445049 | **70** | 321727 | 3444914 |
| **19** | 321253 | 3444454 | **45** | 319728 | 3445067 | **71** | 321769 | 3444911 |
| **20** | 321243 | 3444456 | **46** | 319700 | 3445083 | **72** | 321809 | 3444918 |
| **21** | 321186 | 3444467 | **47** | 319616 | 3445202 | **73** | 321878 | 3444916 |
| **22** | 321102 | 3444480 | **48** | 319609 | 3445370 | **74** | 321947 | 3444916 |
| **23** | 321036 | 3444491 | **49** | 319603 | 3445502 | **75** | 322054 | 3444915 |
| **24** | 321015 | 3444494 | **50** | 319748 | 3445597 | **76** | 322064 | 3444915 |
| **25** | 320994 | 3444497 | **51** | 319835 | 3445654 | **77** | 322090 | 3444915 |
| **26** | 320922 | 3444513 | **52** | 319865 | 3445673 | | | |

Este nuevo depósito de jales surge por la necesidad de presentar un sitio adecuado para el almacenamiento de todos los jales mineros resultado del beneficio de mineral a través de lixiviación dinámica en las plantas PLD (Planta de Lixiviación Dinámica) de la Unidad Minera La Herradura. Sin una obra como esta sería imposible continuar con las operaciones mineras, ya que no se podría presentar un adecuado manejo de los residuos mineros generados (independientes de los patios de lixiviación y tepetateras).

Es por esto, que Minera Penmont a través de distintos análisis y estudios de la topografía, geotecnia, geología y demás áreas de investigación, propone el desarrollo del nuevo depósito, el cual, estará conectado con el depósito de jales actual en su 3ra fase (ya que estará a un costado de este y su bordo servirá para la contención del jal en la porción Norte del nuevo depósito).

Tal como se especifica en la normatividad ambiental mexicana, para el diseño, preparación, construcción y operación de los depósitos de jales, se debe considerar lo descrito y estipulado en la NOM-141-SEMARNAT-2003, ya que en ella se describen cada uno de los puntos a considerar para su diseño y operación, la Norma Oficial Mexicana de principal observancia para esta obra, por lo que el diseño y características del nuevo depósito de jales considera los numerales de dicha NOM para poder cumplir cabalmente con la misma.

Para poder llevar a cabo la realización del nuevo depósito de jales, es necesario llevar a cabo las actividades de preparación del sitio descritas en el apartado II.2.2 del presente Capítulo, esto con la finalidad de poder contar con una superficie óptima y adecuada para la contención de los jales en la etapa operativa, posterior a ello se llevarán a cabo las actividades y características de construcción descritas a continuación.

En primera instancia y tomando como base los distintos análisis geológicos y técnicos para el nuevo depósito de jales, se realizó la selección del sitio por distintos factores entre los principales es la continuidad de las obras mineras existentes, ya que el sitio aledaño al depósito existente podrá servir de soporte para la construcción del depósito, además de que no existen centros de población cercanos al sitio, así como cuerpos de agua superficiales, ecosistemas frágiles o corrientes perennes que puedan verse afectadas y conforme a lo establecido en la NOM-141-SEMARNAT-2003 el potencial de daño conforme a los aspectos normativos en su diseño son los siguientes:

- Terreno: **Plano**
- Zona hidrológica: **Seca**
- Región sísmica: **Asísmica**
- Método constructivo: **Enrocamiento y arena cicloneada**
- Analísis de estabilidad: **Sísmico, elemento finito**
- Monitoreo: **Referencias superficiales**
- Sistema decantador drenante: **Bombeo en balsa**

Debido a que la preparación del sitio de la presa de jales incluye medidas de prevención y control a la contaminación, a través de obras de ingeniería que acreditan técnicamente que no se afectaran a los acuíferos o a los aprovechamientos hidráulicos subterráneos debido a que el agua de la presa de jales se recirculará al proceso de beneficio, para evitar que entre en contacto con los cauces naturales de agua superficiales.

En el sitio seleccionado para establecer la presa de jales no existe acuífero alguno, por lo tanto no ha sido necesaria su evaluación de vulnerabilidad, sin embargo, para que no haya afectación al suelo por la instalación del depósito de jales, en el piso y en los bordos del mismo, se colocará una geomembrana de 60 milésimas (1.5 mm) de espesor, tipo LLDPE y debajo de ella un recubrimiento geosíntetico con arcilla-bentonita, todo esto para poder formar un sello impermeable que garantice la no infiltración de líquidos cianurados al subsuelo.

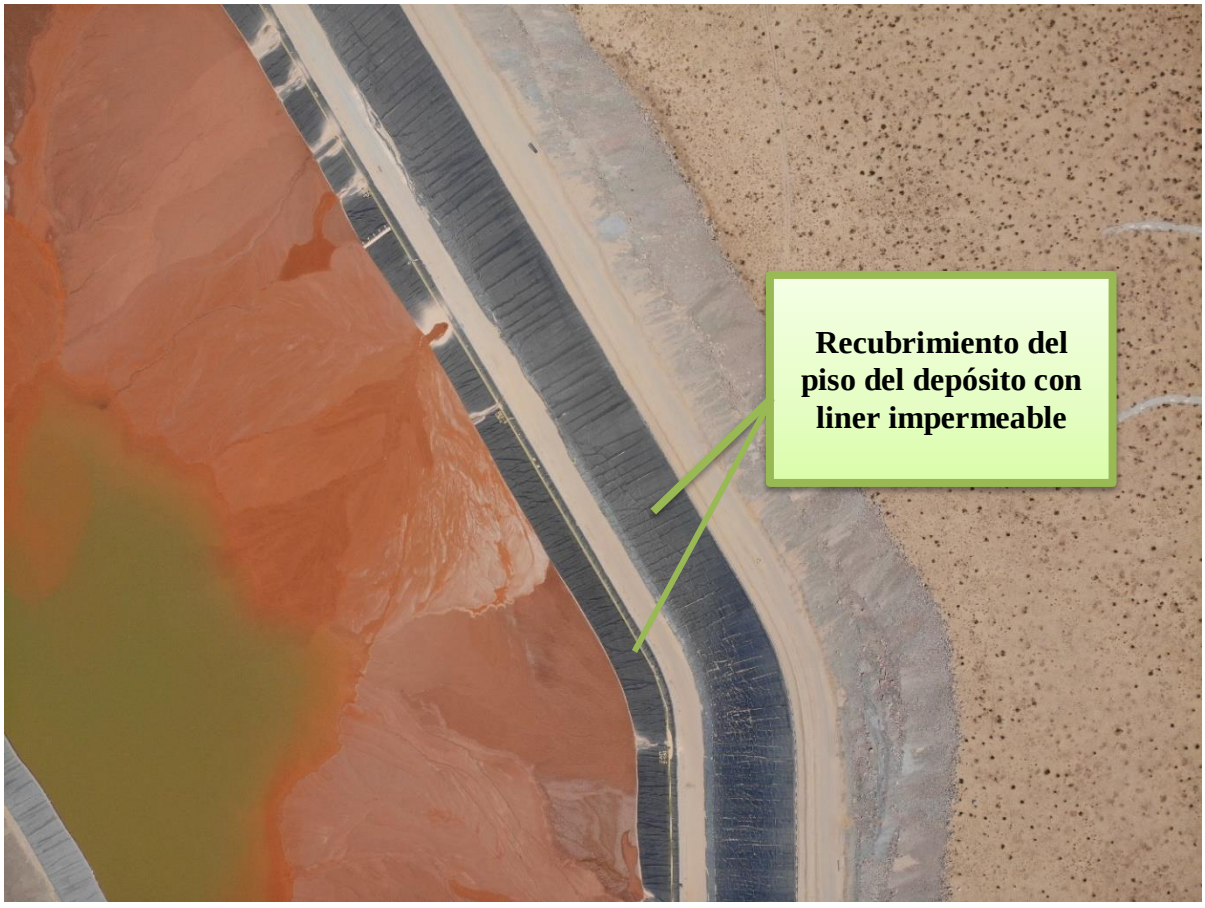



**Figura 2.21. Recubrimiento con liner**

Con ello se ha verificadoro la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en una franja perimetral de 500 metros alrededor de los límites del nuevo depósito a su capacidad de diseño, sin embargo, se puede resolver que estos aprovechamientos corresponden el proceso minero-metalúrgico de la Unidad Minera y no de aprovechamiento ajenos a la misma.

La construcción y operación del nuevo depósito de jales se contempla llevar a cabo de la misma manera en la que se ha llevado a cabo el depósito existente, el cual está conformado por distintas etapas conforme a su llenado gradual, un estimado de 3 etapas o fases con una capacidad de almacenamiento específica para cada una, resultando un almacenamiento de 30 Millones de Toneladas de jal minero en la fase 1 y un aumento gradual en las siguientes dos fases del mismo hasta los 60 Mt.

En un principio, esta primera etapa del depósito tendrá un almacenamiento estimado de 30 millones de tonelada de jal con un aproximado de 12 años de vida, de manera continua y construyéndose a la par de que se opera.

Para el diseño de la sección de la Etapa 1 de la Presa la de Jales la Herradura, la cual se construirá mediante materiales disponibles en el sitio de proyecto como tepetate, la formación de la sección se realizará mediante relleno de roca compactada con material de tepetate de mina en capas máximas de hasta 1.00 m; para determinar si la sección propuesta es segura contra deslizamientos se lleva a cabo el Análisis de Estabilidad de los Taludes. La sección de la Etapa 1 de la Presa de Jales tiene un ancho de corona de 15.00 m y la altura promedio es de 17.00 m a partir del terreno natural.

Para poder preparar los bordos de contención se utilizará tepetate de igual manera en el que se espera emplear un total de 15,000,000 $m^3$, todo esto realizado bajo las mismas características de construcción que para todo el depósito.

En el Anexo 2.9 se presenta el Análisis Geotécnico de estabilidad del talud, en el cual se presentan las distintas metodologías aplicadas, análisis y resultados obtenidos de dichas pruebas para poder determinar si las características propuestas en su diseño cumplen con el mínimo para que sea una operación estable, dando como resultado que esta primera etapa del depósito es estable por bloque de traslación y falla circular bajo condiciones de carga seudoestática.

Para la construcción del piso o base del depósito se emplearán distintas capas tanto impermeables como de soporte y estabilidad, la cual partirá directamente de la contención del depósito existente, por lo que no será necesario el levantamiento de nuevas estructuras de base.

En primera instancia, al terminar las actividades de preparación se deberá hacer un relleno estructural en las zonas determinadas para poder presentar una inclinación de soporte del depósito, el cual será realizado al utilizar el mismo tepetate extraído de la preparación del tajo, apilado y agrupado de manera que pueda ser compactado, dando una inclinación equivalente a 2H:1V. En la siguiente Figura se ejemplifica la construcción de la porción inicial del depósito.

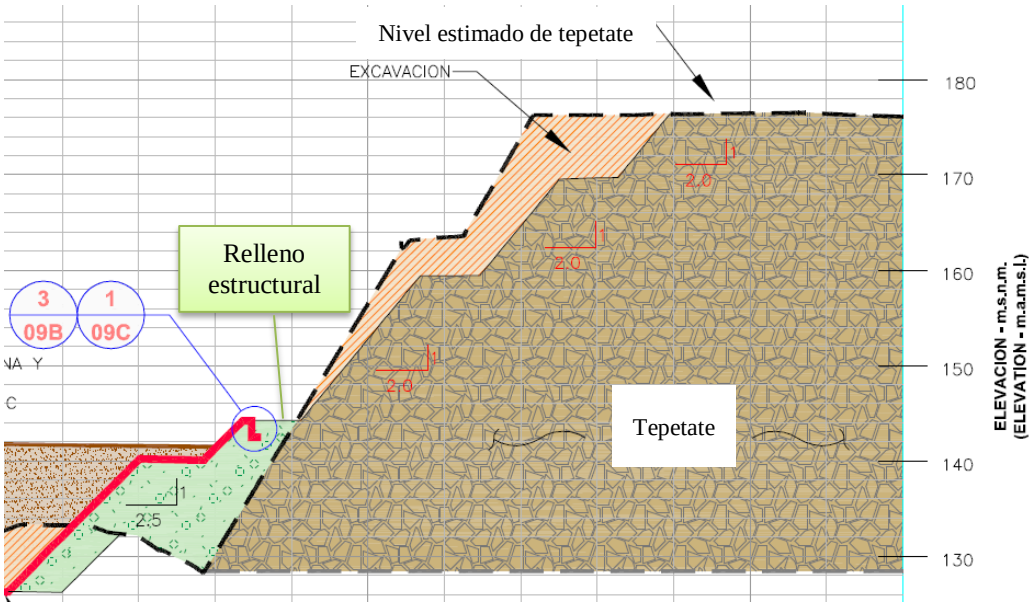



**Figura 2.22. Preparación de la contención con tepetate**

Posteriormente se podrá llevar a cabo la preparación del anclaje para el recubrimiento del piso del nuevo depósito, que de igual manera que el patio de lixiviación anteriormente descrito se construirá de manera en la que el recubrimiento de geomembrana pueda cumplir con la prevención de la infiltración, primeramente agrupando una capa de 1,000 mm de relleno estructural fino como arena inmediatamente después del tepetate, esto para tener otra capa impermeable pero principalmente para la protección de la geomembrana para evitar rupturas.

Después de la capa de relleno fino se preparará un recubrimiento extra con un geosintético el cual es compuesto de arcilla bentonita GCL, la capa secundaria de recubrimiento, ya que, en caso de ruptura o daños en la geomembrana sintética, esta capa será la principal manera de retención de líquidos por sus características.

Finalmente, se realizará la cubierta de toda la superficie del depósito de jales nuevo con una geomembrana como la principal manera de conteción de líquidos por su densidad que previene la infiltración total, previniendo el daño al subsuelo. Esta geomenbrana será de 60 MIL (con un ancho aproximado de 1.5mm) de tipo LLDPE Lisa, la cual será anclada con las mismas capas anteriores a la geomembrana de manera en la que se mantenga una calidad en la instalación de la misma, empleando algún material como suelo compacto que cumpla con las características de retención para la trinchera de anclaje. En la siguiente Figura se presenta un diseño conceptual de la construcción de esta porción del depósito.

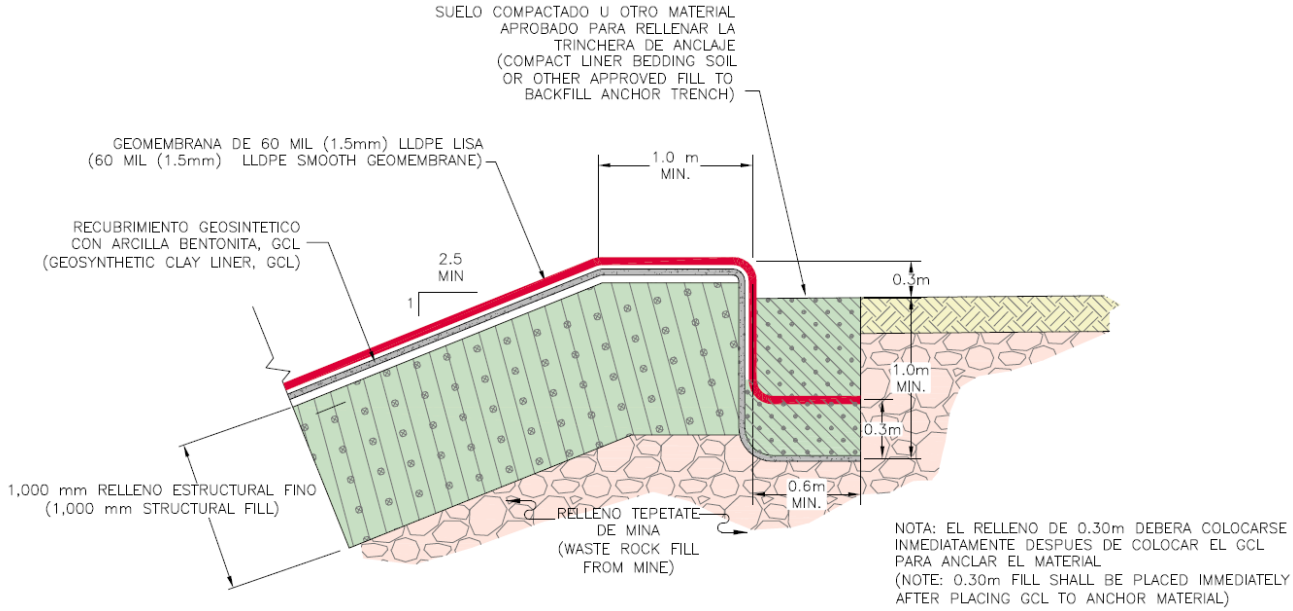



**Figura 2.23. Preparación de capas y anclaje de liner**

El piso del nuevo depósito seguirá con las mismas características de construcción del anclaje, el cual será en primera instancia con la capa del terreno natural preparado al inicio de construcción, seguido de la capa de la subrasante preparada con un espesor promedio de 300 mm y la capa recubrimiento del geosintético con arcilla bentonita GCL. Finalmente, la capa principal de contención con la geomembrana descrita anteriormente.

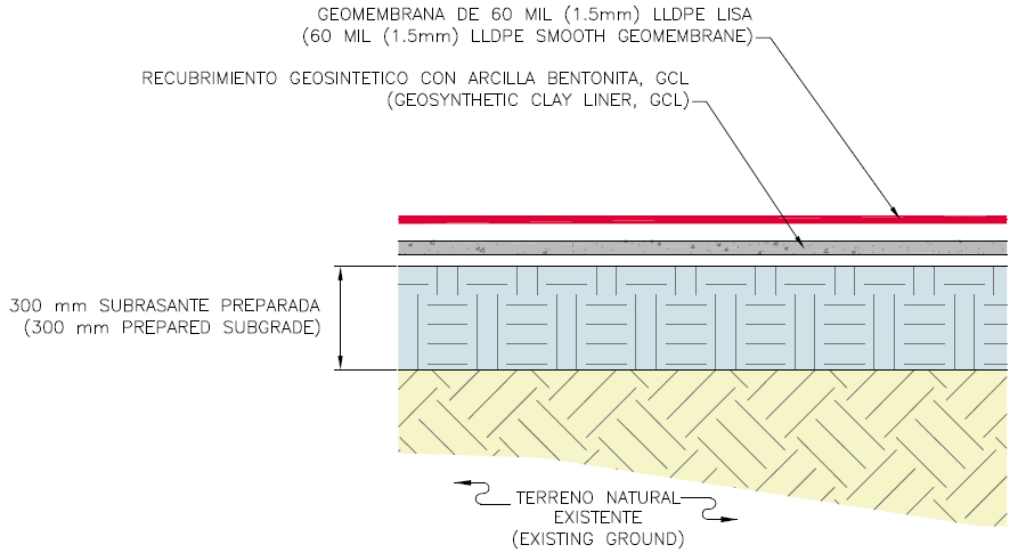



**Figura 2.24. Piso del depósito**

Para la contención y preparación de la sección sobre el talud del bordo se continuará con las mismas características de construcción, el cual estará constituido por la capa del relleno de tepetate para dar la inclinación estimada mínima de 2.5H:1V para una correcta contención de agua, seguido de la capa de relleno estructural con material fino de protección con un espesor estimado de 1.000 mm,

continuando la capa de recubrimiento geosintético con arcilla bentonita GCL, para que finalmente pueda ser instalada la capa principal de contención de geomembrana 60MIL LLDPE con un grosor de 1.5 mm lisa, la cual terminará en el bordo de contención (talud de contención) que será de relleno de tepetate agrupado en capas de 1m sobre las capas de terreno existente, el cual tendrá una inclinación de 2H:1V, en el cual se realizará el anclaje de la geomembrana de contención, todo esto en una altura aproximada de 17 m. En las siguientes Figuras se presentan los diagramas de construcción para la sección de conexión del bordo de contención y el talud en la porción final del nuevo depósito de jales.

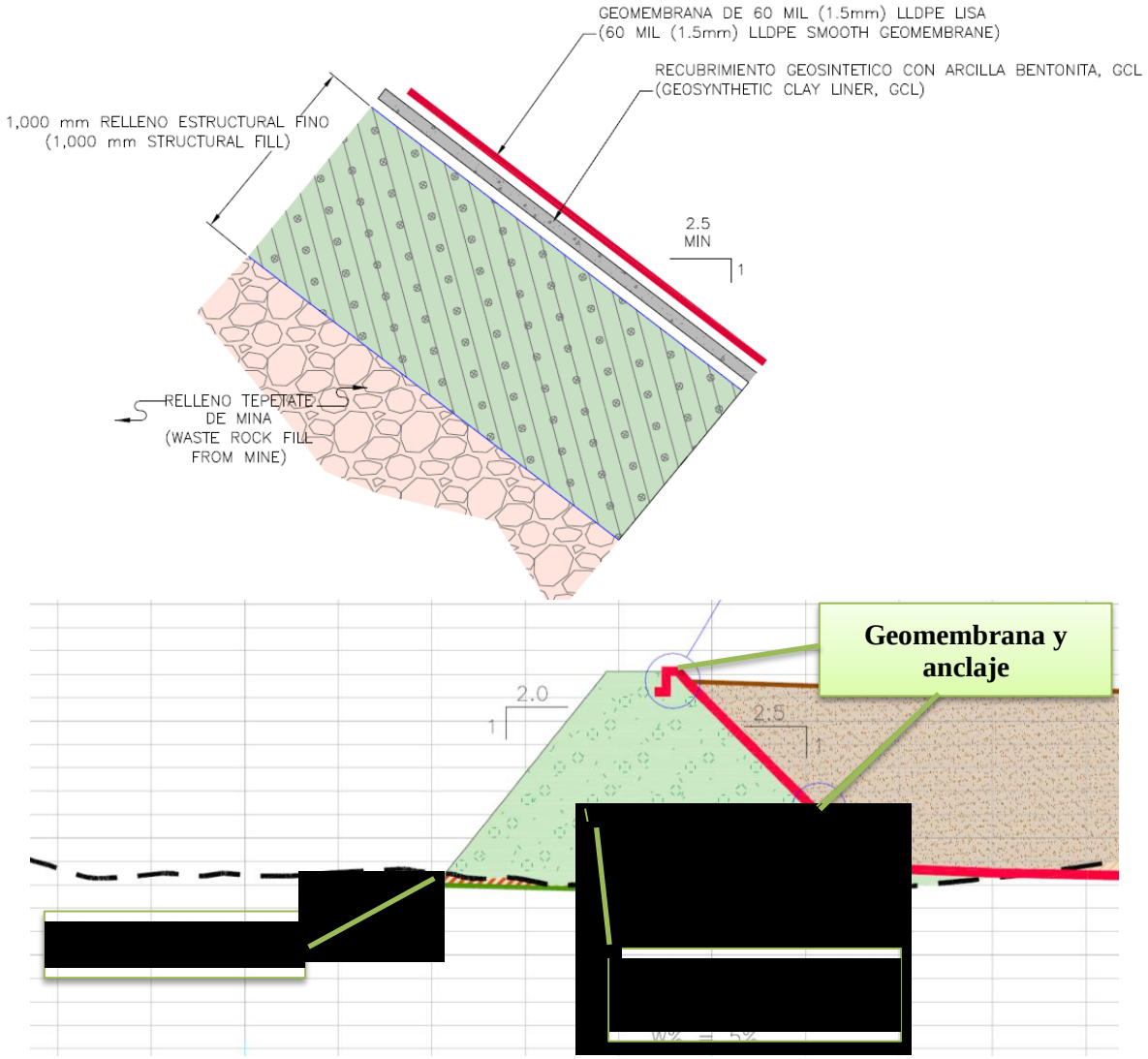



**Figura 2.25. Talud de contención y unión con el depósito de jales**

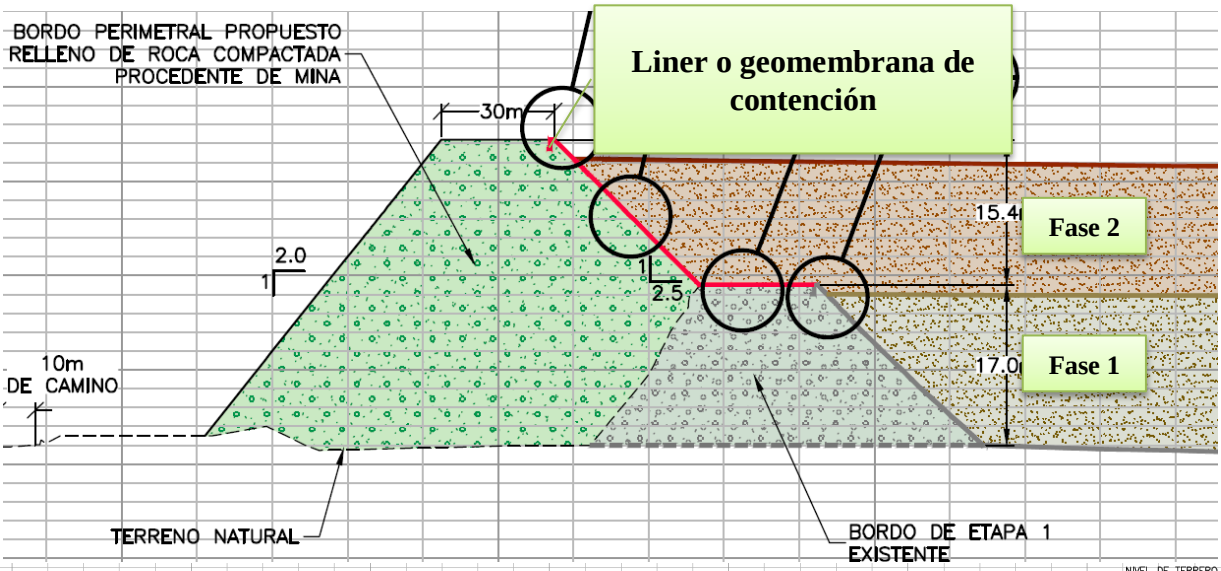
Posterior a la construcción y llenado de esta primera etapa del depósito, cuando el vaso del mismo este próximo a su contención máxima se realizará la construcción de la segunda y tercera fase del mismo, esto con la finalidad de continuar con la operación sin detener el beneficio en la zona industrial de la UM. Esta segunda y tercera fase del depósito emplearán toda la construcción existente de la fase 1, ya que se levantará el bordo de contención en varios taludes para aumentar la cortina del depósito, con la finalidad de mantener el jal minero en un mismo sitio, además de que no se requerirá

aumentar la superficie del depósito, lo que conlleva en la reducción de los posibles impactos ambientales estimados.

Para la contención de los jales en la fase 2 se pretende levantar el talud de contención en el bordo en continuación del que ya existe, el cual se "acoplará" de manera diagonal al límite del bordo con un ángul de 2.5H:1V para pode darle una mayor resistencia y que la inclinación ayude a la contención del jal dando la posibilidad de que el espejo de agua no se acerque a las orillas del mismo.

Este bordo perimetral será construido en su totalidad con el material inerte extraído de la mina, siguiendo con las mismas características de construcción de la fase 1, el cual será acumulado y compactado de manera en la que se pueda presentar una inclinación mínima de 2H:1V en el talud, ya que con ello se podrá presentar una resistencia mínima esperada para poder contener de manera correcta el peso del jal. Al tomar esto como base, la altura aproximada del nuevo talud para el bordo de contención será de 15 m, al cual, se le aplicará una nueva capa de liner o geomembrana sintética al igual que el recubrimiento original del depósito, ya que en la nueva porción de la fase 2 se tendrá expuesto el bordo de tepetate, necesario prevenir la infiltración de líquido, aplicando una capa de la geomembrana 60MIL LLDPE con un grosor de 1.5 mm lisa.

En las siguientes Figuras se presenta el diseño conceptual del bordo de contención para la fase 2 y el diseño general del depósito con dicha fase.



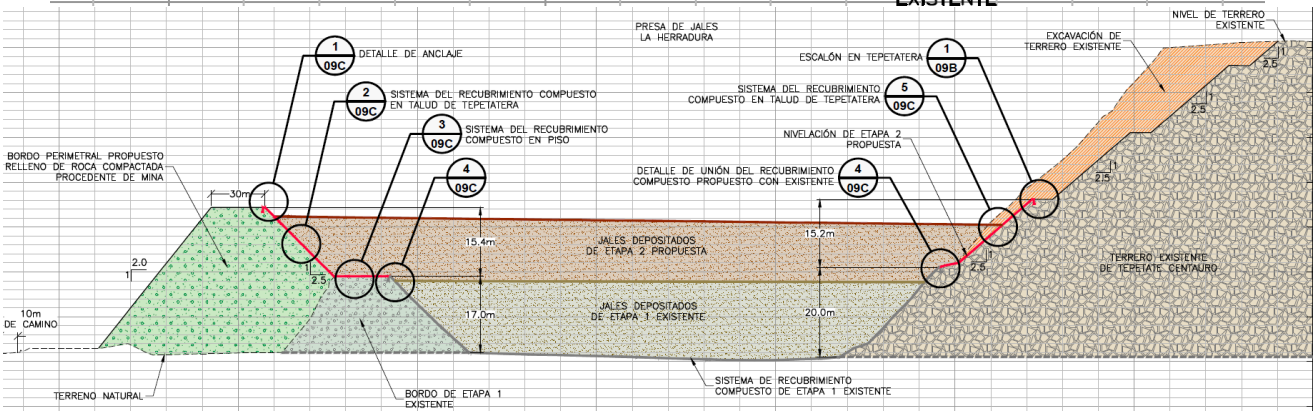



**Figura 2.26. Diseño conceptual de la fase 2 del depósito**

Finalmente, al llenarse la etapa 2 del depósito, se procederá a la preparación y operación de la tercra y última etapa del nuevo depósito de jales, la cual levantará la cortina de contención del bordo en un a altura estimada de 15m por encima de la segunda etapa. Al igual que la etapa anterior, el bordo de contención será de material rocoso de mina compactado, al cual se le aplicará la misma geomembrana para evitar la infiltración de líquidos y constituirá la capacidad máxima de almacenamiento de jal en la UM La Herradura.

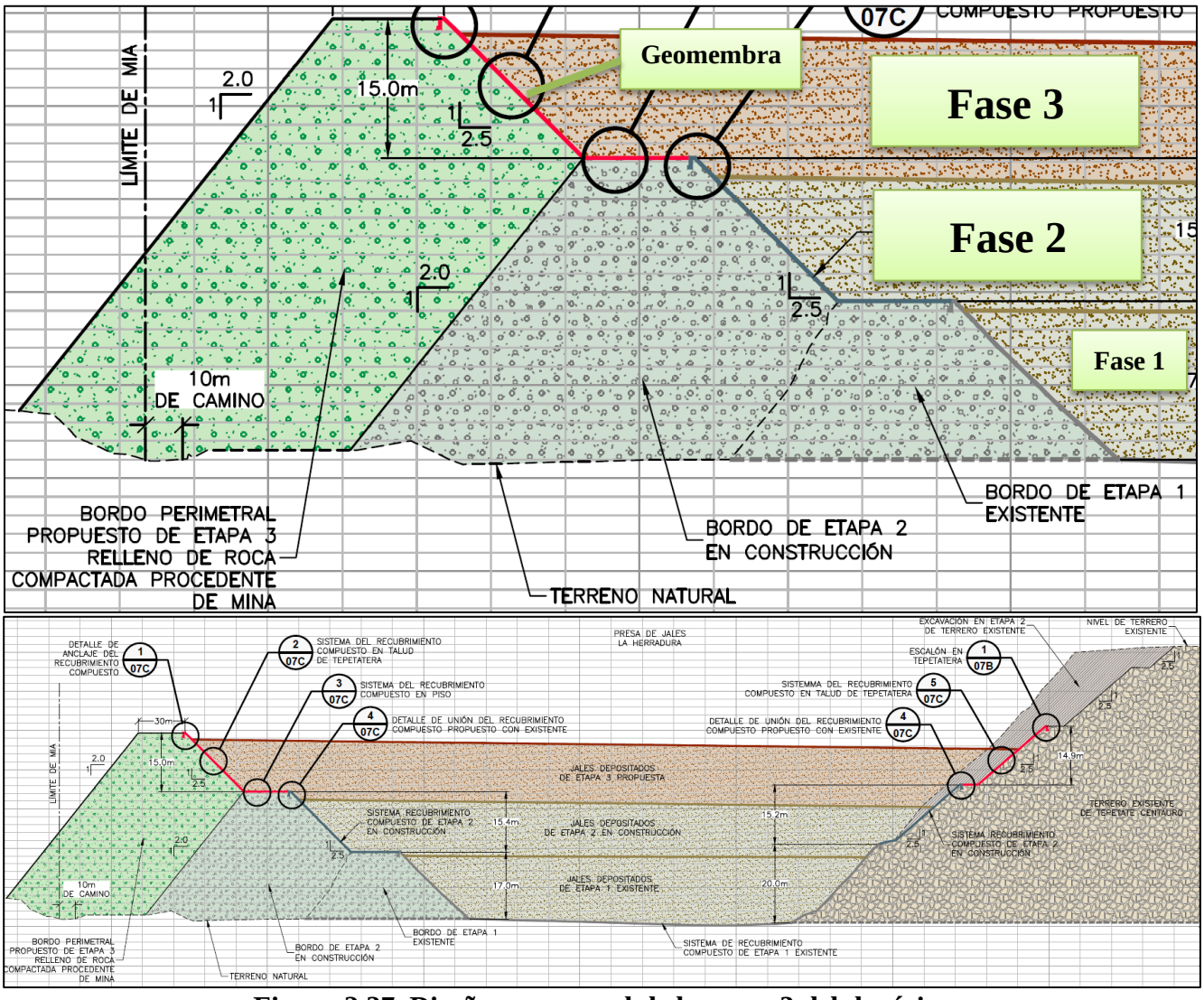



**Figura 2.27. Diseño conceptual de la etapa 3 del depósito**

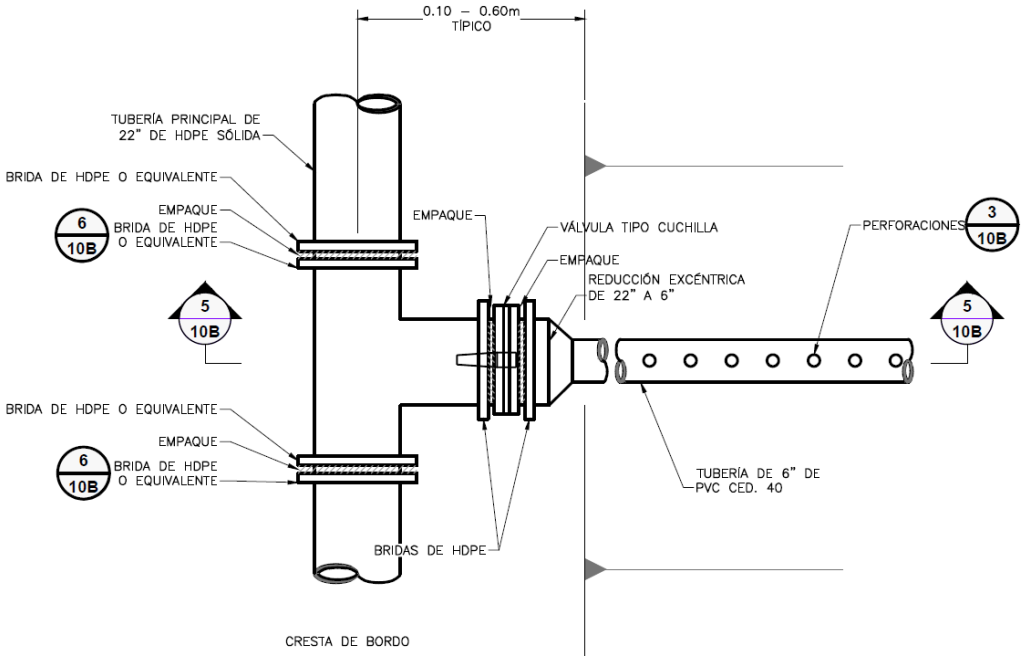
En el Anexo 2.10 se presenta un resumen de las especificaciones técnicas para la realización de las etapas 2 y 3 del depósito de jales, las cuales se emplearán para una adecuada construcción y operación del depósito de jales en sus siguientes fases de llenano. Estas específicaciones cumplen con lo descrito y solicitado en la NOM-141-SEMARNAT-2003, por lo que se seguirá trabajando en un marco de cumplimiento legal y ambiental de dicha obra.

Para poder presentar una operación sustentable con el mayor aprovechamiento de los recursos inmersos en el depósito de jales, se pondrá en operación un sistema de captación y drenaje del agua en el sitio (tanto pluvial como la contenida en el jal), el cual llevará a cabo la recuperación de agua para posteriormente llevarla de nuevo al proceso de beneficio, minimizando la cantidad de agua requerida en las operaciones de la UM y minimizando la cantidad de agua afectada.

Todo el depósito de jales estará conectado mediante el sistema de descarga de jales, el cual partirá de la zona industrial de beneficio con dirección a una bomba de descarga al Norte del depósito existente, la cual se encuentra actualmente operativa y servirá para el nuevo depósito. Este sistema de bombeo conectará sobre el bordo perimetral del nuevo depósito para poder descargar de manera más rápida y eficiente el jal. Ese sistema de descarga será mediante tuberías de PVC de 22" recorriendo el bordo perimetral del depósito que en las secciones o áreas adecuadas se presentará una conexión de descarga, la cual se unirá un cople tipo T unido por bridas de HDPE o algún equivalente.

En la salida de este cople se realizará la interconexión de la tubería para la descarga de jal, la cual se unirá mediante las mismas bridas unidas a una válvula de tipo cuchilla para el cerrado en caso de ser necesario o emergencia, sumado a la implementación de empaques plásticas para evitar derrames o fugas.

Finalmente, la conexión de la válvula con la tubería de descargar será compuesto de una tubería de PVC de 6" de diámetro para poder trasladar la cantidad adecuada de jal, el cual contará con perforaciones a lo largo del mismo separados entre sí en 0.6m. En la siguiente Figura se presenta un diagrama de la tubería a emplear y la manera de instalarla en el depósito.



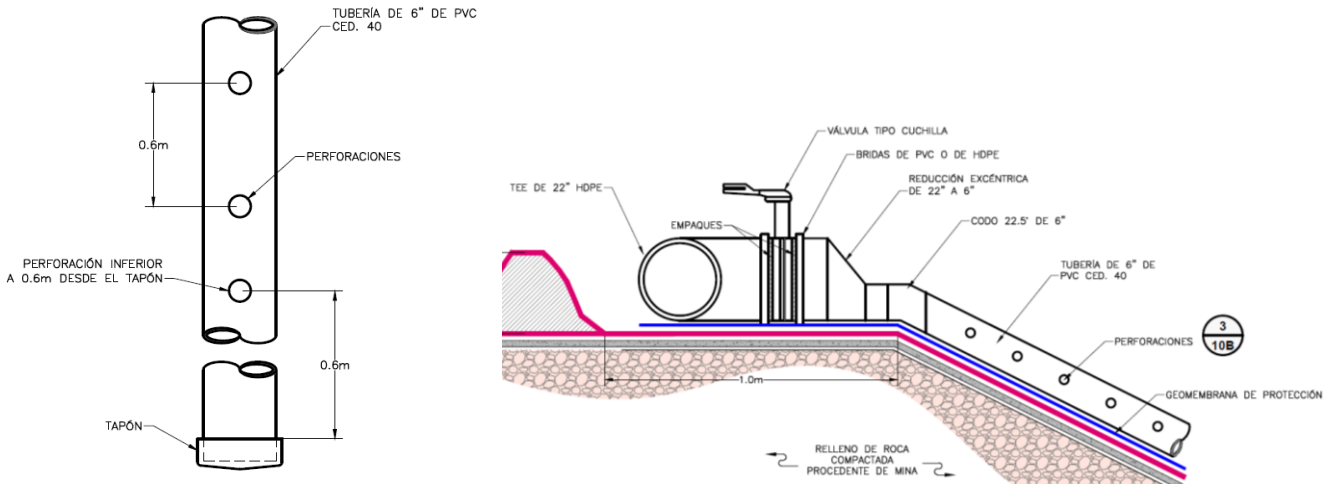



**Figura 2.28. Sistema de tubería e instalación**

Para poder constatar que el sistema de protección de infiltración mediante el liner o geomembrana instalada funcione de manera correcta y adecuada, se llevarán a cabo distintas actividades de monitoreo en pozoz existentes de la UM La Herradura, lo cual permitirá la comprobación de la protección subterránea. Los principales pozos en los cuales se llevará acabo el monitoreo, se encuentran aguas arriba y aguas abajo. El detalle de estos pozos se presentará posteriormente en el Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental del Proyecto, con el fin de conocer la calidad del agua durante la vida útil del depósito nuevo.

La Zona delimitada para el desarrollo del nuevo depósito de jales requiere una superficie total de 188.3290 Ha del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

- **Zona Canal de derivación**

Es una de las obras de mayor importancia, ya que brindará protección y disminuye el riesgo de que la UM La Herradura, sus componentes actuales y las nuevas obras de la presente MIA, sean afectadas por posibles corrientes intemitentes que se presenten en el temporal de lluvias, lo cual provoque pérdidas económicas o en maquinaria y obras incidentes. a pesar de que no se presenten corrientes perennes que incidan con la totalidad de la UM.

Es por esto que, para prevenir efectos adversos con las corrientes que puedan presentarse y para no impactar el recurso hídrico existente, la UM La Herradura pretende preparar y construir un canal de derivación, el cual partirá desde el Norte de la Unidad con dirección al Sur donde se conectará con una corriente intermitente existente de gran dimensión.

Este canal de derivación se ubicará en la Zona 1 del Plan Maestro del Proyecto Gran Potencial La Herradura, que, aunque no cubrirá la totalidad de la superficie, se solicita el total de las 285.9248 ha, ya que los detalles de construcción y sus características finales se generarán con base en la topografía existente, su capacidad de retorno estimada y las necesidades de derivación de la UM.

En la siguiente Figura se presenta el polígono solicitado para el desarrollo del canal de derivación, el cual comprende una superficie de 285.9248 Ha y su tabla de coordenadas de ubicación.

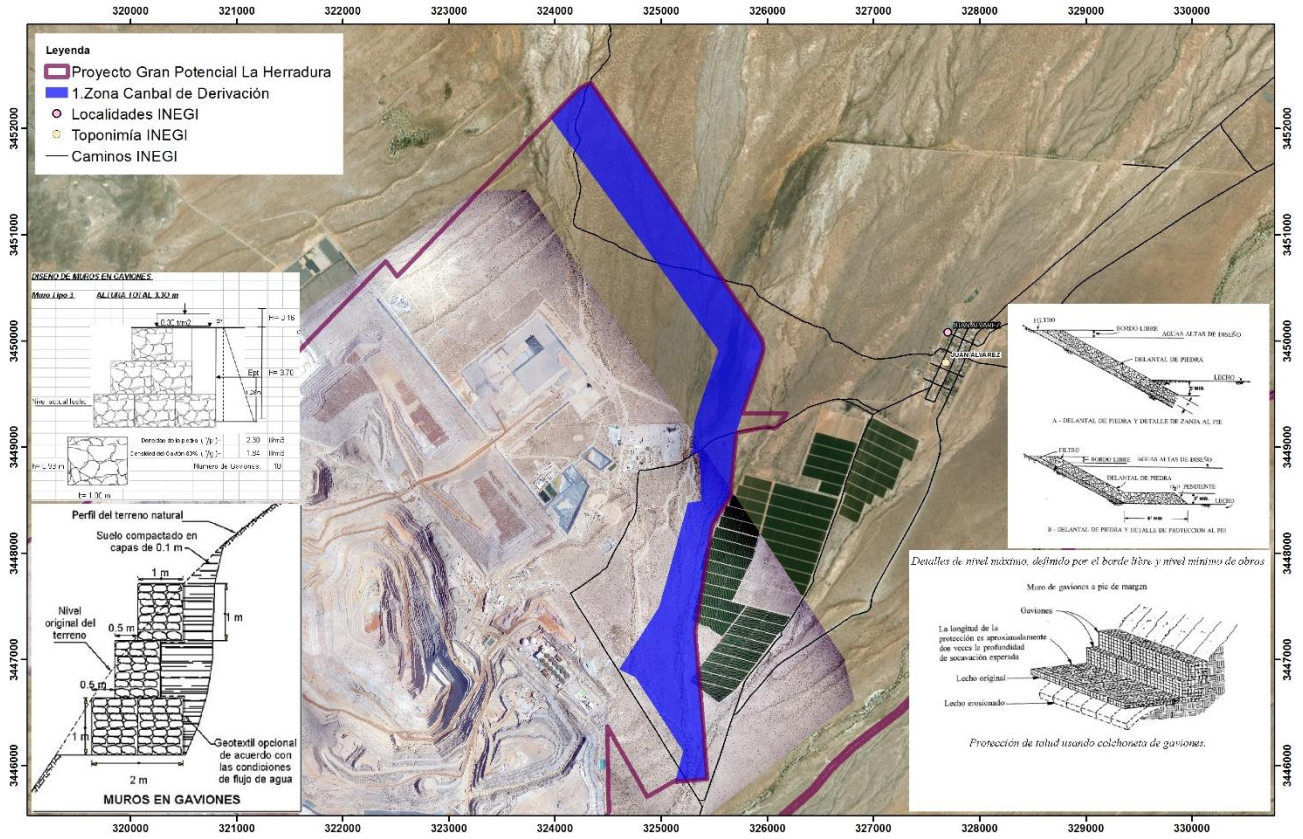



**Figura 2.29. Polígono para el canal de derivación**

Este canal de derivación tendrá un ancho promedio de 100 m de lado a lado (que, aunque el canal no requiere toda esa distancia se está contemplado un búfer adecuado para las actividades de preparación y construcción, con lo cual se optimizará la superficie con el menor impacto), todo con la finalidad de contar con la capacidad de captación y derivación sin desbordar agua.

Para su preparación se realizarán algunas de las actividades descritas en el apartado II.2.2 del presente capítulo, ya que se basarán principalmente en la recuperación de suelo orgánico, en el corte de la superficie para la instalación de los materiales de desvío y la nivelación alrededor para mantener el curso del agua estable.

Para su construcción se empleará el método de gaviones, el cual consiste en el armado de estructuras a base de rocas o grava, las cuales se agrupan y se compactan mediante mallas de acero inoxidable o galvanizado en cubos a manera de contenedores. El relleno de roca en cada gavión deberá ser de una granulometría grande no menor a 3" por roca con un peso estimado de 2 ton/m³. Las dimensiones sugeridas para cada gavión son de 1m de base, con por lo menos .90 m de altura y con un largo variable por la sección en donde se instalará en el canal.

En la siguiente Figura se presenta el diagrama de armado y preparación de los gaviones en el sitio para su posterior instalación conforme a la ingeniería específica.

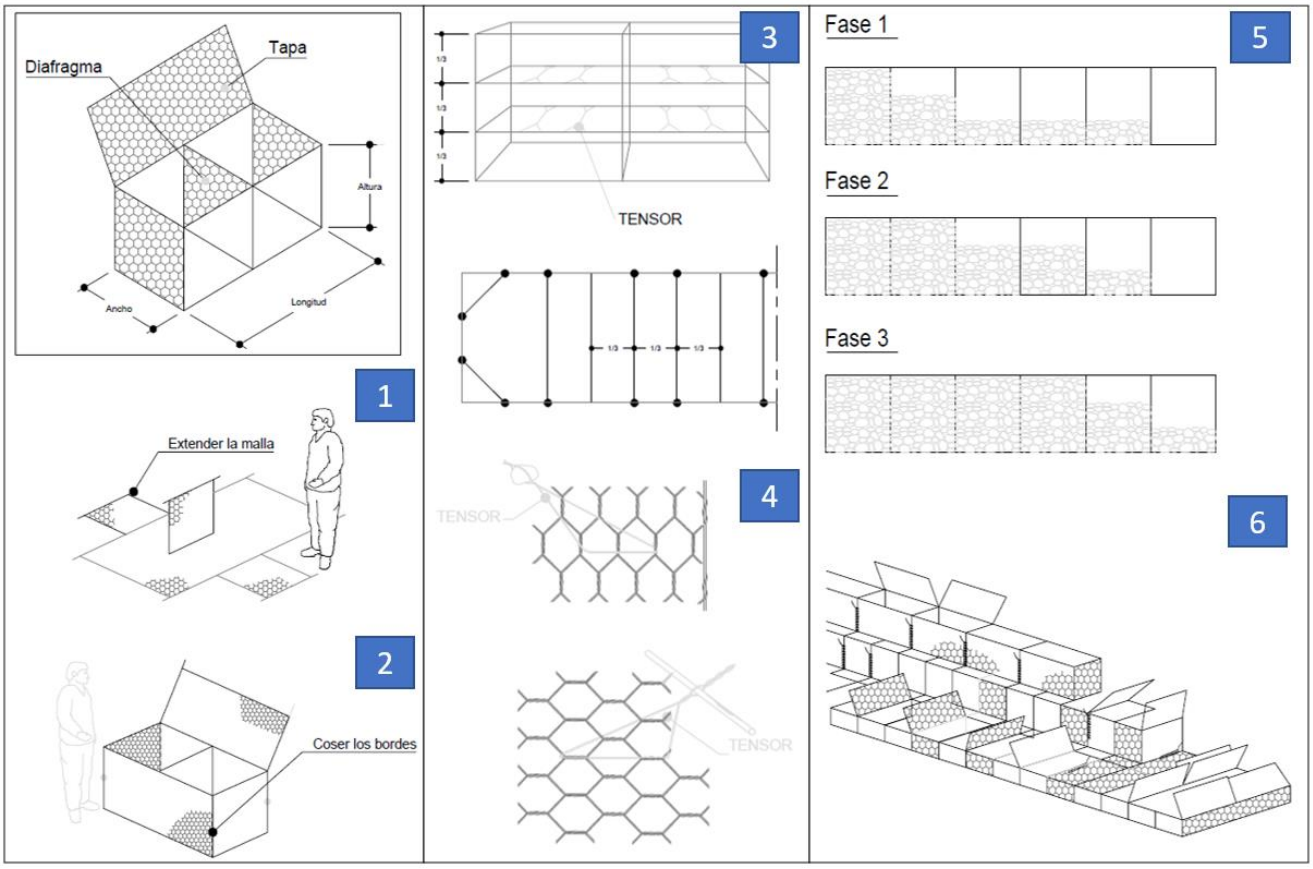



**Figura 2.30. Preparación de gaviones**

*Ejecución de gaviones*

Embalaje

Para facilitar el manipuleo y transporte, los gaviones son suministrados doblados y agrupados en bultos. Fajas coloridas pintadas en cada bulto facilitan la identificación de dimensiones de los gaviones.

Montaje

- Abra el bulto y desdoble cada unidad.
- En el caso de los gaviones cajas y colchones Reno, levante las laterales, las extremidades, y los diafragmas para la posición vertical.
- Para los gaviones caja, costure las aristas en contacto y los diafragmas con los laterales.

Para los colchones Reno, costure las extremidades y los diafragmas a las paredes laterales. La costura es ejecutada con el alambre de amarre que es enviado junto con los gaviones y es producida de manera continua, pasándose por todas las mallas, alternadamente con vueltas simples y dobles.

Colocación

- Nivele la base donde los gaviones y colchones serán colocados hasta obtener una superficie regular.

- Antes del relleno costure los gaviones en contacto a lo largo de todas sus aristas, tanto horizontales como verticales.

En el caso de los gaviones caja, para obtener un mejor lineamiento y acabado, estos pueden ser traccionados antes del llenado, o como alternativa puede ser utilizado un encofrado de madera, en la cara externa.

Relleno

El relleno puede ser efectuado manualmente o con auxilio de equipo mecánico. Deberá ser usada piedra limpia, no friable y con buen uso específico. El tamaño debe ser, en la medida de lo posible, regular y tal que las dimensiones estén comprendidas entre la mayor abertura de la malla y el doble.

Puede ser aceptable un máximo de 5% en piedras con dimensiones superiores a las indicadas. El relleno debe permitir la máxima deformidad de la estructura, obteniendo el mínimo porcentaje de vacíos asegurando el mayor peso específico.

Atirantamiento

Para los gaviones caja, durante el relleno, deben ser colocados tirantes de alambre de la siguiente forma:

- Llene cada celda de gavión de 1.00m de altura hasta un tercio de su capacidad. Coloque dos tirantes uniendo paredes opuestas amarrando dos mallas de cada pared. Repita esta operación cuando el gavión se encuentre llenado hasta dos tercios. En casos particulares los tirantes pueden unir paredes adyacentes.

- Para Gavión de 0.50m de altura, coloque los tirantes apenas cuando las cajas estén llenas hasta la mitad.

- Eventualmente en obras de revestimiento o plataformas, los tirantes pueden ser colocados verticalmente.

En el caso de los colchones coloque los tirantes verticales uniendo la base a la tapa. Normalmente se utiliza un tirante por metro cuadrado. En el caso de revestimiento de superficies muy inclinadas, los tirantes pueden ser colocados para mantener los diafragmas en posición vertical.

Cierre

- En el caso de los gaviones caja, doble la tapa. Para los colchones coloque las tapas (suministradas separadamente) sobre las bases. En ambos casos costure la tapa a los bordes superiores de la base y de los diafragmas.

- Los gaviones caja colocados arriba de una camada ya ejecutada deben ser costurados a lo largo de todas las aristas en contacto con la camada de gaviones ya llenados.

**Figura 2.31. Ejemplo de acomodo de gaviones**

Estos gaviones se arman en sitio posterior a las actividades de preparación del sitio, en el que se arman los contenedores de malla para ser llenados de roca con las características antes mencionadas y así acomodarlos de manera en que el canal de derivación pueda contener y regular el flujo del agua en sitio. Se acomodarán los gaviones a manera de talud en las orillas del canal lo que propicia una correcta contención de agua, en el que se contempla una inclinación 2H:1V a una altura mínima de 3.7 m del canal.

Posterior al acomodo de los gaviones, y por las características geológicas del sitio, se deberá instalar un lecho de material que no permita la infiltración, se acomoda de manera que cubre el piso del canal para poder derivar de manera correcta el agua. Este lecho cubrirá la totalidad del canal de principio a fin por el ancho del mismo, parte esencial del mismo.

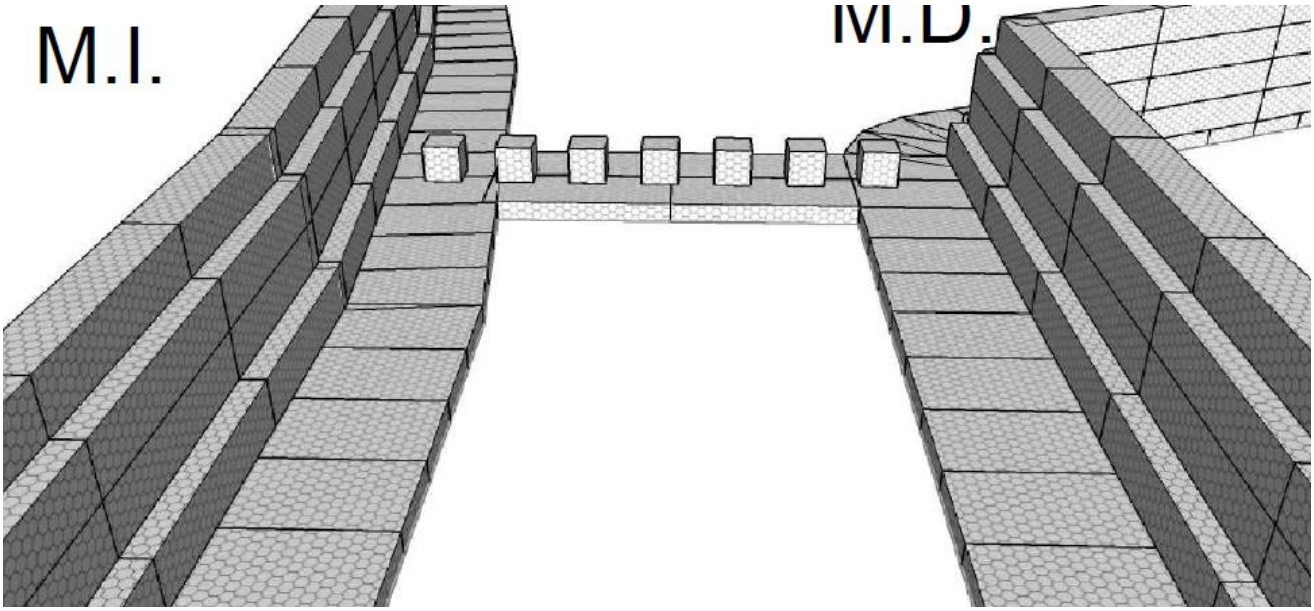
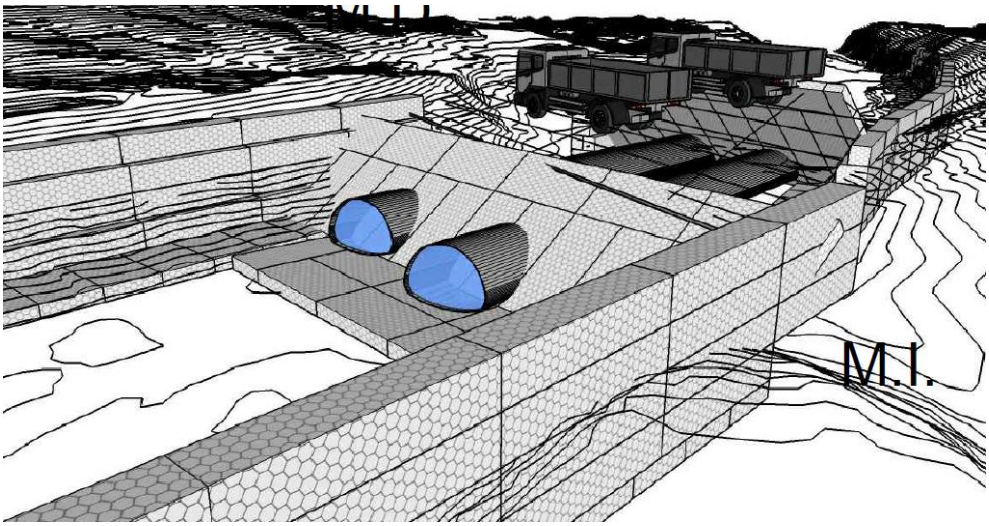



**Figura 2.32. Muro y lecho del canal de derivación**

Existirán algunas porciones en el canal que existirá un cruce por encima del canal para permitir la circulación de vehículos (exceptuando vehículos de grandes dimensiones como los yucles mineros), ya que principalmente en las áreas donde se cruza el canal de derivación con las entradas de la UM se requerirá la adecuación para la circulación de vehículos. Esta área es muy puntual y estará debidamente adaptada para que la ingeniería analizada sea la adecuada.

Para permitir el cruce de vehículos en dicha zona, se adaptará el canal de derivación de manera en la que el flujo de agua no se vea modificado empleando un sistema de tubería, la cual permitirá el paso del agua, dará un soporte extra al peso que tendrá encima y mantendrá el flujo del agua constante para evitar desbordamientos o algún efecto negativo en el canal. En las siguiente Figura se presentan algunos diagramas de la proyección de esta zona de cruce en el canal de derivación.



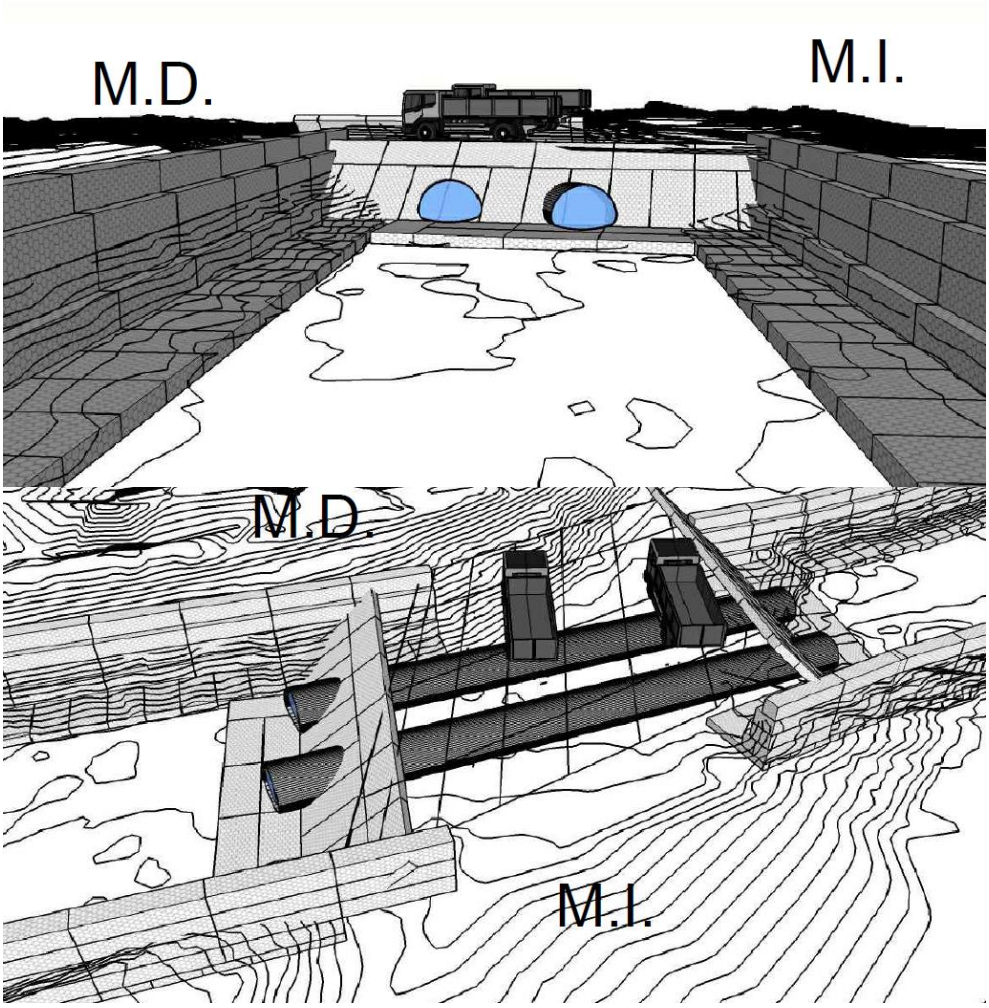



**Figura 2.33. Sistema de alcantarillado y cruce de vehículos**

En la siguiente Figura se puede observar un ejemplo de un canal construido a base de gaviones en talud y lecho, similar al que se propone para el presente Proyecto.

**Figura 2.34. Ejemplo de canal por gaviones**

- **Zona Futura ampliación de tepetater y/o depósito de jales**

En el polígono 10 del Plan Maestro del Proyecto se ubica la obra 28, la cual forma parte de las actividades a futuro de la Unidad Minera La Herradura, ya que, como cualquier proyecto minero en el país, las actividades y sus obras pueden verse modificadas o afectadas por distintos factores como lo pueden ser los precios de los metales, la falla en la estimación de la reserva del mismo mineral o resultados positivos y viables de producción que aumenten la reserva. Es por esto que, la Unidad Minera La Herradura, previendo sucesos que puedan modificar la dinámica operativa en un futuro, contempla una posible ampliación de la tepetatera solicitada o la ampliación del nuevo depósito de jales, ya que, como obras sumamente necesarias para una correcta operación de la Unidad, se les pretende dar un espacio más amplio y adecuado con base en la generación de tepetate y/o jal minero, razón por la cual se solicita dicho polígono.

Este polígono 10 para la posible ampliación de la tepetatera y/o depósito requiere una superficie total de 612.6343 Ha del total, de importancia señalar que, aunque se solicite esta superficie, no comenzará actividades de preparación del sitio y construcción hasta el momento en el que sea requerido para alguna de las obras anteriormente mencionadas, además de que todos los detalles ya sea de una ampliación de la tepetatera o la del depósito de jales contemplada en sitio, serán presentados mediante los distintos medios y permisos como modificaciones a proyectos autorizados en materia de impacto ambiental o manifestaciones de impacto ambiental, estando siempre sujetos a los parámetros, Normas Oficiales Mexicanas, Leyes y Reglamentos aplicables que sean competentes para su presentación y desarrollo.

En la siguiente Figura se presenta el polígono 10 del Proyecto con una referencia del como podrían desarrollarse las obras dentro del mismo (sin ser huellas finales), además de la tabla de coordenadas correspondiente para su ubicación geográfica (WGS84 12N).

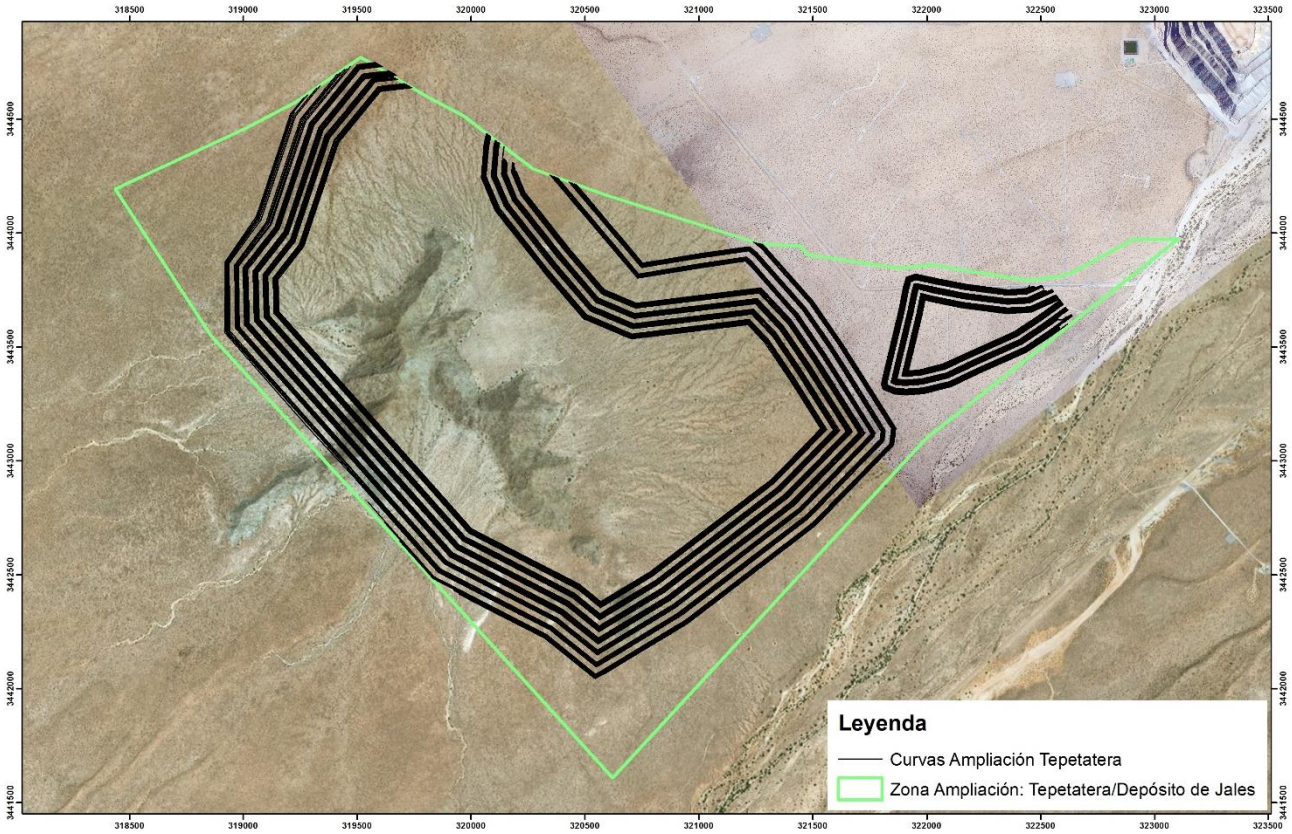



**Figura 2.35. Zona 10: ampliación de tepetatera y/o depósito de jales**

**Tabla 2.14. Coordenadas Ampliación Tepetatera y/o depósito de jales**

| ID | X | Y | ID | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 322905 | 3443972 | **15** | 320590 | 3444168 |
| **2** | 323103 | 3443976 | **16** | 321265 | 3443954 |
| **3** | 321997 | 3443099 | **17** | 321446 | 3443943 |
| **4** | 320621 | 3441610 | **18** | 321477 | 3443906 |
| **5** | 320586 | 3441648 | **19** | 321822 | 3443856 |
| **6** | 318857 | 3443552 | **20** | 321869 | 3443849 |
| **7** | 318438 | 3444194 | **21** | 321899 | 3443849 |
| **8** | 318980 | 3444447 | **22** | 322020 | 3443863 |
| **9** | 319010 | 3444460 | **23** | 322183 | 3443834 |
| **10** | 319231 | 3444578 | **24** | 322446 | 3443793 |
| **11** | 319515 | 3444772 | **25** | 322580 | 3443811 |
| **12** | 319801 | 3444603 | **26** | 322639 | 3443827 |
| **13** | 319964 | 3444517 | **27** | 322905 | 3443972 |
| **14** | 320271 | 3444283 | | | |

- **Zona Stockpile**

Una de las obras que darán soporte para los procesos de beneficio en la Unidad Minera es la preparación y construcción de un nuevo almacén de mineral o *stockpile*, el cual se ubicará de manera contigua a la salida del tajo centauro, el cual tendrá la función principal de almacenar todo el mineral extraído en el tajo que será acarreado por yucles y que será descargado en este polígono, que posteriormente será cargado en vehículos de menores dimensiones para acarrearlo a las zonas de trituración y molienda, facilitando el proceso de beneficio en los patios de lixiviación y PLD.

Uno de los principales de objetivos de este stockpile es el facilitar el proceso de acarreo de mineral desde el tajo hasta las siguientes áreas de producción, ya que se puede tener un control más exacto y adecuado de cuanto mineral se está extrayendo del tajo, cuanto se está descargando y almacenando para poder tener un correcto control de salida a los siguientes pasos de beneficio en la Unidad, además de que disminuyes el trayecto que deben recorrer los camiones yucles de grandes dimensiones, lo que resulta en una menor proabilidad de incidentes o fallas en la maquinaria.

El polígono solicitado para la preparación y operación del stockpile requiere una superficie total de 28.0342 Ha del Proyecto Gran Potencial La Herradura, en el cual se utilizará la totalidad de la superficie para el desarrollo y almacenamiento de mineral conforme se realice la extracción en el tajo centauro, con la particularidad de que, al igual que una tepetatera, el stockpile se pretende construir a la par de que se opera, maximizando así los recursos y los tiempos de ejecución. En la siguiente Figura se presenta el polígono delimitado para el Stockpile dentro del Proyecto Gran Potencial La Herradura, así como su tabla de coordenadas para su ubicación.

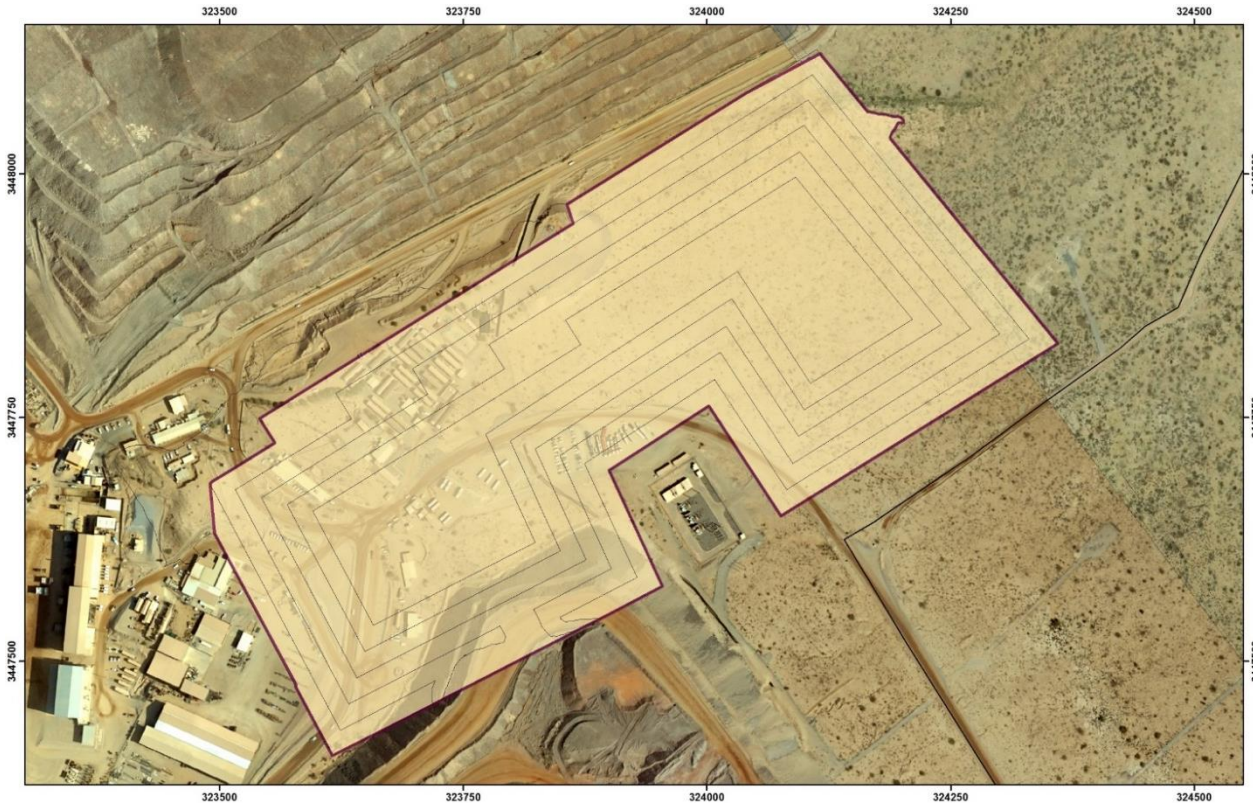



**Figura 2.36. Zona 7: Stockpile de mineral**

Con el desarrollo de este stockpile se modificarán algunas de las obras existentes en la Unidad Minera, ya que, con la ampliación del tajo y las dimensiones de la presente obra, será necesario el desmantelamiento de algunas estructuras, algunas de estas serán reubicadas dentro de las zonas presentadas en este Proyecto y otras elimiadas. Dichas estructuras corresponden principalmente a edificios administrativos y de capacitación, los cuales han sido autorizadoscon anterioridad, así mismo, pueden ser fácilmente desmantelados por sus características de construcción, ya que presentan estructuras de panel de construcción, lámina y tablaroca, los proceso de desmatelamiento se llebaran a acabo conforme a lo que establece la UM para dicha actividad. Finalmente se pretende hacer un uso adecuado de los sitios desmantelados.

Con el desmantelamiento de estas áreas se generarán algunos residuos de distinta naturaleza, que van desde RSU, de manejo especial, entre otros, los cuales serán debidamente separados, almacenados para posteriormente ser dispuestos de manera correcta junto con todos los residuos generados en la Unidad, empleando los distintos almacenes específicos de residuos por tipo y manejados en su etapa final por empresas debidamente certificadas y reconocidas por la autoridad, sin embargo, mucho de este material generado por el desmantelamiento de estructuras podrá utilizarse en alguna otra obra nueva o reubicada en el Proyecto Gran Potencial y disminuir así gastos operativos y cantidad de residuos a generar y disponer.

- **Zona Acceso Oriente**

Actualmente la Unidad Minera presenta un acceso complicado si se llega por el Sur de la misma, el cual proviene de la carretera estatal No. 37 Puerto Peñasco – Caborca, la cual está unida a la red federal de carreteras por medio de la carretera federal 002 en Caborca. Esta carretera estatal se une con el camino vecinal denominado Estación Sahuaro – Juan Álvarez, el cual conecta de manera rápida con la Unidad Minera mediante el entronque ubicado en el km 19 del mismo.

Con el desarrollo del presente Proyecto y la ampliación de sus obras, se pretende mejorar las características de urbanización dentro y fuera de la UM en los predios propiedad de la promovente o donde se tenga algún tipo de convenio, contrato o arrendamiento, razón por la cual se pretende mejorar el camino vecinal existente al Oriente de la Unidad Minera La Herradura, ya que este acceso también es utilizado por los habitantes del Ejido Juan Álvarez (aledaño a la UM), además de que este camino vecinal conecta de manera directa a La Herradura con la Unidad Minera Noche Buena, la cual también es propiedad en su totalidad de Minera Penmont, S. de R. L. de C.V. y que en la actualidad se encuentra en su fase operativa (con producción de oro empleando lixiviación por montones, beneficio por Merril-Crowe).

Este camino vecinal que por sus características puede ser denominado como una brecha, como se describe anteriormente, ya existe en la zona y es transitado de manera recurrente, por lo cual Minera Penmont contempla realizar actividades de ampliación y reacondicionamiento en una porción del acceso para facilicitar y eficientar el tránsito local y de la promovente, además de que propicia un sitio más seguro tanto para los vehículos de bajo peso como vehículos de mayores dimensiones, esto a través de una zona de maniobra y rodamiento más amplia, debidamente compacta y ancha.

Las características generales de este acceso oriente serán similares a las que se han llevado a cabo dentro y fuera de la Unidad Minera La Herradura, en las que se requiere que los accesos puedan

soportar el peso y la actividad continua de los vehículos que ahí transiten, es por ello que en una vez concluidas las actividades de preparación (entre las que destacan la delimitación del sitio, desmonte y despalme donde lo requiera, corte, nivelación y compactación en alcance) se procedera a la construcción del acceso, el cual tendrá un ancho promedio de 10 m de lado a lado para que exista suficiente espacio entre carriles propiciando un tránsito seguro.

Este acceso oriente tendrá una longitud aproximada de 10 km de punto inicial a punto final de desarrollo, todo dentro de una superficie de 38.6827 Ha. En la siguiente Figura se presenta el polígono solicitado para el desarrollo del Acceso Oriente, así como la tabla de coordenadas correspondiente para su ubicación geográfica.

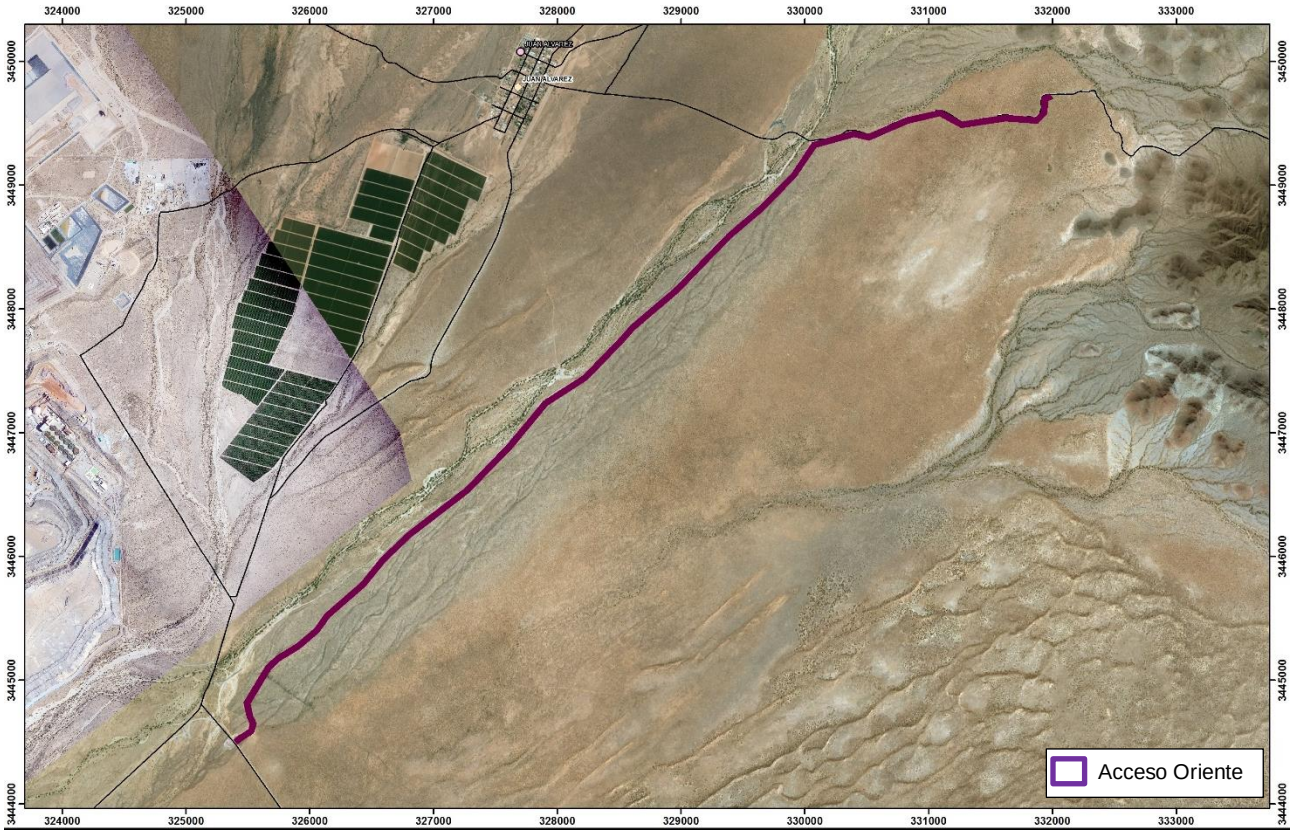



**Figura 2.37. Zona 11: Acceso Oriente**

**Tabla 2.15. Coordenadas Acceso Oriente**

| Coordenadas Acceso Oriente | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ID** | **X** | **Y** | **ID** | **X** | **Y** |
| **1** | 331956 | 3449581 | **38** | 325518 | 3444648 |
| **2** | 331879 | 3449501 | **39** | 325495 | 3444698 |
| **3** | 331621 | 3449522 | **40** | 325467 | 3444818 |
| **4** | 331263 | 3449466 | **41** | 325648 | 3445116 |
| **5** | 331089 | 3449561 | **42** | 325728 | 3445193 |
| **6** | 330830 | 3449502 | **43** | 325891 | 3445292 |
| **7** | 330516 | 3449365 | **44** | 326040 | 3445419 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **8** | 330395 | 3449392 | **45** | 326124 | 3445538 |
| **9** | 330088 | 3449307 | **46** | 326415 | 3445792 |
| **10** | 329927 | 3449069 | **47** | 326577 | 3445990 |
| **11** | 329664 | 3448796 | **48** | 326791 | 3446194 |
| **12** | 329399 | 3448573 | **49** | 327241 | 3446541 |
| **13** | 328979 | 3448138 | **50** | 327249 | 3446547 |
| **14** | 328622 | 3447836 | **51** | 327601 | 3446909 |
| **15** | 328531 | 3447734 | **52** | 327889 | 3447255 |
| **16** | 328241 | 3447430 | **53** | 328213 | 3447464 |
| **17** | 327918 | 3447223 | **54** | 328499 | 3447763 |
| **18** | 327633 | 3446880 | **55** | 328592 | 3447867 |
| **19** | 327277 | 3446515 | **56** | 328949 | 3448169 |
| **20** | 327269 | 3446508 | **57** | 329370 | 3448605 |
| **21** | 326819 | 3446161 | **58** | 329635 | 3448828 |
| **22** | 326609 | 3445961 | **59** | 329894 | 3449096 |
| **23** | 326446 | 3445762 | **60** | 330061 | 3449344 |
| **24** | 326156 | 3445509 | **61** | 330394 | 3449437 |
| **25** | 326072 | 3445390 | **62** | 330512 | 3449410 |
| **26** | 325916 | 3445257 | **63** | 330816 | 3449543 |
| **27** | 325755 | 3445158 | **64** | 331095 | 3449606 |
| **28** | 325682 | 3445089 | **65** | 331271 | 3449511 |
| **29** | 325513 | 3444811 | **66** | 331619 | 3449565 |
| **30** | 325536 | 3444712 | **67** | 331862 | 3449545 |
| **31** | 325563 | 3444652 | **68** | 331913 | 3449598 |
| **32** | 325543 | 3444575 | **69** | 331914 | 3449712 |
| **33** | 325473 | 3444529 | **70** | 331975 | 3449738 |
| **34** | 325413 | 3444487 | **71** | 332001 | 3449702 |
| **35** | 325388 | 3444522 | **72** | 331957 | 3449683 |
| **36** | 325449 | 3444564 | **73** | 331956 | 3449581 |
| **37** | 325506 | 3444602 | | | |

Este camino podrá ser complementado con material de mina inerte (tepetate) en aquellas áreas que requieran ser rellenadas o que tengan una mayor resistencia, el cual será descargado, reacomodado y compactado mediante el uso de maquinaría especizada como volteos, palas mecánicas, compactadoras, entre otras.

Al momento de construir el acceso se formará una pequeña pendiente a cada lado del camino de aproximadamente 0.5%, la cual servirá para evitar el estancamiento de agua en caso de alguna lluvia o derrame del líquido que pudiera ocasionar algún accidente vehicular.

Además, para aumentar las medidas de seguridad durante el tránsito en el acceso se instalarán distintos señalamientos que hagan alusión a límites de velocidad, de protección y seguridad en el camino, sumado a la instalación de “fantasmas” o bollas a las orillas del acceso, las cuales servirán de

el de las obras de este Proyecto. En la siguiente Figura se presenta un ejemplo de reservorios de agua de tipo abierto para mostrar de manera general las características planteadas anteriormente.

**Figura 2.40. Ejemplos de reservorio de agua abierto**

- **Zona Área de almacenamiento temporal**

Otra de las obras que darán un soporte básico para el desarrollo de las obras del Proyecto Gran Potencial es un sitio específico para poder tener un almacenamiento temporal de insumos de preparación y construcción, ya que, por las dimensiones de algunas obras aledañas que podrán utilizar dicho sitio de almacenamiento (como lo son patios de lixiviación, canal de derivación, entre otras), requerirán una superficie específica para poder almacenar de manera próxima y sin trasladar materiales de distancias más lejanas los distintos insumos necesarios para las obras antes mencionada, esto sumado a que esta área de almacenamiento también podrán almacenarse de manera temporal elementos rescatados durante la etapa de preparación del sitio como ejemplo el suelo existente en el sitio, para que posteriormente pueda ser llevado a las áreas adecuadas para su reubicación en los sitios donde se requiera llevar a cabo dicha actividad.

Este polígono para la Zona de almacenamiento temporal requerirá una superficie de 91.4596 Ha de la totalidad del Proyecto Gran Potencial, las cuales podrán ser utilizadas en su totalidad para poder almacenar elementos de manera temporal, aunque por las características operativas de las obras a preparar y construir no se ocupará la totalidad de la superficie a la vez, sino que será en porciones y de manera gradual. En la siguiente Figura se presenta el polígono delimitado para la Zona de almacenamiento temporal dentro del Proyecto Gran Potencial y su tabla de coordenadas.

**Figura 2.41. Zona 14: Almacenamiento temporal**

**Tabla 2.17. Coordenadas de la zona de almacenamiento temporal**

| Coordenadas Zona Almacenamiento Temporal | | |
|---|---|---|
| **ID** | **X** | **Y** |
| **1** | 324309 | 3449902 |
| **2** | 324332 | 3449921 |
| **3** | 324715 | 3450228 |
| **4** | 324719 | 3450232 |
| **5** | 324870 | 3450353 |
| **6** | 324874 | 3450356 |
| **7** | 325102 | 3450539 |
| **8** | 325541 | 3449912 |
| **9** | 325341 | 3449322 |
| **10** | 324774 | 3449323 |
| **11** | 324309 | 3449902 |

En este polígono no se realizarán actividades de construcción, ya que no se levantarán ningún tipo de estructuras, patios o demás áreas similares a las existentes en la UM, por lo que no se presentan datos de construcción ni detalles de ingeniería de ello, además, esta obra entrará en operación una vez

estratégica para su operación en relación a las demás obras de la Zona. En la siguiente Figura se muestra un ejemplo de área de lavado como podría presentarse en la UM La Herradura.

**Figura 2.46. Ejemplo de área de lavado**

*Mantenimiento Vehicular:*

La obra denominada como Mantenimiento Vehicular consiste en la preparación, construcción y operación de un conjunto de dos edificios o edificaciones, los cuales serán techados en su totalidad conectados mediante pasillos, los cuales presentarán distintas áreas tanto de operación como administrativas, todas enfocadas a las actividades de mantenimiento de la flotilla vehicular en la UM La Herradura, complementado por áreas de esparcimiento social para los trabajadores y áreas verdes.

El objetivo principal de la nueva zona de mantenimiento vehicular o centro de mantenimiento es crear un área de trabajo con dimensiones más grandes que las que actualmente se presentan en la Unidad, para para dar mantenimiento y lavado a toda la flota de vehículos operativos, así como contar con áreas adecuadas en caso de crecimiento de la flota vehícular de la mina. La planeación general de esta área pretende crear un funcionamiento adecuado y fluido mediante su ubicación estratégica y el uso de vialidades que una a los talleres lo cual optimizará el tránsito entre las distinas áreas que componen el centro de mantenimiento, al trabajar todas en conjunto.

De manera general, el edificio que se ubicará al Norte estará compuesto por un área de lavado vehicular de tipo diesel (no lavado general como en la zona de lavado, más bien lavado de motores a diesel), área de lavado vehicular tipo gasolina, tendrá una zona de refacciones para vehículos de bajas dimensiones y finalmente una zona de almacenamiento de residuos líquidos, principalmente aceite usado y agua empleada en el proceso de lavado, la cual estará debidamente aislada, señalizada y contará con una superficie que prevendrá la infiltración en caso de derrames.

Por su parte, el edificio al Sur contará con área de almacenamiento, área de oficina para 5 cubículos, cuarto de servicios, área de lockers, cuarto de refacciones, comedor para 36 personas, módulo de baños de hombres y baño de mujeres

El proyecto consiste en la construcción de un conjunto de dos edificios techados, con pasillos, área de jardines y comedor, con sus respectivas áreas de baños para damas, caballeros, cuarto de servicios, pasillos exteriores y estacionamiento alrededor del complejo.

El edificio norte contará con área de lavado vehicular diésel, área de lavado vehicular gasolina, cuarto de refacciones y área de residuos líquidos (aceites). Por otra parte, el edificio sur contará con área de aceites, área de oficina para 5 cubículos para personal administrativo, cuarto de servicios de ambos edificios, área de lockers, cuarto de refacciones, un pequeño comedor para 36 personas, módulo de baños para hombres y módulo de baño para mujeres.

Toda el área de mantenimiento vehicular contará en su exterior con área de jardines o áreas verdesy estacionamiento alrededor del complejo para el personal o vehículos en espera de matenimiento. Comprenderá una superficie de 0.5068 dentro del polígono delimitado para la Zona de Mantenimiento.

*Área de Michelin (neumáticos):*

Siguiendo con las actividades de mantenimiento en la zona, se pretende contar con un sitio específico para la recepción, administración, almacenamiento y entrega de llentas en la UM La Herradura.

Esta Área denominada Michelin estará conformada por un edificio para actividades administrativas del personal y una bodega o almacén techado para el almacenamiento de llantas categorizadas por rodado y tipo de operación.

En primer lugar, el edificio administrativo albergará las áreas necesarias para el personal encargado de esta actividad, el cual estará conformado por área de oficinas, tendrá un total de 4 cubículos, una sala de juntas, módulos de baño para hombres y módulo de baño para mujeres, cuarto de servicio y mantenimiento del edificio y zona de café.

Por su parte, la bodega o almacén será comprendida por un área abierta en su parte frontal cubierta en los laterales y parte trasera, así como en el techo a base de lámina galvanizada perimetral, donde se recibirán, organizarán, almacenarán y proporcionarán las llantas por medidas, teniendo un espacio libre a un costado para que pueda acceder algún vehículo o maquinaria para su cambio de llantas. Esta bodega contará con un firme de concreto en su totalidad incluso pasando al frente de la misma con la finalidad de contar con una zona a manera de patio de maniobras en el que los vehículos, maquinaria, yucles, entre otros puedan maniobrar para acceder a la bodega o realizarse cambios de llantas en caso de ser grandes dimensiones.

Esta bodega o Zona Michelin se ubicará en una superficie total estimada de 0.5788 ha dentro del mismo polígono de la Zona de Mantenimiento, la cual se deberá construir y operar en un punto estratégico dentro del polígono, debido al manejo de herramientas hidráulicas y el tránsito continuo de

vehículos de pequeñas, medianas y grandes dimensiones, lo cual se contempla en la planeación general del Proyecto. En la siguiente Figura se presenta un ejemplo de la proyección final de la bodega de llantas.

**Figura 2.47. Almacenamiento de llantas por medida**

*Taller de armado:*

Este taller de armado estará conformado por la preparación, construcción y operación de un edificio o estructura que estará conformada por un área de armado con 4 bahías (armado de insumos vehiculares y de protección de los mismos), contará también con un cuarto de refacciones específicos para estas actividades, un cuarto de herramienta para emplear en el armado de insumos, 3 oficinas para encargados de esta área, zona destinada para 6 cubículos independientes, una zona de café, módulo de baños para hombres y módulo de baños para mujeres y cuarto de servicio para dicho edificio.

Este taller de armado en su conjunto contará con una zona de jardinera o área verde al exterior y estacionamiento exclusivo para el personal y área de espera para los vehículos que requieran algún tipo de observación en esta zona, abarcando en total una superficie de 0.3800 Ha dentro del Polígono determinado como Zona de Mantenimiento ubicándose en la zona adecuada para su operación dentro del mismo.

*Taller de mantenimiento preventivo:*

Complementa los distintos talleres y áreas de mantenimiento de los vehículos operátivos de la Unidad Minera La Herradura, se contempla la preparación, construcción y operación de un taller para el matenimiento preventivo, en el cual se llevarán a cabo actividades principalmente preventivas sin ser necesariamente actividades de reparación complejas, por ejemplo, cambios de aceites, refacciones menores y ajuste de elementos como frenos y luces.

Esta obra estará compuesta por un edificio o estructura conformado por un total de 8 bahías de mantenimiento donde se instalarán las herramientas necesarias y se establecerán los vehículos a

revisión, contará con un cuarto de herramientas necesarias para las actividades, un sitio destinado para el almacenamiento de refacciones tales como aceites, bandas, luces y demás insumos necesarios, taller de tornos para estructuras específicas como grabados o protecciones especiales de los vehículos, taller de instrumentación, módulo de baños para hombres y módulo de baños para mujeres.

Este taller de mantenimiento preventivo también contará con una superficie destinada a jardinera o área verde y su área de maniobras y estacionamiento, todo dentro de una superficie de 0.5966 Ha en el polígono denominado como Zona de Mantenimiento.

*Taller de mantenimiento:*

Se desarrollará otro taller en esta área, para un mantenimiento más complejo y especializado cuando en alguno de los otros talleres no se puedan llevar a cabo actividades de mantenimiento y/o reparación, el cual será constituido por un edificio o estructura que se conformará de los siguientes espacios: un área de mantenimiento con 8 bahías individuales, un taller de tornos especializados, un taller de instrumentación con su propio almacén, contará además con un área ADM MATCO con oficina independiente, área de facilitadores con oficina y sala de juntas, área cybermax, cuarto de herramienta con almacén, cuarto de refacciones rotarias, cuarto de servicios, oficina con acceso exterior independiente, área de equipo de guardado y baterías, área de GOM, contará con un comedor para 72 personas, módulos de baños para hombres y módulos de baños para mujeres con sus respectivas áreas de regaderas y lockers, así como un segundo módulo de baños tanto de hombres como de mujeres en el área de mantenimiento.

Este taller ocupará una superficie total de 0.7626 ha, por lo que será el taller de mayores dimensiones dentro del polígono delimitado para la Zona de Mantenimiento, el cual al igual que las demás obras de la zona, se ubicarán en el punto geográfico más estratégico y adecuando dentro del polígono sin salirse de los límites establecidos para la Zona de Mantenimiento.

*Brigada de bomberos:*

Una obra de gran importancia dentro de esta Zona de mantenimiento y en general para la Unidad Minera La Herradura es la Unidad de Bomberos o Brigada de bomberos, en la cual se concentrará todo el personal de bomberos y su equipamiento especializado, con la finalidad de poder atender de manera rápida y adecuada cualquier incidente en el que se necesite personal capacitado en esta área.

Para tal fin, se propone preparar, construir y operar un edificio destinado exclusivamente para el personal de bomberos en la UM, el cual será constituido por las distintas herramientas, vehículos, áreas administrativas y de esparcimiento del personal, el cual será un edificio techado conectado mediante pasillos que será conformado por un comedor para el personal, áreas de oficinas para las actividades administrativas, una sala de juntas general de planeación, módulos de baños para hombres y módulo de baños para mujeres ambos con regaderas y lockers.

Este edificio contará con un espacio destinado exclusivamente para el resguardo de un camión bombera, el cual estará adecuado para la carga de agua y para su operación inmediata en caso de

emergencia, que conectará con la porción exterior del edificio mediante un pequeño patio de maniobras, jardineras y pasillos exteriores.

Esta Brigada de bomberos requerirá una superficie de 0.3770 Ha dentro de la Zona de mantenimiento, la cual se ubicará en el punto más adecuado para una rápida acción en caso de emergencia, ya que por la naturaleza de la actividad en la brigada su ubicación debe estar lo más adecuada y estratégicamente posible para la atención en esta Zona y las demás áreas de la Unidad Minera La Herradura, por lo que su ubicación se determinará una vez planeado a detalle el arreglo de la Zona de mantenimiento.

En la siguiente Figura se presenta el polígono solicitado para la Zona de Mantenimiento del Proyecto Gran Potencial La Herradura en el que se puede apreciar un arreglo de obras sin ser ubicaciones finales, además se presenta la Tabla de coordenadas de dicho polígono para una superficie total de 22.5572 Ha.

Como se mencionó anteriormente, en el Anexo 2.11 se presentan a detalle los procesos constructivos para las obras en la Zona de Mantenimiento para su consulta.

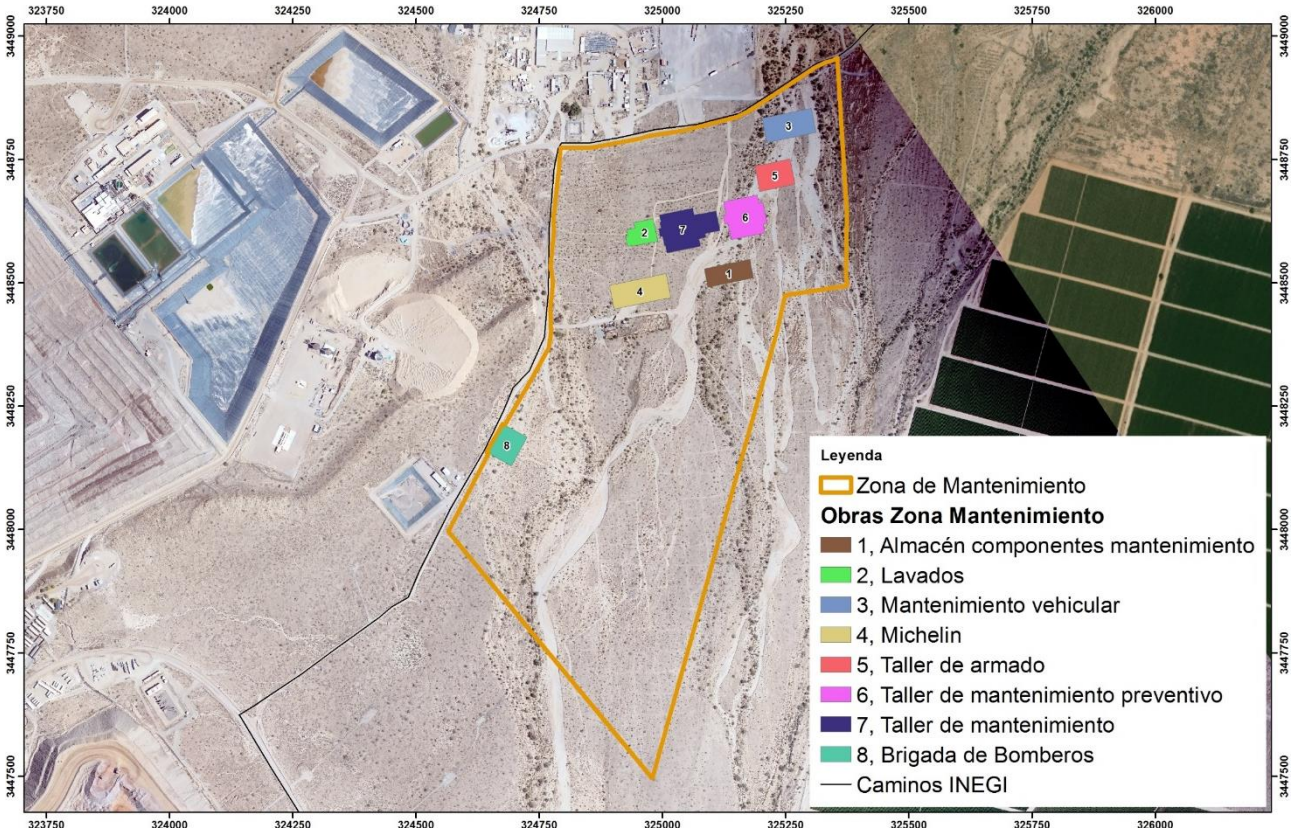



**Figura 2.48. Polígono de la Zona de Mantenimiento**

Este edificio será construido techacho en su totalidad de manera similar a las oficinas generales, conectado por pasillos, el cual contará con 14 oficinas individuales, una zona para sala de juntas y módulos de baño para hombres y mujeres de manera independientes.

Sumado a esto se presentarán áreas verdes y pasillos exteriores, así como un estacionamiento exclusivo para el personal, todo en una superficie de 0.0610 ha dentro de la Zona Administrativa y Nuevo Campamento.

*Oficinas de seguridad*

Por su parte, el departamento de seguridad de la Unidad Minera tendrá su edificio específico para sus actividades sin interferir en alguna otra área, por lo cual se contempla la preparación, construcción y operación de nuevas oficinas de seguridad, un edificio techado en su totalidad conectado por pasillos internos que contendrá un total de 5 oficinas individuales, contará también con un comedor exclusivo para el personal de seguridad, módulos independientes para baños de hombres y mujeres, cuarto de limpieza y área de archivo muerto.

En su exterior, al igual que los demás edificios de la Zona contará con un sitio de estacionamiento exclusivo, pasillos exteriores y áreas verdes, todo dentro de este complejo con una superficie de 0.0337 ha en la Zona.

*Oficinas de sindicato*

El sindicato de trabajadores de la Unidad Minera La Herradura tendrá también su propio espacio para su organización, planeación o reuniones, así como sus procesos administrativos internos, todo dentro de un edificio techado en su totalidad con pasillos internos de conexión, una zona de café y comedor exclusivo del personal de sindicato, 2 oficinas generales y 6 cubículos individuales, todo ello con área de recepción, cuarto de servicio y área de archivo.

Se contará además con dos módulos de baño independientes para hombres y mujeres y en su exterior tendrá pasillos externos que conectarán otras áreas de la Zona, así como áreas verdes y estacionamiento exclusivo.

Para la realización de esta obra se requerirá una superficie de 0.0301 ha dentro de la Zona Administrativa y Nuevo Campamento.

*Oficinas de Topografía 2*

Actualmente el departamento de topografía de la Unidad Minera La Herradura cuenta con sus propias instalaciones, sin embargo, el aumento del personal operativo de la UM por la ampliación de la misma, requerirá que dicho departamento cuente con mejores instalaciones para optimizar sus actividades y operaciones.

Esto propicia la preparación, construcción y operación de un nuevo edificio techado en su totalidad para albergar al personal de este departamento, conformado por un total de 10 cubículos

individuales, comedor exclusivo para el personal, módulos de baños independientes para hombres y mujeres, cuarto de servicio y principalmente constará con un almacén ligado de manera fácil con las demás áreas del edificio.

Contará en su exterior con áreas verdes y estacionamiento exclusivo para los vehículos del personal de esta área y para visitantes, todo dentro de una superficie de 0.0533 ha dentro de la Zona.

*Servicios de campamento*

Esta pequeña área será destinada para la construcción de un complejo conformado por una zona abierta y una zona cerrada, para presentar áreas adecuadas y destinadas para proveer distintos servicios a toda la zona del nuevo campamento, así como áreas destinadas al cuidado de la flora.

En primer lugar, la zona techada será donde se instalen o almacenen los distintos insumos para servicios del campamento además de una pequeña oficina para el encargado de área. Por su parte, la zona abierta servirá para la instalación de un nuevo vivero, el cual contendrá algunas de las especies de flora rescatadas o individuos generados por la recuperación de semillas o germoplasma para uso exclusivo de la Unidad Minera La Herradura.

Esta obra requiere una superficie total de 0.1639 Ha dentro de la Zona Administrativa y Nuevo Campamento.

*Centro de capacitación*

El propósito del nuevo centro de capacitación y talleres es unificar en una sola área las actividades de enseñanza y práctica, para esto se pretende crear este campus que contendrá de manera general aulas de capacitación multifuncionales, una sala para eventos de gran y mediana magnitud que puede dividirse para generar dos áreas iguales. También contará con área de aulas, simuladores y audiovisual de carácter educativo por parte de las dos divisiones del complejo, que son los edificios de taller de soldadura, soldaduras especiales, tornos y por otro lado el edificio de capacitación para el manejo de yucles.

El taller de soldadura cuenta con sus espacios específicos para la capacitación técnica y el área de dirección, oficina, baños y comedor dentro del mismo al igual que la división de capacitación para el manejo de yucles, solo que esta contiene en lugar de un área de taller, los diferentes simuladores.

Este complejo se basa en la construcción de un campus con diferentes edificios de Aulas techadas, con pasillos, área de jardines y comedor, con sus respectivas áreas de baños para damas, caballeros, cuarto de servicios, pasillos interiores y exteriores, escaleras con una rampa de acceso al nivel del complejo para personas discapacitadas y estacionamiento alrededor del campus.

Para el desarrollo del Centro de capacitación se requerirá una superficie total de 0.6993 ha dentro de los límites de la Zona Administrativa y Nuevo Campamento.

*Oficinas de Subterránea*

Otra de las áreas de organización, planeación y desarrollo de la Unidad Minera son las oficinas para el área de obras subterráneas, en la cual se conjuntará al personal con áreas de cubículos y sala de juntas, todo con la finalidad de propiciar un desarrollo de sus actividades de manera más adecuada.

Estas oficinas compartirán las mismas características en su desarrollo como las anteriormente descritas en la Zona Administrativa y Nuevo Campamento compuesto por una estructura o edificación, que posterior a las actividades de preparación del sitio se procederá a la construcción de dicha estructura, la cual será techada en su totalidad y será compuesta por un estimado de 6 cubículos, una sala de juntas, área de café, cuarto de servicios y las características exteriores generales anteriores como pasillos peatonales, áreas verdes y estacionamiento.

Todo este complejo para las Oficinas de Subterránea requerirá una superficie estimada de 0.1815 ha dentro de la Zona Administrativa y Nuevo Campamento.

*Casa club*

Una de las principales zonas de esparcimiento social de la Unidad Minera La Herradura será la denominada Casa Club, en la cual el personal de la UM, en la cual se podrá descansar, interactuar y realizar actividades deportivas.

Esta Casa Club será un edificion techado en su totalidad el cual estará integrado por un gimnasio con el equipo deportivo necesario, una lavandería general para el personal interno y contratistas, un cuarto de juegos, área de consolas, una terraza en el techo del edificio, cuarto de servicios, módulo de baño independientes para hombres y mujeres.

Todo este complejo será complementado por pasillos exteriores, áreas verdes a los alrededores y estacionamiento exclusivo para el sitio, todo dentro de una superficie de 0.7782 ha dentro de la Zona.

*Campamento*

Finalmente, una de las principales obras dentro de la Zona Administrativa y Nuevo Campamento que propulsarán la capacidad de contener al personal interno y contratistas externos de la Unidad Minera La Herradura que irán en aumento conforme se realicen las actividades de ampliación del tajo centauro y es el Nuevo Campamento, compuesto por distintas áreas de descanso y de recreación.

Actualmente existe un campamento en la Unidad, sin embargo, con el crecimiento de las obras mineras y la implementación de nuevas obras, este campamento será reubicado en su totalidad ya que incide directamente con la Zona de Stockpile, necesario construir un nuevo campamento con mayores dimensiones que puedan operar para la totalidad de personal contemplado para su uso.

Este nuevo campamento estará compuesto por distintas áreas o islas alrededor de algunas de las obras anteriormente descritas de la Zona como la Casa Club, Área de servicios para campamento y el comedor, en las cuales se prepararán y construirán áreas de descanso como trailas con todos los aditamentos necesarios para que puedan ser habitados por largos periodos de tiempo.

Para la instalación de estas trailas se contempla ubicarlas en un total de 4 islas o módulos alrededor de las obras anteriormente mencionadas con un total de 9 trailas por isla, las cuales tendrán una capacidad máxima de 6 personas divididas en 3 habitaciones dobles, sumado a un módulo de baño con regadera, cocineta, sala de descanso y una pequeña lavandería de uso básico.

Estas trailas serán las mismas que se desmantelarán en el campamento existente, reubicandolas al sitio propuesto en esta Zona para optimizar tiempos de ejecución, reducir costos y minimizar la generación de residuos reutilizando la mayor cantidad de insumos posibles. En la siguiente Figura se presentan algunos detalles de construcción de las trailas de manera individual y una proyección de su nuevo arreglo conforme a la Zona Administrativa y Nuevo Campamento.

**Figura 2.49. Arreglo de trailas en Nuevo campamento**

las que actualmente se llevan a cabo, seleccionando un sitio adecuado y previamente impactado con otras áreas operativas de la Unidad, por lo que no requerirá actividades nuevas para su preparación, construcción y operación.

En la siguiente Figura se presenta la ubicación propuesta del polvorín con respecto a la Unidad Minera La Herradura.

**Figura 2.52. Propuesta de ubicación del almacen de explosivos**

Con respecto a las vibraciones generadas por el uso de explosivos, estás no generarán daños a la infraestructura, ya que serán menores a las generadas por el proceso de minado. La infraestructura y proceso han sido diseñados para soportar los bajos niveles de vibración producidos por el minado a cielo abierto.

Todo el proceso de manipulación será bajo los distintos estándares y procesos que la Unidad Minera La Herradura presenta actualmente, específicamente el Proceso PO-CO-03, el cual describe las instrucciones para la descarga de explosivos en el polvorín.

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

#### *II.2.8.1 Residuos sólidos*

Los residuos sólidos del Proyecto Gran Potencial La Herradura se clasifican en 4 cuatros grupos: residuos mineros, residuos peligrosos, residuos domésticos y residuos de manejo especial. A

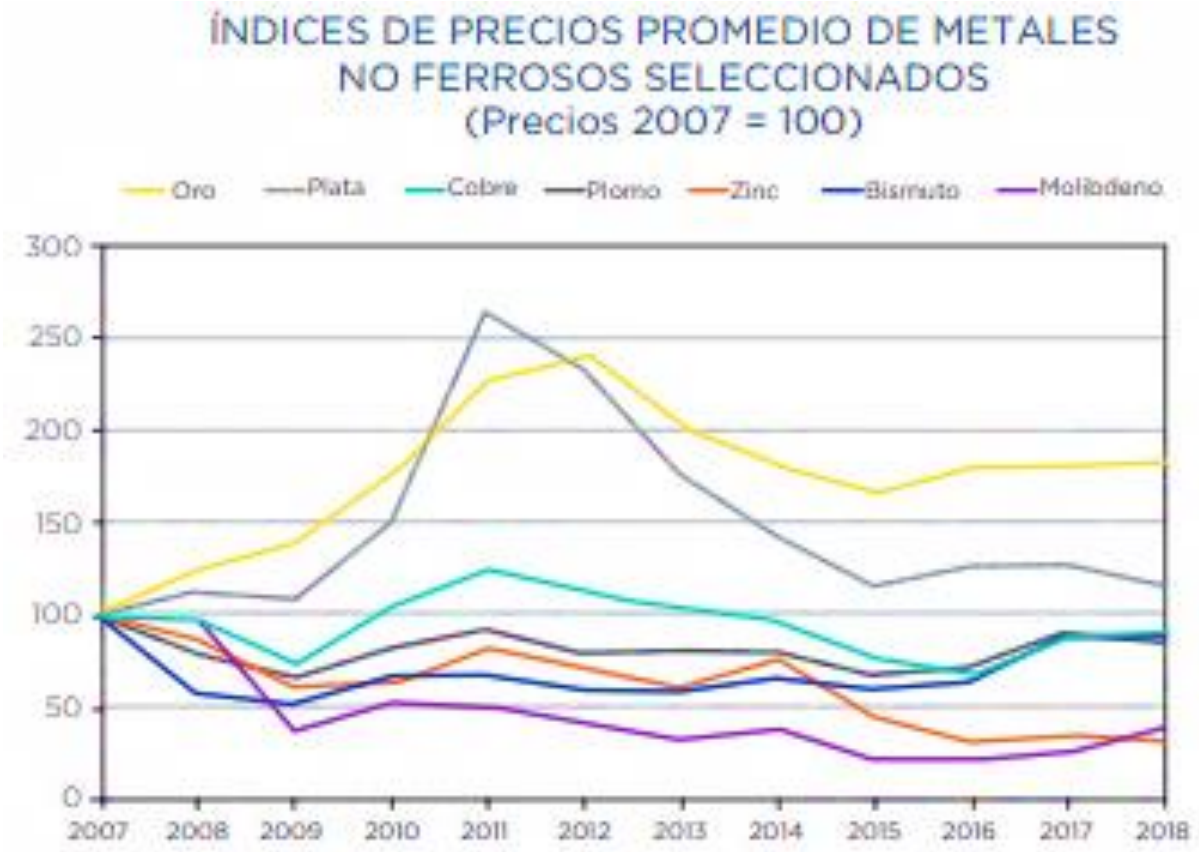



**Figura 3.1. Índices de precios promedio de metales no ferrosos (Base de datos INFORMA-Peñoles, 2019)**

**Figura 3.2. Valor de la Producción Minero-Metalúrgica 2008-2018 (INEGI, 2018)**

La Dirección General de Puertos de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, registró un mayor volumen de graneles minerales movilizados hacia el exterior, los cuales fueron de 25 millones 768 mil 170 toneladas, 10.9% más con relación a 2017. Ante lo mencionado, durante 2018, este sector proporcionó empleo a 379 mil 20 trabajadores, donde al cierre de 2018, el 15 % de los trabajadores en la industria minero-metalúrgica son mujeres, de acuerdo con información del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), por lo que, la industria minera practica la inclusión y la integración de mujeres a su fuerza laboral. Cabe mencionar, que el ingreso promedio en el sector minero fue de 17 mil, 280 pesos, lo que significa que es 52% superior al promedio nacional según datos del Observatorio Laboral en la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo STPS-INEGI.

De acuerdo con datos de la Secretaría de Economía, en 2018, la Inversión Extranjera Directa (IED) en México creció 6.4% con 31 mil 604 millones de dólares, sin embargo, el componente de minería solo captó el 6.3% por actividad económica industrial del total del flujo IED. Esta caída en la IED de los servicios relacionados a la minería se debió a que 2018 fue un año con gran incertidumbre para las empresas con actividades de exploración (Figura 3.3).

**Figura 3.3. Estructura Interna de la IED Industrial en 2018 (CAMIMEX, 2019)**

Las asignaciones de presupuesto de exploración en América Latina cayeron a 28% en 2018, desde el 30% obtenido en 2017, no obstante, la región continuó el destino de exploración más popular. Los países que representan el 90% del presupuesto total de la región son: Perú, México, Chile, Brasil, Argentina y Ecuador. Este año, Perú supero a Chile con el presupuesto de exploración más alta de

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| Todas las actividades planteadas en el presente Proyecto se desarrollarán dentro de los lineamientos y políticas de sustentabilidad de la promovente Minera Penmont, S. de R.L. de C.V., así pues, el Proyecto denominado Gran Potencial La Herradura, se encontrará afín con los Ejes Generales; Bienestar, y Desarrollo Económico, así como con el Eje Transversal de Territorio y desarrollo sostenible, los cuales buscan el bienestar social y el desarrollo económico.<br><br>El Proyecto Gran Potencial La Herradura no contraviene con los objetivos/criterios presentados anteriormente; por el contrario, contribuye directamente con las estrategias 2.5.8, 2.5.9, 3.3.2 y 3.3.5 ya que dará continuidad a la plazas de trabajo actuales dentro de la mina La Herradura, así como a la generación de 600 empleos nuevos, implementará obras innovadoras y aplicará criterios de protección ambiental mientras crece su producción de minerales, lo que se verá traducido en la promoción del comercio nacional e internacional y en estricto apego a la normatividad ambiental en México. |

### *III.2.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT)*

Hasta octubre de 2019, fecha en que se elaboró esta Manifestación de Impacto Ambiental, no se ha publicado el nuevo Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La Convocatoria al Proceso de Participación y Consulta Social para la elaboración del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales sobre el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 fue apenas publicada el 13 de agosto de 2019.

En el entendido de que los diferentes Programas Sectoriales de Medio Ambiente y Recursos Naturales que se han publicado, establecen los objetivos, estrategias, líneas de acción e indicadores en los cuales se enfocan la políticas y gestión ambiental de los Gobiernos Federales que la momento se encuentran a cargo, el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se desarrollará en total apego a los objetivos que le competan, pudiendo ser el caso; el manejo integral de sus residuos (urbanos, peligrosos, mineros, etc.), y cualesquiera que le resulten aplicables.

### *III.2.3. Programa de Desarrollo Minero 2013-2018 (PRODEMIN)*

Hasta octubre de 2019, fecha en que se elaboró esta Manifestación de Impacto Ambiental, no se ha publicado el nuevo Plan de Desarrollo Minero 2019-2024.

### *III.2.4. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021 del Estado de Sonora (PED)*

El Plan Estatal de Desarrollo es un documento rector donde se manifiestan de forma general y coordinada; lineamientos, prioridades, objetivos, estrategias de acción y financiamiento. Este PED 2016-2021 se basa en cuatro Ejes Estratégicos para el desarrollo del estado, los cuales son: Sonora en Paz y Tranquilidad; Sonora y Ciudades con Calidad de Vida; Economía con Futuro y; Todos los Sonorenses Todas las Oportunidades. El cumplimiento de estos temas tiene como objetivo final el desarrollo humano sustentable.

Para el análisis del Proyecto respecto al POEGT, se tomó como base al Sistema Ambiental (SA) del cual se hablará en el capítulo siguiente.

Según el POEGT, el SA del Proyecto se encuentra inmerso dentro de 2 Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), la UAB 102 denominada Sierras y llanuras Sonorenses Norte y que corresponde a la Región Ecológica 9.28, y la UAB 8 llamada Sierras y llanuras Sonorenses Occidentales, que corresponde a la Región Ecológica 15.33. (Figura 3. 5).

Respecto a la UAB 102, el eje Rector del desarrollo es la Industria y la minería, teniendo como coadyuvantes las actividades ganaderas y turísticas. Su política ambiental es el Aprovechamiento sustentable.

En cuanto a la UAB 8, el eje Rector del desarrollo es la Preservación de la Flora y la Fauna, su eje coadyuvante es la Minería y el asociado al desarrollo es la Industria. Su política ambiental es el Aprovechamiento sustentable y Restauración.

La información de la UAB 102 y la UAB 8 se presenta en la Tabla 3. 2.

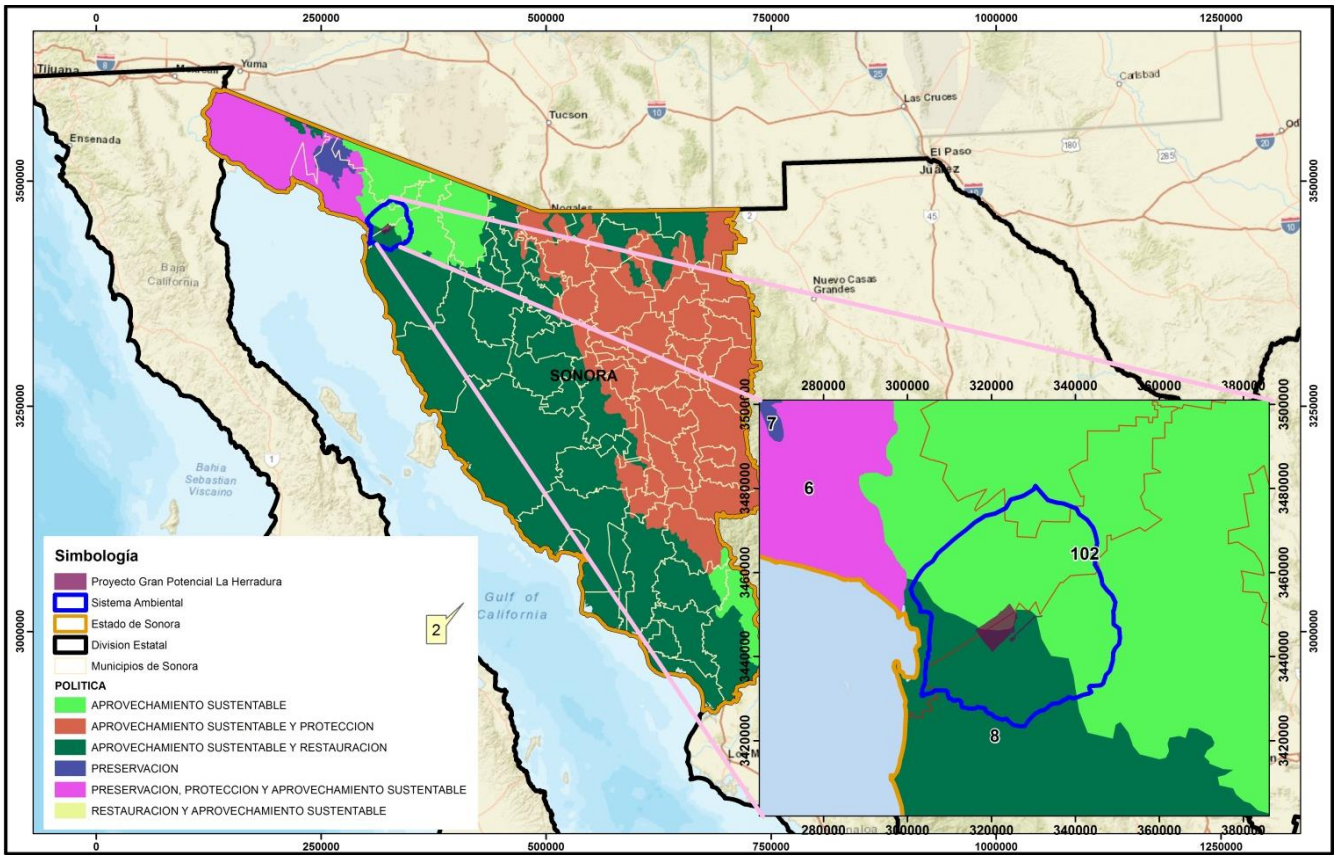



**Figura 3. 5. SA del Proyecto dentro del Modelo de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (MOEGT)**

De la revisión del Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial de Sonora, complemento del POET Sonora, se concluyó que el Proyecto se localiza dentro de las UGAS 6 y 44 (Figura 3.6).

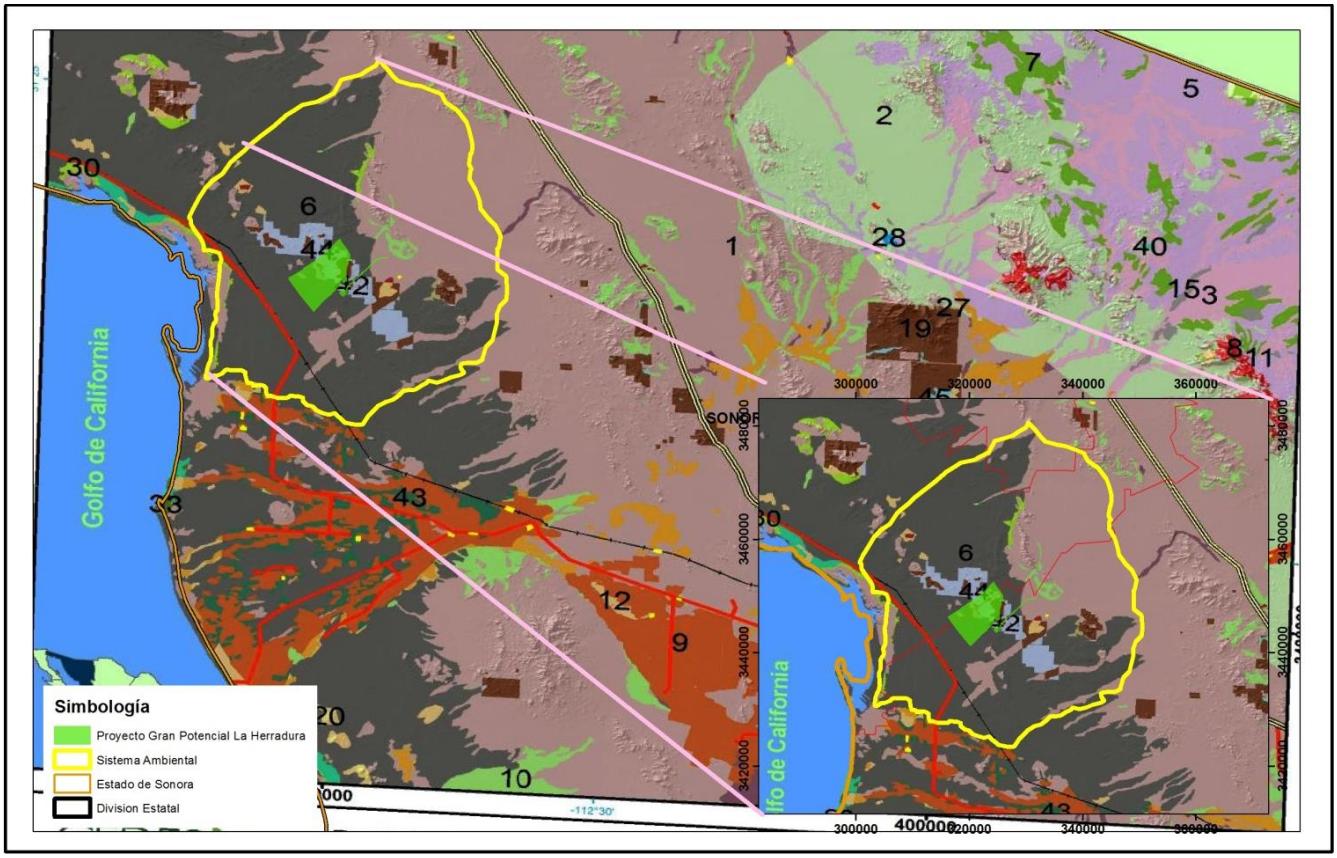



**Figura 3.6. Proyecto Gran Potencial La Herradura dentro del Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial de Sonora**

Enseguida se presenta una matriz asociada a las UGA 6 y 44, en ella se indica la aptitud de cada una, así como, los lineamientos ecológicos, criterios de regulación ecológica y estrategias recomendadas dentro de cada una.

**Tabla 3.3. Matriz de lineamientos, criterios y estrategias ecológicas para las UGAs 6 y 44**

| UGA | Aptitud | Lineamiento ecológico | Criterios de regulación ecológica |
|---|---|---|---|
| 6 | T4 | Aprovechamiento sustentable turismo aventura | CRE-11, CRE-12 |
| 44 | T4 | Aprovechamiento sustentable turismo aventura | CRE-11, CRE-12 |
| | M1 | Aprovechamiento sustentable de la minería | CRE-35 a CRE-45 |

Enseguida se presenta una descripción de los criterios de regulación ecológica y las estrategias ecológicas que rigen a las UGAs 6 y 44, en donde además se expone la vinculación de estas regulaciones con el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

**Tabla 3.4. Vinculación de los criterios de regulación y estrategias ecológicas del POET Sonora con el Proyecto Gran Potencial La Herradura**

| Criterios de regulación ecológica Clave/descripción | Vinculación con el Proyecto | Estrategia ecológica | Vinculación con el Proyecto |
|---|---|---|---|
| CRE-11<br><br>Regulación de los niveles de perturbación por ruido de vehículos<br><br>(específico para el turismo de aventura) | No son aplicables al Proyecto, pues este pretende el desarrollo de actividades mineras y no de turismo de aventura | T4<br><br>Elaboración de normas para el turismo aventura<br><br>(específico para el turismo de aventura) | No son aplicables al Proyecto, pues este pretende el desarrollo de actividades mineras y no de turismo de aventura |
| CRE-12<br><br>Reducción y/o eliminación de los impactos debido al vertimiento de residuos sólidos y líquidos<br><br>(específico para el turismo de aventura) | | | |
| CRE-35<br><br>Identificar si un residuo es peligroso para reducir los riesgos por manejo. | Durante el desarrollo de todo el Proyecto se dará observancia a la NOM-052-SEMARNAT-2005, la cual establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos, ello con el fin de realizar una gestión integral y minimizar los riesgos por su manejo. | M1<br><br>Promover la revisión y adecuación de normas ambientales con mayor especificidad a la actividad minera para 2017 | Si bien no es competencia del Proyecto el Promover la revisión y adecuación de norma ambientales enfocadas a la minería, este si dará cabal y oportuna observancia a todas aquellas Normas Oficiales Mexicanas que tengan relación con las actividades y obras que se enmarcan en el Proyecto Gran Potencial La Herradura, tal es el caso de la NOM-023STPS- |
| CRE-45<br><br>Cumplir con los | Durante el desarrollo de todo el Proyecto se dará observancia a la NOM- | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| requisitos mínimos de seguridad para trabajos en minas considerando las condiciones de seguridad y salud en el trabajo. | 023STPS-2003, la cual establece las condiciones de seguridad y salud en el trabajo y aplica en todos los centros de trabajo en que se desarrollen actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de materiales localizados en vetas, mantos, masas o yacimientos, ya sea bajo el suelo o en su superficie, independientemente del tipo y escala del centro de trabajo de que se trate. | | 2003, NOM-052-SEMARNAT-2005, *NOM-157-SEMARNAT-2009, NOM-141-SEMARNAT-2003, entre otras, las cuales se abordan ampliamente en el III.6 de este documento* |

Además de la vinculación formulada en la Tabla anterior, el POET Sonora, y específicamente en la construcción de escenarios, menciona que se espera que el sector minero siga creciendo en la próxima década, principalmente a través de inversiones extranjeras enfocadas principalmente a la extracción de oro, plata y cobre. En el escenario estratégico se deben de desarrollar e incorporar nuevas tecnologías que minimicen el impacto de la actividad en el ambiente, así como la aplicación de medidas de mitigación y restauración. El sector deberá crear e implementar programas de capacitación y profesionalización del capital humano para cumplir con su objetivo de ser un sector social y ambientalmente responsable.

En concordancia con el párrafo anterior, el Proyecto Gran Potencial La Herradura, representa una importante inversión mexicana que atraerá inversión extranjera encaminada al desarrollo de un proyecto minero que busca la extracción de oro y plata, en el cual se desarrollarán medidas de prevención, mitigación y compensación que minimicen el impacto de la actividad, además de la implementación de programas de capacitación en materia ambiental, de salud y seguridad y otros temas que buscan la profesionalización del capital humano. Por tanto, el Proyecto encuentra concordancia clara entre el desarrollo de la actividad minera y la construcción de los escenarios en el POET SONORA.

### *III.2.10. Programa Nacional Hídrico (PNH)*

Hasta octubre de 2019, fecha en que se elaboró esta Manifestación de Impacto Ambiental, no se ha publicado el nuevo Plan Nacional Hídrico 2019-2024. Sin embargo lo anterior, se señala que; el Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH 2014-2018) se sustenta en elementos estratégicos y críticos que le dan soporte, forma y razón de ser, en respuesta a las necesidades hídricas actuales y las que se anticipan tanto para la presente Administración Pública Federal (APF) como para aquellos desafíos que probablemente se presentarán en las siguientes tres o cuatro décadas, en consonancia con o como producto de los procesos de crecimiento y desarrollo nacional, así como por los efectos de la interacción cada vez más intensa de México en el concierto de naciones del orbe dentro de los procesos de globalización.

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| Los servicios de abastecimiento de agua que requiera este Proyecto serán provistos por las actividades actuales de la Unidad Minera La Herradura, por lo que este Proyecto no tiene necesidad de gestionar ningún aprovechamiento nuevo o distinto a los que ya cuenta la Unidad Minera La Herradura. Estos aprovechamientos operan dentro del orden de la LAN a través del cumplimiento de la normatividad y gestión en materia de aguas aplicables, conceptos que ha venido desarrollando y cumpliendo el personal de la unidad minera operativa.<br><br>Así púes, se concluye que el Proyecto no se encuentra vinculado a este Programa, toda vez que la naturaleza del Proyecto no refiere al aprovechamiento de aguas superficiales o subterráneas, así como tampoco a la construcción de infraestructura hidráulica ni mucho menos representará impactos por descargas contaminantes. |

### *III.2.11. Áreas de protección y conservación de recursos*

El instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad en México son las Áreas Protegidas. Por tal razón, se realizó una consulta al listado del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas para confirmar que dentro de la zona donde pretende realizarse el Proyecto, no tuviera incidencia sobre alguna área Federal o Estatal dentro de dicho listado. Asimismo, se realizó un análisis espacial en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), de la SEMARNAT, para determinar si el área donde se pretenden realizar las actividades del Proyecto se encuentra total o parcialmente dentro de alguna región prioritaria para la conservación de recursos, ya fuese esta; Terrestre (RTP), Hidrológica (RHP) o Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA).

Para evidenciar estas aseveraciones, a continuación, se muestran varias Figuras con la ubicación del Sistema Ambiental del Proyecto respecto a las áreas de protección y conservación de recursos más próximas.

#### *III.2.11.1. Áreas Naturales Protegidas (ANP)*

Conforme a los Artículos 44 y 45 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) las áreas naturales protegidas (ANP) son aquellas zonas en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas, y por lo tanto se encuentran sujetas a regímenes a previstos en la propia LGEEPA y en otros ordenamientos aplicables. El establecimiento de las ANP tiene por objeto, entre otras cosas, preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles,

así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos; así como salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial.

En una revisión de la información digital (*shapes*) de la CONANP, se pudo determinar que ni el Proyecto Gran Potencial La Herradura, ni su Sistema Ambiental, se traslapan con ningún Área Natural Protegida.

### *Áreas Naturales Protegidas de carácter Estatal*

La ANP Estatal más cercana al Proyecto se localiza a más de 300 km en línea recta en dirección sureste y refiere a la ANP denominada Sistema de Presas Abelardo Rodríguez Luján – El _Molino.

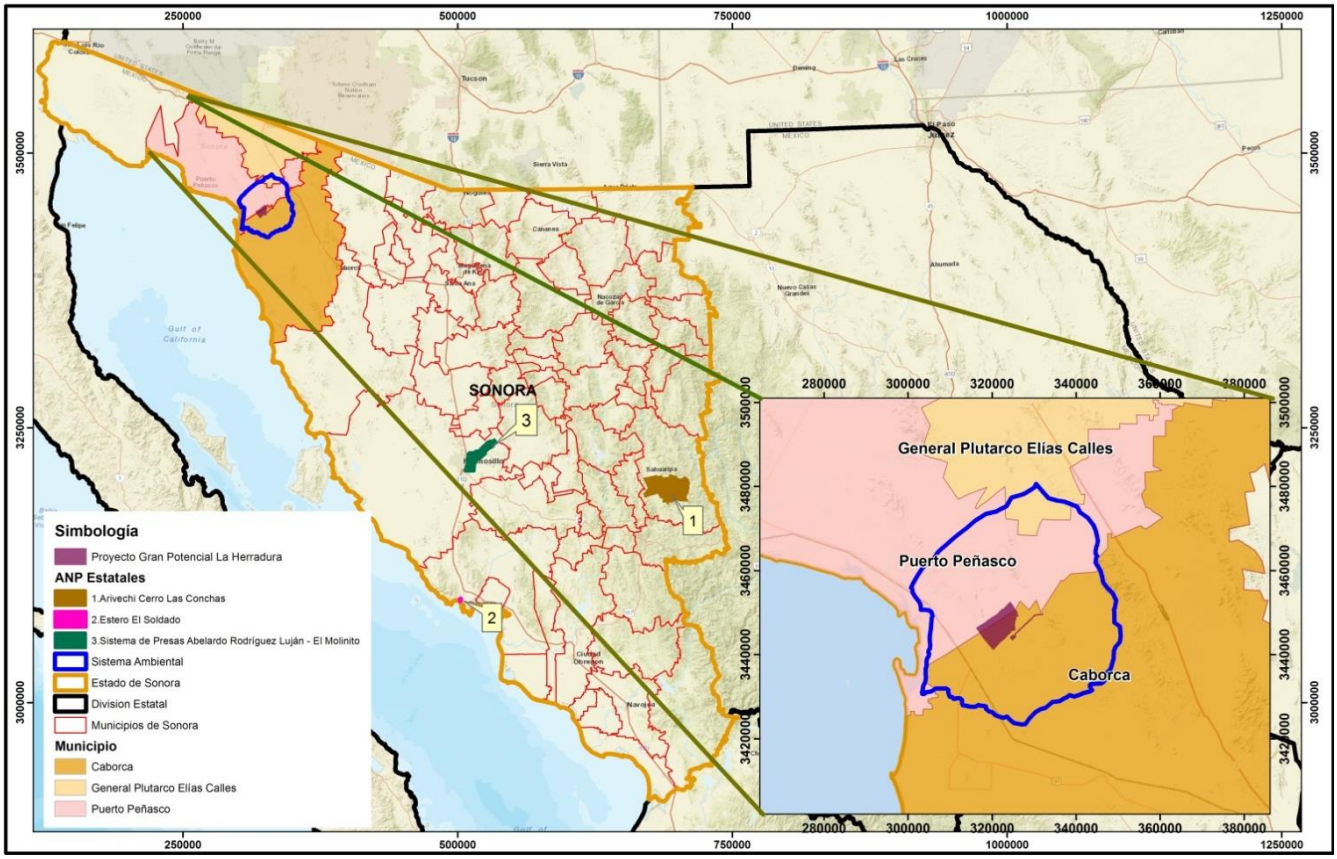



**Figura 3. 7 Ubicación del Proyecto y su SA respecto a la ANP Estatal más cercana**

### *Áreas Naturales Protegidas de carácter Federal*

La ANP de carácter Federal más cercana al Proyecto su ubica a más de 50 kilómetros en línea recta desde el Proyecto y en dirección noroeste, y es la ANP denominada El Pinacate y Gran Desierto de Altar.

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 aquellas 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 Gran Potencial La Herradura.

***Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)***

El Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la CONABIO se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad.

El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

El estado de Sonora cuenta con 21 Regiones Terrestres Prioritarias, las cuales ocupan una superficie de aproximada de 44,782 $km^2$, misma que representa aproximadamente el 24.7 % de su territorio.

Como se observa en la Figura 3. 10, el Proyecto no se traslapa a ninguna RTP, sin embargo, su Sistema Ambiental colinda al oeste con la RTP 15, denominada Bahía de San Jorge, la distancia aproximada de esta y el Proyecto es aproximadamente 10 kilómetros en línea recta.

La RTP 15, Bahía San Jorge se considera prioritaria debido a su importancia como hábitat de aves, principalmente *Sterna antillarum* del Alto Golfo, colonias de *Sula leucogaster* y aves anidantes como *Myotis vivesi*. Comprende ambientes derivados de vegetación halófila, de dunas costeras y de carácter estuarino debido a la influencia marítima. Su integridad ecológica funcional se considera alta pues hay un incipiente proceso de urbanización, aunque este es muy acelerado en la zona costera lo que está afectando al ecosistema. La problemática ambiental dentro de la RTP es que en el pasado reciente hubo intensiones de urbanizar la barra de arena de la bahía. Toda la región se está urbanizando a lo largo de las playas. El número de vehículos para "todo terreno" se está incrementando y en toda la región han afectado a las colonias reproductivas de *Sterna antillarum,* la cual anida sobre la arena.

**Figura 3. 10 Ubicación de las RTP más cercanas al Proyecto y su SA**

***Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)***

En mayo de 1998, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido (Arriaga, 2002). Como parte de dicho programa, se realizaron dos talleres interdisciplinarios con la participación de 45 especialistas del sector académico, gubernamental y de organizaciones no gubernamentales coordinados por la CONABIO.

Se identificaron 110 regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad, de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 a áreas de alta riqueza biológica con potencial para su conservación; dentro de estas dos categorías, 75 presentaron algún tipo de amenaza. Se identificaron también 29 áreas que son importantes biológicamente, pero carecen de información científica suficiente sobre su biodiversidad.

En el estado de Sonora hay delimitadas 8 Regiones Hidrológicas Prioritarias, algunas de ellas se extienden a otros estados, como por ejemplo a Sinaloa, Chihuahua y Baja California (Figura 3. 11).

Artículo 155

***ARTÍCULO 155***

Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes.

En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| El Proyecto contemplará lo establecido en este artículo y basado en las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación propuestas en el Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental elaborado exclusivamente para este Proyecto, se podrá cumplir cabalmente con los límites máximos permisibles en materia de emisiones de ruido, vibraciones y lumínicas. No se espera la emisión de energía térmica. |

### *III.3.2. Reglamento de la LGEEPA, en materia de evaluación de impacto ambiental (REIA)*

Capítulo II
De Las Obras O Actividades Que Requieren Autorización En Materia De Impacto Ambiental Y De Las Excepciones

Artículo 5

Capítulo III
Del Procedimiento Para La Evaluación Del Impacto Ambiental
Artículo 9, 10, 12

*ARTÍCULO 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:

> I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo; (…)

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.

O) Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto Gran Potencial La Herradura además de requerir un Cambio de Uso del Suelo en terrenos forestales, este tiene como finalidad el desarrollo de actividades mineras encaminadas a la explotación y beneficio de minerales reservados a la federación, por tanto, cae en los supuestos de los incisos L y O del art. 5. Así púes, se requiere de una Manifestación de impacto ambiental, para que la autoridad pueda evaluar el impacto ambiental que se suscitará, así como tomar en cuenta las medidas que se proponen para prevenirlos, migarlos y compensarlos. Es por ello que en atención a este Artículo, se hace la presentación de la presente Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

Las actividades del Proyecto no iniciarán sino hasta obtener autorización por parte de la SEMARNAT y las que en consecuencia apliquen.

***ARTÍCULO 17***

El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando:

I. La manifestación de impacto ambiental;

II. Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete,

**Vinculación con el Proyecto**

El Promovente presentó a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, y anexo La manifestación de impacto ambiental del Proyecto y su respectivo resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, copias en disco compacto, y una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.

***ARTÍCULOS, 19 al 22, 24 y 26 al 28***

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 promovente.

**Vinculación con el Proyecto**

Tanto Minera Penmont, S. de R.L. 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.

***ARTÍCULO 47.***

La ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate, deberá sujetarse a lo previsto en la resolución respectiva, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. En todo caso, el promovente podrá solicitar que se integren a la resolución los demás permisos, licencias y autorizaciones que sean necesarios para llevar a cabo la obra o actividad proyectada y cuyo otorgamiento corresponda a la Secretaría.

**Vinculación con el Proyecto**

Toda obra que sea ejecutada como parte del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se sujetará a lo previsto en la resolución de la evaluación de su Manifestación de Impacto Ambiental. El promovente solicitará que se integren a la resolución los permisos, licencias y autorizaciones que sean necesarios para llevar a cabo la obra o actividad proyectada y cuyo otorgamiento corresponda a la SEMARNAT.

***ARTÍCULO 49.***

Las autorizaciones que expida la Secretaría sólo podrán referirse a los aspectos ambientales de las obras o actividades de que se trate y su vigencia no podrá exceder del tiempo propuesto para la ejecución de éstas.

Asimismo, los promoventes deberán dar aviso a la Secretaría del inicio y la conclusión de los proyectos, así como del cambio en su titularidad.

**Vinculación con el Proyecto**

En el caso de que el presente Proyecto sea aprobado, la promovente cumplirá con los tiempos propuestos para la ejecución d este, además, dará aviso del inicio y la conclusión de este. Además, en caso de ser necesario, dará aviso si hubiese un cambio en su titularidad.

***ARTÍCULO 50.***

Todo promovente que decida no ejecutar una obra o actividad sujeta a autorización en materia de impacto ambiental, deberá comunicarlo por escrito a la Secretaría para que ésta proceda a:

I. Archivar el expediente que se hubiere integrado, si la comunicación se realiza durante el procedimiento de evaluación del impacto ambiental, o

II. Dejar sin efectos la autorización cuando la comunicación se haga después de que aquélla se hubiere otorgado

En el caso a que se refiere la fracción anterior, cuando se hayan causado efectos dañinos al ambiente la Secretaría hará efectivas las garantías que se hubiesen otorgado respecto del cumplimiento

de las condicionantes establecidas en la autorización y ordenará la adopción de las medidas de mitigación que correspondan

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| En caso de que durante la Evaluación de la presente MIA el Promovente decida no ejecutar una obra o actividad planteada en este documento, lo comunicará a la SEMARNAT para que esta proceda según sea el caso.<br><br>En el caso a que se refiere la fracción II de este Articulo, si la Promovente hubiera causado efectos dañinos al ambiente, entenderá el hecho de que la SEMARNAT hará efectivas las garantías que se hubiesen otorgado respecto del cumplimiento de las condicionantes establecidas en la autorización y acatará la adopción de las medidas de mitigación que correspondan y que sean emitidas por la misma SEMARNAT. |

***ARTICULO 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

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| En caso de que SEMARNAT solicite una fianza o contratación de un seguro ambiental, Minera Penmont, S. de R.L. de C.V. realizará las garantías que procedan. |

### *III.3.3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) 2018*

***ARTÍCULO 16***

La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| Durante el desarrollo del Proyecto se realizará un manejo integral de todos los residuos que se generen, considerando la clasificación de estos según el presente artículo. |

***ARTÍCULO 18***

Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.

Criterios de operación en el manejo integral de los Residuos peligrosos
Artículo 82

***ARTÍCULO 82***

Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberá, cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular:

Condiciones básicas para las áreas de almacenamiento:

a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;
b) Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretiles de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados;
d) Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño;
e) Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia;
f) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados;
g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles;
h) El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y
i) La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.

**Vinculación con el Proyecto**

Durante todo el desarrollo del Proyecto, la forma de almacenamiento y manejo de los residuos peligrosos acatará las disposiciones del presente Artículo, ello a través de un manejo integral de estos, tal y como se realiza actualmente dentro de la Unidad Minera La Herradura.

### *III.3.5. Ley Minera*

Capitulo cuarto
De las Obligaciones que Imponen las Concesiones y Asignaciones Mineras y el Beneficio de Minerales
Artículo 27, 37, 39

***ARTÍCULO 27***

Los titulares de concesiones mineras, independientemente de la fecha de su otorgamiento, están obligados a:

IV. Sujetarse a las disposiciones generales y a las normas oficiales mexicanas aplicables a la industria minero-metalúrgica en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y protección al ambiente;

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto se apegará durante toda su operación y hasta su cierre a la normatividad aplicable al sector minero, así como la referente a la protección al medio ambiente, un ejemplo de ello es la presente MIA en donde se integran las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación enfocadas entre otras cosas a asegurar el equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Todas estas medidas serán administradas a través de un Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental, el cual se encuentra adjunto a esta MIA.

***ARTÍCULO 37***

Las personas que beneficien minerales o sustancias sujetas a la aplicación de la presente Ley están obligadas a:

II. Sujetarse a las disposiciones generales y a las normas oficiales mexicanas aplicables a la industria minero-metalúrgica en materia de seguridad y del equilibrio ecológico y protección al ambiente;

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto se apegará durante toda su operación y hasta su cierre a la normatividad aplicable al sector minero, así como la referente a la protección al medio ambiente, un ejemplo de ello es la presente MIA en donde se integran las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación enfocadas entre otras cosas a asegurar el equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

***ARTÍCULO 39***

En las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales o sustancias, los concesionarios mineros deberán procurar el cuidado del medio ambiente y la protección ecológica, de conformidad con la legislación y la normatividad de la materia.

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto en todas las obras que lo compone, se apegará durante toda su vida útil y hasta su cierre, a la normatividad aplicable al sector minero, así como la referente a la protección al medio ambiente, un ejemplo de ello es la presente MIA en donde se integran las medidas necesarias para contrarrestar los posibles impactos adversos que aparecerán por el desarrollo de obras y actividades.

### *III.3.6. Ley General De Vida Silvestre*

Título V
Disposiciones comunes para la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre
Capítulo I
Disposiciones generales
Artículo 18

***ARTÍCULO 18***

Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.

Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.

**Vinculación con el Proyecto**

Si bien el presente Proyecto no refiere a ningún tipo de aprovechamiento de la vida silvestre, en el Capítulo VI de esta MIA se proponen medidas para garantizar la mínima afectación posible y no relevante a los individuos de fauna y flora silvestre, sin que se comprometa a ninguna especie por el desarrollo de actividades enmarcadas en el Proyecto.

Capítulo VI
Trato digno y respetuoso a la fauna
Artículo 31 y 37

***ARTÍCULO 31***

Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características

***ARTÍCULO 37***

El reglamento y las normas oficiales mexicanas sobre la materia establecerán las medidas necesarias para efecto de lo establecido en el presente capítulo.

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto contempla el rescate y reubicación de ejemplares de fauna silvestre, ello con

la intención de prevenir y mitigar los impactos directos sobre este recurso, los traslados se efectuarán bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características, todo ello en acato a los artículos 31 y 37.

Título VI
Conservación de la vida silvestre
Capítulo I
Especies y Poblaciones en Riesgo y Prioritarias para la conservación
Artículo 58

***ARTÍCULO 58***

Entre las especies y poblaciones en riesgo estarán comprendidas las que se identifiquen como:
a) En peligro de extinción (…)
b) Amenazadas (…)
c) sujetas a protección especial (…)

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto cuenta con un Programa de Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, el cual considerará de manera preponderante a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, pero que sin embargo no deja de lado a cualquiera de las otras especies animales con las que se pudiera tener interacción y que eventualmente requieran de maniobras para su conservación (rescate y reubicación).

Título VI
Conservación de la vida silvestre
Capítulo III
Áreas de refugio para proteger especies acuáticas
Artículo 69

***ARTÍCULO 69***

La realización de cualquier obra pública o privada, así como de aquellas actividades que puedan afectar la protección, recuperación y restablecimiento de los elementos naturales en áreas de refugio para proteger especies acuáticas, deberá quedar sujeta a las condiciones que se establezcan como medidas de manejo y conservación en los programas de protección de que se trate, así como del informe preventivo correspondiente, de conformidad con lo establecido en el reglamento.

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto Gran Potencial La Herradura no se localiza dentro de ningún sitio RAMSAR o alguna otra área de refugio y protección de especies acuáticas.

Título VIII
Medidas de control y de seguridad, infracciones y sanciones
Capítulo II

Daños
Artículo 106

***ARTÍCULO 106***

Sin perjuicio de las demás disposiciones aplicables, toda persona física o moral que ocasione directa o indirectamente un daño a la vida silvestre o a su hábitat, está obligada a repararlo o compensarlo de conformidad a lo dispuesto por la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

Los propietarios y legítimos poseedores de los predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| Minera Penmont, S. de R.L. de C.V. será la responsable de reparar o compensar el daño que se cause de manera directa o indirecta a la vida silvestre o su hábitat. Para evitar ello, se deberán atender las medidas que expuestas en el Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental que se adjunta al presente Documento. Si bien es cierto que el desarrollo de obras y actividades pudiera afectar directamente a especies silvestres, está afectación se limitará a individuos, y en ningún momento se pondrá en riesgo a poblaciones o especies mismas, considerando para tal hecho, que los rangos de distribución de las especies identificadas en el AP, son mayores que el Sistema Ambiental. Además, se considera que con la aplicación de las medidas de Ahuyentamiento, rescate y reubicación, este impacto pueda minimizarse al máximo, e incluso prevenirse totalmente. |

### *III.3.7. Reglamento de la Ley General De Vida Silvestre*

Título Cuarto
Conservación de la vida silvestre
Capítulo Quinto
Liberación de ejemplares al hábitat natural
Artículo 83, 90

***ARTÍCULO 83***

Se requiere autorización previa de la Secretaría para la liberación de ejemplares de vida silvestre, para lo cual la solicitud correspondiente deberá:

I. Señalar el objeto de la liberación: repoblación, reintroducción, traslocación o medidas de control, y
II. Contener el listado de especies a liberar, identificadas por nombre común y nombre científico hasta el grado de subespecie, cantidad de ejemplares, edades, proporción de sexos y la relación de marcas a utilizar.

A la solicitud se anexará el proyecto a que se refieren los artículos 80 y 81 de la Ley.

Las medidas de liberación que se encuentren en el plan de manejo aprobado, se entenderán autorizadas.

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| En atención a las definiciones presentadas en el Artículo 3 de la LGVS, durante el Proyecto no se realizará la traslocación, repoblación, etc., de especies, sin embargo como medida de prevención de impactos al componente Fauna, el Proyecto contará con medidas dirigidas al ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna, el cual describirá los métodos para dichas acciones. La finalidad será salvaguardar la integridad de los ejemplares de fauna que se encuentren dentro de las áreas donde se desarrollarán actividades enmarcadas en el Proyecto. Por lo anterior y atendiendo a lo mencionado en los artículos 80 y 81 de la Ley, no se requiere de una evaluación previa de los ejemplares y del hábitat que muestre que sus características son viables para el Proyecto, ni un plan de manejo, así como el acato a otras regulaciones. |

***ARTÍCULO 90***

Queda prohibida la liberación de ejemplares de especies domésticas o exóticas.

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| Una de las medidas a ser implementadas durante el desarrollo del Proyecto será la prohibición de introducción de fauna doméstica o exótica, previniendo así la liberación accidental o premeditada de especies al medio natural. |

### *III.3.8. Ley de Aguas Nacionales (LAN)*

TÍTULO séptimo
Prevención y control de la contaminación de las aguas y responsabilidad por daño ambiental
Capítulo I
Artículo 86 BIS 2

***ARTÍCULO 86 BIS 2***

Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| Durante todo el desarrollo del Proyecto se realizará la gestión integral de los residuos que sean generados en las diferentes obras y actividades, ello con el fin de prevenir la |

contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

***ARTÍCULO 96 BIS 1***

Las personas físicas o morales que descarguen aguas residuales, en violación a las disposiciones legales aplicables, y que causen contaminación en un cuerpo receptor, asumirán la responsabilidad de reparar o compensar el daño ambiental causado en términos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones administrativas, penales o civiles que procedan, mediante la remoción de los contaminantes del cuerpo receptor afectado y restituirlo al estado que guardaba antes de producirse el daño.

"La Comisión", con apoyo en el Organismo de Cuenca competente, intervendrá para que se instrumente la reparación del daño ambiental a cuerpos de agua de propiedad nacional causado por extracciones o descargas de agua, en los términos de esta Ley y sus reglamentos

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| El Proyecto no descargará aguas residuales en ningún momento, las aguas tratadas serán reutilizadas para diferentes actividades dentro del Proyecto. |

### *III.3.9. Ley General de Cambio Climático*

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) es una ley que tiene como principal finalidad u objeto el garantizar un medio ambiente sano mediante la regulación de distintos factores que pongan en riesgo la calidad ambiental como lo son las emisiones de gases en sus distintos efectos sobre el cambio climático, así como regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático. Aunado a esto se busca fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático.

TITULO SEGUNDO
DISTRIBUCIÓN DE COMPETENCIAS
Capítulo único
Artículo 7, 8, XIX, 26, 34III, 87

***ARTÍCULO 7***

Establecer las bases e instrumentos para promover y apoyar el fortalecimiento de la competitividad de los sectores productivos transitando hacia una economía sustentable de bajas emisiones de carbono, mejorando su eficiencia energética, participando en el comercio de emisiones y en mecanismos de financiamiento nacionales o internacionales.

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| Las medidas de compensación propuestas para la presente MIA, planteadas a partir de resultados obtenidos en campo, contribuirán a fomentar una economía de bajas emisiones de carbono tal es el caso de medidas propuestas como el mantenimiento periódico de toda la maquinaria involucrada para la operación del Proyecto, entre otras. |

***ARTÍCULO 8***

Fomentar la investigación científica y tecnológica, el desarrollo, transferencia y despliegue de tecnologías, equipos y procesos para la mitigación y adaptación al cambio climático;

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| Las medidas propuestas para la presente MIA, planteadas a partir de resultados obtenidos en campo y tras una valoración científica, contribuirán a un mejor conocimiento de la situación actual en la zona y por ende al fomento del desarrollo de estrategias a fines con el medio ambiente y que promuevan la mitigación del cambio climático |

XIX.

Determinar los indicadores de efectividad e impacto que faciliten la evaluación de los resultados de la aplicación del presente ordenamiento e integrar los resultados al Sistema de Información sobre el Cambio Climático.

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| El monitoreo y seguimiento ambiental propuesto como parte del PMVA elaborado exclusivamente para este Proyecto, es una herramienta que ayudará a identificar los indicadores de efectividad de las medidas y su contribución a la disminución del cambio climático. |

***ARTÍCULO 26***

Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause;

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| Minera Penmont, S. de R.L. de C.V. tendrá la responsabilidad de aplicar las medidas que se encarguen de, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y compensar los daños que cause por la ejecución del Proyecto. |

***ARTÍCULO 34 III***

b) Frenar y revertir la deforestación y la degradación de los ecosistemas forestales y ampliar las áreas de cobertura vegetal y el contenido de carbono orgánico en los suelos, aplicando prácticas de manejo sustentable en terrenos ganaderos y cultivos agrícolas.

| **Vinculación con el Proyecto** |
| --- |
| Si bien el Proyecto requiere de un Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, se ha propuesto como medida de mitigación, la ejecución de un Programa de Rescate y reubicación de especies vegetales, ello con el fin de minimizar el impacto adverso que se |

aprovechar los recursos naturales de manera que no se ponga en peligro la existencia de otros ecosistemas o hábitats, utilizar los recursos con mesura y procurar que no se desperdicien, impedir la descarga de sustancias contaminantes en los sistemas naturales y evitar las actividades militares perjudiciales para la naturaleza.

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| El desarrollo del Proyecto requiere de manera inminente el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, ello implica un impacto adverso a los componentes flora y fauna, además de impactos adversos sobre componentes abióticos. Es por lo anterior que con el desarrollo de todas las medidas expuestas en el Cap. VI de este documento, se anticipa que el Proyecto garantice que no se pondrá en riesgo la existencia de ecosistemas o hábitats y que el impacto a las especies sea el mínimo posible. Además, durante su desarrollo se impedirá la descarga de sustancias contaminantes en los sistemas naturales y no se practicarán actividades militares perjudiciales para la naturaleza. |

### *III.4.3. Declaración de Río*

Consagra 27 principios, en los que establece el derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, el derecho de los países de aprovechar sus propios recursos de acuerdo a sus políticas ambientales y de desarrollo con la responsabilidad de no causar daños al medio ambiente de otros, y la protección del medio ambiente como parte integrante del proceso de desarrollo y no como una actividad aislada. Además, se reconoce el papel que los países desarrollados han tenido al contribuir en la degradación del medio ambiente, por lo que se conmina a eliminar las modalidades de producción y de consumo insostenibles y a fomentar políticas demográficas adecuadas.

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| El Proyecto mediante la correcta aplicación de las medidas de mitigación prevención y compensación ambiental, no comprometerá la biodiversidad, la infiltración, así como la erosión del suelo, lo que promoverá un ambiente productivo y armónico con el entorno natural, tal y como lo consagra la presente declaración, de hecho, los componentes Flora y Suelo no recibirán ningún impacto adverso. |

### *III.4.4. Agenda 21*

La Agenda 21 es un manual de referencia de normas y políticas para el logro de un desarrollo sustentable. La agenda menciona que la población, el consumo y la tecnología son las principales determinantes del cambio ecológico, por lo que conmina a reducir las modalidades de consumo ineficaces y con desperdicio. Propone políticas y programas para lograr un equilibrio entre consumo, la población y la capacidad de sustento de la tierra.

Además, plantea mecanismos para disminuir la degradación de la tierra, el aire y el agua, así como para la conservación de los bosques y la diversidad de las especies. El documento se encuentra dividido en cuatro secciones: dimensiones sociales y económicas; conservación y gestión de los recursos, fortalecimiento del papel de los grupos sociales; y medios para la puesta en práctica.

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|

El Proyecto es afín con este tratado al implementar las adecuadas acciones y mecanismos para disminuir la degradación de los recursos como la hidrología, suelos, flora y fauna esto mediante la adecuada implementación de las medidas de mitigación, prevención y compensación pertinentes, coadyuvando así, con el desarrollo social de la región.

### *III.4.5. Acuerdo de parís*

Es un acuerdo celebrado dentro del marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas afectados por el Calentamiento Global, su aplicabilidad sería para el año 2020, cuando finalice la vigencia del Protocolo de Kioto. El acuerdo fue negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21) por los 195 países miembros, adoptado el 12 de diciembre de 2015 y abierto para firma el 22 de abril de 2016 para celebrar el Día de la Tierra, en donde México ratificó su participación.

La contribución comprometida por México para el año 2030, es la reducción del 22 por ciento de sus emisiones de gases de efecto invernadero, en ocho sectores: Transporte, generación eléctrica, petróleo y gas, industria, agricultura y ganadería, residuos y uso de suelo.

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto se vincula con este acuerdo mediante la adecuada implementación de las medidas de mitigación, prevención y compensación pertinentes, las cuales son afines con los compromisos de la nación con dicho acuerdo, ello mediante el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y vehículos que serán utilizados en las diferentes actividades, reduciendo así las emisiones de gases contaminantes.

### *III.4.6. Convención relativa a los humedales de importancia internacional (RAMSAR)*

La Convención RAMSAR es un tratado intergubernamental de cooperación internacional, a favor de la conservación y uso racional de los humedales mediante el desarrollo sostenible. Fue firmado en Irán el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor a partir de 1975, cuya mayor preocupación es la pérdida y degradación de los hábitats de humedales de las aves acuáticas migratorias que atraviesan fronteras internacionales.

El Artículo 1.1 de la Convención entiende por humedales: "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros."

En observancia a esta definición, la Convención concreta un sistema de clasificación e identificaciones de humedales, que, por su importancia ecológica, botánica, zoológica, limnológica e hidrológica, se les considere un sitio RAMSAR.

De estos sitios RAMSAR surgieron listados de humedales de importancia internacional, a las cuales México se adhiere en 1986. Hoy en día México cuenta con 142 sitos RAMSAR distribuidos por todo el país.

**Vinculación con el Proyecto**

Estas listas fueron consultadas y se determinó que el Proyecto no se localiza dentro de ningún sitio RAMSAR, por lo que el desarrollo de este no pone en riesgo ningún instrumento de conservación de este tratado.

***III.4.7. Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)***

El CDB surge de la Convención sobre Diversidad Biológica llevada a cabo el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil, y constituye un tratado internacional cuyo objetivo principal radica en la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes, y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. El convenio fue ratificado por México el 11 de marzo de 1993, habiendo entrado en vigor el 29 de diciembre del mismo año.

Para dar cumplimiento a los preceptos establecidos en dicho convenio se reconoció la importancia que tiene la diversidad biológica a nivel de ecosistemas, especies y recursos genéticos (incluida la biotecnología), los cuales podrán ser utilizados de manera sostenible para el beneficio de la humanidad.

Es importante señalar que el principio de precaución del presente tratado establece que cuando haya peligro de considerable reducción o pérdida de diversidad biológica, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas que impidan o minimicen dicho peligro.

Otro aspecto fundamental corresponde a lo establecido en su Artículo 14, fracción 1, inciso a) en torno a la manera en la que deberán de proceder cada uno de los países adheridos a este convenio respecto a la evaluación del impacto ambiental y la reducción al mínimo de los impactos adversos ocasionados por el desarrollo de proyectos de diversa índole:

*1. "Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda:*

*a) Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos."*

**Vinculación con el Proyecto**

Con la presentación de este documento ante la autoridad ambiental, se da cumplimiento a lo establecido en el párrafo anterior, no sin antes mencionar que el desarrollo del mismo no contribuirá a la pérdida o reducción de la diversidad biológica existente en la región donde se desarrollará el Proyecto, ya que para ello serán aplicadas medidas para prevenir, mitigar y compensar los impactos a los componentes biológicos (descritas en el capítulo VI de este documento), así como otras medidas dirigidas específicamente a los

componentes bióticos del Área del Proyecto y Área de Influencia.

### *III.4.8. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestre (CITES)*

En 1963 se llevó a cabo una reunión de la Unión Mundial para la Naturaleza, en la cual se aprobó la CITES. El texto fue acordado por 80 países en Washington D.C., Estados Unidos de América el 3 de marzo de 1973, y entró en vigor el 1 de julio de 1975.

La CITES "es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos. Tiene por finalidad velar porque el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituye una amenaza para su supervivencia."[1] La CITES regula el comercio internacional de algunas especies las cuales se incluyen en tres apéndices que determinan el grado de protección que necesitan:

- Apéndice I. Incluye a las especies en peligro de extinción. La autorización de comercio de estas especies solo se autoriza bajo circunstancias excepcionales,
- Apéndice II. Incluye especies que no se encuentran en peligro de extinción; sin embargo, su comercio debe controlarse debido a que puede ocasionar una utilización incompatible con su supervivencia, y
- Apéndice III. Incluye a especies que al menos un país ha solicitado que sea incluida en la CITES y de esta forma controlar su comercio.

México se adhirió a la CITES el 2 de julio de 1991, entrando en vigor el 30 de septiembre del mismo año. Existen tres autoridades CITES en el país:

- La Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT, que representa la Autoridad Administrativa.
- La Comisión Nacional para el Conocimientos y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), representa a la Autoridad Científica.
- La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), autoridad encargada de verificar el cumplimiento de la Ley ambiental (Autoridad de Aplicación de Ley).

| **Vinculación con el Proyecto** |
|---|
| Ninguna de las actividades del Proyecto está relacionada con el comercio de ninguna especie; sin embargo, cuando se registren especies incluidas dentro de los apéndices CITES en las áreas donde se desarrollará el Proyecto, se establecerán e implementarán medidas para su protección con lo que se cumplirá con las obligaciones que tiene México ante la CITES. De acuerdo con lo anterior el Proyecto no se contrapone al objetivo de la CITES. |

## *III.5. Guías y estándares internacionales*

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) se encarga de regular cualquier actividad que pueda impactar en el medio ambiente, sin embargo, no contiene

[1] http://www.cites.org/esp/disc/what.php

Como parte de los procedimientos de seguridad industrial y medio ambiente establecidos para la operación de la unidad minera, se tomarán medidas para prevenir derrames de hidrocarburos y con base en la norma se elaborará y seguirá un proceso de remediación de suelos en caso de existir uno que provoque exceder los límites permisibles, para así evitar poner en peligro la integridad del ecosistema

### *III.6.5. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Ruido*

***NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-STPS-2001***

Esta Norma Oficial Mexicana establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

**Vinculación con el Proyecto**

Durante el desarrollo del Proyecto se establecerán las medidas correspondientes para que el personal que labore *in situ* se desempeñe en condiciones óptimas de higiene, desde la utilización de equipo de protección, hasta el cumplimiento de las normas 080 y 081 de la SEMARNAT.

***NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-080-SEMARNAT-1994***

Esta Norma Oficial Mexicana establece los 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.

**Vinculación con el Proyecto**

Durante el desarrollo del Proyecto se dará mantenimiento correctivo a vehículos y maquinaria a fin de no rebasar los límites máximos permitidos por la Norma.

***Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994***

Establece los límites máximos permisibles de emisiones de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

**Vinculación con el Proyecto**

Durante el desarrollo del Proyecto se dará mantenimiento correctivo a vehículos y maquinaria a fin de no rebasar los límites máximos permitidos por la Norma.

### *III.6.6. Norma Oficial Mexicana en Materia de Regulación del Proyecto*

***Norma Oficial Mexicana NOM-023-STPS-2003***

Trabajos en minas- Condiciones de seguridad y salud en el trabajo

La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en que se desarrollen actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de materiales localizados en vetas, mantos, masas o yacimientos, ya sea bajo el suelo o en su superficie, independientemente del tipo y escala del centro de trabajo de que se trate.

**Vinculación con el Proyecto**

En apego a la presente Norma, durante todo el desarrollo del Proyecto y hasta la etapa de cierre y abandono, se acatarán las especificaciones contenidas en esta, lo que asegurará la integridad física de los trabajadores durante las jornadas laborales pues se tomará en cuenta el uso de equipo de seguridad, restricciones a zonas no autorizadas, entre otras.

***Norma Oficial Mexicana NOM-120-ECOL-1997***

Especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos o templados, en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

**Vinculación con el Proyecto**

Dentro de las actividades que se tienen proyectadas en el marco del Proyecto Gran Potencial La Herradura, no se realizarán actividades de exploración minera directa.

***Norma Oficial Mexicana 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.

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto Gran Potencial La Herradura contempla la construcción y operación de un depósito de Jales, por tanto, este se ha apegado a lo indicado por la NOM-041-SEMARNAT-2003 que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, entre otros aspectos técnicos. En el Cap. II de esta MIA, se describe la obra depósito de jales, las especificaciones de su diseño, la caracterización de los jales a ser depositados, entre otros detalles técnicos que dan observancia a lo señalado en esta NOM.

***Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004***

Que establece criterios para la caracterización y determinación de concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y sus compuestos inorgánicos; así como los criterios de remediación

**Vinculación con el Proyecto**

En caso de producirse algún derrame u otro evento que pudiera provocar la contaminación del suelo por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente,

mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y sus compuestos inorgánicos, se dará observancia a esta Norma Oficial Mexicana para determinar la concentración de metales en el suelos, y las acciones y criterios para su adecuada remediación.

***Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007***

Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata.

**Vinculación con el Proyecto**

El Proyecto Gran Potencial La Herradura contempla la construcción y operación de un patio de lixiviación, por tanto, para el desarrollo de esta obra se ha dado observancia a lo estipulado en la NOM-155-SEMARNAT-2007, la cual establece los requisitos los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, ambos, minerales que son procesados en mina La Herradura y que serán procesados como parte de este nuevo Proyecto de crecimiento de la actual unidad minera.

Las diferentes medidas de protección ambiental que se desarrollarán como parte integral del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se verán enmarcadas en un instrumento de gestión ambiental que administrará el desarrollo de cada medida (Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental), tanto las conducentes a evitar los daños ambientales por la actividad de lixiviación, como por cualquier otra que se presente durante la preparación, construcción, operación, o cierre de cada una de las obras de este Proyecto.

***Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009***

Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.

**Vinculación con el Proyecto**

La actual operación de la Unidad Minera La Herradura está regida entre muchas cosas, por el adecuado manejo de sus residuos mineros, ello acotándose a las especificaciones señaladas en esta Norma Oficial Mexicana, así pues, el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura se acotará a las mismas líneas de trabajo que ha marcado Minera Penmont, S. de R.L. de C.V. para todo el Proyecto minero La Herradura, e instrumentará los planes de manejo de residuos mineros tal y como lo establece esta Norma Oficial Mexicana, o en su caso, se utilizarán los planes de manejo de residuos mineros de la Unidad Minera La Herradura y que aún se consideren vigentes y equiparables con las necesidades de este nuevo proyecto.

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

## *IV.1 Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SA) donde pretende establecerse el Proyecto y del Área de Influencia.*

### IV.1.1. Delimitación del SA del Proyecto

Para la caracterización del entorno ambiental del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se definió un área de estudio o SA, a través del análisis de información geográfica y ambiental, tanto de la obtenida durante los recorridos en campo, así como de la recopilada de fuentes oficiales, como de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Dicho análisis se concretó cartográficamente en el Sistema de Información Geográfica (SIG) estructurado para el Proyecto, con base en los siguientes supuestos:

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 regional.

2. Las características de los elementos ambientales dentro del SA, son homogéneas o sostienen una relación/influencia cercana.

La delimitación del SA se establece para analizar la relación de los componentes bióticos, abióticos y sociales con la superficie donde se establecerá el Proyecto, lo que posibilitará posteriormente estimar la influencia que se ejercerá entre ellos.

Los criterios particulares para establecer las fronteras de dicho polígono se argumentan en las condiciones naturales y antrópicas de la región, específicamente en la hidrología superficial (Figura 4.1), topografía, usos de suelo actuales, presencia de barreras físicas artificiales y aspectos socioeconómicos del sitio sobre el que se pretende desarrollar el Proyecto.

**Figura 4.1. Delimitación del Sistema Ambiental del Proyecto basado en la hidrología superficial**

El polígono delimitado como SA para el estudio y caracterización de los componentes ambientales, cubre una superficie total de 193,685.1570 ha, y geopolíticamente se ubica en el Estado de Sonora, en el Anexo 4.1 se adjunta el plano georreferenciado con el SA y la ubicación del Proyecto respecto a éste, mientras que sus coordenadas se presentan en formato electrónico (hoja de cálculo de Excel) dentro del CD anexo a la MIA, así como también se incluye el archivo en formato "*shape*" con el polígono delimitado.

### IV.1.2. Delimitación del Área de Influencia del Proyecto

Técnicamente, se asume que el Área de Influencia es la superficie donde se resentirán los efectos de los impactos del Proyecto, se consideran tanto los efectos directos como indirectos, es decir, no solamente los elementos que pretenden ser objeto de aprovechamiento o afectación puntual, sino todo el conjunto de elementos que se interrelacionan e interactúan 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 SA se analizaron las interacciones que habrá desde los componentes ambientales hacia el Proyecto, lo que se representa esquemáticamente en la Figura 4. 2.

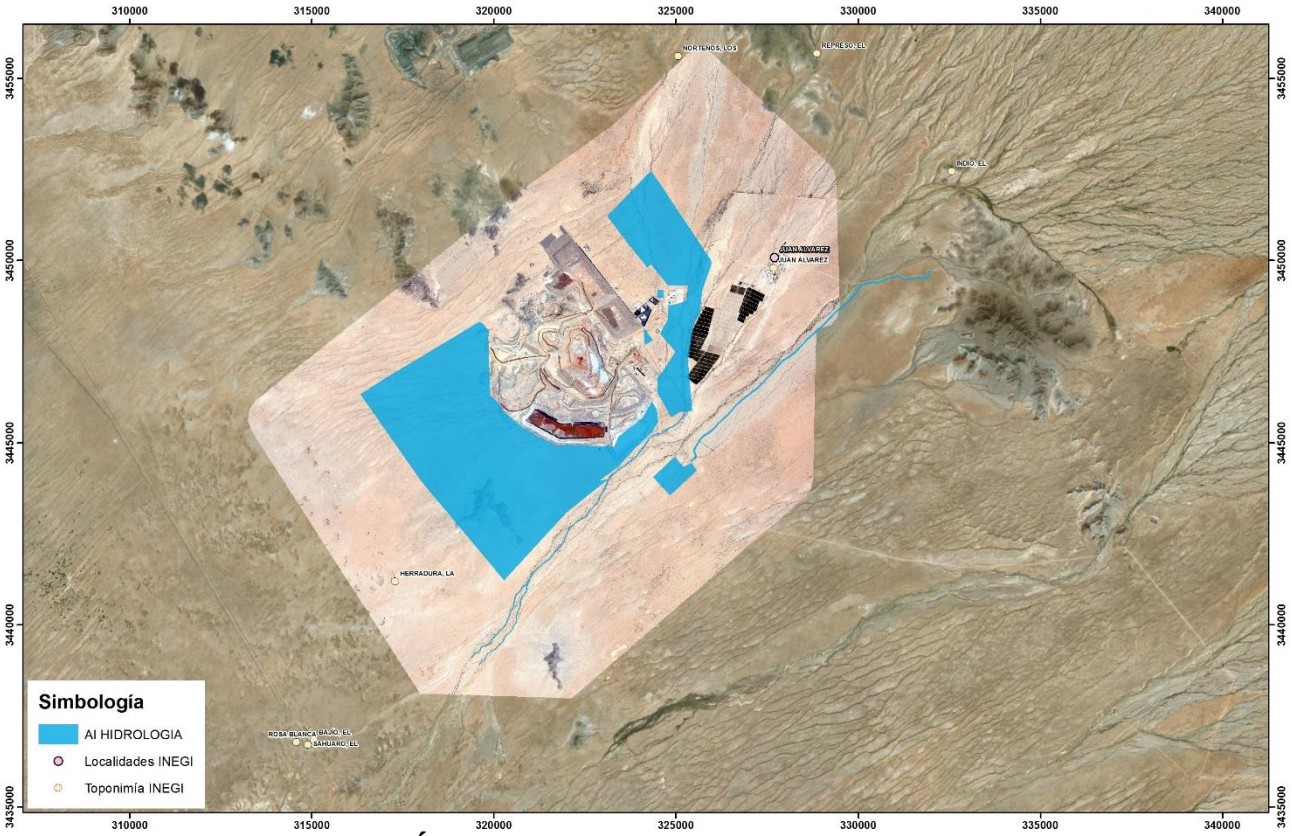



**Figura 4.5. Área de Influencia del componente Hidrología**

*Fauna*

Actualmente, la fauna en el sitio se encuentra perturbada por las distintas actividades operativas de la UM, en las que los individuos de este componente ambiental han sido desplazados de su hábitat de manera gradual, controlada y monitoreada, por lo que no se estima una afectación considerable respecto al desarrollo del Proyecto. Para determinar esta AI del componente Fauna, se realizó un búfer alrededor de las distintas Zonas que comprenden al Proyecto, así mismo, se concidero que la distribución espacial y temporal de la fauna se puede ver influenciada por la presencia humana, el tránsito vehicular y el ruido generado por la operación del sitio, el resultado se presenta en la siguiente Figura.

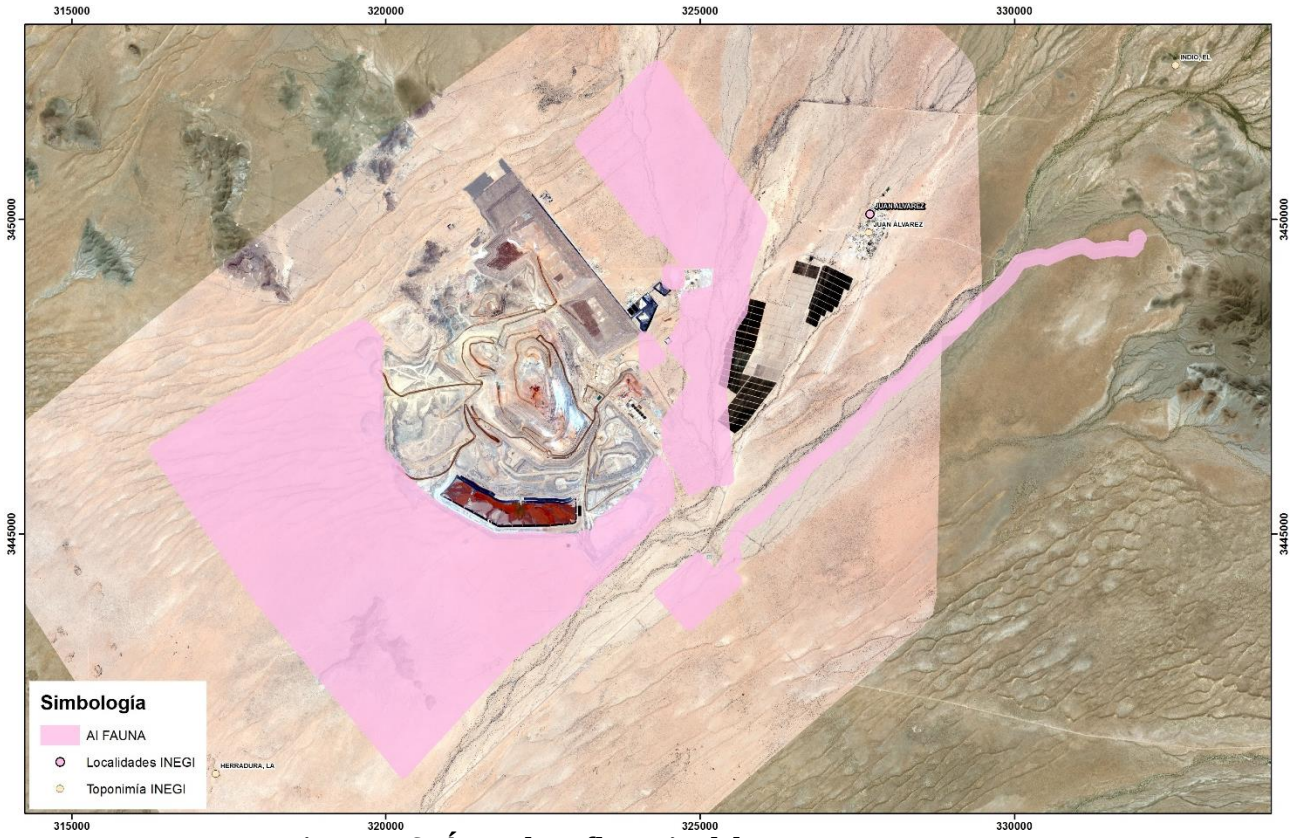



**Figura 4.6. Área de Influencia del componente Fauna**

*Vegetación*

El Proyecto tendrá una incidencia directa sobre las zonas que presenten vegetación, cabe mencionar que las las actividades a desarrollarse no sobrepasarán las áreas autorizadas y debidamente delimitadas.

Para determinar el Área de Influencia de este componente, se contempló la huella total del proyecto, a la cual se generó un buffer de 10 m, con la finalidad de considerar el efecto de borde en la vegetación. El efecto de borde se refiere al límite creado entre un ambiente natural y uno artificial. A continuación se presenta la Figura del AI para vegetación.

En la Tabla 4.1 se muestra la relación de las estaciones del SMN de las cuales se recopiló y proceso información para la creación de los modelos mencionados.

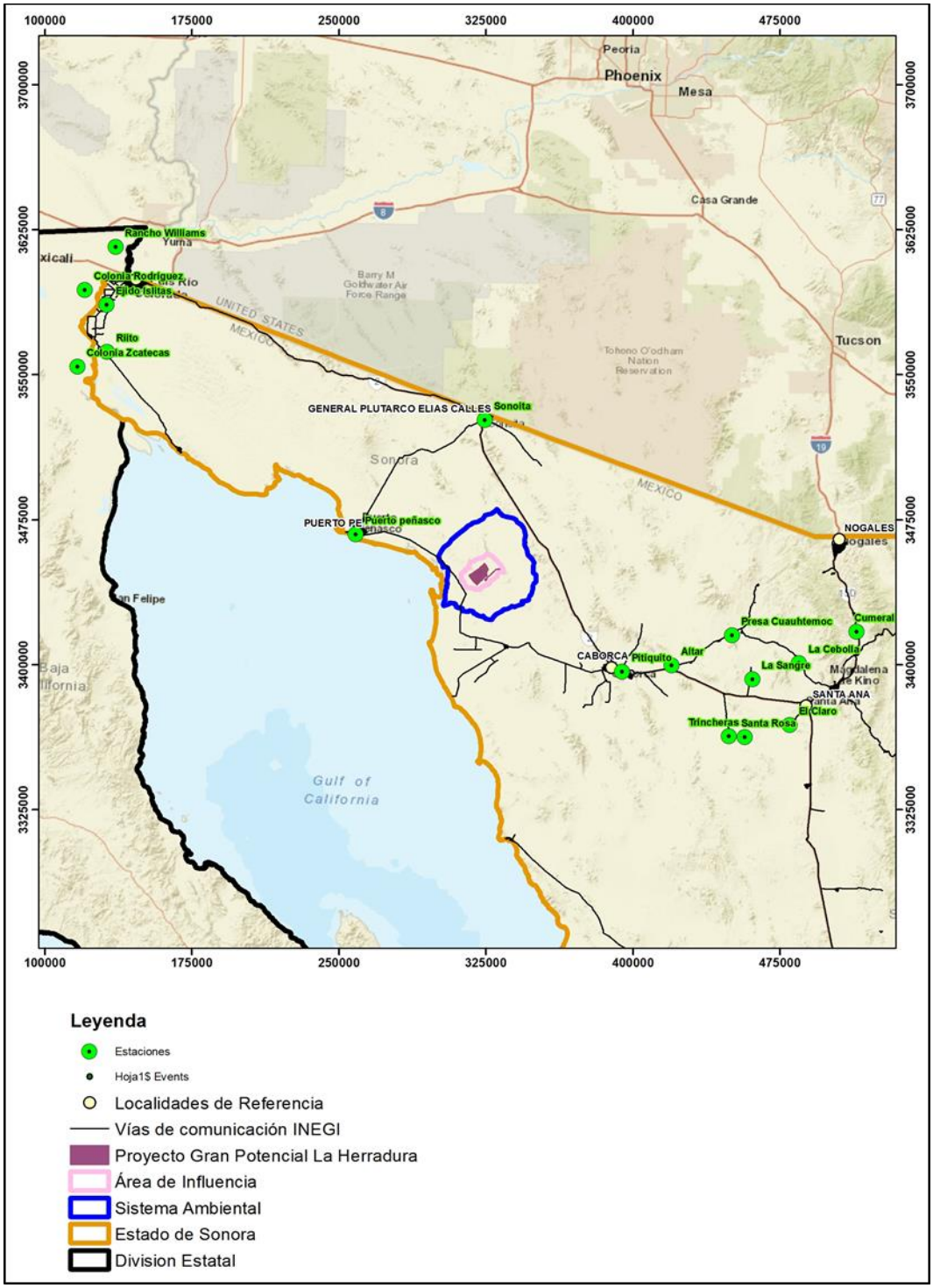



**Figura 4.9. Estaciones Meteorológicas cercanas al Proyecto y al SA**

**Tabla 4.1. Estaciones meteorológicas utilizadas para modelar los rangos de temperatura y precipitación dentro del SA**

| No. | ID | Nom. de la estación | X | Y | Estado | Altura MSNM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 26072 | Puerto Peñasco | 31 19'00" | 113 32'13" | Sonora | 10 |
| 2 | 26096 | Sonoita | 31 51'41" | 112 51'16" | Sonora | 389 |
| 3 | 26093 | Pitiquito | 30 41'52" | 112 06'00" | Sonora | 284 |
| 4 | 26206 | Altar | 30 43'42" | 111 50'10" | Sonora | 421 |
| 5 | 26092 | Presa Cuauhtemoc | 30 52'14" | 111 30'54" | Sonora | 628 |
| 6 | 26248 | La Sangre | 30 39'57" | 111 24'18" | Sonora | 644 |
| 7 | 26232 | La Cebolla | 30 44'30" | 111 09'30" | Sonora | 751 |
| 8 | 26249 | Santa Rosa | 30 23'41" | 111 26'43" | Sonora | 558 |
| 9 | 26259 | Cumeral | 30 53'16" | 110 51'00" | Sonora | 929 |
| 10 | 26255 | El Claro | 30 27'07" | 111 12'22" | Sonora | 632 |
| 11 | 26103 | Trincheras | 30 23'58" | 111 31'51" | Sonora | 510 |
| 12 | 26076 | Riito | 32 08'00" | 114 54'05" | Sonora | 16 |
| 13 | 26227 | Ejido Islitas | 32 21'10" | 114 54'51" | Sonora | 22 |
| 14 | 2145 | Rancho Williams | 32 37'28" | 114 52'40" | Baja California | 29 |
| 15 | 2154 | Colonia Zacatecas | 32 03'37" | 115 03'34" | Baja California | 12 |
| 16 | 2139 | Colonia Rodríguez | 32 25'07" | 115 02'10" | Baja California | 17 |

### IV.2.1.1.1.1. Clima

De los factores físicos que forman el medio ambiente, el clima es uno de los más importantes y variables, ya que los fenómenos meteorológicos que actúan para conformar un tipo de clima específico se encuentran en función de la latitud, altitud y las geoformas del sitio; lo cual contribuye a la variación en la diversidad biológica.

En consideración a la clasificación climática de Köppen, modificada para México por Enriqueta García (1988), el SA se encuentra influenciado por un tipo de clima (Figura 4.10). el cual se identifica con la clave BWhw (x´), que se describe a continuación.

**BWhw (x´) donde:**

**BW**: Corresponde a un tipo de clima seco desértico, el cual, se define como el más seco de los secos. Para su obtención se concideran los valores de precipitación total anual (menor a 300 mm), obtenidos al relacionar la temperatura con una constante específica para el régimen de lluvias considerado.

**h**: Corresponde a una condición de temperatura semicálida con invierno fresco, presenta temperatura media, anual de 18° a 22°C y del mes más frío <18°C.

**w**: Corresponde a un régimen de lluvia de verano, es decir, que la temporada del año en la que se concentra la mayor cantidad de lluvia cae dentro del período de mayo – octubre, y estos

meses reciben por lo menos diez veces mayor cantidad de precipitación que el mes más seco del año.

**x´** Lluvias escasas repartidas en todo el año

Muy árido, semicálido, temperatura media anual entre 18ºC y 22ºC, temperatura del mes más frio menor de 18º C, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

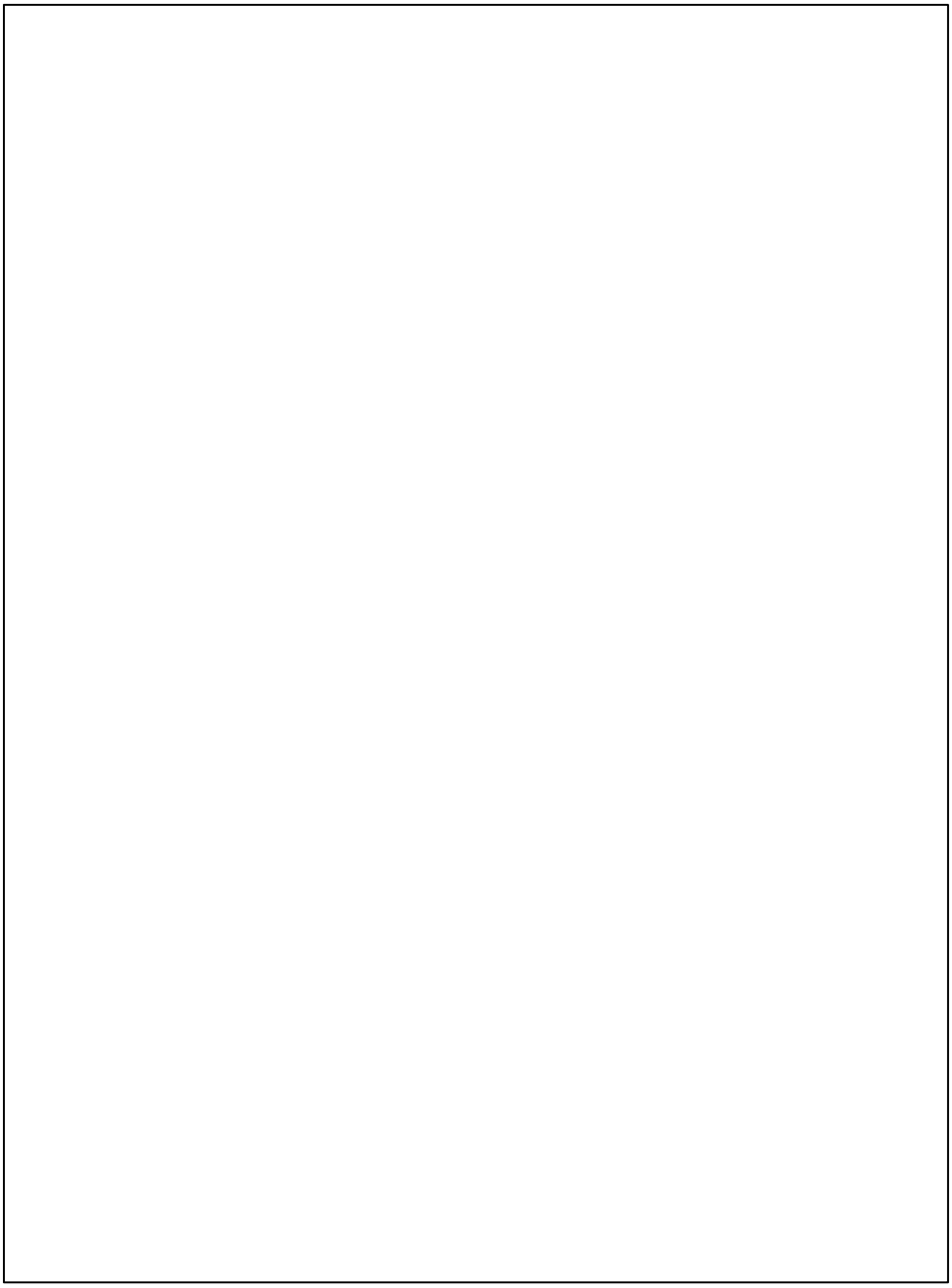


**Figura 4.10. Tipos de clima dentro del SA según Clasificación de Köppen (INEGI)**

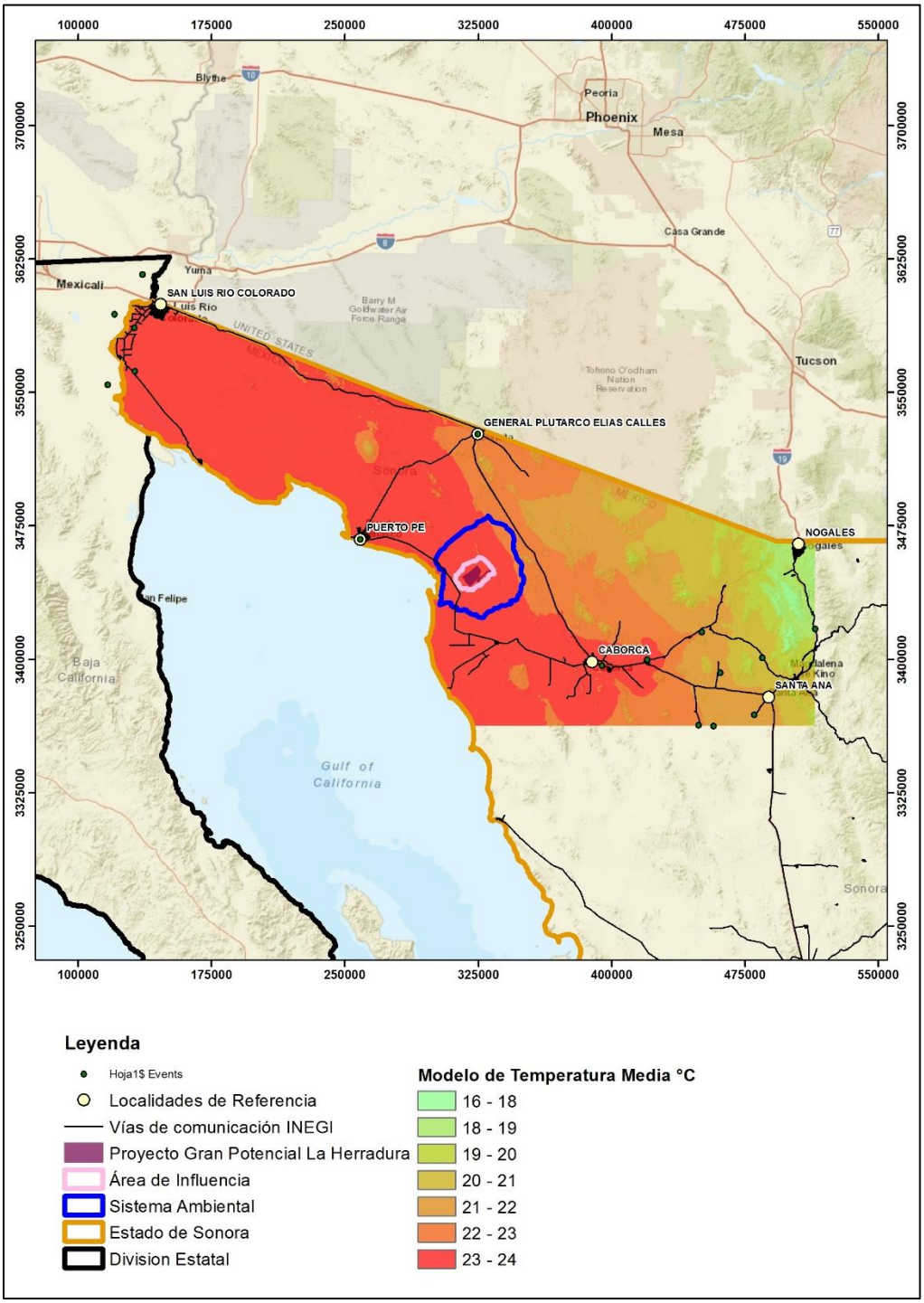



**Figura 4.11. Modelo de temperatura media dentro del SA**

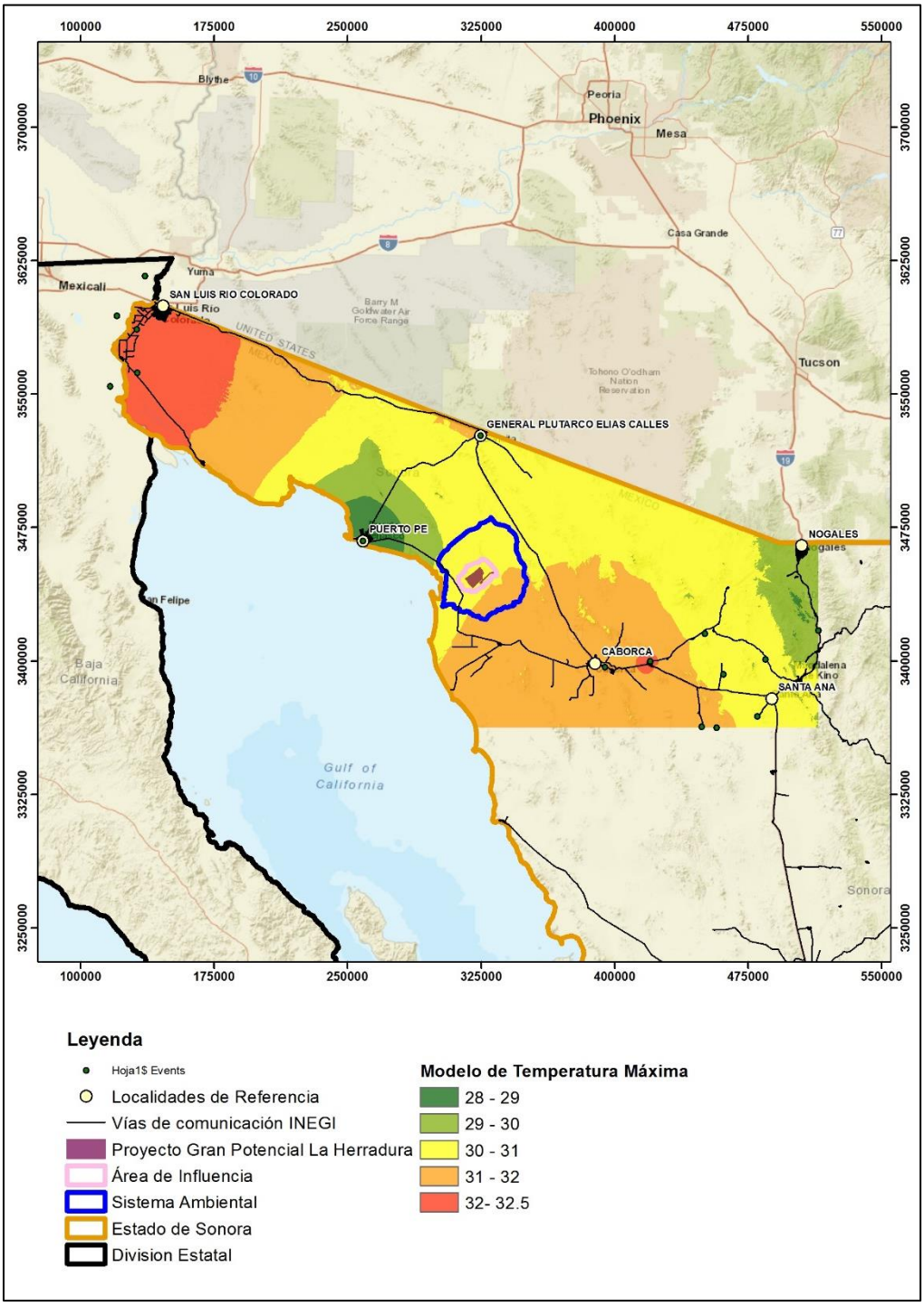



**Figura 4.12. Modelo de temperatura máxima dentro del SA**

### IV.2.1.1.1.5. Evapotranspiración

La evapotranspiración es el proceso que representa la mayor pérdida de agua en el Sistema Ambiental, por efecto de la evaporación del suelo y la traspiración de las plantas, y para su cálculo en este estudio se aplicó la fórmula de Thornthwaite (1948), modificada por Llorente (1969), posteriormente la evapotranspiración real se determinó con el método de Blanney-Criddle.

La evapotranspiración constituye un importante componente del ciclo y balance del agua. Con base en datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 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.

Con base en la información digital recopilada por la CONABIO se generó la Figura 4.16 donde se expone que la totalidad de la superficie del SA presenta una evapotranspiración media anual que va de 100 a 200 mm.

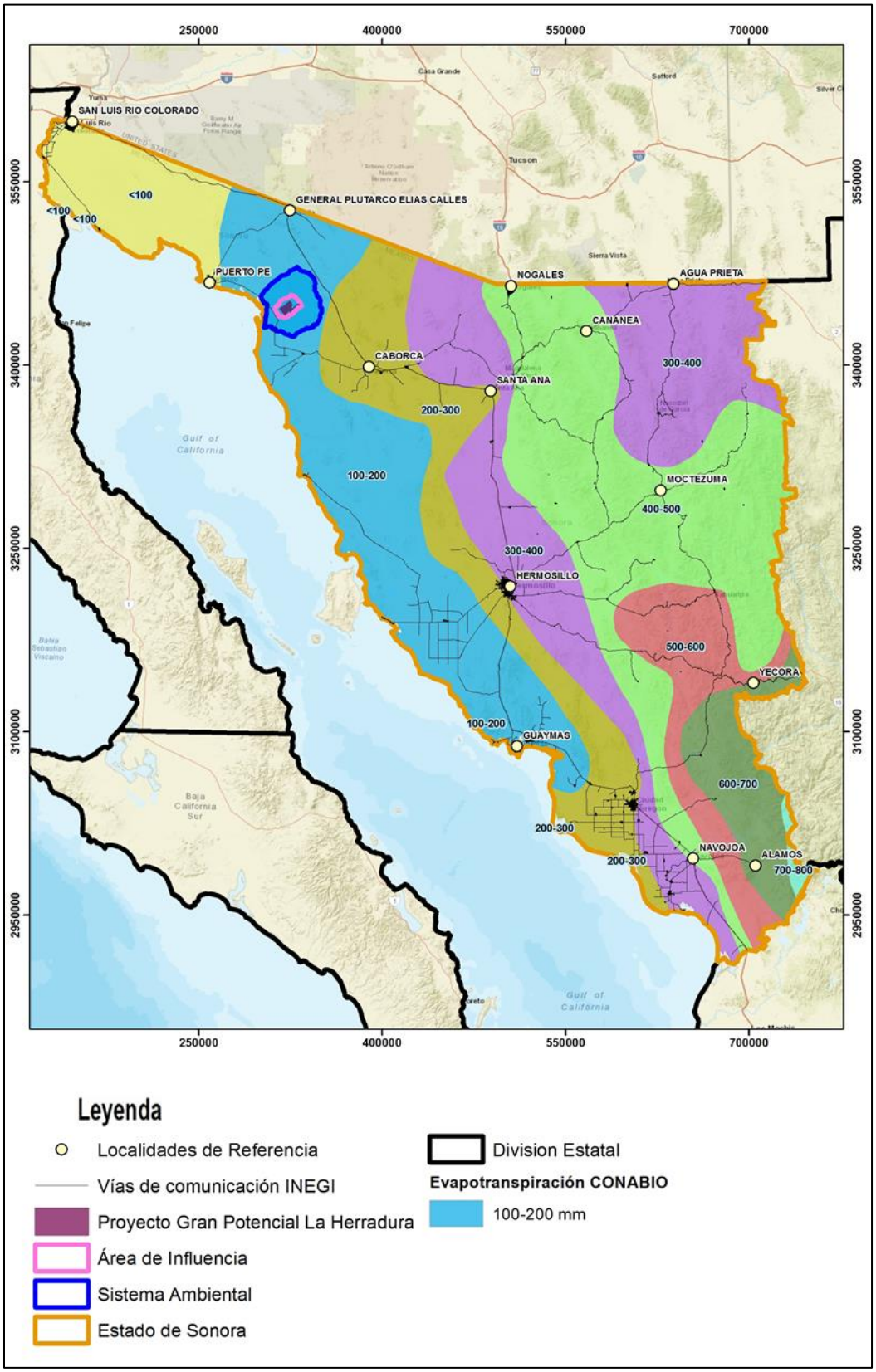



**Figura 4.16. Evapotranspiración en el SA**

Aunado a lo anterior, las zonas de mayor emisión de polvos son aquellas donde existe presencia antropogénica, zonas mineras, zonas urbanas y caminos, así mismo, las áreas con menor emisión son las exentas de esta condición, lo cual recae principalmente las áreas con vegetación.

Las áreas con cobertura vegetal dentro del SA, presentan tres tipos de vegetación, los cuales difieren en composición, estructura y fisonomía, estas últimas características son las de mayor importancia en la relación de vegetación y emisión de polvos ya que la superficie que presente un tipo de vegetación con individuos de coberturas de copa densas y cerradas tendrá menos emisiones, tal es el caso de la Vegetación de Matorral Sarcocaule , a diferencia de las superficies con Vegetación de Desiertos Arenosos, las cuales presentan individuos de matorrales con denso follaje pero con una distribución abierta.

### IV.2.1.1.1.6.1.2 Emisión de gases contaminantes

Para la inclusión de este criterio dentro de la descripción del DA, se contemplaron las áreas con presencia antropogénica, como se observa en la siguiente figura.

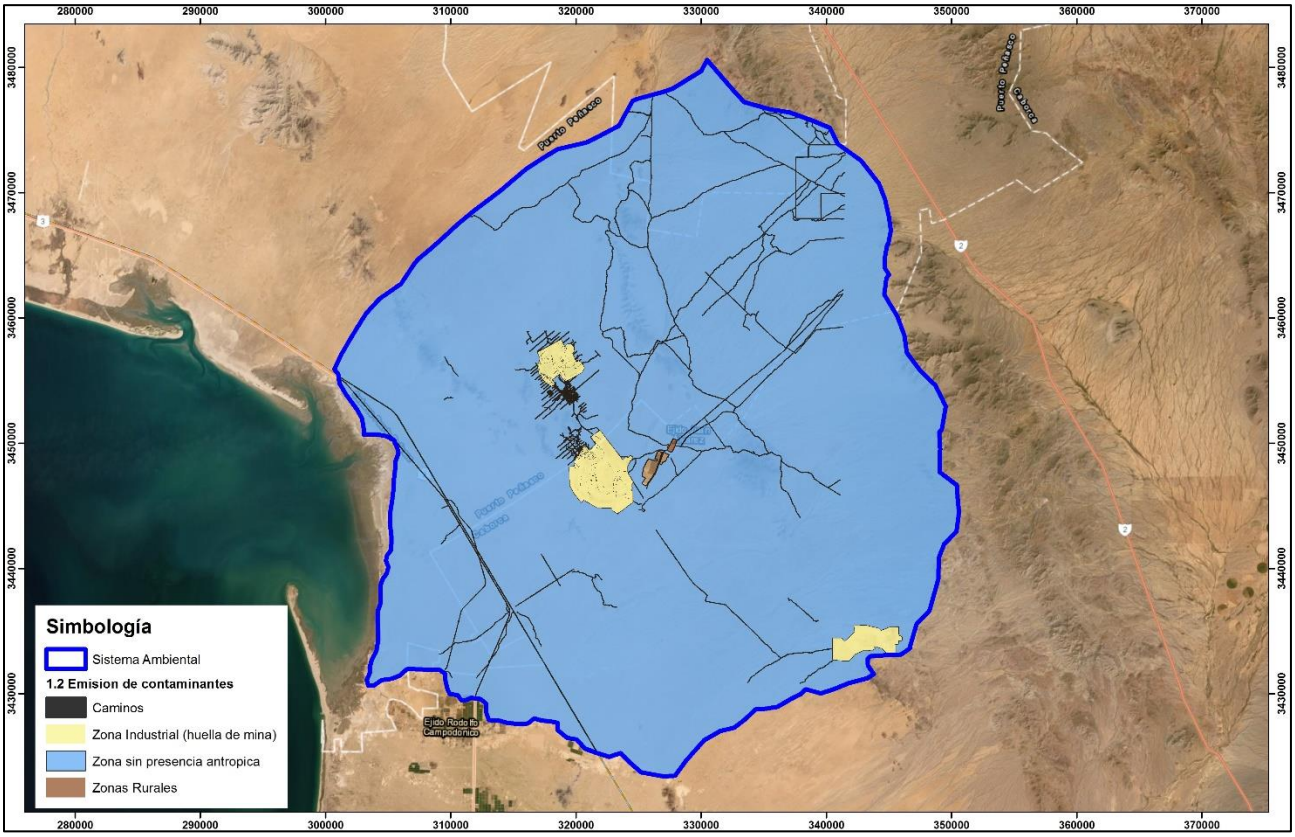



**Figura 4.20. Insumos considerados para el criterio de emisión de gases contaminantes**

Las zonas que se presentan en la figura anterior, son áreas donde transitan vehículos automotores, los cuales son los principales emisores de gases contaminantes.

### IV.2.1.1.1.6.4 Captura de polvos fugitivos

El criterio de captura de polvos fugitivos se refiere a la capacidad del sitio de retener partículas suspendidas. Aunado a lo anterior, la cobertura vegetal es la responsable de tal acción, por lo cual se determinó la cobertura de cada tipo de vegetación presente dentro del SA, lo cual se muestra en la siguiente figura.

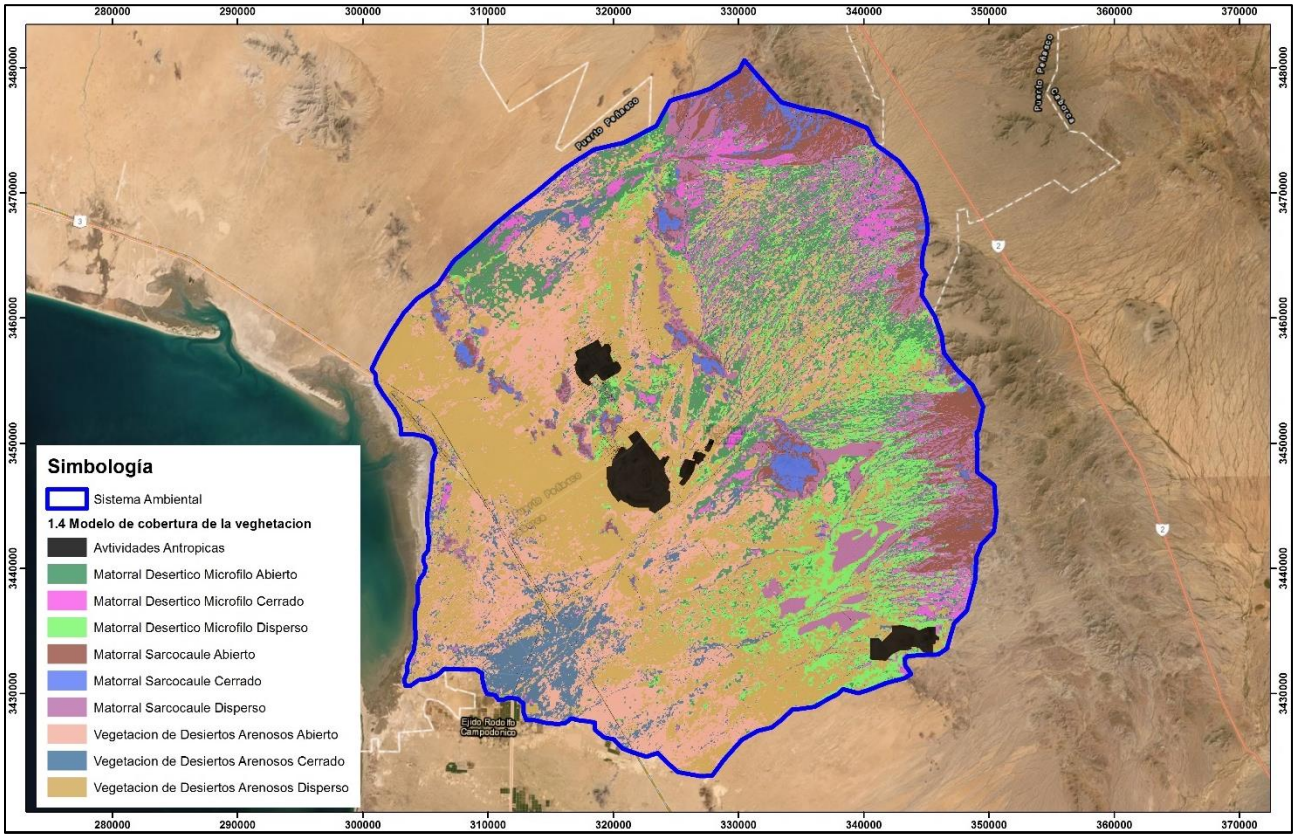



**Figura 4.21. Insumos considerados para el criterio de Captura de polvos fugitivos**

Como se observa en la figura anterior, la superficie con mayor captación, con base en la condición de la vegetación, se presenta del centro al Este del SA, cabe mencionar que en tal dirección se distribuye el Matorral Sarcocaule y la Vegetación de Matorral desértico Micrófilo, los cuales presentan individuos con cobertura de copas densas y distribución mayormente cerrada, a diferencia de la Vegetación de dunas la cual presenta individuos con menos dominancia de copa y con distribución abierta.

### *IV.2.1.1.1.7. Niveles lumínicos y ruido artificial*

Dentro del SA se consideraron las áreas donde se emite luz y ruido artificial, para el factor luz se consideraron solo las fuentes nocturnas. Las áreas consideradas son las que presentan una condición antrópica permanente, esto es localidades y la zona industrial minera. Aunado a lo anterior, se presenta la siguiente figura, la cual es insumo para el análisis del DA.

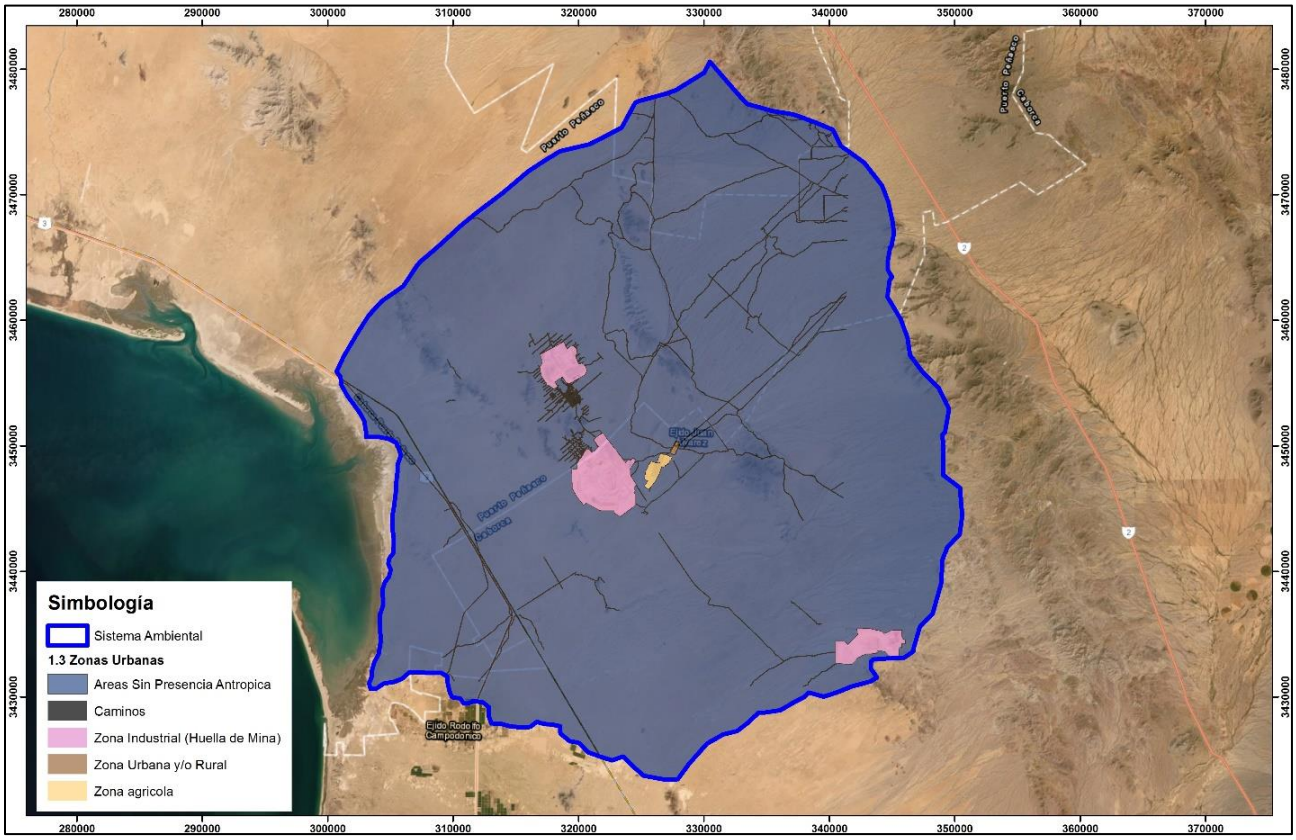



**Figura 4.22. Insumos considerados para el criterio de niveles lumínicos y ruido artificial**

## IV.2.1.1.1.8. Velocidad y dirección del viento

Los vientos de mayor intensidad en México son los que se producen durante los huracanes; por tanto, las zonas costeras, y en particular las que tienen una incidencia más frecuente de huracanes, son las que están expuestas a un mayor peligro por efecto del viento (CENAPRED).

De acuerdo con el mapa de isotacas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el país se divide en cinco zonas (100-130, 130-160, 160-190, 190-220 Km/hr) (CFE, 2008). El SA, AI y AP se encuentran dentro de la zona donde los vientos van de los 130 a 160 km/hr (Figura 4. 23).

### IV.2.1.1.2.2. Geología

De acuerdo con la información geológica del INEGI, dentro de la superficie definida para el SA del Proyecto se presenta una conformación heterogénea de tipos de rocas originadas en el Cenozoico, así mismo, los conglomerados son los que predominan en el área del SA, AI y AP.

El SA se encuentra mayormente influenciado por aluvión- Q (s), con zonas al Norte de Ígnea extrusiva ácida- Ts (Igea), Conglomerado-T(cg), Genesis-PE(Ge), Ígnea extrusiva intermedia-T(Igei), Ígnea extrusiva intermedia- M(Igia) y M(Igei). La mayor parte de la superficie del AI está representado por aluvión- Q (s), con Genesis-PE(Gn), Ígnea intrusiva ácida P(Igia), Caliza-PE (cz) y Ígnea intrusiva ácida- K (Igia), mientras que el AP presenta únicamente aluvión- Q (s) y Caliza- PE (cz).

El detalle de distribución de los tipos de rocas dentro del SA del proyecto se muestra en la Figura 4.25.

**Figura 4.25. Geología, INEGI**

La Guía para la interpretación de cartografía geológica de INEGI (2005) describe los compuestos geológicos del SA del Proyecto de la siguiente manera:

### IV.2.1.1.2.4. Riesgos geológicos

#### IV.2.1.1.2.4.1. Regionalización Sísmica

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Esto se realizó con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo. Estas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos. Su ocurrencia es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C) son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

El SA, AI y AP se ubican dentro de la zona de riesgo sísmico "B" considerada como Penisismica, ello según la Regionalización Sísmica de la República Mexicana, publicada en el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), capítulo de Diseño por Sismo, la cual fue actualizada en 2015. Esta zona B, son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

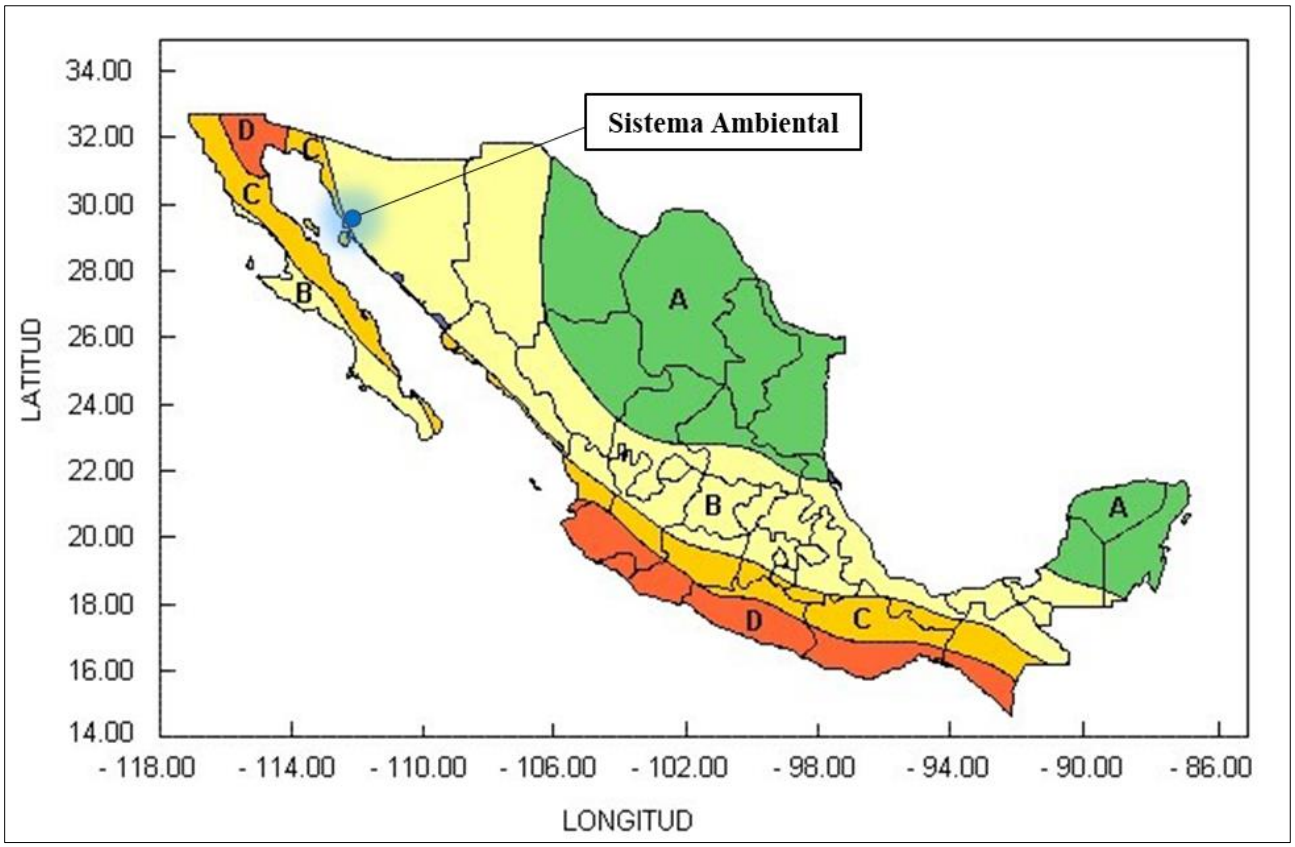



**Figura 4.31. Regionalización Sísmica de la República Mexicana y en el SA**

### IV.2.1.1.2.4.2. Fallas y Fracturas

De acuerdo con la información de INEGI, dentro del SA se encuentran dos fallas que van de Oeste a Este e inciden con la porción Sur del AI las cuales no representan ningún riesgo para las instalaciones e infraestructura que contempla el Proyecto. No hay evidencia de la existencia de fracturas en el terreno (Figura 4.32).

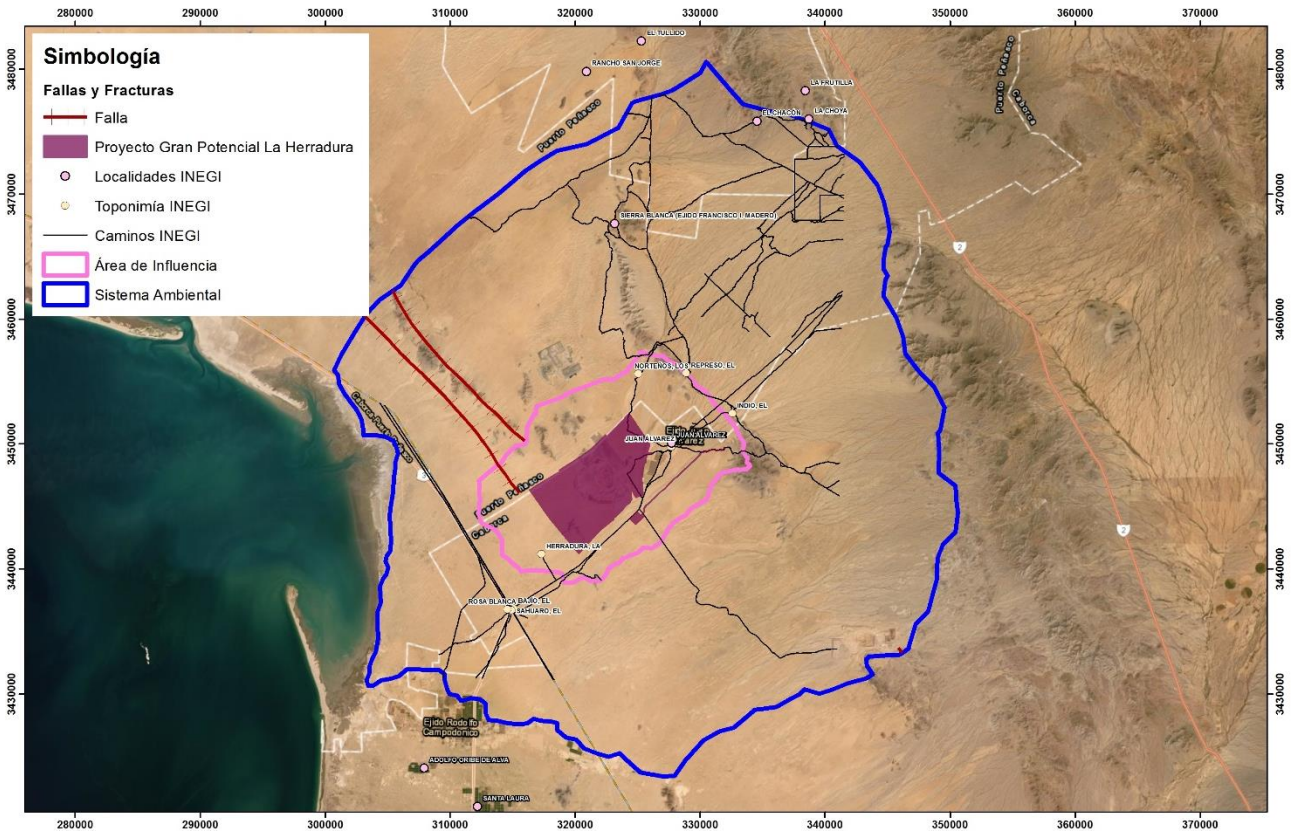



**Figura 4.32. Fallas geológicas dentro del SA del Proyecto**

### IV.2.1.1.2.4.3. Susceptibilidad a Hundimientos y Deslizamientos

Ante el alto nivel de peligro que representa para la población la problemática de inestabilidad de laderas naturales en México, el CENAPRED cuenta con un mapa de zonificación, el cual fue utilizado para evaluar la susceptibilidad del área donde se pretende establecer el Proyecto Gran Potencial Unidad Minera La Herradura, el cual se localiza fuera de zonas con potencial para la ocurrencia de hundimientos y deslizamientos.

### IV.2.1.1.2.4.4. Riesgo por actividad volcánica

Según el CENAPRED, dentro del SA no existe riesgo por posible actividad volcánica. Los volcanes que representan peligrosidad menor, intermedia y mayor se localizan en la Faja Volcánica Transmexicana.

## *IV.2.1.1.3. Suelos*

### IV.2.1.1.3.1. Introducción

El suelo es un componente de la biosfera no renovable a escala temporal humana, por lo que un correcto uso de los recursos del suelo no solo es vital para el debido funcionamiento de los ecosistemas, sino también para que los suelos puedan desempeñar sus múltiples funciones en la mejora de la productividad biológica, soporte para el crecimiento de la cobertura vegetal, regulación y almacenamiento del flujo hídrico en el medio ambiente, atenuación de los efectos nocivos contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos, e incluso la mejora de la salud humana y los usos recreativos y estéticos de los paisajes.

Para determinar los recursos edáficos en el Sistema Ambiental se realizó un análisis detallado de los tipos de suelos que se encuentra en el polígono ambiental, mediante un muestreo en dicha superficie. Para la clasificación de suelos se utilizó como base el sistema WRB 2014 a fin de lograr una mejor definición y clasificación de este recurso, puesto que ayuda a detallar aún más las características propias de los suelos. El sistema de clasificación de la WRB cuenta con el respaldo científico de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (hoy IUSS) y del Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos (ISRIC), así como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

### IV.2.1.1.3.2. Metodología

Para el muestreo de suelos, se concideró la guía metodológica del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI). El muestreo de suelos con fines de clasificación, se realiza después de que se han hecho los análisis de parámetros detallados en material cartográfico, como fotografías aéreas y/o imágenes de satélite, etc. y que, mediante técnicas fotogramétricas y computacionales, se ubican áreas aparentemente homogéneas a mayor o menor escala, en las que se precisan puntos de muestreo representativos.

La ubicación o distribución de las probables calicatas se realiza en gabinete de acuerdo al mapa edafológico preliminar; que se elabora a partir de la interpretación de imágenes de satélite mediante el método de análisis fisiográfico y apoya de otras disciplinas como vegetación, geología/litológico y geomorfología (relieve); sin embargo, en la fase de campo se verifica y corrige los puntos determinados en la fase de gabinete, recorriéndose toda la zona de estudio y seleccionándose los puntos definitivos de la apertura de las calicatas.

*Análisis para determinación de sitios de muestreo*

Adecuación geométrica de polígonos edafológicos; Delimitación de polígonos homogéneos utilizando imágenes de satélite. Algunos aspectos a considerar en análisis de la imagen de satélite para la delimitación de límites edafológicos:

- Rastros topográficos, la imagen permite delimitar mediante el análisis de grandes geoformas y cambios del relieve, diferencias que ayudan a establecer límites parciales de polígonos. El reconocimiento de formas y objetos permite el trazo de fronteras edáficas con base a los elementos del paisaje que se identifican en la imagen, los rasgos paisajísticos cuyas propiedades espectrales, espaciales y temporales, reflejan de una manera los procesos formadores del suelo

(aluvial, coluvial, residual, lacustre, volcánico, etc.).Se puede delimitar en primera instancia cambios topográficos abruptos con apoyo de la capa de curvas de nivel y los elementos identificables en la imagen de satélite como: sierras, mesetas, valles, meandros o cauces de ríos, formas volcánicas, sistemas de lomeríos, zonas de inundación, depresiones, antiguos vasos lacustre, zonas cárstica, llanuras, etc. Otro elemento de análisis son los patrones de drenaje nos indican condiciones de topografía accidentada y los relacionamos con la dureza de la roca, textura del suelo, encontramos áreas poco drenadas, hasta con diversas formas de drenaje, alineado, trenzado o cruzado, radial, ramificado, dendrítico; todos ellos proporcionan información que coadyuva en la delimitación de polígonos edafológicos.

- Tono o en falso color de la imagen, uno de los elementos de fotointerpretación que proporciona un cuadro muy amplio sobre las características del suelo, lo relacionamos con la profundidad, humedad, textura, contenido materia orgánica y óxidos, etc. La textura de la imagen, se refiere a todas aquellas manifestaciones que por su dimensión no se pueden definir claramente y que en forma conjunta se observan con aspectos (texturas) rugosos, suaves, alineados, manchados, esponjosos, moteados, trenzados, etc.

- Información Geológica; el material parental es uno de los factores formadores que están fuertemente ligados con las características físicas y químicas del suelo, además podemos inferir por el cambio litológico y el origen, las fronteras de algunos polígonos; ejemplo: suelos lacustres, aluvial, derrames de lava, depósitos de cenizas, zonas arenosas o sobre calizas suelos calcáricos, etc.

- Información de uso del suelo; los tipos de vegetación y de uso del suelo los relacionamos con el contenido de materia orgánica, color, suelos salinos o arenosos, antrópicos, vegetación gipsófila o calcícola.

- Información de climas; podemos inferir la acidez o alcalinidad de los suelos, saturación con bases, discriminar la presencia de algunos tipos de suelo con base al tipo de clima o a los datos sobre precipitación total anual y temperatura media anual.

Al término de la actividad se obtendrá un mapa de suelos preliminar, en el cual el especialista seleccionó áreas de interés para verificar en campo. Donde por las características propias de la imagen es imposible la delimitación clara de algún polígono o para ratificar las fronteras de los mismos e inclusive generalizar o anexar nuevos polígonos.

Considerando lo anteriormente descrito se contempla la identificación de zonas homogéneas para el levantamiento de suelos en campo. En el levantamiento de suelos, hay dos elementos esenciales que considerar (1) descripción completa de los perfiles de suelo. (2) localización y límites de los polígonos edafológicos. Las descripciones son la base fundamental para la identificación y clasificación de los suelos. El valor de las descripciones de los suelos depende de lo representativo del lugar seleccionado.

*Preparación de trabajo en campo*

El análisis integral de toda la información proporcionada genera un panorama bastante claro de las condiciones y la calidad de la información de perfiles, suficiente, que le permitirá establecer las necesidades para llevar a cabo el levantamiento de suelos en campo optimizando los recursos, tiempos de traslado y ubicar los perfiles en áreas más representativas.

Ubicación de perfiles. - Se refiere a la posición más representativa donde se realizará la descripción del punto. Esta actividad está condicionada por la accesibilidad y los permisos requeridos para la apertura del pozo. Se indican a continuación por orden de prioridad los siguientes criterios:

- Lo más al centro del polígono Edafológico.
- Sobre la geoforma más representativa dentro del polígono.
- Condiciones homogéneas de topografía y drenaje.

### IV.2.1.1.3.2.1. Tipos de suelos de acuerdo a la Base Referencial Mundial de Recurso Suelo (WRB)

Los tipos de suelos de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelos (WRB) encontrados en el Sistema Ambiental son, Arenosol, Calcisoles, Leptosoles y Regosol (Tabla 4. 4). Para una mejor caracterización del Sistema Ambiental en cuanto al recurso suelo se han recopilado datos de 10 puntos de muestreo (Tabla 4. 3 y Figura 4.34), para así tener una mejor perspectiva en la distribución y características del suelo.

**Tabla 4. 3. Localización de los puntos de muestreo edafológico**

| ID Punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS84 | | Altitud (msnm) |
|---|---|---|---|
| | X | Y | |
| P1 | 319470 | 3446840 | 141 |
| P2 | 324382 | 3450921 | 151 |
| P3 | 321976 | 3442243 | 102 |
| P4 | 334793 | 3448675 | 232 |
| P5 | 326262 | 3458216 | 247 |
| P6 | 335475 | 3457705 | 232 |
| P7 | 341647 | 3441947 | 225 |
| P8 | 306740 | 3452299 | 55 |
| P9 | 315188 | 3437686 | 57 |
| P10 | 334273 | 3448460 | 414 |

| ID Punto de muestreo | Tipo de verificación | Muestras | Clasificación de suelos WRB 2014 | | Textura del suelo |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Clave | Nombre de suelo | |
| | | | | esquelético) / Gruesa | (gruesa) |
| P6 | Pozo a cielo abierto | 1 | CLha(adsknar)/1 | Calcisol háplico (arídico endoesquelético arénico) /Gruesa | Areno franco (gruesa) |
| P7 | Pozo a cielo abierto | 1 | ARha/1 | Arenosol háplico / Gruesa | Arenoso (gruesa) |
| P8 | Pozo a cielo abierto | 1 | CLsow/1 | Calcisol hiposódico / Gruesa | Arenoso (gruesa) |
| P9 | Pozo a cielo abierto | 2 | (ARbr(ca)/1 | Arenosol brúnico (calcárico)/Gruesa | Franco arenoso (gruesa) |
| P10 | Observación | 0 | LPli | Leptosol lítico | - |

La textura que se presenta en forma dominante es textura gruesa, así mimso, lo suelos arenosos presentan menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. A continuación, se presenta la descripción de los suelos encontrados en el Sistema Ambiental de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB 2014).

- *Arenosoles (AR)*

Suelos arenosos que incluyen tanto suelos desarrollados en arenas residuales después de la meteorización *in situ* de sedimentos o rocas ricos en cuarzo y suelos desarrollados en arenas recién depositadas tales como dunas en desiertos y tierras de playas.

*Descripción*

- Connotación: suelos arenosos
- Material parental: material no consolidado, en algunos lugares materiales traslocados, calcáreos, de textura arenosa
- Ambiente: desde árido húmedo y perhúmedo, y desde extremadamente frío hasta extremadamente cálido; las geoformas varían desde dunas recientes, cordones de playa y planicies
- Desarrollo del perfil: existencia de poco desarrollo

*Calificadores*

- Prótico (pr) que no muestra desarrollo de horizontes
- Calcárico (ca): que presenta fuerte efervescencia con ácido clorhídrico (HCl), en la mayor parte de la tierra fina

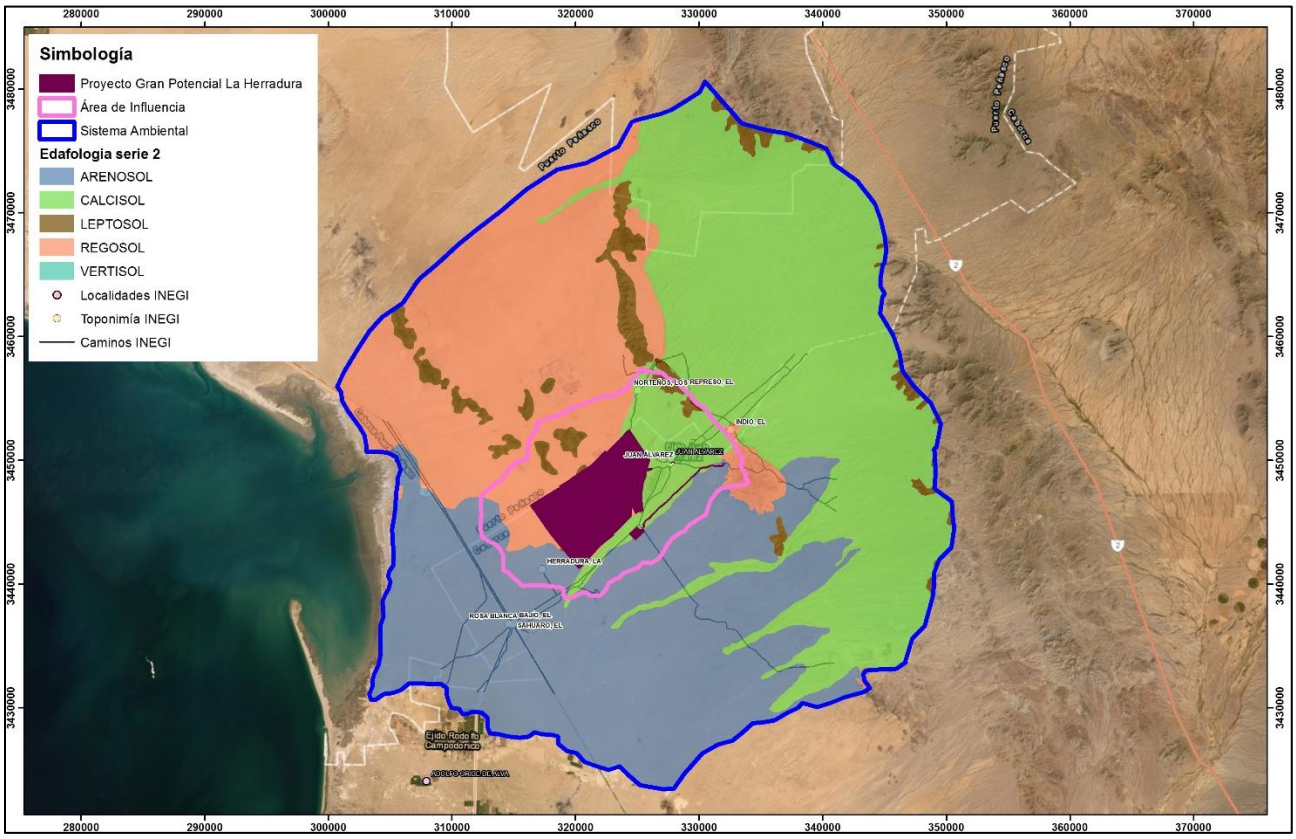



**Figura 4.35. Suelos en el Sistema Ambiental, INEGI serie II**

### IV.2.1.1.3.2.3. Descripción de perfiles de suelo

A continuación, se presenta la descripción de los perfiles de suelos. Anexo 4.4 Descripción de los perfiles de suelos

**Tabla 4.6. Información general del perfil de suelo Punto P1**

| Perfil N° | Punto P1 |
|---|---|
| Clasificación del perfil WRB | (ARpr(caad)/1 |
| Desarrollo de estructura | débil |
| Unidad Cartográfica | Arenosol prótico (calcárico arídico) /Gruesa |
| Coordenadas X | 319470 |
| Coordenadas Y | 3446840 |
| Altitud msnm | 141 |

**Tabla 4.7. Descripción morfológica del perfil de suelo Punto P1**

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción |
|---|---|---|
| A | 0-90 | Presenta reacción moderada al ácido clorhídrico, mientras que el peróxido de hidrógeno presenta una reacción fuerte. El horizonte se presenta seco, con estructura granular de tamaño laminar menor a 5 mm, con moderado desarrollo. El color en seco 7.5 Y/R 6/4 color café claro, en húmedo 7.5 Y/R 6/6 rojizo, la consistencia en seco es suelta, no presenta adhesividad y plasticidad. Es de textura arenoso. Contiene muy escasas gravas de forma redondas (0.2-7.5 cm). Frecuentes raíces finas (<2mm) y escasas raíces medias (2-5mm) y gruesas (>5mm). El drenaje interno es clasificado como nulo. |
| C1 | 91-170 | Presenta reacción moderada al ácido clorhídrico, mientras que el peróxido de hidrógeno presenta una reacción fuerte. El horizonte se presenta seco, con estructura granular de tamaño laminar menor a 5 mm, con moderado desarrollo. El color en seco 7.5 Y/R 6/4 color café claro, en húmedo 7.5 Y/R 6/6 rojizo, la consistencia en seco es suelta, no presenta adhesividad y plasticidad. Es de textura arenoso. Contiene muy escasas gravas de forma redondas (0.2-7.5 |

**Tabla 4.11. Determinaciones del perfil del suelo**

| **Análisis de Laboratorio de Suelos** | **Perfil: Punto P4** |
|---|---|
| **Parámetro** | **ID Muestra: M6 (4 AC)** |
| Densidad real grs/c.c | 2.59 |
| Densidad aparente grs/c.c | 1.4713 |
| Color (seco) | 7.5 Y/R 6/4 |
| Color | Café |
| Color (Húmedo) | 7.5 Y/R 5/4 |
| Color | café |
| **Horizonte** | **AC** |
| Materia orgánica % | 0.04 |
| C.I.C. meq/100 grs | 11.20 |
| **Cationes intercambiables** | |
| Na Meq/100 gr | 0.39 |
| K Meq/100 gr | 0.81 |
| Ca + Mg Meq/100 gr | 17.80 |
| Ca Meq/10 gr | 16.64 |
| Mg Meq/100 gr | 1.16 |
| **Textura** | |
| Arcilla | 5.80 |
| Limo | 19.28 |
| Arena | 74.92 |
| Agua aprovechable % | 9 |
| Clase Textural | Franco arenoso |
| **Fertilidad** | |
| pH | 8.46 |
| Nitrógeno nítrico (ppm) | 8.23 |
| Nitrógeno amoniacal (ppm) | 35 |
| Fósforo (ppm) | 100 |
| Potasio (ppm) | 250 |
| Calcio (ppm) | 1600 |
| Magnesio (ppm) | 5 |
| Manganeso (ppm) | 12 |
| Conductividad dS/m | 0.12 |

**Tabla 4.12. Información general del perfil de suelo Punto P8**

| Perfil N° | Punto P8 | |
|---|---|---|
| Clasificación del perfil WRB | CLsow | |
| Desarrollo de estructura | débil | |
| Unidad Cartográfica | Calcisol hiposódico | |
| Coordenadas X | 306740 | |
| Coordenadas Y | 34522997 | |
| Altitud msnm | 55 | |

**Tabla 4.13. Descripción morfológica del perfil de suelo Punto P8**

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción |
|---|---|---|
| AC | 175 | Presenta reacción fuerte al ácido clorhídrico y reacción moderada al peróxido de hidrógeno. El horizonte se presenta seco, con estructura granular de tamaño muy fina menor a 5 mm, con débil desarrollo. El color en seco 7.5 Y/R 7/3 color rosado, en húmedo 7.5 Y/R 6/3 café claro, la consistencia en seco es suelta y húmedo es muy friable, no presenta adhesividad y plasticidad. Es de textura arenoso. Contiene escasas cantidades de gravas en la matriz del suelo siendo gravas subredondas (0.2-7.5 cm). Frecuentes raíces finas (<2mm), escasas raíces medias (2-5mm) y escasas raíces gruesas (>5mm). El drenaje interno es clasificado como muy escasamente. |
| C | >176 | Capa de suelo profunda, no se llegó a la roca madre o capa limitante. |

**Tabla 4.14. Determinaciones del perfil del suelo**

| **Análisis de Laboratorio de Suelos** | **Perfil: Punto P8** |
|---|---|
| **Parámetro** | **ID Muestra: M10 (8 A)** |
| Densidad real grs/c.c | 2.56 |
| Densidad aparente grs/c.c | 1.4494 |
| Color (seco) | 7.5 Y/R 7/3 |
| Color | Rosado |
| Color (Húmedo) | 7.5 Y/R 6/3 |
| Color | Café claro |
| | **Horizonte AC** |
| Materia orgánica % | 0.04 |
| C.I.C. meq/100 grs | 4.80 |
| **Textura** | |
| Arcilla | 5.80 |
| Limo | 6.00 |
| Arena | 88.20 |
| Agua aprovechable % | 7 |
| Clase Textural | Arenoso |
| **Cationes intercambiables** | |
| Na Meq/100 gr | 3.72 |
| K Meq/100 gr | 0.58 |
| Ca + Mg Meq/100 gr | 16.90 |
| Ca Meq/10 gr | 15.37 |
| Mg Meq/100 gr | 1.53 |
| **Fertilidad** | |
| pH | 9.14 |
| Nitrógeno nítrico (ppm) | 8.23 |
| Nitrógeno amoniacal (ppm) | 35 |
| Fósforo (ppm) | 25 |
| Potasio (ppm) | 180 |
| Calcio (ppm) | 1600 |
| Magnesio (ppm) | 12 |
| Manganeso (ppm) | 5 |
| Conductividad dS/m | 1.35 |

### IV.2.1.1.3.2.4. Análisis Riesgo de erosión del suelo a la erosión hídrica en el Sistema Ambiental

La erosión hídrica es el desprendimiento de las partículas del suelo bajo la acción del agua, dejándolo desprotegido y alterando su capacidad de infiltración, lo que propicia el escurrimiento superficial. Este tipo de erosión presenta dos modalidades, la primera con pérdida de la capa superficial, que ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona que arrastra la capa superior del suelo que es la que contiene más nutrientes y materia orgánica, lo cual reduce su fertilidad. La segunda se presenta cuando el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que abre una zanja cada vez más profunda, conocida como cárcava, en cuyo caso se dice que hay deformación del terreno.

Para conocer el riesgo de erosión presente se aplica la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), que es un modelo que permite estimar en campo la erosión actual y potencial, y que se utiliza como un instrumento de planeación para establecer las prácticas y obras de conservación de suelos que hagan que la erosión sea menor que la tasa máxima permisible.

$$E = R * K * LS * C * P$$

Donde:

E = erosión del suelo (t/ha/año)
R = factor de erosividad de la lluvia (Mj/ha mm/hr)
K = factor de erosionabilidad del suelo
LS = factor de longitud y grado de pendiente
C = factor de vegetación
P = factor de prácticas de conservación de suelo

Para utilizar este modelo en forma práctica se utilizarán algunos resultados que se han obtenido de la investigación en México y que ha permitido a nivel nacional hacer un uso adecuado de este modelo predictivo.

Los factores R, K y LS se consideran como inmodificables. Para utilizar este modelo, se han propuesto diferentes metodologías para estimar cada una de las variables; sin embargo, la aplicación de algunas de ellas en el campo es difícil de realizar por no contar con la información necesaria. Para evitar estos problemas, en este apartado se presenta una metodología simplificada y adecuada para utilizarse en el país.

#### IV.2.1.1.3.2.4.1. Erosividad de la lluvia (factor R)

La estimación de R se puede realizar conociendo la energía cinética de la lluvia y la velocidad de caída de las gotas de lluvia, utilizando la ecuación de la energía cinética:

$$Ec = mv^2/2$$

Donde “m” es la masa de lluvia y velocidad de caída de las gotas de lluvia. Considerando lo complejo de hacer esta estimación se propuso que un mejor estimador de la agresividad de la lluvia sería $\sum EI_{30}$ o sea el valor de erosividad de la lluvia (R). Para estimar R se obtiene el valor de energía

**Tabla 4.16. Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica**

| Orden | Textura | | | Orden | Textura | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gruesa | Media | Fina | | Gruesa | Media | Fina |
| Acrisol | 0.026 | 0.04 | 0.013 | M Molisol | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| Af. Ah | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Mg | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| Ag. Ao | 0.026 | 0.026 | 0.013 | N Nitosol | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| Ap | 0.053 | 0.079 | 0.026 | Nd, Ne, Nh | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| B cambisol | 0.026 | 0.04 | 0.013 | O Histosol | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| Bf.Bh | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Od, Oe, Ox | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| Bc. Bd.Be.Bg. Bk | 0.026 | 0.04 | 0.013 | P Podzol | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Bv. Bx | 0.053 | 0.079 | 0.026 | Ph, OI | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| C chermozen | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Pf, Pg, Po, Pp | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Cg. Ch. ck | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Q Arenosol | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| D Podzoluvisol | 0.053 | 0.079 | 0.026 | Qa, Qc, Qf, Qf | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| Dd. De. Dg | 0.053 | 0.079 | 0.026 | R Regosol | 0.026 | 0.026 | 0.013 |
| E. Rendzina | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Rc | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| F. Ferrrasol | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Re, Rd | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| F (a,h,o,p,r,x) | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Rx | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| G Gieysol | 0.026 | 0.04 | 0.013 | S Solonetz | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Gc, Gh, Cm | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Sm | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| Gd, Ge | 0.026 | 0.04 | 0.013 | Sg, So | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Gp, Gx, Gv | 0.053 | 0.079 | 0.026 | T Andosol | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| H Feozem | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Th, Tm | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| Hc, Hg, Hh, HI | 0.013 | 0.02 | 0.007 | To, Tv | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| I Litosol | 0.013 | 0.02 | 0.007 | U Ranker | 0.013 | 0.02 | 0.007 |
| J Fluvisol | 0.026 | 0.04 | 0.013 | V Vertisol | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Jc | 0.013 | 0.02 | 0.007 | W Planosol | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Jd, Je | 0.026 | 0.04 | 0.013 | Wh, Wm | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| Jp, Jt | 0.053 | 0.053 | 0.026 | Wd, We, Ws,Wx | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| K Castoñozem | 0.026 | 0.04 | 0.013 | X Xerosol | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Kj, KK, KI | 0.026 | 0.04 | 0.013 | Xh, Xk, Xt, Xy | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| L Luvisol | 0.026 | 0.04 | 0.013 | Y Yermosol | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Lf | 0.013 | 0.02 | 0.007 | Yh, Yk, Yy, Yt | 0.053 | 0.079 | 0.026 |
| Lc, Lg, Lk, Lo | 0.026 | 0.04 | 0.013 | Z Solonchak | 0.026 | 0.04 | 0.013 |
| La, Lp, Lv | 0.053 | 0.079 | 0.026 | Zg, Zo | 0.053 | 0.04 | 0.013 |

A continuación, en la Figura 4.38 se presenta la distribución del factor K en el área de análisis.

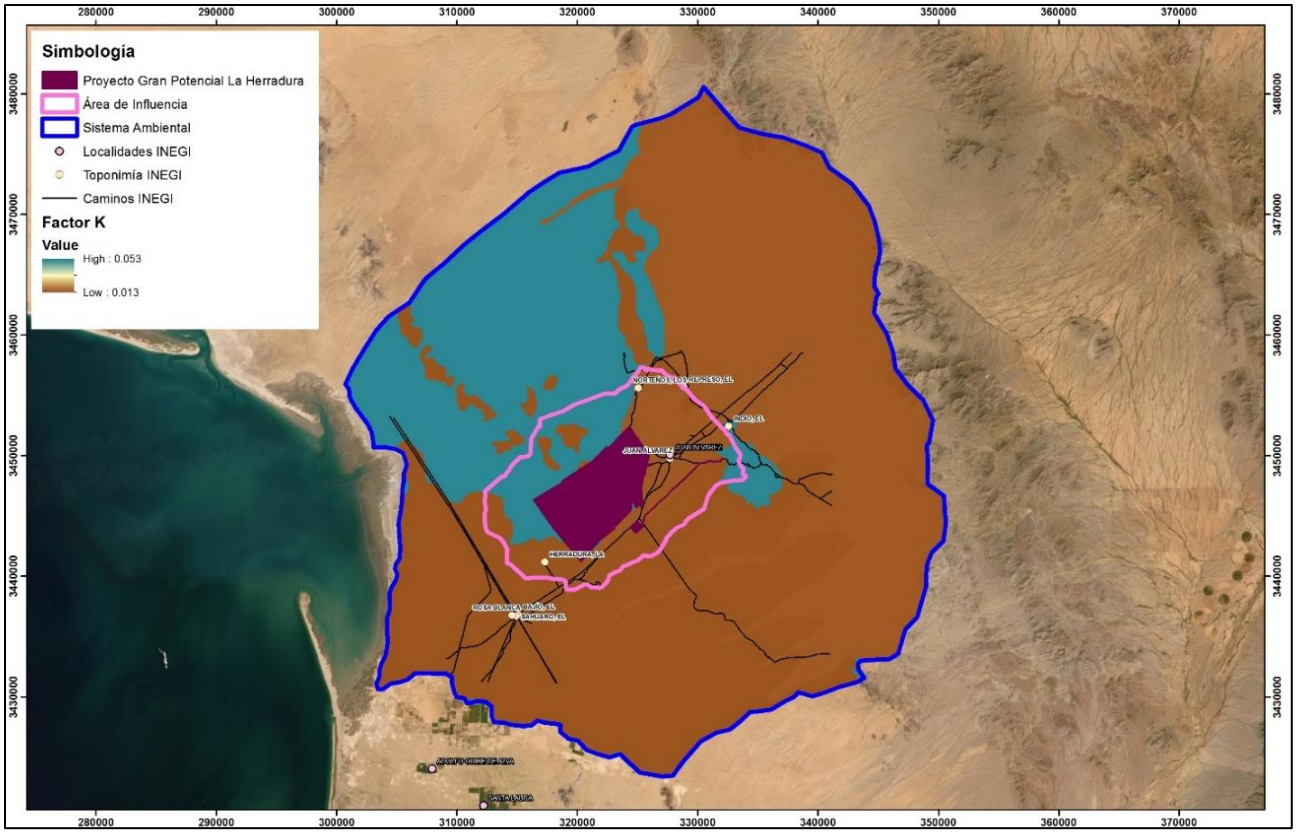



**Figura 4.38. Distribución espacial del Factor K**

### IV.2.1.1.3.2.4.3. Longitud y grado de pendiente (factor LS)

El efecto de la topografía en la erosión de suelos en la EUPS tiene dos componentes: el factor de longitud de la pendiente (L) y el factor de inclinación de la pendiente (S).

La longitud de la pendiente (factor L) se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{m} \qquad m = \frac{F}{(1+F)} \qquad F = \frac{sin\beta/0.0896}{3(sin\beta)^{0.8} + .056}$$

Donde λ es la longitud de la pendiente (en metros), m es el exponente de la longitud de la pendiente y β es el ángulo de la pendiente.

El factor L con el área de drenaje aportadora:

$$L_{(i,j)} = \frac{\left(A_{(i,j)} + D^2\right)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m \cdot D^{m+2} \cdot (22.13)^m}$$

Donde $A_{(i,j)}$ (m) es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda), D es el pixel y x es el factor de corrección de forma.

El factor S: El ángulo β se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente.

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10.38 sin\beta + 0.03 & tan\beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 sin\beta - 0.5 & tan\beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

A partir de las fórmulas anteriormente mencionadas y aplicadas a información topográfica del área, se genera el siguiente modelo del factor LS.

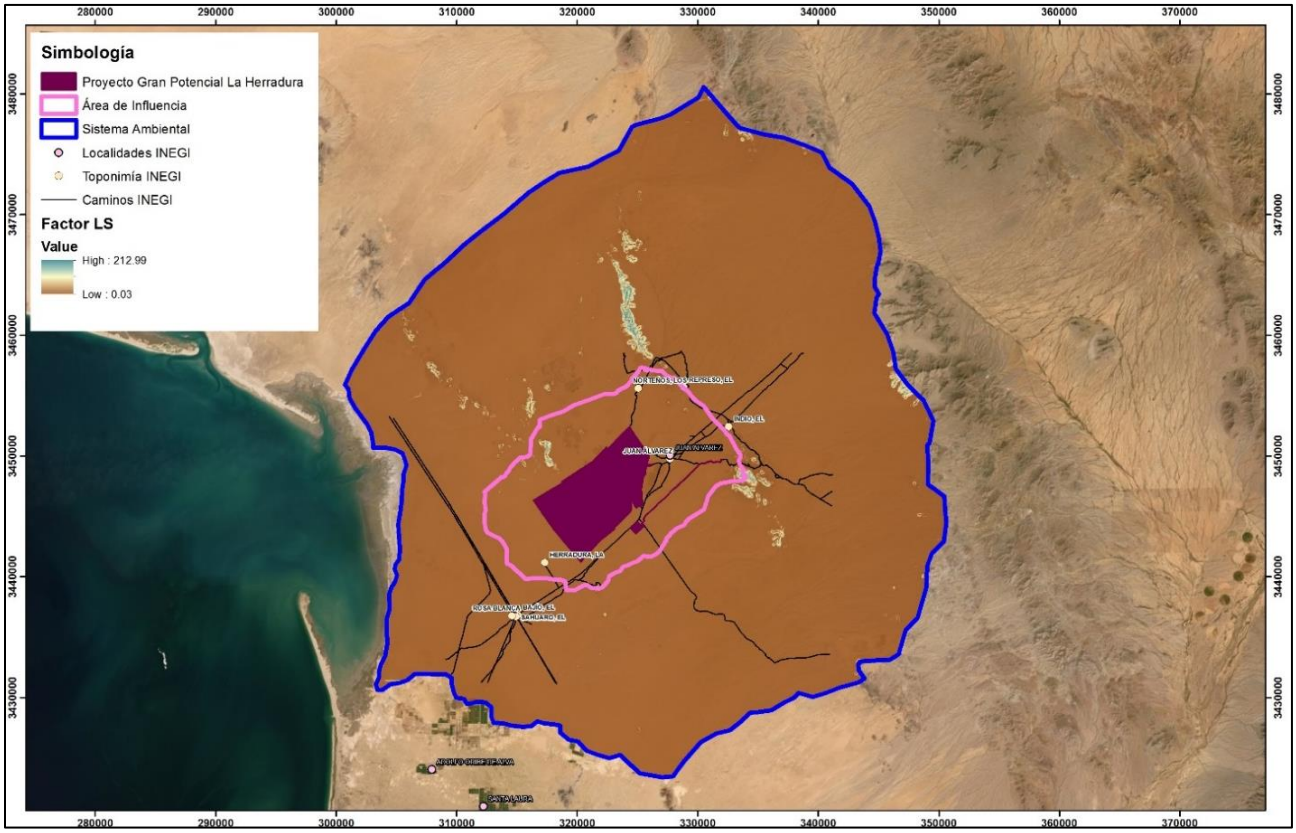



**Figura 4.39. Factor LS en el Sistema Ambiental**

### IV.2.1.1.3.2.4.4. Cobertura vegetal (factor C)

El factor de manejo de cultivos representa la relación de pérdida del suelo a partir de una condición específica de cultivo o cobertura. Para la obtención del factor "C" se realizaron visitas a campo y además de consultar la tabla de valores de "C" Wischmeier y Smith, 1979 (Figura 4.40).

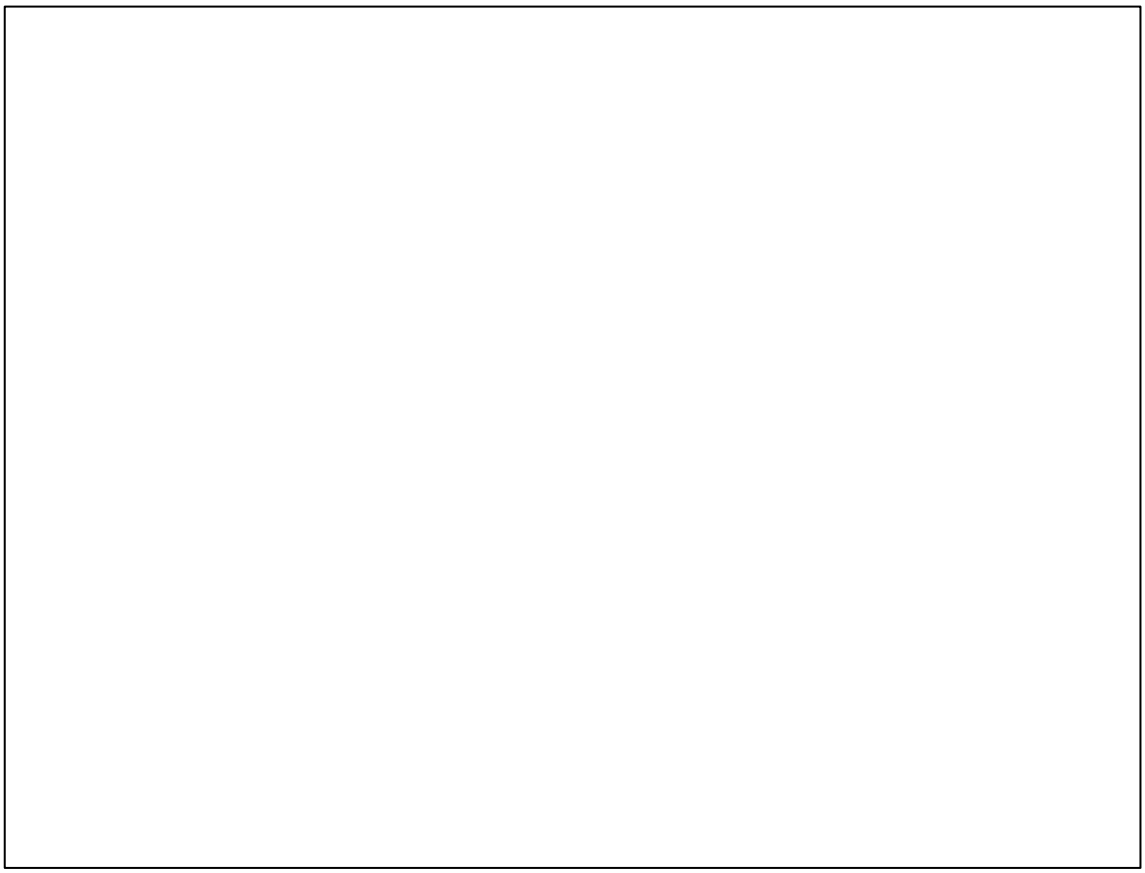


**Figura 4.40. Valores de C que se utilizan para estimar pérdidas de suelo**

A continuación, se presenta el factor "C" el cual varía de 0.04 a 0.4, esto en relación a la cobertura vegetal y tipo de uso de suelo (clasificación de INEGI serie VI), (Figura 4.41).

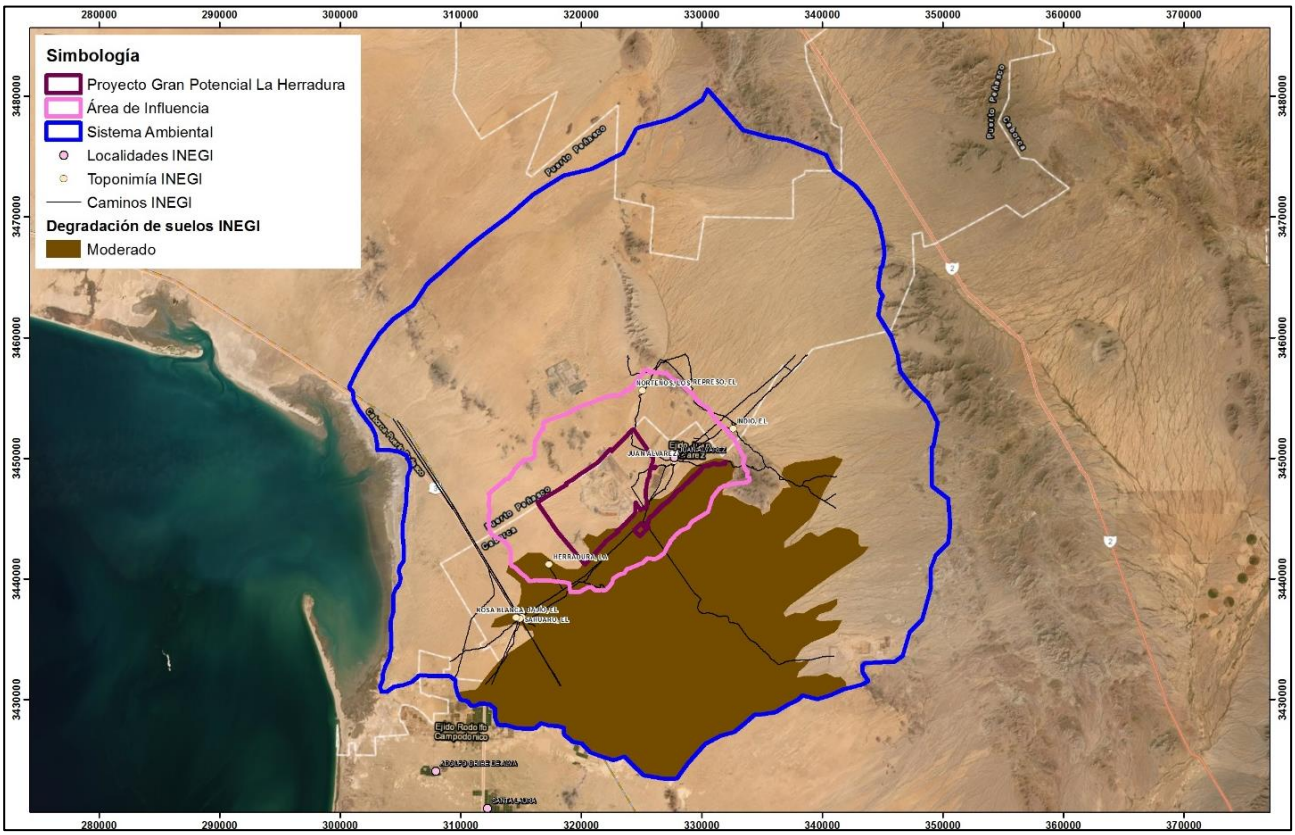



**Figura 4.43. Degradación del suelo, INEGI**

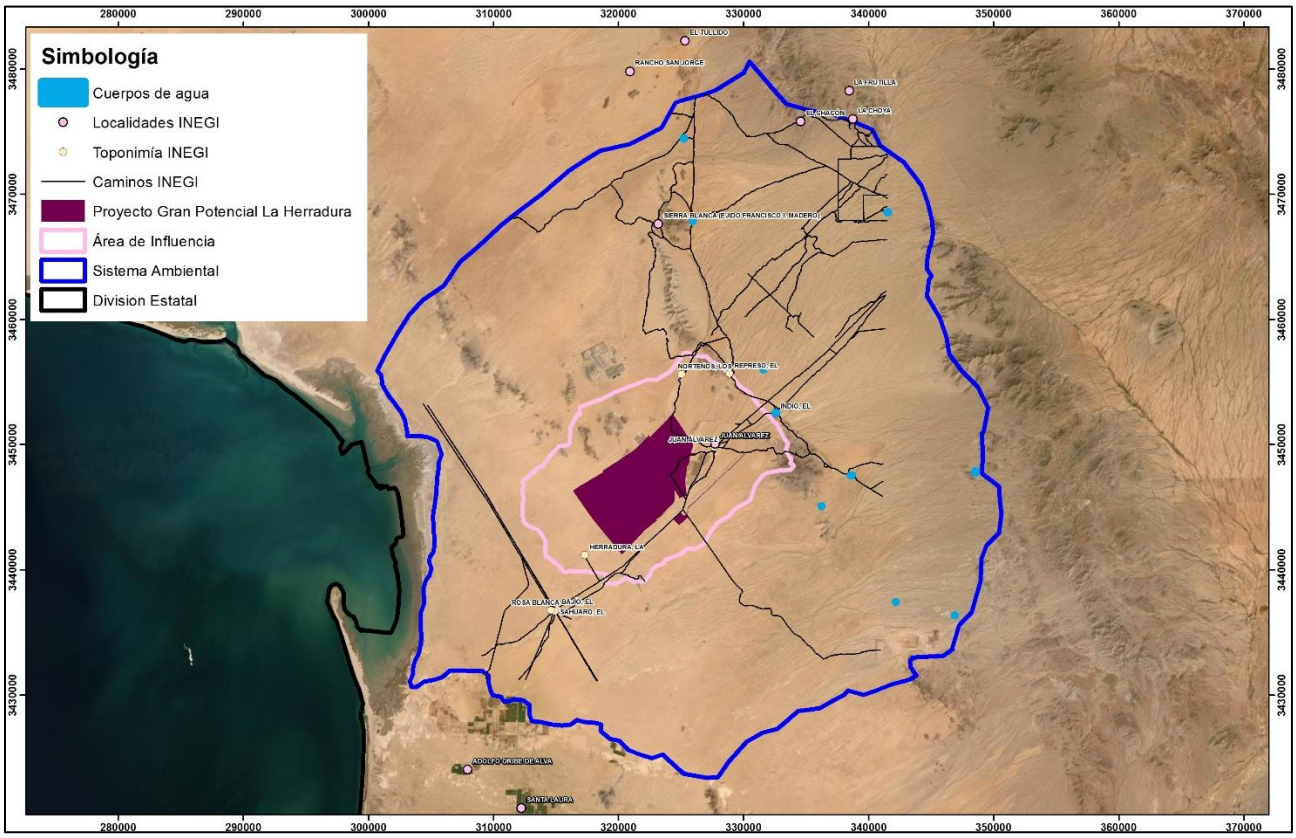



**Figura 4.47.Cuerpos de agua, INEGI**

### IV.2.1.1.4.1.1 Disponibilidad superficial

Para describir el componente "Hidrología" en el Diagnostico ambiental (DA), se consideró el criterio de Disponibilidad superficial, el cual contempla los siguientes factores; Cuerpos de agua y corrientes, perennes e intermitentes.

Cabe mencionar que, en este criterio, los cuerpos de agua intermitentes como bordos y represas son de suma importancia debido a los escases de agua en la región.

A continuación, se presenta la figura de los insumos utilizados en la inclusión de la disponibilidad superficial en el modelo de DA.

de longitud Oeste, cubriendo una superficie de 3051 km$^2$, geopolíticamente comprende parte de los municipios de Caborca, puerto peñasco y General Plutarco Elias Calles (Sonoyta). Mientras que el acuífero Caborca, está definido con la clave 2605, se localiza en la porción Noroccidental del estado de Sonora, entre las coordenadas geográficas 29°54´ y 31°22´ de latitud Norte y 111° 29´ y 113°08´ de longitud Oeste, cubriendo una superficie de 13,242 km$^2$, geopolíticamente el acuífero comprende parcialmente los municipios de Caborca, Pitiquito, Trincheras, Altar y Oquitoa.

A continuación, se muestra claramente la ubicación del SA delimitado para el Proyecto, con respecto a los límites de los acuíferos sobre los que tiene incidencia (Figura 4.50).

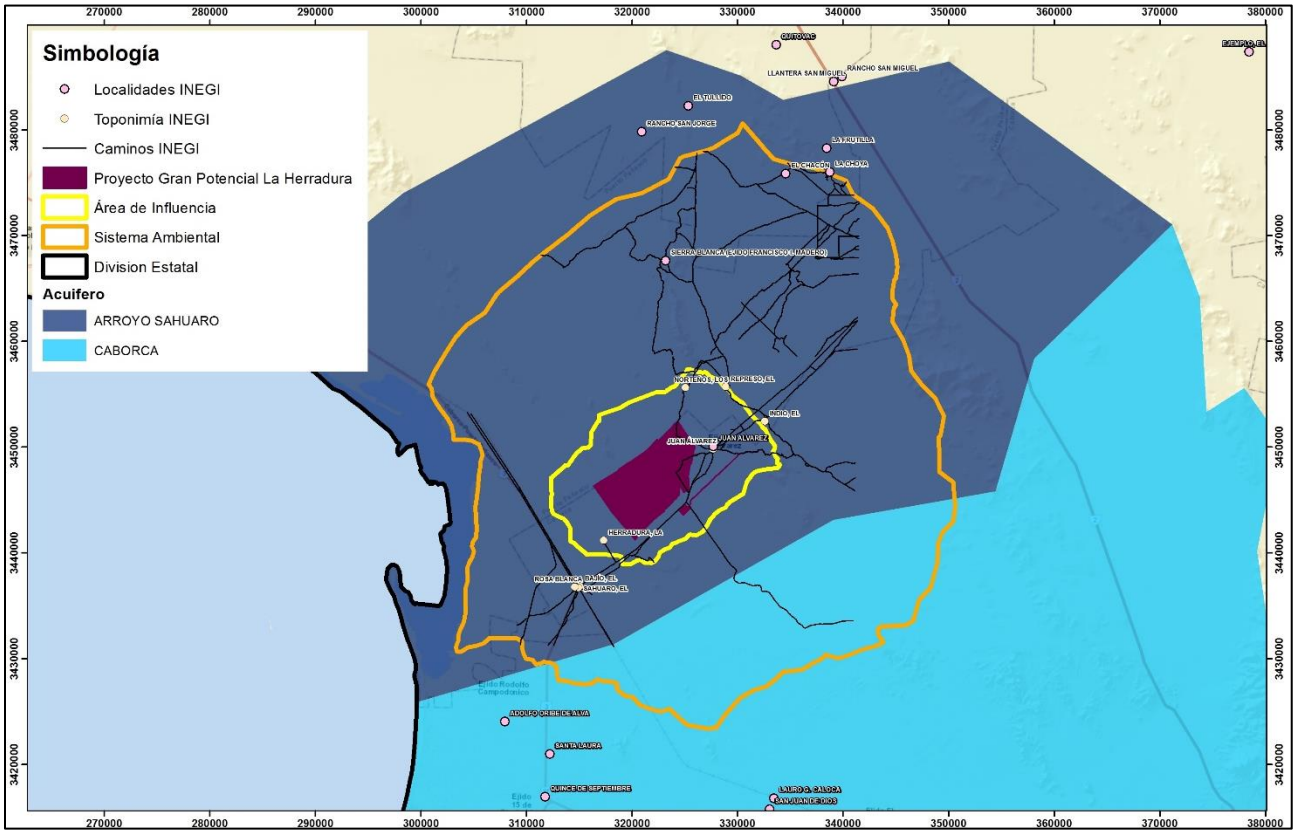



**Figura 4.50. Ubicación del SA respecto al acuífero Castaños**

*Disponibilidad de agua subterránea*

Con información del "Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 d abril de 2015, en las Tabla 4.19 y Tabla 4.20, se presentan los valores correspondientes a la disponibilidad de aguas subterráneas y la disponibilidad media anual, calculados con el método especificado en la NOM-011-CONAGUA-2015, para el acuífero sobre el que se encuentra el SA del Proyecto.

De acuerdo a la actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los valores de los términos que intervienen en su

determinación se presentan en las siguientes tablas y corresponden a la fecha de corte 04 de enero de 2018 y 30 de junio del año 2014 respectivamente.

**Tabla 4.19. Disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Arroyo Sahuaro (2604)**

| Clave | | Significado | Volumen ($Mm^3$) * |
|---|---|---|---|
| R | | Recarga total media anual | 10.9 |
| DNC | | Descarga natural comprometida | 3.3 |
| VEAS | VCAS | Volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas | 15.953234 |
| | VEALA | Volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente | 0.00 |
| | VAPTYR | Volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA | 0.00 |
| | VAPRH | Volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica | 0.00 |
| DMA | POSITIVA | Disponibilidad media anual de agua del subsuelo | 0.00 |
| | NEGATIVA | Disponibilidad media anual de agua del subsuelo | -8.353234 |

R:recarga total media anual: DNC: descarga natural comprometida; VEAS: volumen de extracción; VCAS: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; VEALA: volumen de extracción de agua en zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; VAPTYR: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; VAPRH: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica;DMA: disponibilidad media anual de agua del subsuelo.
* Cifras en hectómetros cúbicos ($hm^3$) equivalentes a millones de metros cúbicos ($Mm^3$)

**Tabla 4.20. Disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Caborca (2605)**

| Clave | | Significado | Volumen ($Mm^3$) * |
|---|---|---|---|
| R | | Recarga total media anual | 212.9 |
| DNC | | Descarga natural comprometida | 0.0 |
| VEAS | VCAS | Volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas | 303.770453 |
| | VEALA | Volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente | 0.00 |
| | VAPTYR | Volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA | 0.00 |
| | VAPRH | Volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica | 0.00 |
| DMA | POSITIVA | Disponibilidad media anual de agua del subsuelo | 0.00 |
| | NEGATIVA | Disponibilidad media anual de agua del subsuelo | -90.870453 |

R:recarga total media anual: DNC: descarga natural comprometida; VEAS: volumen de extracción;VCAS: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; VEALA: volumen de extracción de agua en zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; VAPTYR: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; VAPRH: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica;DMA: disponibilidad media anual de agua del subsuelo.

* Cifras en hectómetros cúbicos ($hm^3$) equivalentes a millones de metros cúbicos ($Mm^3$)

### IV.2.1.1.4.2.1 Vulnerabilidad del Acuífero

Para la descripción del criterio de vulnerabilidad del acuífero, se llevó a cabo la Metodología de GOD por sus siglas en inglés, *Ground wáter ocurrence*, *Overall aquifer class* y *Depth*, como el nombre lo indica considera los siguientes tres aspectos: Confinamiento hidráulico del agua subterránea, Litología y Granulometría sobreyacente y Profundidad del agua subterránea, los valores de estas variables se someten a un proceso de valoración mediante algebra de mapas y al resultado se le asigna un valor, con el cual se califica la vulnerabilidad, tal valor se categoriza en Nulo, Bajo, Moderado y Alto, el resultado visual del proceso se presenta en el modelo de la

**Figura 4.51**.

ambiental durante los últimos 10 años. Aunado a lo anterior, se consultó la guía actualizada para la presentación de "Manifestación de Impacto Ambiental" expedida por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT.

***Búsqueda y recopilación de información***

Se realizó una búsqueda y recopilación de información de contenido florístico y ecológico de la región. Así mismo, se descargó información en línea de las páginas oficiales de INEGI y CONABIO, la cual se ordenó y resguardo, para su uso en un Sistema de Información Geográfica (SIG), se utilizó el software ArcGIS versión 10.5.

***Establecimiento de puntos de confirmación de vegetación***

Con base en la imagen digital utilizada para el Proyecto y mediante el SIG, se establecieron puntos de interés, en todas las áreas con presencia de cobertura vegetal, a nivel SA, AI y Proyecto. Posteriormente, durante el trabajo de campo, mediante un aparato de geoposicionamiento satelital GPS Garmin eTrex10, se llegó a los puntos de interés y se confirmó o descartó la presencia de cobertura vegetal, así mismo, se identificó *in situ* el tipo de vegetación, con base en los elementos florísticos presentes, así como su fisonomía y estructura. La determinación del tipo de vegetación fue con base en la clasificación de (INEGI (. , 2017).

***Clasificación espectral de la vegetación***

En el presente apartado se incluye la clasificación espectral de los tipos de vegetación dentro de las áreas de análisis, mediante el tratamiento de una imagen digital, la cual se llevó a cabo a través de la siguiente metodología:

1. Pre-procesamiento de la imagen digital

La imagen utilizada en el análisis de la vegetación de las áreas de estudio, fue convertida a los formatos digitales adecuados para el software Arc Gis versión 10.5, se validó su corrección geométrica y geoposicionamiento con puntos de control e información cartográfica digital vectorial de diferentes fuentes y a diferentes escalas, posteriormente se integraron las imágenes en un mosaico fotogramétrico, asimismo, se utilizó el proceso de "remuestreo con la imagen".

2. Ubicación de sitios de evaluación de campo y delimitación de polígonos de estadísticas supervisadas

La primera etapa consistió en establecer áreas de vegetación representativa en la imagen, mediante los puntos de verificación de la vegetación, posteriormente, se identificó en campo el tipo de vegetación presente en cada área. El trabajo en campo permitió, además, establecer el número y tipo de clases para el proceso de clasificación supervisada de la imagen. Con base en los trabajos de levantamiento de campo, se compiló la información de los tipos de vegetación creando bases de datos con coordenadas geográficas para ubicar en el sistema de información los puntos muestreados. Con esta información se procedió a elaborar polígonos y puntos de control espectral para las comunidades vegetales presentes.

3. Determinación y evaluación de firmas espectrales

Posteriormente se llevó a cabo un análisis digital de la imagen, que consistió en la evaluación de las firmas espectrales de cada uso de suelo y cobertura vegetal y el proceso de clasificación mediante el algoritmo de máxima similitud, para seleccionar las más confiables y representativas, las cuales se utilizaron para la clasificación.

4. Aplicación del proceso de clasificación

Una vez obtenidas las firmas espectrales validadas, se procesó mediante algoritmos matemáticos basados en covarianzas y desviaciones estándar para agrupar los píxeles de la imagen en nubes dentro de un hiperespacio de 6 dimensiones, aquellos píxeles cuya posición se encuentra externa a las nuevas agrupadas, matemáticamente son integradas a la más próxima mediante algoritmos de mínima distancia para cubrir de manera integral la totalidad de los puntos.

5. Validación de la clasificación por el personal que trabajó en campo

Generada la clasificación espectral del área, se imprimió un mosaico de mapas de baja escala para ser revisados por los especialistas de campo, cotejando así el mapeo creado con las anotaciones de campo.

6. Integración al Sistema de Información Geográfica

Obtenidas las imágenes de Clasificación Espectral de la Vegetación y de cobertura de suelos se convirtieron en archivos de ArcInfo y se ingresaron al SIG del Proyecto. Una vez creados los polígonos de interés se procedió a sobreponer los archivos vectores a la clasificación de la imagen para ejecutar una operación algebraica de mapas en cálculo de áreas sobre las áreas de estudio.

**IV.2.1.2.1.2.2 Diseño de muestreo**

En las áreas de análisis, se presentan diferentes tipos de vegetación y aunque en todos destaca la presencia del estrato arbustivo, se observan variaciones en florística y fisonomía. En consideración a lo anterior, se efectuó un diseño de muestreo “Aleatorio estratificado”, atendiendo lo propuesto por (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Para el análisis de las áreas de estudio se estratificó de acuerdo a la distribución de los tipos de vegetación presentes y los sitios de muestreo se ubicaron aleatoriamente. A continuación, se presenta la siguiente figura, donde se aprecia el esquema de muestreo aleatorio estratificado.

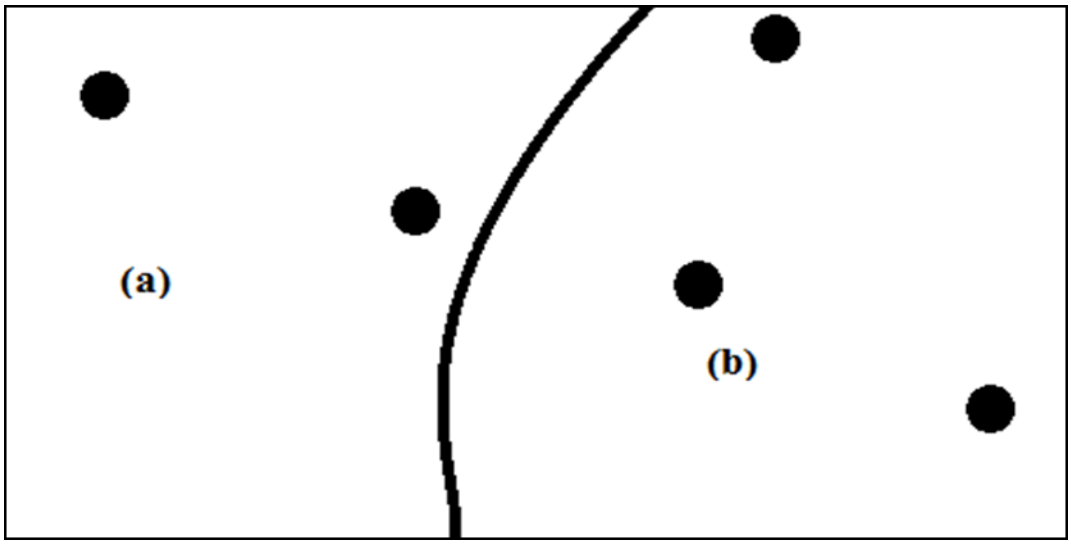



**Figura 4. 52 Diseño de muestreo aleatorio estratificado,**
**a) Tipo de vegetación uno b) Tipo de vegetación dos**

La ubicación de los sitios de muestreo fue aleatoriamente y para descartar alguna tendencia en los datos, se utilizó la herramienta "*Create Random Point*" de ArcToolbox, extensión del software ArcMap 10.5.

### IV.2.1.2.1.2.3 Tamaño de muestra en las áreas de análisis

*Intensidad de muestreo*

Para el cálculo de la intensidad de muestreo se realizó el cálculo del tamaño de muestra el cual debe ser representativo, por lo cual, se realizó un pre-muestreo o también llamado muestreo preliminar de poca intensidad el cual fue constituido por 8 sitios de muestreo aleatorios, dentro de la vegetación de Matorral desértico micrófilo (MDM), 12 sitios para la Vegetación de desiertos arenosos (VDA) y 8 para el tipo de vegetación de Matorral Sarcocaule (MSC), con el fin de alcanzar un nivel de confianza aceptable y un error permitido determinado, con base en la varianza del coeficiente utilizado, el cual fue número de individuos por sitio de muestreo (Yang & Pulkki, 2002).

A continuación, en la tabla se presentan las coordenadas de la ubicación de los sitios del pre-muestreo, por tipo de vegetación.

**Tabla 4. 21 Coordenadas de los sitios del pre-muestreo por tipo de vegetación**

| ID | X | Y | Tipo de vegetación |
|---|---|---|---|
| 1 | 334563 | 3441566 | VDA |
| 2 | 329955 | 3442155 | |
| 3 | 303136 | 3452631 | |
| 4 | 306853 | 3448798 | |
| 5 | 310790 | 3443565 | |
| 6 | 312108 | 3431674 | |
| 7 | 326352 | 3474753 | |
| 8 | 309566 | 3439497 | |
| 9 | 338629 | 3441133 | |

Es una medida que expresa la desviación estándar como un porcentaje de la media.

$$CV = \frac{S}{X} * 100$$

*Error estándar (Sx)*

Lo que más interesa en un muestreo, aparte de la media, es su exactitud. Se sabe que cada media estimada con base en un muestreo, tiene un error estadístico, el cual también hay que calcular.

A diferencia de la desviación estándar que mide el promedio de las desviaciones de las observaciones individuales respecto de la media muestral, el error estándar mide el desvío de las medias muéstrales respecto de la media poblacional. Este se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n(1-n/N)}}$$

Dónde: S = desviación estándar
n = tamaño de la muestra (número de unidades muéstrales)
N = tamaño de la población (expresada en parcelas)

Cuando n es muy pequeña con respecto a N, la fracción n/N se hace despreciable, y el factor (1-n/N) se aproxima a la unidad (1). En la práctica, cuando n/N es menor que 0.01, lo que comúnmente ocurre en los inventarios forestales, se puede considerar la población como infinita y la fórmula que da como:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

*Límites de confianza y error de muestreo absoluto*

La media obtenida a partir de una muestra difiere de la verdadera media poblacional. La media poblacional está comprendida entre un límite inferior dado por X - t(Sx) y un límite superior con X + t(Sx). Es decir:

Aunado a lo anterior y con base en la fórmula utilizada para el cálculo de numero de muestras, acatando el nivel de confianza del 95%, nivel que se sugiere para los esfuerzos de muestreo en vegetación y el que sugiere (SEMARNAT, Guía para la Elaboración de Estudio Técnicos Justificativos, 2016) y utilizando el nivel de error que habitualmente se utiliza el cual es 10 % (Orozco & Brumér, Inventarios forestales para bosques de latifoliados en américa central, 2002), se obtuvo el tamaño de muestra por tipo de vegetación.

A continuación, se presenta el número de muestreos necesarios, para cumplir con un 95% de confiabilidad y 10% de error muestral, por tipo de vegetación, con base en el pre-muestreo y en el coeficiente utilizado (Número de individuos por sitio de muestreo).

*Matorral desértico micrófilo (MDM)*

**Tabla 4. 22 Cálculo de tamaño de muestra del tipo de vegetación MDM**

| N° de sitios | Número de individuos por sitio | Y | S | CV | E | f | T | Número de muestras |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 76 | 80.6250 | 13.4583 | 16.6924 | 10.0000 | 7.0000 | 2.3646 | **15.5795** |
| 2 | 75 | | | | | | | |
| 3 | 96 | | | | | | | |
| 4 | 67 | | | | | | | |
| 5 | 100 | | | | | | | |
| 6 | 89 | | | | | | | |
| 7 | 80 | | | | | | | |
| 8 | 62 | | | | | | | |
| **Y = Promedio muestral, S= Desviación estándar, CV= Coeficiente de variación, E= Error de muestreo, f= Grados de libertad, T= T de prueba de Student.** | | | | | | | | |

En concreto para alcanzar la confiabilidad deseada del 95% con un 10% de error, se requieren 16 sitios de muestreo, los cuales se levantaron durante el trabajo de campo.

*Vegetación Desiertos Arenosos (VDA)*

**Tabla 4. 23 Cálculo de tamaño de muestra del tipo de vegetación VDA**

| N° de sitios | Número de individuos por sitio | Y | S | CV | E | f | T | Número de muestras |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 95 | 100.9091 | 21.3656 | 21.1732 | 10.0000 | 7.0000 | 2.3600 | **24.96** |
| 2 | 90 | | | | | | | |
| 3 | 99 | | | | | | | |
| 4 | 94 | | | | | | | |
| 5 | 115 | | | | | | | |
| 6 | 88 | | | | | | | |

| N° de sitios | Número de individuos por sitio | Y | S | CV | E | f | T | Número de muestras |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 89 | | | | | | | |
| 8 | 79 | | | | | | | |
| 9 | 158 | | | | | | | |
| 10 | 94 | | | | | | | |
| 11 | 109 | | | | | | | |
| Y = Promedio muestral, S= Desviación estándar, CV= Coeficiente de variación, E= Error de muestreo, f= Grados de libertad, T= T de prueba de Student. | | | | | | | | |

En concreto para alcanzar la confiabilidad deseada del 95% se requieren 25 sitios de muestreo, los cuales se realizaron durante el trabajo de campo.

Matorral Sarcocaule *(MSC)*

**Tabla 4. 24 Cálculo de tamaño de muestra del tipo de vegetación MSC**

| N° de sitios | Número de individuos por sitio | Y | S | CV | E | f | T | Número de muestras |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 109 | 122.1250 | 20.3079 | 16.6288 | 10.0000 | 7.0000 | 2.3646 | **15.4609** |
| 2 | 91 | | | | | | | |
| 3 | 128 | | | | | | | |
| 4 | 145 | | | | | | | |
| 5 | 116 | | | | | | | |
| 6 | 146 | | | | | | | |
| 7 | 104 | | | | | | | |
| 8 | 138 | | | | | | | |
| **Y = Promedio muestral, S= Desviación estándar, CV= Coeficiente de variación, E= Error de muestreo, f= Grados de libertad, T= T de prueba de Student.** | | | | | | | | |

En concreto para alcanzar la confiabilidad deseada del 95% se requieren 15 sitios de muestreo, sin embargo, durante el trabajo de campo se levantaron 17 sitios de muestreo, dos sitios más de lo que requería la meta estadística.

*Curva de acumulación de especies*

Para conocer la eficacia del esfuerzo de muestreo con relación a la riqueza de especies encontradas, se realizaron curvas de acumulación, con base en los resultados obtenidos en el estimador Chao1, "Singletons" y "Doubletons" el cual refleja la riqueza estimada, comparado con la curva de acumulación reflejada por la riqueza verdadera u observada y con el estimador ACE el cual se basa en la cobertura de abundancia de la riqueza de las especies, lo cual desarrollan y proponen algunos autores, (Gómez, López & Williams, Linera, 2006), (Villareal, y otros, 2004).

*Chao1*

*Matorral Sarcocaule (MSC)*

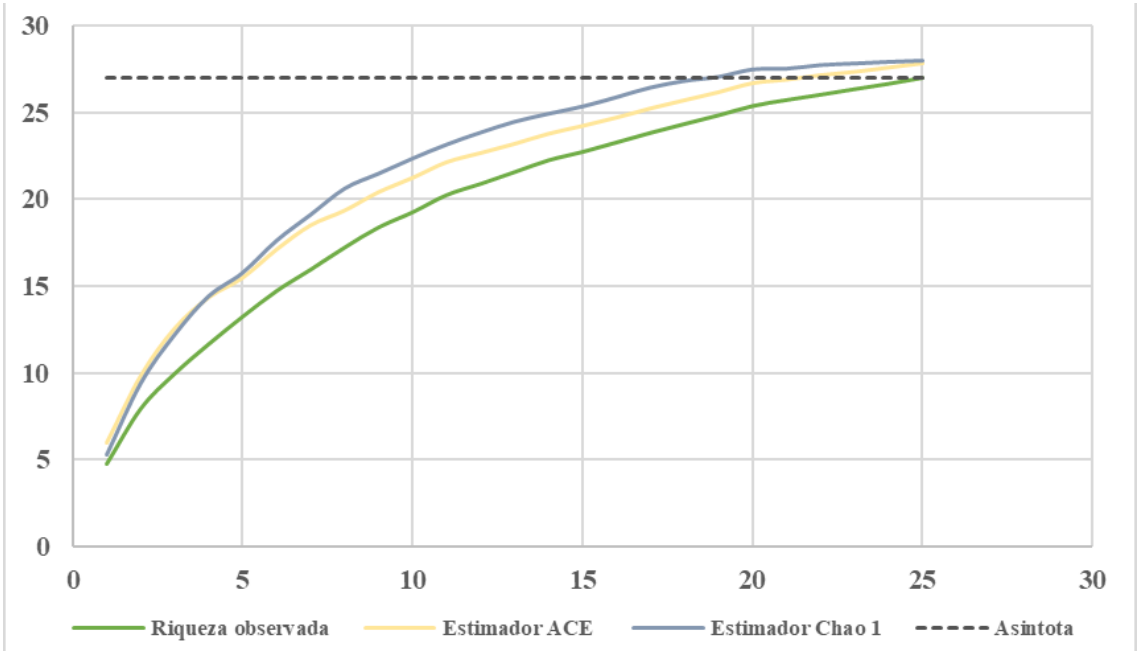



**Figura 4. 55 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el VDA**

En el estrato dominante de la vegetación de VDA de las áreas de análisis, la riqueza observada fue de 27 spp. de plantas vasculares, el esfuerzo de muestreo para este tipo de vegetación fue de 25 sitios. Respecto a lo estimado por ACE y Chao 1, se obtuvo una representatividad del 97.09 % y 96.43 % respectivamente, lo cual significa un promedio de 96.75 % respecto a los valores reales observados, lo que refleja un alta eficiencia y confiabilidad del muestreo realizado para conocer la riqueza de las especies.

**IV.2.1.2.1.2.4 Diseño del sitio de muestreo**

Para establecer el diseño o forma de cada sitio de muestreo se consideraron las características de la vegetación que presentan las áreas de estudio, la experiencia de levantamientos en campo y lo propuesto por diferentes autores reconocidos en materia ecológica-forestal a nivel nacional, (Caballero, Deloya, 1977) (Balleza, Cadengo, 2000), (Lara, Raimers, 2011).

Se determinó que el diseño del sitio de muestreo más adecuado a utilizar fuera el que normalmente se utiliza en los inventarios forestales en México, el método de "Sitios circulares" adoptado por Rodríguez en 1953, el cual consta de un sitio fijo de 1000 $m^2$ con un radio de 17.84 m, sin embargo, para optimizar el análisis y la descripción de los datos de vegetación, se agregaron dos subsitios circulares, el primero de 500 $m^2$ con 12.62 m de radio, para cuantificar las especies arbustivas y el segundo de 100 $m^2$ con 5.64 m de radio para cuantificar y describir las especies del estrato herbáceo.

En la figura siguiente, se muestra el esquema de muestreo propuesto por Rodríguez en 1953 y modificado por Natural Environment SC.

Aunado a lo anterior, se consultó a especialistas en diferentes grupos de plantas del IBUG de la Universidad de Guadalajara.

### IV.2.1.2.1.2.8. Diversidad de la vegetación

*Índice de Shannon o índice de Shannon-Wiener*

Además de la riqueza especifica (S) la cual es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, (número de especies presentes), para el análisis ecológico de la vegetación del SA, AI y Proyecto, se utilizó el Índice de equidad de Shannon o índice de Shannon-Wiener (Moreno Ortega, Métodos para medir la biodiversidad, 2001), el cual mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar dentro de cada estrato de cada tipo de vegetación, ya que este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia de todas las especies de la muestra de comunidad. Por lo tanto, a mayor valor del índice de Shannon, la uniformidad en los valores refleja una distribución equilibrada de las especies, y por lo tanto una buena diversidad de especies, sin embargo, al arrojar valores en cero o cerca del cero cuando la diversidad es baja y existe presencia solo de una o unas cuantas especies.

El Índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S (Riqueza específica), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

La fórmula para calcular el índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \ln(P_i)$$

Dónde:

H = Índice de diversidad de Shannon
S = Número de especies
Ln= Logaritmo natural de Pi
Pi = Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie i): ni/N
ni = Número de individuos de la especie i
N = Número de todos los individuos de todas las especies

### IV.2.1.2.1.2.9. Riquezas de especies vegetales

La riqueza florística de las especies vegetales, se presenta en listados florísticos generados por área los cuales contienen Orden de la especie, Familia, Genero, Nombre científico, Autor y nombre común.

Así mismo se presentan las especies incluidas en La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, (SEMARNAT, 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., 2010), la cual establece la protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestre, así como las categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de categoría, mismas que se describen a continuación.

- Categoría "Probablemente extinta en el medio silvestre" (E): Aquellas especies nativas que en vida libre dentro del territorio mexicano han desaparecido.

- Categoría "En peligro de extinción" (P): Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica.

- Categoría "Amenazada" (A): Aquellas especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad.

- Categoría "Sujetas a protección especial" (Pr): Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

**IV.2.1.2.1.2.10 Estructura de la vegetación**

El análisis de los datos ecológicos de la vegetación de las áreas SA, AI y Proyecto, se realizó por tipo de vegetación y por estrato, así mismo, se calcularon datos de relevancia ecológica los cuales son: Densidad Absoluta y Relativa, Dominancia Absoluta y Relativa, Frecuencia Absoluta y Relativa. Estos resultados a su vez permitieron obtener el Índice de Valor de Importancia (IVI). El IVI propuesto por Cottam y Curtis (1956) y utilizado en diversos trabajos (Orozco & Brumér, Inventarios Forestales Para Bosques Latifoliados en América Central, 2002), define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura ecológica del ecosistema, con lo que se define cuales especies son las más importantes.

Las fórmulas y parámetros utilizados en la descripción de la estructura de la vegetación del SA se presentan a continuación.

*Densidad absoluta*

Representa el número promedio de individuos por área o superficie de muestreo. El cálculo de la Densidad Absoluta se obtiene de la siguiente manera:

$$D=N/A$$

Dónde:
D = Densidad Absoluta
N = Número total de individuos
A = Superficie muestreada en ha

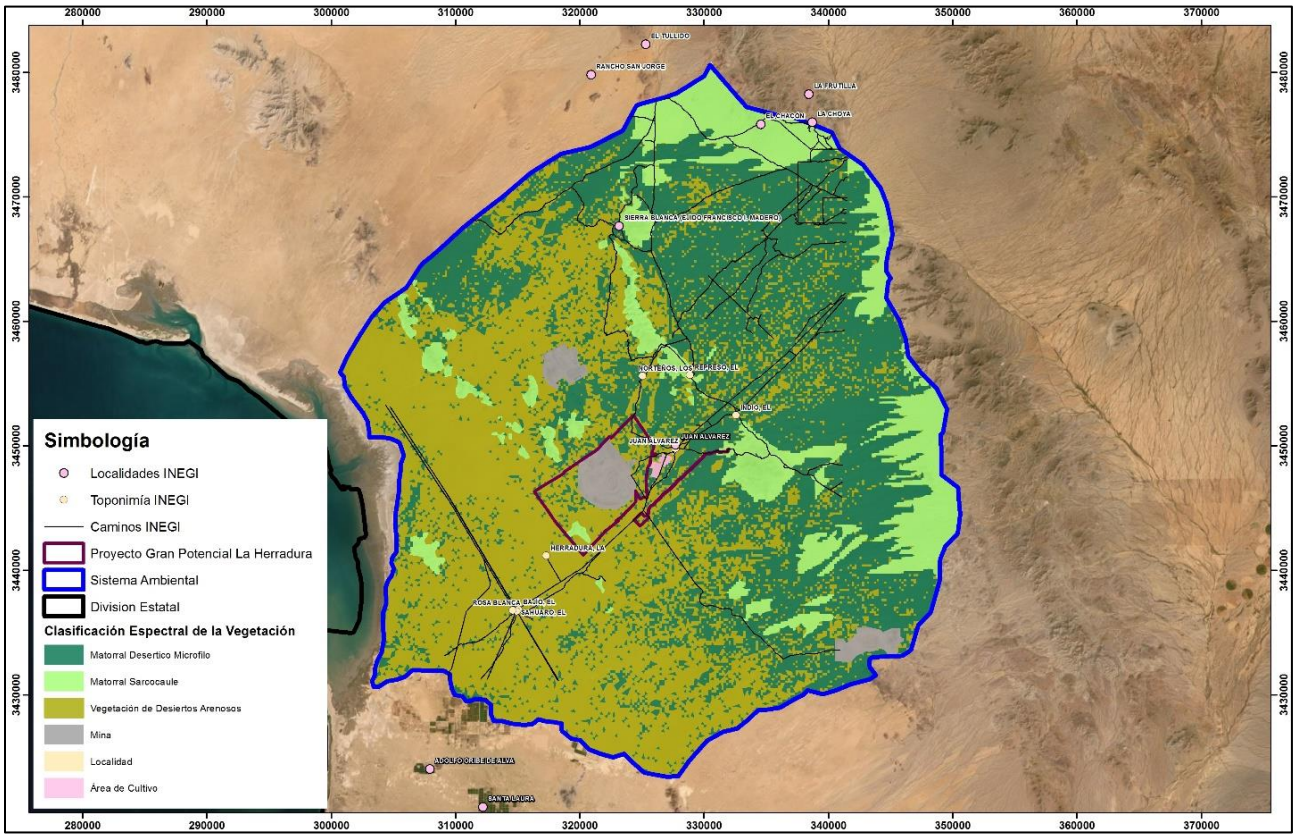



**Figura 4.62. Tipo y distribución de los tipos de vegetación determinados para el SA**

La descripción de los tipos de vegetación presentes en el SA se detalla a continuación.

*Matorral Desértico Micrófilo (MDM)*

El MDM se extiende hacia centro y en las bajadas suaves y llanos del SA. Esta comunidad mantiene una estrecha relación con la vegetación de MSC ya que al desarrollarse en las áreas de pendiente muy suave o planas cubre los suelos originados por el arrastre de material procedente de las pendientes. A esta comunidad dentro del SA la constituyen principalmente *Larrea tridentata* y Ambrosia spp, en los estratos inferiores, sin embargo, a lo largo de las vías de drenaje crecen especies principalmente arbóreas las cuales se comparten con la vegetación de MSC. La estructura de esta comunidad, se encuentra representada por tres estratos bien definidos, los cuales son: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

*Matorral Sarcocaule (MSC)*

El MSC dentro del SA la constituyen organismos los cuales presentan tallos suculentos, es decir, tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos como lo son algunas especies de cactáceas, así mismo, especies semisuculentas, con ramaje tortuoso y a veces corteza exfoliante como algunas especies de las familias Burseraceae y Euforbiácea. El MSC se encuentra distribuido principalmente sobre los cerros y laderas en terrenos rocosos y suelos someros, al centro-este del SA. La estructura del MSC del SA, se encuentra representada por tres estratos bien definidos, los cuales son: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

*Vegetación de desiertos arenosos (VDA)*

A esta comunidad vegetal dentro del SA la constituyen organismos adaptados perfectamente al suelo no consolidado, las condiciones del suelo donde se desarrolla esta comunidad son producto del desplazamiento de partículas acarreadas por el viento. Los elementos florísticos de este tipo de vegetación se agrupan principalmente en manchones, dejando grandes áreas o espacios abiertos, escasos de cobertura vegetal. La estructura de esta comunidad, se encuentra representada por tres estratos bien definidos, los cuales son: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

En el Anexo 4.7, se presentan el reporte fotográfico de los tipos de vegetación presentes en las áreas de análisis.

### IV.2.1.2.1.3.2. Riqueza florística de la vegetación presente en el SA

La riqueza florística del SA incluye 18 órdenes, 23 familias, 49 géneros y 60 especies de plantas vasculares. A continuación, se presenta el listado de especies registradas e identificadas para el SA del Proyecto, con base al trabajo de campo.

**Tabla 4. 25. Listado florístico del SA**

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Asparagaceae | *Hesperocallis undulata* | A. Gray | Lirio del desierto |
| 2 | Asteraceae | *Ambrosia deltoidea* | (Torr.) W.W. Payne | Cenizo |
| 3 | | *Ambrosia ambrosioides* | (Cav.) W.W. Payne | Chicura |
| 4 | | *Ambrosia dumosa* | (A. Gray) W.W. Payne | Hierba del burro |
| 5 | | *Baccharis sarothroides* | A. Gray | Romerillo |
| 6 | | *Bebbia juncea* | (Benth.) Greene | |
| 7 | | *Encelia farinosa* | A. Gray ex Torr. | Flor de Rocío |
| 8 | | *Helianthus niveus* | (Benth.) Brandegee | Girasol del desierto |
| 9 | | *Hymenoclea monogyra* | Torr. & A. Gray | Jejego |
| 10 | Boraginaceae | *Cryptantha angustifolia* | (Torr.) Greene | |
| 11 | | *Tiquilia palmeri* | (A. Gray) A.T. Richardson | |
| 12 | Brassicaceae | *Descurainia pinnata* | (Walter) Britton | |
| 13 | | *Lepidium lasiocarpum* | Nutt. ex Torr. & A. Gray | Lentejilla |
| 14 | Amaranthaceae | *Atriplex canescens* | (Pursh) Nutt. | Cenizo |
| 15 | | *Suaeda nigra* | (Raf.) J.F. Macbr. | Romeritos |
| 16 | Cactaceae | *Carnegiea gigantea* | (Engelm.) Britton & Rose | Sahuaro |
| 17 | | *Cylindropuntia fulgida* | (Engelm.) F.M. Knuth | Choya |
| 18 | | *Cylindropuntia acanthocarpa* | (Engelm. & J.M. Bigelow) F.M. Knuth | Choya |
| 19 | | *Cylindropuntia arbuscula* | (Engelm.) F.M. Knuth | Sibiri |
| 20 | | *Cylindropuntia leptocaulis* | (DC.) F.M. Knuth | Tasajillo |
| 21 | | *Cylindropuntia bigelovii* | (Engelm.) F.M. Knuth | Choya Güera |

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común |
|---|---|---|---|---|
| 22 | | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | (Engelm. ex S. Watson) W. Blum & Mich. Lange | Alicoche de Manojos |
| 23 | | *Echinocereus engelmannii* | (Parry ex Engelm.) Lem. | Alicoche fresa |
| 24 | | *Ferocactus emoryi* | (Engelm.) Orcutt | Biznaga barril |
| 25 | | *Grusonia reflexispina* | (Wiggins & Rollins) E.F. Anderson | Nopal Cardo Lacio |
| 26 | | *Lophocereus schottii* | (Engelm.) Britton & Rose | Sinita |
| 27 | | *Mammillaria grahamii* | Engelm. | Biznaga Chollo Chico |
| 28 | | *Opuntia macrocentra* | Engelm. | Nopal |
| 29 | | *Stenocereus thurberi* | (Engelm.) Buxb. | Pitayo dulce |
| 30 | Simmondsiaceae | *Simmondsia chinensis* | (Link) C.K. Schneid. | Jojoba |
| 31 | Ephedraceae | *Ephedra aspera* | Engelm. ex S. Watson | Canutillo |
| 32 | Fouquieriaceae | *Fouquieria splendens* | Engelm. | Ocotillo |
| 33 | Fabaceae | *Acacia greggii* | A. Gray | Uña de gato |
| 34 | | *Olneya tesota* | A. Gray | Palo fierro |
| 35 | | *Parkinsonia florida* | (Benth. ex A. Gray) S. Watson | Palo verde |
| 36 | | *Parkinsonia microphylla* | Torr. | Palo verde |
| 37 | | *Prosopis juliflora* | (Sw.) DC. | Mezquite |
| 38 | | *Senna covesii* | (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby | Ejotillo |
| 39 | Acanthaceae | *Justicia californica* | (Benth.) D.N. Gibson | Chuparrosa |
| 40 | Plantaginaceae | *Plantago ovata* | Forssk. | Plantago |
| 41 | Verbenaceae | *Lippia graveolens* | Kunth | Orégano cimarrón |
| 42 | Euphorbiaceae | *Jatropha cuneata* | Wiggins & Rollins | |
| 43 | | *Euphorbia maculata* | L. | |
| 44 | | *Euphorbia micromera* | Boiss. | Golondrina |
| 45 | | *Jatropha cinerea* | (Ortega) Müll. Arg. | Sangregrado |
| 46 | | *Sebastiania bilocularis* | S. Watson | Guayacán |
| 47 | Malvaceae | *Hibiscus denudatus* | Benth. | Tulipán del Desierto |
| 48 | | *Horsfordia alata* | (S. Watson) A. Gray | |
| 49 | Onagraceae | *Oenothera deltoides* | Torr. & Frém. | Jaula de pájaro |
| 50 | Poaceae | *Aristida californica* | Thurb. | |
| 51 | | *Cenchrus palmeri* | Vasey | Cadillo Huizapol |
| 52 | | *Cenchrus ciliaris* | L. | Buffel |
| 53 | | *Hilaria rigida* | (Thurb.) Benth. ex Scribn. | Zacate Galleta |
| 54 | Pteridaceae | *Notholaena californica* | D.C. Eaton | Helecho |
| 55 | Santalaceae | *Phoradendron californicum* | Nutt. | Muerdago |
| 56 | Burseraceae | *Bursera microphylla* | A. Gray | Torote |
| 57 | Solanaceae | *Lycium brevipes* | Benth. | |
| 58 | | *Lycium andersonii* | A. Gray | Frutilla |
| 59 | Krameriaceae | *Krameria grayi* | Rose & J.H. Painter | Cosahui |
| 60 | Zygophyllaceae | *Larrea tridentata* | (DC.) Coville | Gobernadora |

Las familias de plantas que mejor representa la vegetación del SA son: Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae. Los grupos de plantas mejor representados son característicos del semidesierto, el cual está representado por matorrales como los matorrales característicos, Matorral Sarcocaule (MSC), Matorral desértico micrófilo (MDM) y Vegetación de desierto arenosos (VD).

### IV.2.1.2.1.3.3. Especies catalogadas bajo protección y de importancia para su conservación en el SA

Dentro de los sitios de muestreo realizados dentro del SA, se logró identificar la presencia de dos especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059- SEMARNAT-2010, las cuales se presentan a continuación.

**Tabla 4. 26. Listado de especies con categoría en la NOM-059 SEMARNAT dentro del SA**

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común | Categoría NOM 05-2010 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cactaceae | *Carnegiea gigantea* | (Engelm.) Britton & Rose | Sahuaro | **A** |
| 2 | Fabaceae | *Olneya tesota* | A. Gray | Palo fierro | **Pr** |

Las especies anteriores, se encuentran bien representadas en los tres tipos de vegetación presentes en el SA.

Las categorías bajo las que se encuentran estas especies, de acuerdo a la Norma; “Amenazadas” (A) y “Sujetas a protección especial” (Pr), son aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad.

### IV. 2.1.2.1.4. Estructura de la vegetación dentro del SA del Proyecto

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos de los datos ecológicos en el SA del Proyecto, para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo para cada tipo de vegetación, con base en los trabajos de campo.

*Matorral desértico micrófilo (MDM)*

*Estrato arbóreo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos y el IVI calculado para el estrato arbóreo del tipo de vegetación MDM del SA.

**Tabla 4. 27. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbóreo presente en el MDM del SA**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 24 | 15.00 | 27.59 | 6.77 | 12.07 | 10.00 | 20.41 | 60.06 |

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 25 | *Baccharis sarothroides* | Romerillo | 4 | 4.71 | 0.30 | 1.05 | 0.10 | 2.00 | 1.22 | 1.61 |
| 26 | *Simmondsia chinensis* | Jojoba | 2 | 2.35 | 0.15 | 1.85 | 0.17 | 2.00 | 1.22 | 1.54 |
| 27 | *Prosopis juliflora* | Mezquite | 4 | 4.71 | 0.30 | 6.70 | 0.62 | 1.00 | 0.61 | 1.53 |
| 28 | *Echinocereus engelmannii* | Alicoche fresa | 9 | 10.59 | 0.67 | 1.87 | 0.17 | 1.00 | 0.61 | 1.45 |
| 29 | *Olneya tesota* | Palo fierro | 1 | 1.18 | 0.07 | 1.70 | 0.16 | 1.00 | 0.61 | 0.84 |
| 30 | *Suaeda nigra* | Romeritos | 2 | 2.35 | 0.15 | 0.80 | 0.07 | 1.00 | 0.61 | 0.83 |
| 31 | *Senna covesii* | Ejotillo | 1 | 1.18 | 0.07 | 0.40 | 0.04 | 1.00 | 0.61 | 0.72 |
| **Total** | | | **1347** | **1585** | **100** | **1078** | **100** | **164** | **100** | **300** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

El valor más alto de abundancia, frecuencia y dominancia lo presenta la especie *Encelia farinosa* "Flor de roció", lo cual denota una fuerte influencia de elementos de la Vegetación de desiertos arenosos en este estrato y por lo cual, un estado de sucesión de la vegetación en los estratos inferiores. Sin embargo, especies características propias del MSC presentan valores ecológicos medios, respecto a los de las especies que encabezan los listados. Ejemplo a lo anterior son: *Bursera microphylla* "Torote", *Ferocactus emoryi* "Biznaga", *Echinocereus engelmannii* "Alicoche", *Olneya tesota* "Palo fierro" entre otras.

Cabe destacar que, dentro de este estrato, de la vegetación de MSC, a lo largo de las vías de drenaje o en lugares con declive pronunciado, se registraron especies fisonómicamente distintitas a las especies típicas, por ejemplo: *Lycium andersonii* "Frutilla", *Simmondsia chinensis* "Jojoba", y *Sebastiania bilocularis* "Guayacán". Dentro del estrato arbustivo también se encuentran especies de interés ecológico como la "Senita" *Lophocereus schottii*.

*Estrato herbáceo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato herbáceo del tipo de vegetación MSC en el SA.

**Tabla 4.32. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato herbáceo presente en el MSC del SA**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Cryptantha angustifolia* | | 40 | 235.29 | 16.33 | 10.00 | 33.98 | 2.00 | 22.22 | 72.53 |
| 2 | *Euphorbia micromera* | Golondrina | 100 | 588.24 | 40.82 | 5.00 | 16.99 | 1.00 | 11.11 | 68.92 |
| 3 | *Cenchrus ciliaris* | | 30 | 176.47 | 12.24 | 7.00 | 23.79 | 2.00 | 22.22 | 58.26 |
| 4 | *Lepidium lasiocarpum* | Lentejilla | 50 | 294.12 | 20.41 | 2.50 | 8.50 | 1.00 | 11.11 | 40.02 |
| 5 | *Helianthus niveus* | Girasol del desierto | 10 | 58.82 | 4.08 | 3.50 | 11.89 | 1.00 | 11.11 | 27.09 |
| 6 | *Euphorbia maculata* | | 10 | 58.82 | 4.08 | 1.00 | 3.40 | 1.00 | 11.11 | 18.59 |
| 7 | *Descurainia pinnata* | | 5 | 29.41 | 2.04 | 0.43 | 1.44 | 1.00 | 11.11 | 14.60 |
| **Total** | | | **245** | **1441.18** | **100** | **29.43** | **100** | **9.00** | **100** | **300** |

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

El estrato herbáceo de la vegetación del Matorral Sarcocaule, del SA, ésta representado por solo siete especies las cuales van desde los 5 cm de altura, como la *Euphorbia micromera* "Golondrina" la cual es de habitó rastrero, hasta el "Girasol del desierto" *Helianthus niveus* el cual llega a alcanzar los 70 cm de altura. La altura promedio de este estrato es de 30 cm.

La especie más abundante, dominante y frecuente de este estrato es la *Cryptantha angustifolia*, la cual es una especie nativa de Sur de EUA y Norte de México. Ésta especie es característica de los hábitats secos y suelos arenosos. Cabe mencionar que las especies restantes son especies con mayor afinidad a la vegetación de desiertos arenosos, por ejemplo: *Descurainia pinnata*, la cual es una especie oportunista, ya que crecen en lugares perturbados, y se puede inferir que el paso o la estancia de mamíferos o roedores contribuyen a su establecimiento.

Con base en los datos ecológicos registrados, se puede inferir que los elementos que conforman el estrato herbáceo del MSC del SA, se encuentra en regular equilibrio, evidencia de esto son: la similar dominancia, abundancia y frecuencia de las pocas especies que se presentan.

*Vegetación de Desiertos Arenosos (VDA)*

*Estrato arbóreo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbustivo del tipo de vegetación VDA en el SA.

**Tabla 4.33. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbóreo presente en el VDA del SA**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs m2 | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 22 | 8.80 | 20.00 | 59.97 | 89.98 | 8.00 | 22.86 | 132.84 |
| 2 | *Cylindropuntia fulgida* | Choya | 42 | 16.80 | 38.18 | 1.63 | 2.45 | 4.00 | 11.43 | 52.06 |
| 3 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 21 | 8.40 | 19.09 | 1.76 | 2.64 | 10.00 | 28.57 | 50.30 |
| 4 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 8 | 3.20 | 7.27 | 0.97 | 1.45 | 4.00 | 11.43 | 20.15 |
| 5 | *Prosopis juliflora* | Mezquite | 7 | 2.80 | 6.36 | 0.56 | 0.84 | 3.00 | 8.57 | 15.77 |
| 6 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 5 | 2.00 | 4.55 | 0.42 | 0.63 | 2.00 | 5.71 | 10.89 |
| 7 | *Olneya tesota* | Palo fierro | 3 | 1.20 | 2.73 | 1.32 | 1.98 | 2.00 | 5.71 | 10.42 |
| 8 | *Acacia greggii* | Uña de gato | 1 | 0.40 | 0.91 | 0.02 | 0.02 | 1.00 | 2.86 | 3.79 |
| 9 | *Parkinsonia florida* | Palo verde | 1 | 0.40 | 0.91 | 0.00 | 0.01 | 1.00 | 2.86 | 3.77 |
| **Total** | | | **110** | **44.00** | **100.00** | **66.64** | **100.00** | **35.00** | **100.00** | **300.00** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

Este estrato lo componen organismos vegetales los cuales alcanzan alturas que van desde 2.15 m, como es el caso de algunas "Choyas" *Cylindropuntia fulgida* hasta 5.50 m que presentan individuos de *Carnegiea gigantea* "Sahuaro", el promedio de altura del estrato arbóreo es de 3.70 m.

La especie más abundante de este estrato es, la "Choya" *Cylindropuntia fulgida*, la cual puede ser indicador de varios aspectos relacionados con la fauna, como la presencia de roedores, o grandes mamíferos. La especie más dominante en cobertura del estrato arbóreo de la VDA del SA es la "Senita" *Lophocereus schottii*, la cual, aunque no es muy abundante, su desarrollo ramificado hace que cubra una amplia porción de superficie en el punto donde crece, algunos individuos llegan a tener hasta 40 brazos de 15 cm de diámetro aproximadamente, consecuencia de lo anterior los valores de dominancia de esta especie son los más altos. Así mismo la especie más frecuente del estrato arbustivo de la VDA del SA, es decir la especie que presenta la distribución más homogénea en esta comunidad es el "Palo verde" *Parkinsonia microphylla*, la cual es una especie muy resistente a las condiciones climáticas y edáficas extremas de esta comunidad vegetal.

Aunado a lo anterior la especie con el valor de importancia más alto del estrato arbóreo es la "Senita" *Lophocereus schottii*, la cual alcanza el índice más alto influenciado directamente por la cobertura que presentan los individuos. Con base en el los valores ecológicos calculados para el estrato arbóreo se puede decir que se encuentra en una situación ecológica estable, sin embargo, existen algunos manchones de vegetación dominados por "Choyas" *Cylindropuntia fulgida*, las cuales denotan un sobre pastoreo en la zona, o en todo caso el paso de grandes mamíferos o abundancia de roedores.

*Estrato arbustivo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbustivo del tipo de vegetación VDA en el SA.

**Tabla 4.34. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbustivo presente en el VDA del SA**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs m2 | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Encelia farinosa* | Flor de Rocío | 558 | 446.40 | 45.29 | 505.60 | 41.74 | 18.00 | 15.00 | 102.04 |
| 2 | *Larrea tridentata* | Gobernadora | 197 | 157.60 | 15.99 | 244.70 | 20.20 | 20.00 | 16.67 | 52.86 |
| 3 | *Lycium brevipes* | (en blanco) | 86 | 68.80 | 6.98 | 86.55 | 7.15 | 7.00 | 5.83 | 19.96 |
| 4 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 70 | 56.00 | 5.68 | 62.50 | 5.16 | 10.00 | 8.33 | 19.18 |
| 5 | *Cylindropuntia fulgida* | Choya | 58 | 46.40 | 4.71 | 77.05 | 6.36 | 5.00 | 4.17 | 15.24 |
| 6 | *Atriplex canescens* | Cenizo | 27 | 21.60 | 2.19 | 26.30 | 2.17 | 6.00 | 5.00 | 9.36 |
| 7 | *Lycium andersonii* | Frutilla | 23 | 18.40 | 1.87 | 21.00 | 1.73 | 6.00 | 5.00 | 8.60 |
| 8 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 18 | 14.40 | 1.46 | 25.55 | 2.11 | 6.00 | 5.00 | 8.57 |
| 9 | *Ambrosia deltoidea* | Cenizo | 28 | 22.40 | 2.27 | 14.70 | 1.21 | 5.00 | 4.17 | 7.65 |
| 10 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 10 | 8.00 | 0.81 | 15.15 | 1.25 | 6.00 | 5.00 | 7.06 |
| 11 | *Oenothera deltoides* | Jaula de pájaro | 22 | 17.60 | 1.79 | 6.20 | 0.51 | 5.00 | 4.17 | 6.46 |
| 12 | *Baccharis sarothroides* | Romerillo | 30 | 24.00 | 2.44 | 21.30 | 1.76 | 2.00 | 1.67 | 5.86 |
| 13 | *Ephedra aspera* | Canutillo | 37 | 29.60 | 3.00 | 15.80 | 1.30 | 1.00 | 0.83 | 5.14 |
| 14 | *Prosopis juliflora* | Mezquite | 9 | 7.20 | 0.73 | 25.20 | 2.08 | 2.00 | 1.67 | 4.48 |

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs m2 | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 15 | *Ambrosia dumosa* | Hierba del burro | 10 | 8.00 | 0.81 | 8.40 | 0.69 | 3.00 | 2.50 | 4.01 |
| 16 | *Suaeda nigra* | Romeritos | 8 | 6.40 | 0.65 | 8.20 | 0.68 | 3.00 | 2.50 | 3.83 |
| 17 | *Parkinsonia florida* | Palo verde | 6 | 4.80 | 0.49 | 15.15 | 1.25 | 2.00 | 1.67 | 3.40 |
| 18 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 5 | 4.00 | 0.41 | 8.00 | 0.66 | 2.00 | 1.67 | 2.73 |
| 19 | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | Alicoche de Manojos | 3 | 2.40 | 0.24 | 2.90 | 0.24 | 2.00 | 1.67 | 2.15 |
| 20 | *Cylindropuntia acanthocarpa* | Choya | 2 | 1.60 | 0.16 | 1.90 | 0.16 | 2.00 | 1.67 | 1.99 |
| 21 | *Lippia graveolens* | Orégano cimarrón | 7 | 5.60 | 0.57 | 6.50 | 0.54 | 1.00 | 0.83 | 1.94 |
| 22 | *Bebbia juncea* | (en blanco) | 7 | 5.60 | 0.57 | 3.90 | 0.32 | 1.00 | 0.83 | 1.72 |
| 23 | *Grusonia reflexispina* | Nopal Cardo Lacio | 3 | 2.40 | 0.24 | 3.00 | 0.25 | 1.00 | 0.83 | 1.32 |
| 24 | *Helianthus niveus* | Girasol del desierto | 4 | 3.20 | 0.32 | 1.60 | 0.13 | 1.00 | 0.83 | 1.29 |
| 25 | *Krameria grayi* | Cosahui | 2 | 1.60 | 0.16 | 2.00 | 0.17 | 1.00 | 0.83 | 1.16 |
| 26 | *Justicia californica* | Chuparrosa | 1 | 0.80 | 0.08 | 2.00 | 0.17 | 1.00 | 0.83 | 1.08 |
| 27 | *Mammillaria grahamii* | Biznaga Chollo Chico | 1 | 0.80 | 0.08 | 0.07 | 0.01 | 1.00 | 0.83 | 0.92 |
| **Total** | | | **1232** | **986** | **100** | **1211** | **100** | **120** | **100** | **300** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

Este estrato lo componen organismos vegetales los cuales alcanzan alturas que van desde los 12.0 cm, como es el caso de la *Mammillaria grahamii* comúnmente llamada "biznaga", hasta arbustos de gran altura como el "Palo verde" *Parkinsonia microphylla* el cual llega a alcanzar los 2.0 m, sin embargo, los diámetros que presentan los individuos de esta especie no sobrepasan los 5.0 cm. El promedio de altura del estrato arbustivo de la VDA del SA es de 1.22 m.

El estrato arbustivo es el estrato con mayor riqueza de especies, sin embargo, los mayores valores ecológicos los representan solo cuatro especies. El valor más alto de Abundancia y Dominancia están encabezados por el "Incienso" *Encelia farinosa*, seguido de la "Gobernadora" *Larrea tridentata*. La "gobernadora" y el "incienso" son las especies que presentan la más alta frecuencia, esto es son las especies mejor representadas en el estrato arbustivo de la vegetación de desiertos arenosos del SA. Cabe mencionar que las especies anteriores son propias de la VDA, lo que permite inferir que el habitad donde se encuentran estas especies puede reflejar una condición estable ecológicamente.

Aunado a lo anterior la especie con el valor de importancia más alto del estrato arbustivo es el "Incienso" *Encelia farinosa*, la cual alcanza el índice más alto influenciado directamente por la abundancia y dominancia que presentaron los individuos registrados. Ésta especie es propia de la Vegetación de desiertos arenosos, sin embargo, la alta dominancia y la mayor abundancia que presenta, permite inferir que hay un pequeño desequilibrio ecológico en el estrato, ya que las especies deberían presentar índices ecológicos similares.

*Estrato herbáceo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato herbáceo de VDA del SA.

**Tabla 4.35. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato herbáceo presente en VDA del SA**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs m2 | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Cryptantha angustifolia* | | 583 | 2332.00 | 27.96 | 68.95 | 25.04 | 10.00 | 37.04 | 90.03 |
| 2 | *Cryptantha angustifolia* | | 1000 | 4000.00 | 47.96 | 50.00 | 18.16 | 3.00 | 11.11 | 77.23 |
| 3 | *Cenchrus palmeri* | Cadillo Huizapol | 320 | 1280.00 | 15.35 | 84.50 | 30.68 | 4.00 | 14.81 | 60.85 |
| 4 | *Hilaria rigida* | Zacate Galleta | 154 | 616.00 | 7.39 | 65.80 | 23.89 | 6.00 | 22.22 | 53.50 |
| 5 | *Hesperocallis undulata* | Lirio del desierto | 8 | 32.00 | 0.38 | 2.90 | 1.05 | 2.00 | 7.41 | 8.84 |
| 6 | *Plantago ovata* | Plantago | 15 | 60.00 | 0.72 | 2.25 | 0.82 | 1.00 | 3.70 | 5.24 |
| 7 | *Tiquilia palmeri* | | 5 | 20.00 | 0.24 | 1.00 | 0.36 | 1.00 | 3.70 | 4.31 |
| Total | | | **2085** | **8340.00** | **100.00** | **275.40** | **100.00** | **27.00** | **100.00** | **300.00** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

El estrato herbáceo de la vegetación de desiertos arenoso del SA, ésta representado por muy pocas especies las cuales son especies comunes y propias de esta comunidad vegetal. Este estrato lo componen especies rastreras como *Cryptantha angustifolia*, *Hesperocallis undulata* "Lirio del desierto" las cuales alcanzan alturas que van de 5 a 20 cm. Sin embargo, se registraron especies de mayor altura las cuales son *Tiquilia palmeri* y *Hilaria rigida*, las cuales presentan alturas de 20 a 70 cm. En general la altura promedio del estrato herbáceo de la VD del SA es de 30 cm.

La especie más abundante de este estrato es la *Cryptantha angustifolia*, la cual es una especie bastante resistente y adaptada a las condiciones climáticas y edáficas que se presentan la VD del SA, ya que presenta diversas estrategias de supervivencia, además de presentar algún tipo de asociación con la "Gobernadora" *Larrea tridentata* (Sivinski, 1998).

## IV. 2.1.2.1.5. Diversidad de la vegetación en el SA del Proyecto

A continuación, se presentan los resultados de la diversidad en las áreas de estudio, para cada tipo de vegetación, con base en los trabajos de campo realizados en el SA del Proyecto.

### *Índice de diversidad en el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo (MDM) del SA*

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el MDM, en el SA por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.36.Índice de diversidad de las especies arbóreas del MDM presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **10** |

| | |
|---|---|
| H Calculada | **1.92** |
| H max = Ln S | **2.30** |
| Equidad = H/Hmax | **0.83** |

**Tabla 4.37. Índice de diversidad de las especies arbustivas del MDM presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **35** |
| H Calculada | **1.98** |
| H max = Ln S | **3.56** |
| Equidad = H/Hmax | **0.56** |

**Tabla 4.38.Índice de diversidad de las especies herbáceas del MDM presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **7** |
| H Calculada | **1.53** |
| H max = Ln S | **1.95** |
| Equidad = H/Hmax | **0.79** |

El MDM del SA está conformado por 42 especies de plantas vasculares, las cueles en su mayoría forman parte del estrato arbustivo.

En general la diversidad en el MDM, se considera alta respecto al resto de los tipos de vegetación en el SA, este indicador infiere que los factores que inciden en este resultado son la aportación de especies tanto del MSC como de la VDA, ya que la franja de vegetación de matorral micrófilo divide a estos dos tipos de vegetación y por lo tanto se comparten elementos entre sí. Así mismo la existencia de drenajes hídricos en el terreno donde se encuentra esta comunidad ha contribuido a la aparición y el desarrollo de especies diversas, principalmente en los estratos superiores.

***Índice de diversidad en el tipo de Vegetación de Matorral Sarcocaule (MSC)***

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el MSC, en el SA por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.39.Índice de diversidad de las especies arbóreas del MSC presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **9** |
| H Calculada | **1.94** |
| H max = Ln S | **2.20** |
| Equidad = H/Hmax | **0.88** |

**Tabla 4.40.de diversidad de las especies arbustivas del MSC presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **31** |
| H Calculada | **2.40** |

| | |
|---|---|
| H max = Ln S | **3.43** |
| Equidad = H/Hmax | **0.70** |

**Tabla 4.41. Índice de diversidad de las especies herbáceas del MSC presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **5** |
| H Calculada | **1.58** |
| H max = Ln S | **1.61** |
| Equidad = H/Hmax | **0.98** |

En el MSC del SA se presentan 38 especies de plantas vasculares, las cuales en su mayoría forman parte del estrato arbustivo y herbáceo. De acuerdo al índice de diversidad calculado para estas especies, se considera que el valor más alto lo presenta el estrato arbustivo, seguido del estrato herbáceo y con menor valor de diversidad el estrato arbóreo.

La diversidad del MSC es la más alta, respecto al resto de los tipos de vegetación del SA, con 1.81 de índice calculado.

***Índice de diversidad en el tipo de Vegetación de desiertos arenosos (VDA)***

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el VDA, en el SA por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.42. Índice de diversidad de las especies arbóreas del VDA presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **9** |
| H Calculada | **1.69** |
| H max = Ln S | **2.20** |
| Equidad = H/Hmax | **0.77** |

**Tabla 4.43. Índice de diversidad de las especies arbustivas del VDA presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **27** |
| H Calculada | **2.05** |
| H max = Ln S | **3.30** |
| Equidad = H/Hmax | **0.62** |

**Tabla 4.44. Índice de diversidad de las especies herbáceas del VDA presente en el SA**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **7** |
| H Calculada | **1.26** |
| H max = Ln S | **1.95** |
| Equidad = H/Hmax | **0.65** |

La VDA del SA está conformado por 37 especies de plantas, las cueles en su mayoría forman parte del estrato arbustivo, el estrato herbáceo es el menos rico en especies con tan solo siete y por ende es el que presenta el menor índice de diversidad que el resto. En general la diversidad la VDA, se considera la más baja, con 1.67 de diversidad promedio, respecto al resto de los tipos de vegetación en el SA, sin embargo, al analizar este indicador se infiere que los factores que inciden en este resultado son la escases de especies y la poca o nula entrada de nuevas especies propias o ajenas a la VDA, debido principalmente a que los factores ambientales que inciden en ésta comunidad vegetal son extremos y el suelo se encuentra constituido principalmente por arena, lo cual dificulta el establecimiento y desarrollo de las especies.

## IV.2.1.2.1.6. Descripción y caracterización de la vegetación en el Área de Influencia

### IV.2.1.2.1.6.1. Tipos de vegetación presentes en el Área de Influencia

Con base en el trabajo de campo realizado en el AI y mediante el tratamiento de la clasificación espectral de la imagen digital, se determinaron los tipos de vegetación y su distribución, siguiendo la clasificación propuesta por INEGI (Figura 4.63). Dentro del AI, se determinó que existen tres tipos de vegetación, los cuales son:

- Matorral Desértico Micrófilo (MDM)
- Matorral Sarcocaule (MSC)
- Vegetación de Desiertos Arenosos (VDA)

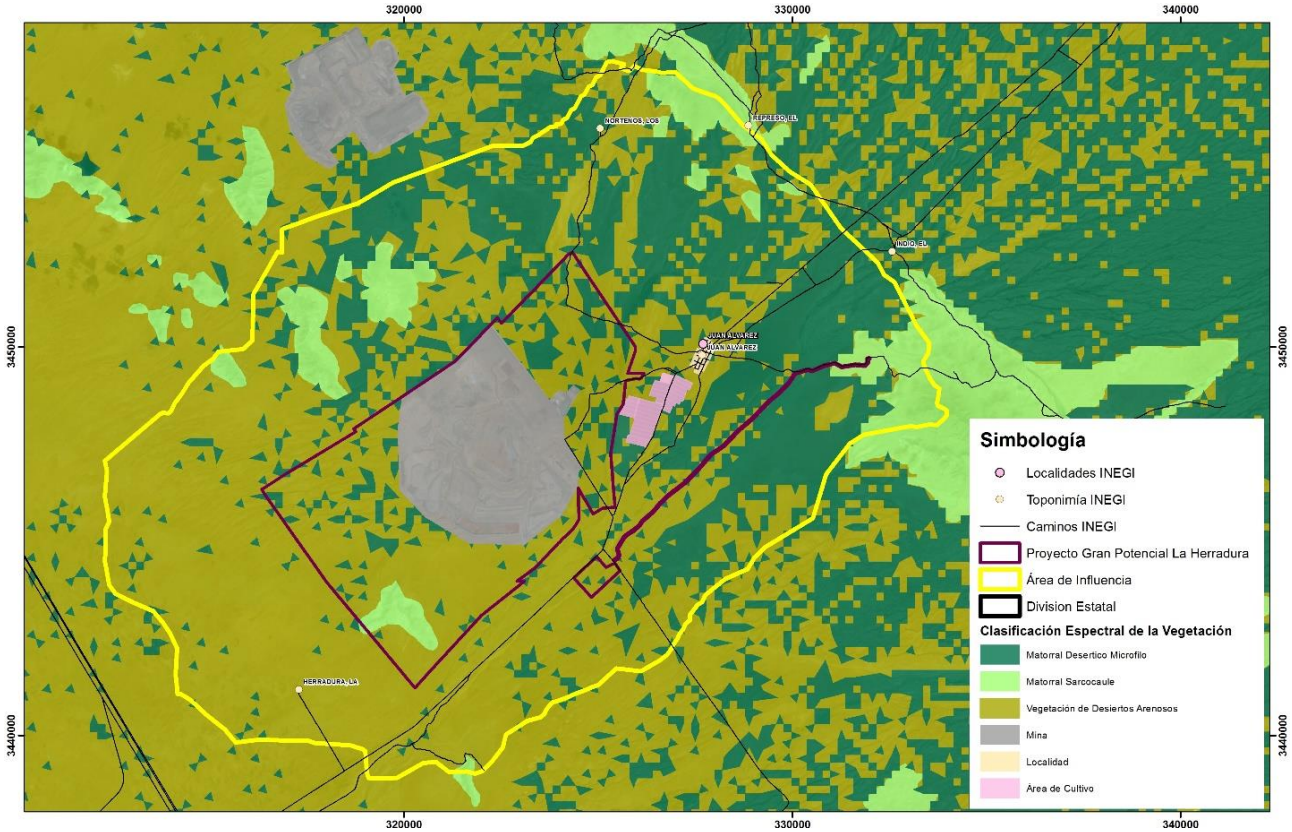



**Figura 4.63. Tipo y distribución de los tipos de vegetación determinados para el AI**

La descripción de los tipos de vegetación presentes en el AI se detalla a continuación.

*Matorral Desértico Micrófilo (MDM)*

El MDM se extiende hacia el Norte y en las pendientes suaves del AI. Esta comunidad mantiene una estrecha relación con la vegetación de VDA ya que al desarrollarse en las áreas de pendiente muy suave o planas cubre los suelos originados por el arrastre de material procedente de las pendientes. A esta comunidad dentro del AI la constituyen principalmente *Larrea tridentata* y *Ambrosia* spp, en los estratos inferiores, sin embargo, a lo largo de las vías de drenaje crecen especies principalmente arbóreas las cuales se comparten con la vegetación de MSC. La estructura de esta comunidad, se encuentra representada por tres estratos bien definidos, los cuales son: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

*Matorral Sarcocaule (MSC)*

El MSC dentro del AI la constituyen organismos los cuales presentan tallos suculentos, es decir, tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos como lo son algunas especies de cactáceas, así mismo, especies semisuculentas, con ramaje tortuoso y a veces corteza exfoliante como algunas especies de las familias Burseraceae y Euforbiácea. El MSC se encuentra distribuido principalmente sobre laderas en terrenos rocosos y suelos someros, al Norte del AI. La estructura del MSC del AI, se encuentra representada por tres estratos bien definidos, los cuales son: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

*Vegetación de desiertos arenosos (VDA)*

A esta comunidad vegetal dentro del AI la constituyen organismos adaptados perfectamente al suelo no consolidado, las condiciones del suelo donde se desarrolla esta comunidad son producto del desplazamiento de partículas acarreadas por el viento. Los elementos florísticos de este tipo de vegetación se agrupan principalmente en manchones, dejando grandes áreas o espacios abiertos, escasos de cobertura vegetal. La estructura de esta comunidad, se encuentra representada por tres estratos bien definidos, los cuales son: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

En el Anexo 4.7, se presentan el reporte fotográfico de los tipos de vegetación presentes en las áreas de análisis.

### IV.2.1.2.1.6.2. Riqueza florística de la vegetación presente en el AI del Proyecto

La riqueza florística del AI incluye 17 órdenes, 20 familias, 37 géneros y 43 especies de plantas vasculares. A continuación, se presenta el listado de especies registradas e identificadas para el AI del Proyecto mediante el trabajo de campo.

**Tabla 4.45. Listado florístico del AI**

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Asteraceae | *Ambrosia dumosa* | (A. Gray) W.W. Payne | Hierba del burro |
| 2 | | *Ambrosia deltoidea* | (Torr.) W.W. Payne | Cenizo |
| 3 | | *Ambrosia ambrosioides* | (Cav.) W.W. Payne | Chicura |

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común |
|---|---|---|---|---|
| 4 | | *Baccharis sarothroides* | A. Gray | Romerillo |
| 5 | | *Bebbia juncea* | (Benth.) Greene | |
| 6 | | *Encelia farinosa* | A. Gray ex Torr. | Flor de Rocío |
| 7 | | *Hymenoclea monogyra* | Torr. & A. Gray | Jejego |
| 8 | | *Trixis californica* | Kellogg | Guillermito |
| 9 | | *Xanthisma spinulosum* | (Pursh) D.R. Morgan & R.L. Hartm. | Hierba del oro |
| 10 | Boraginaceae | *Cryptantha angustifolia* | (Torr.) Greene | |
| 11 | Cactaceae | *Stenocereus thurberi* | (Engelm.) Buxb. | Pitayo dulce |
| 12 | | *Carnegiea gigantea* | (Engelm.) Britton & Rose | Sahuaro |
| 13 | | *Cylindropuntia arbuscula* | (Engelm.) F.M. Knuth | Sibiri |
| 14 | | *Cylindropuntia fulgida* | (Engelm.) F.M. Knuth | Choya |
| 15 | | *Cylindropuntia bigelovii* | (Engelm.) F.M. Knuth | Choya Güera |
| 16 | | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | (Engelm. ex S. Watson) W. Blum & Mich. Lange | Alicoche de Manojos |
| 17 | | *Ferocactus emoryi* | (Engelm.) Orcutt | Biznaga barril |
| 18 | | *Grusonia reflexispina* | (Wiggins & Rollins) E.F. Anderson | Nopal Cardo Lacio |
| 19 | | *Lophocereus schottii* | (Engelm.) Britton & Rose | Sinita |
| 20 | | *Mammillaria grahamii* | Engelm. | Biznaga Chollo Chico |
| 21 | Amaranthaceae | *Suaeda nigra* | (Raf.) J.F. Macbr. | Romeritos |
| 22 | Ephedraceae | *Ephedra aspera* | Engelm. ex S. Watson | Canutillo |
| 23 | Fouquieriaceae | *Fouquieria splendens* | Engelm. | Ocotillo |
| 24 | Fabaceae | *Acacia greggii* | A. Gray | Uña de gato |
| 25 | | *Olneya tesota* | A. Gray | Palo fierro |
| 26 | | *Parkinsonia microphylla* | Torr. | Palo verde |
| 27 | | *Parkinsonia florida* | (Benth. ex A. Gray) S. Watson | Palo verde |
| 28 | | *Prosopis juliflora* | (Sw.) DC. | Mezquite |
| 29 | Apocynaceae | *Funastrum hirtellum* | (A. Gray) Schltr. | Bejuco de leche |
| 30 | Acanthaceae | *Justicia californica* | (Benth.) D.N. Gibson | Chuparrosa |
| 31 | Verbenaceae | *Lippia graveolens* | Kunth | Orégano cimarrón |
| 32 | Euphorbiaceae | *Euphorbia maculata* | L. | |
| 33 | | *Jatropha cuneata* | Wiggins & Rollins | |
| 34 | | *Jatropha cinerea* | (Ortega) Müll. Arg. | Sangregrado |

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común |
|---|---|---|---|---|
| 35 | Malvaceae | *Hibiscus denudatus* | Benth. | Tulipán del Desierto |
| 36 | Onagraceae | *Oenothera deltoides* | Torr. & Frém. | Jaula de pájaro |
| 37 | Poaceae | *Hilaria rigida* | (Thurb.) Benth. ex Scribn. | Zacate Galleta |
| 38 | Pteridaceae | *Notholaena californica* | D.C. Eaton | Helecho |
| 39 | Santalaceae | *Phoradendron californicum* | Nutt. | Muerdago |
| 40 | Burseraceae | *Bursera microphylla* | A. Gray | Torote |
| 41 | Solanaceae | *Lycium brevipes* | Benth. | |
| 42 | Zygophyllaceae | *Larrea tridentata* | (DC.) Coville | Gobernadora |
| 43 | Krameriaceae | *Krameria grayi* | Rose & J.H. Painter | Cosahui |

Las familias de plantas que mejor representa la vegetación del AI son: Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae. Los grupos de plantas mejor representados son característicos del Matorrales desérticos, tipos de vegetación presentes y en el AI del Proyecto.

### IV.2.1.2.1.6.3. Especies catalogadas bajo protección y de importancia para su conservación del AI

Dentro de los sitios de muestreo realizados dentro del Área de Influencia del Proyecto, se logró identificar la presencia de dos especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059- SEMARNAT-2010, las cuales se presentan a continuación.

**Tabla 4.46. Listado de especies con categoría en la NOM-059 SEMARNAT dentro del AI**

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común | Categoría NOM 05-2010 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cactaceae | *Carnegiea gigantea* | (Engelm.) Britton & Rose | Sahuaro | **A** |
| 2 | Fabaceae | *Olneya tesota* | A. Gray | Palo fierro | **Pr** |

Las especies anteriores, se encuentran bien representadas en los tres tipos de vegetación presentes en el AI.

Las categorías bajo las que se encuentran estas especies, de acuerdo a la Norma; “Amenazadas” (A) y “Sujetas a protección especial” (Pr), son aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad.

### IV.2.1.2.1.6.4. Estructura de la vegetación dentro del AI del Proyecto

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos de los datos ecológicos en el AI del Proyecto, para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo para cada tipo de vegetación, con base en los trabajos de campo.

*Matorral desértico micrófilo (MDM)*

*Estrato arbóreo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos y el IVI calculado para el estrato arbóreo del tipo de vegetación MDM del AI.

**Tabla 4. 47. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbóreo presente en el MDM del AI**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 13 | 8.13 | 48.15 | 4.74 | 94.22 | 3.00 | 21.43 | 163.80 |
| 2 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 7 | 4.38 | 25.93 | 0.15 | 3.05 | 6.00 | 42.86 | 71.84 |
| 3 | *Olneya tesota* | Palo fierro | 3 | 1.88 | 11.11 | 0.07 | 1.32 | 2.00 | 14.29 | 26.72 |
| 4 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 2 | 1.25 | 7.41 | 0.03 | 0.61 | 1.00 | 7.14 | 15.16 |
| 5 | *Parkinsonia florida* | Palo verde | 1 | 0.63 | 3.70 | 0.03 | 0.69 | 1.00 | 7.14 | 11.53 |
| 6 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 1 | 0.63 | 3.70 | 0.01 | 0.10 | 1.00 | 7.14 | 10.95 |
| **Total** | | | **27** | **16.88** | **100.00** | **5.03** | **100.00** | **14.00** | **100.00** | **300.00** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato arbustivo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos y el IVI calculado para el estrato arbustivo del tipo de vegetación MDM del AI.

**Tabla 4. 48. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbustivo presente en el MDM del AI**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Larrea tridentata* | Gobernadora | 227 | 283.75 | 24.89 | 282.70 | 35.44 | 17.00 | 17.17 | 77.50 |
| 2 | *Encelia farinosa* | Flor de Rocío | 139 | 173.75 | 15.24 | 100.75 | 12.63 | 13.00 | 13.13 | 41.00 |
| 3 | *Ambrosia deltoidea* | Cenizo | 130 | 162.50 | 14.25 | 103.35 | 12.96 | 9.00 | 9.09 | 36.30 |
| 4 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 102 | 127.50 | 11.18 | 67.00 | 8.40 | 7.00 | 7.07 | 26.65 |
| 5 | *Cylindropuntia fulgida* | Choya | 65 | 81.25 | 7.13 | 54.10 | 6.78 | 10.00 | 10.10 | 24.01 |
| 6 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 39 | 48.75 | 4.28 | 49.10 | 6.16 | 6.00 | 6.06 | 16.49 |
| 7 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 45 | 56.25 | 4.93 | 31.80 | 3.99 | 7.00 | 7.07 | 15.99 |
| 8 | *Baccharis sarothroides* | Romerillo | 55 | 68.75 | 6.03 | 26.80 | 3.36 | 4.00 | 4.04 | 13.43 |
| 9 | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | Alicoche de Manojos | 37 | 46.25 | 4.06 | 22.25 | 2.79 | 3.00 | 3.03 | 9.88 |
| 10 | *Jatropha cinerea* | Sangregrado | 16 | 20.00 | 1.75 | 20.00 | 2.51 | 2.00 | 2.02 | 6.28 |
| 11 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 5 | 6.25 | 0.55 | 1.65 | 0.21 | 4.00 | 4.04 | 4.80 |
| 12 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 8 | 10.00 | 0.88 | 16.00 | 2.01 | 1.00 | 1.01 | 3.89 |
| 13 | *Ferocactus emoryi* | Biznaga barril | 3 | 3.75 | 0.33 | 1.90 | 0.24 | 3.00 | 3.03 | 3.60 |
| 14 | *Lycium brevipes* | (en blanco) | 4 | 5.00 | 0.44 | 2.90 | 0.36 | 2.00 | 2.02 | 2.82 |
| 15 | *Cylindropuntia arbuscula* | Sibiri | 11 | 13.75 | 1.21 | 1.10 | 0.14 | 1.00 | 1.01 | 2.35 |
| 16 | *Phoradendron* | Muerdago | 5 | 6.25 | 0.55 | 3.00 | 0.38 | 1.00 | 1.01 | 1.93 |

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| | *californicum* | | | | | | | | | |
| 17 | *Krameria grayi* | Cosahui | 4 | 5.00 | 0.44 | 2.40 | 0.30 | 1.00 | 1.01 | 1.75 |
| 18 | *Olneya tesota* | Palo fierro | 2 | 2.50 | 0.22 | 3.50 | 0.44 | 1.00 | 1.01 | 1.67 |
| 19 | *Grusonia reflexispina* | Nopal Cardo Lacio | 4 | 5.00 | 0.44 | 1.00 | 0.13 | 1.00 | 1.01 | 1.57 |
| 20 | *Acacia greggii* | Uña de gato | 2 | 2.50 | 0.22 | 2.00 | 0.25 | 1.00 | 1.01 | 1.48 |
| 21 | *Ambrosia dumosa* | Hierba del burro | 2 | 2.50 | 0.22 | 1.60 | 0.20 | 1.00 | 1.01 | 1.43 |
| 22 | *Mammillaria grahamii* | Biznaga Chollo Chico | 3 | 3.75 | 0.33 | 0.15 | 0.02 | 1.00 | 1.01 | 1.36 |
| 23 | *Hymenoclea monogyra* | Jejego | 1 | 1.25 | 0.11 | 1.40 | 0.18 | 1.00 | 1.01 | 1.30 |
| 24 | *Ambrosia ambrosioides* | Chicura | 2 | 2.50 | 0.22 | 0.30 | 0.04 | 1.00 | 1.01 | 1.27 |
| 25 | *Ephedra aspera* | Canutillo | 1 | 1.25 | 0.11 | 0.90 | 0.11 | 1.00 | 1.01 | 1.23 |
| **Total** | | | **912** | **1140** | **100** | **798** | **100** | **99** | **100** | **300** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato herbáceo*

El estrato herbáceo de la vegetación del matorral desértico micrófilo, se encuentra solo representado por individuos de *Cryptantha angustifolia*, lo cual imposibilita el cálculo del IVI. Sin embargo, cabe destacar que tal especie presenta una altura promedio de 0.10 cm.

*Matorral Sarcocaule (MSC)*

*Estrato arbóreo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbóreo del tipo de vegetación MSC en el AI.

**Tabla 4.49. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbóreo presente en el MSC del AI**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Stenocereus thurberi* | Pitayo dulce | 7 | 14.00 | 20.59 | 2.26 | 43.97 | 4 | 20 | 84.56 |
| 2 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 9 | 18.00 | 26.47 | 0.88 | 17.16 | 5 | 25 | 68.63 |
| 3 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 7 | 14.00 | 20.59 | 1.27 | 24.69 | 2 | 10 | 55.28 |
| 4 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 3 | 6.00 | 8.82 | 0.51 | 9.99 | 3 | 15 | 33.82 |
| 5 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 3 | 6.00 | 8.82 | 0.17 | 3.28 | 3 | 15 | 27.10 |
| 6 | *Bursera microphylla* | Torote | 2 | 4.00 | 5.88 | 0.02 | 0.30 | 1 | 5 | 11.18 |
| 7 | *Olneya tesota* | Palo fierro | 2 | 4.00 | 5.88 | 0.02 | 0.30 | 1 | 5 | 11.18 |
| 8 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 1 | 2.00 | 2.94 | 0.02 | 0.30 | 1 | 5 | 8.24 |
| **Total** | | | **34** | **68** | **100** | **5** | **100** | **20** | **100** | **300** |

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato arbustivo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbustivo del tipo de vegetación MSC en el AI.

**Tabla 4.50. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbustivo presente en el MSC del AI**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Jatropha cuneata* | | 84.00 | 336.00 | 23.08 | 76.40 | 28.38 | 5.00 | 9.26 | 60.71 |
| 2 | *Larrea tridentata* | Gobernadora | 52.00 | 208.00 | 14.29 | 48.30 | 17.94 | 5.00 | 9.26 | 41.49 |
| 3 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 53.00 | 212.00 | 14.56 | 29.80 | 11.07 | 5.00 | 9.26 | 34.89 |
| 4 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 21.00 | 84.00 | 5.77 | 36.50 | 13.56 | 3.00 | 5.56 | 24.88 |
| 5 | *Encelia farinosa* | Flor de Rocío | 39.00 | 156.00 | 10.71 | 15.50 | 5.76 | 4.00 | 7.41 | 23.88 |
| 6 | *Mammillaria grahamii* | Biznaga Chollo Chico | 32.00 | 128.00 | 8.79 | 2.38 | 0.88 | 5.00 | 9.26 | 18.93 |
| 7 | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | Alicoche de Manojos | 15.00 | 60.00 | 4.12 | 8.00 | 2.97 | 5.00 | 9.26 | 16.35 |
| 8 | *Bursera microphylla* | Torote | 9.00 | 36.00 | 2.47 | 12.10 | 4.49 | 3.00 | 5.56 | 12.52 |
| 9 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 6.00 | 24.00 | 1.65 | 8.40 | 3.12 | 3.00 | 5.56 | 10.32 |
| 10 | *Cylindropuntia arbuscula* | Sibiri | 6.00 | 24.00 | 1.65 | 5.60 | 2.08 | 3.00 | 5.56 | 9.28 |
| 11 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 5.00 | 20.00 | 1.37 | 8.90 | 3.31 | 2.00 | 3.70 | 8.38 |
| 12 | *Notholaena californica* | Helecho | 15.00 | 60.00 | 4.12 | 2.25 | 0.84 | 1.00 | 1.85 | 6.81 |
| 13 | *Trixis californica* | Guillermito | 9.00 | 36.00 | 2.47 | 5.20 | 1.93 | 1.00 | 1.85 | 6.26 |
| 14 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 3.00 | 12.00 | 0.82 | 1.30 | 0.48 | 2.00 | 3.70 | 5.01 |
| 15 | *Parkinsonia florida* | Palo verde | 3.00 | 12.00 | 0.82 | 3.60 | 1.34 | 1.00 | 1.85 | 4.01 |
| 16 | *Hibiscus denudatus* | Tulipán del Desierto | 5.00 | 20.00 | 1.37 | 1.90 | 0.71 | 1.00 | 1.85 | 3.93 |
| 17 | *Justicia californica* | Chuparrosa | 2.00 | 8.00 | 0.55 | 1.20 | 0.45 | 1.00 | 1.85 | 2.85 |
| 18 | *Lycium brevipes* | | 1.00 | 4.00 | 0.27 | 1.00 | 0.37 | 1.00 | 1.85 | 2.50 |
| 19 | *Baccharis sarothroides* | Romerillo | 2.00 | 8.00 | 0.55 | 0.20 | 0.07 | 1.00 | 1.85 | 2.48 |
| 20 | *Ferocactus emoryi* | Biznaga barril | 1.00 | 4.00 | 0.27 | 0.40 | 0.15 | 1.00 | 1.85 | 2.28 |
| 21 | *Krameria grayi* | Cosahui | 1.00 | 4.00 | 0.27 | 0.30 | 0.11 | 1.00 | 1.85 | 2.24 |
| **Total** | | | **364** | **1456** | **100** | **269** | **100** | **54** | **100** | **300** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato herbáceo*

El estrato herbáceo de la vegetación del matorral desértico micrófilo, se encuentra solo representado por individuos de *Xanthisma spinulosum*, lo cual imposibilita el cálculo del IVI. Sin embargo, cabe destacar que tal especie presenta una altura promedio de 0.10 cm.

*Vegetación de Desiertos Arenosos (VDA)*

*Estrato arbóreo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbustivo del tipo de vegetación VDA en el AI.

**Tabla 4.51. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbóreo presente en el VDA del AI**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 9 | 3.60 | 22.50 | 7.72 | 67.47 | 4.00 | 21.05 | 111.02 |
| 2 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 15 | 6.00 | 37.50 | 3.10 | 27.07 | 7.00 | 36.84 | 101.41 |
| 3 | *Cylindropuntia fulgida* | Choya | 7 | 2.80 | 17.50 | 0.15 | 1.27 | 2.00 | 10.53 | 29.30 |
| 4 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 5 | 2.00 | 12.50 | 0.10 | 0.88 | 3.00 | 15.79 | 29.17 |
| 5 | *Prosopis juliflora* | Mezquite | 2 | 0.80 | 5.00 | 0.06 | 0.54 | 1.00 | 5.26 | 10.80 |
| 6 | *Olneya tesota* | Palo fierro | 1 | 0.40 | 2.50 | 0.28 | 2.47 | 1.00 | 5.26 | 10.24 |
| 7 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 1 | 0.40 | 2.50 | 0.03 | 0.30 | 1.00 | 5.26 | 8.07 |
| **Total** | | | **40** | **16** | **100** | **11** | **100** | **19** | **100** | **300** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato arbustivo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbustivo del tipo de vegetación VDA en el AI.

**Tabla 4.52. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbustivo presente en el VDA del AI**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Larrea tridentata* | Gobernadora | 240 | 192.00 | 16.13 | 318.00 | 27.67 | 21.00 | 17.21 | 61.01 |
| 2 | *Encelia farinosa* | Flor de Rocío | 273 | 218.40 | 18.35 | 243.50 | 21.19 | 21.00 | 17.21 | 56.75 |
| 3 | *Ambrosia deltoidea* | Cenizo | 302 | 241.60 | 20.30 | 187.35 | 16.30 | 17.00 | 13.93 | 50.53 |
| 4 | *Cylindropuntia fulgida* | Choya | 211 | 168.80 | 14.18 | 118.23 | 10.29 | 12.00 | 9.84 | 34.30 |
| 5 | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | Alicoche de Manojos | 170 | 136.00 | 11.42 | 82.60 | 7.19 | 5.00 | 4.10 | 22.71 |
| 6 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 138 | 110.40 | 9.27 | 54.30 | 4.72 | 8.00 | 6.56 | 20.56 |
| 7 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 22 | 17.60 | 1.48 | 31.10 | 2.71 | 5.00 | 4.10 | 8.28 |
| 8 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 18 | 14.40 | 1.21 | 21.20 | 1.84 | 6.00 | 4.92 | 7.97 |
| 9 | *Baccharis sarothroides* | Romerillo | 22 | 17.60 | 1.48 | 21.10 | 1.84 | 4.00 | 3.28 | 6.59 |

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 10 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 20 | 16.00 | 1.34 | 30.50 | 2.65 | 3.00 | 2.46 | 6.46 |
| 11 | *Suaeda nigra* | Romeritos | 29 | 23.20 | 1.95 | 12.30 | 1.07 | 1.00 | 0.82 | 3.84 |
| 12 | *Grusonia reflexispina* | Nopal Cardo Lacio | 7 | 5.60 | 0.47 | 3.75 | 0.33 | 3.00 | 2.46 | 3.26 |
| 13 | *Mammillaria grahamii* | Biznaga Chollo Chico | 4 | 3.20 | 0.27 | 0.26 | 0.02 | 3.00 | 2.46 | 2.75 |
| 14 | *Lycium brevipes* | Frutilla | 7 | 5.60 | 0.47 | 6.80 | 0.59 | 2.00 | 1.64 | 2.70 |
| 15 | *Parkinsonia florida* | Palo verde | 5 | 4.00 | 0.34 | 5.70 | 0.50 | 2.00 | 1.64 | 2.47 |
| 16 | *Lippia graveolens* | Orégano cimarrón | 4 | 3.20 | 0.27 | 4.20 | 0.37 | 1.00 | 0.82 | 1.45 |
| 17 | *Ambrosia dumosa* | Hierba del burro | 4 | 3.20 | 0.27 | 2.80 | 0.24 | 1.00 | 0.82 | 1.33 |
| 18 | *Krameria grayi* | Cosahui | 3 | 2.40 | 0.20 | 1.60 | 0.14 | 1.00 | 0.82 | 1.16 |
| 19 | *Oenothera deltoides* | Jaula de pájaro | 4 | 3.20 | 0.27 | 0.80 | 0.07 | 1.00 | 0.82 | 1.16 |
| 20 | *Bebbia juncea* | (en blanco) | 1 | 0.80 | 0.07 | 1.20 | 0.10 | 1.00 | 0.82 | 0.99 |
| 21 | *Prosopis juliflora* | Mezquite | 1 | 0.80 | 0.07 | 1.00 | 0.09 | 1.00 | 0.82 | 0.97 |
| 22 | *Trixis californica* | Guillermito | 1 | 0.80 | 0.07 | 0.50 | 0.04 | 1.00 | 0.82 | 0.93 |
| 23 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 1 | 0.80 | 0.07 | 0.25 | 0.02 | 1.00 | 0.82 | 0.91 |
| 24 | *Ferocactus emoryi* | Biznaga barril | 1 | 0.80 | 0.07 | 0.25 | 0.02 | 1.00 | 0.82 | 0.91 |
| **Total** | | | **1488** | **1190.40** | **100.00** | **1149.29** | **100.00** | **122.00** | **100.00** | **300.00** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato herbáceo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato herbáceo de VDA del AI.

**Tabla 4.53. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato herbáceo presente en VDA del AI**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Hilaria rigida* | Zacate Galleta | 80 | 320.00 | 39.22 | 64.00 | 83.55 | 1.00 | 16.67 | 139.43 |
| 2 | *Cryptantha angustifolia* | | 106 | 424.00 | 51.96 | 10.60 | 13.84 | 2.00 | 33.33 | 99.13 |
| 3 | *Euphorbia maculata* | | 16 | 64.00 | 7.84 | 1.60 | 2.09 | 2.00 | 33.33 | 43.27 |
| 4 | *Funastrum hirtellum* | Bejuco de leche | 2 | 8.00 | 0.98 | 0.40 | 0.52 | 1.00 | 16.67 | 18.17 |
| Total | | | 204 | 816.00 | 100.00 | 76.60 | 100.00 | 6.00 | 100.00 | 300.00 |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

## IV.2.1.2.1.6.5. Diversidad de la vegetación en el AI del Proyecto

A continuación, se presentan los resultados de la diversidad, para cada tipo de vegetación, con base en los trabajos de campo realizados en el AI del Proyecto.

***Índice de diversidad en el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo (MDM) del AI***

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el MDM, en el AI por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.54.Índice de diversidad de las especies arbóreas del MDM presente en el AI**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **6** |
| H Calculada | **1.38** |
| H max = Ln S | **1.79** |
| Equidad = H/Hmax | **0.77** |

**Tabla 4.55. Índice de diversidad de las especies arbustivas del MDM presente en el AI**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **25** |
| H Calculada | **2.32** |
| H max = Ln S | **3.22** |
| Equidad = H/Hmax | **0.72** |

El MDM del AI está conformado por 26 especies de plantas vasculares, las cueles en su mayoría forman parte del estrato arbustivo. En general la diversidad en el MDM es baja comparada con el resto de los tipos de vegetación en el AI. Cabe destacar que el estrato herbáceo de este tipo de vegetación se encuentra dominado por una sola especie.

***Índice de diversidad en el tipo de Vegetación de Matorral Sarcocaule (MSC)***

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el MSC, en el AI por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.56.Índice de diversidad de las especies arbóreas del MSC presente en el AI**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **8** |
| H Calculada | **1.86** |
| H max = Ln S | **2.08** |
| Equidad = H/Hmax | **0.89** |

**Tabla 4.57.de diversidad de las especies arbustivas del MSC presente en el AI**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **21** |
| H Calculada | **2.39** |
| H max = Ln S | **3.04** |
| Equidad = H/Hmax | **0.79** |

En el MSC del AI se presentan 23 especies de plantas vasculares, las cuales en su mayoría forman parte del estrato arbustivo. De acuerdo al índice de diversidad calculado para estas especies, se considera que el valor más alto lo presenta el estrato arbustivo, seguido del estrato arbóreo. El MSC del AI presenta diversidad media respecto al resto de los tipos de vegetación, con base al índice promedio de Shannon el cual es de 1.42.

***Índice de diversidad en el tipo de Vegetación de desiertos arenosos (VDA)***

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el VDA, en el AI por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.58. Índice de diversidad de las especies arbóreas del VDA presente en el AI**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **7** |
| H Calculada | **1.60** |
| H max = Ln S | **1.95** |
| Equidad = H/Hmax | **0.82** |

**Tabla 4.59. Índice de diversidad de las especies arbustivas del VDA presente en el AI**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **24** |
| H Calculada | **2.15** |
| H max = Ln S | **3.18** |
| Equidad = H/Hmax | **0.68** |

**Tabla 4.60. Índice de diversidad de las especies herbáceas del VDA presente en el AI**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **4** |
| H Calculada | **0.95** |
| H max = Ln S | **1.39** |
| Equidad = H/Hmax | **0.69** |

La VDA del AI está conformado por 25 especies de plantas, las cueles en su mayoría forman parte del estrato arbustivo, el estrato herbáceo es el menos rico en especies con tan solo cuatro y por ende es el que presenta el menor índice de diversidad que el resto. En general la diversidad la VDA se considera la más alta, con 1.57 de diversidad promedio, respecto al resto de los tipos de vegetación en el AI, sin embargo, al analizar este indicador se infiere que los factores que inciden en este resultado

son la proximidad con la vegetación circúndate, lo cual permite la entrada de elementos florísticos del resto de las comunidades.

### IV.2.1.2.1.7. Descripción de la vegetación en el Área del Proyecto.

### IV.2.1.2.1.7.1. Tipos de vegetación presentes en el Área del Proyecto.

Con base al trabajo de campo que se realizó en el área del Proyecto y mediante el tratamiento de la clasificación espectral de la imagen digital, se determinaron los tipos de vegetación y su distribución, siguiendo la clasificación propuesta por INEGI (Figura 4.64). Aunado a lo anterior, dentro del Proyecto se determinó que existen tres tipos de vegetación, los cuales son:

- Matorral Desértico Micrófilo (MDM)
- Matorral Sarcocaule (MSC)
- Vegetación de Desiertos Arenosos (VDA)

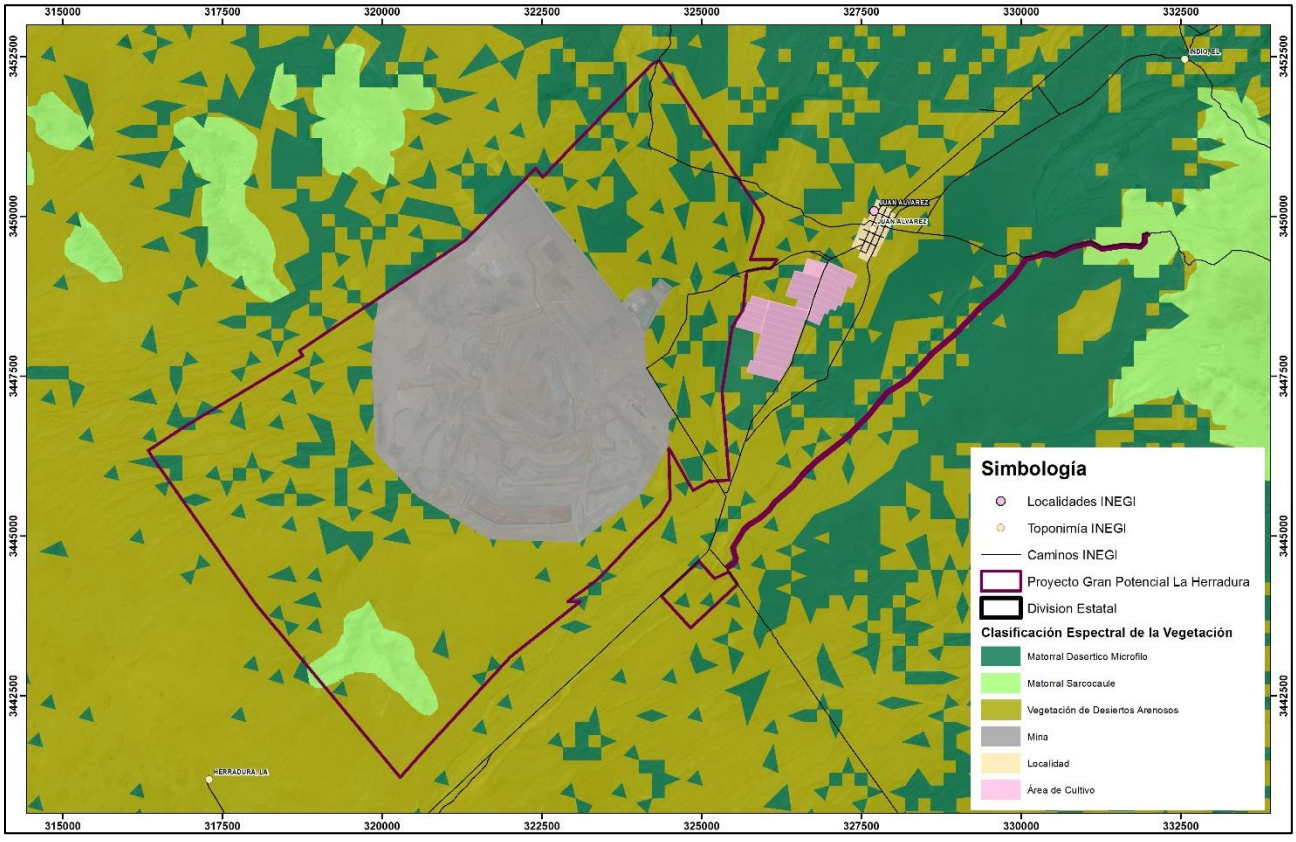



**Figura 4.64. Tipo y distribución de los tipos de vegetación determinados para el Proyecto**

Dentro del área de proyecto convergen elementos del MDM y VDA, sin embargo, la tendencia de distribución para el MD, se observa hacia el Noreste del Proyecto y hacia el Suroeste la vegetación de tipo VDA. El MSC se presenta en una mínima superficie hacia el Sur del Proyecto.

En el Anexo 4.7, se presentan el reporte fotográfico de los tipos de vegetación presentes en las áreas de análisis.

### IV.2.1.2.1.7.2. Riqueza florística de la vegetación presente en el Proyecto

La riqueza florística del Proyecto incluye 12 órdenes, 13 familias, 22 géneros y 28 especies de plantas vasculares. A continuación, se presenta el listado de especies registradas e identificadas para el Proyecto mediante el trabajo de campo.

**Tabla 4.61. Listado florístico del Proyecto**

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Asteraceae | *Ambrosia ambrosioides* | (Cav.) W.W. Payne | Chicura |
| 2 | | *Ambrosia deltoidea* | (Torr.) W.W. Payne | Cenizo |
| 3 | | *Ambrosia dumosa* | (A. Gray) W.W. Payne | Hierba del burro |
| 4 | | *Baccharis sarothroides* | A. Gray | Romerillo |
| 5 | | *Encelia farinosa* | A. Gray ex Torr. | Flor de Rocío |
| 6 | Boraginaceae | *Cryptantha angustifolia* | (Torr.) Greene | |
| 7 | Cactaceae | *Carnegiea gigantea* | (Engelm.) Britton & Rose | Sahuaro |
| 8 | | *Cylindropuntia arbuscula* | (Engelm.) F.M. Knuth | Sibiri |
| 9 | | *Cylindropuntia fulgida* | (Engelm.) F.M. Knuth | Choya |
| 10 | | *Cylindropuntia bigelovii* | (Engelm.) F.M. Knuth | Choya Güera |
| 11 | | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | (Engelm. ex S. Watson) W. Blum & Mich. Lange | Alicoche de Manojos |
| 12 | | *Ferocactus emoryi* | (Engelm.) Orcutt | Biznaga barril |
| 13 | | *Grusonia reflexispina* | (Wiggins & Rollins) E.F.Anderson | Nopal Cardo Lacio |
| 14 | | *Lophocereus schottii* | (Engelm.) Britton & Rose | Sinita |
| 15 | | *Mammillaria grahamii* | Engelm. | Biznaga Chollo Chico |
| 16 | Ephedraceae | *Ephedra aspera* | Engelm. ex S. Watson | Canutillo |
| 17 | Fouquieriaceae | *Fouquieria splendens* | Engelm. | Ocotillo |
| 18 | Fabaceae | *Parkinsonia microphylla* | Torr. | Palo verde |
| 19 | Verbenaceae | *Lantana camara* | L. | Confiturilla |
| 20 | | *Lippia graveolens* | Kunth | Orégano cimarrón |
| 21 | Euphorbiaceae | *Euphorbia maculata* | L. | |
| 22 | | *Euphorbia micromera* | Boiss. | Golondrina |
| 23 | | *Jatropha cinerea* | (Ortega) Müll. Arg. | Sangregrado |
| 24 | Onagraceae | *Oenothera deltoides* | Torr. & Frém. | Jaula de pájaro |
| 25 | Poaceae | *Hilaria rigida* | (Thurb.) Benth. ex Scribn. | Zacate Galleta |
| 26 | Solanaceae | *Lycium brevipes* | Benth. | |
| 27 | Krameriaceae | *Krameria grayi* | Rose & J.H. Painter | Cosahui |

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común |
|---|---|---|---|---|
| 28 | Zygophyllaceae | *Larrea tridentata* | (DC.) Coville | Gobernadora |

Las familias de plantas que mejor representa la vegetación del Proyecto son: Asteraceae, Cactaceae y Euphorbiaceae. Los grupos de plantas mejor representados son característicos del Matorrales desérticos, tipos de vegetación presentes en el Proyecto.

### IV.2.1.2.1.7.3. Especies catalogadas bajo protección y de importancia para su conservación

Dentro de los sitios de muestreo realizados dentro del Proyecto, se logró identificar la presencia de una especie enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059- SEMARNAT-2010, la cual se presenta a continuación.

**Tabla 4.62. Listado de especies con categoría en la NOM-059 SEMARNAT dentro del Proyecto**

| ID | Familia | Especie | Autor | Nombre Común | Categoría NOM 05-2010 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cactaceae | *Carnegiea gigantea* | (Engelm.) Britton & Rose | Sahuaro | **A** |

La categoría bajo la que se encuentra esta especie, de acuerdo a la Norma; "Amenazadas" (A), es aquella que podría llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad.

### IV.2.1.2.1.7.4. Estructura de la vegetación dentro del Proyecto

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos de los datos ecológicos en el Proyecto, para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo para cada tipo de vegetación, con base en los trabajos de campo.

*Matorral desértico micrófilo (MDM)*

*Estrato arbóreo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos y el IVI calculado para el estrato arbóreo del tipo de vegetación MDM del Proyecto.

**Tabla 4. 63. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbóreo en el MDM del Proyecto**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 14 | 8.75 | 56.00 | 2.19 | 89.07 | 4.00 | 44.44 | 189.51 |
| 2 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 5 | 3.13 | 20.00 | 0.09 | 3.58 | 4.00 | 44.44 | 68.02 |
| 3 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 6 | 3.75 | 24.00 | 0.18 | 7.36 | 1.00 | 11.11 | 42.47 |
| Total | | | 25 | 15.63 | 100.00 | 2.46 | 100.00 | 9.00 | 100.00 | 300.00 |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato arbustivo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos y el IVI calculado para el estrato arbustivo del tipo de vegetación MDM del Proyecto.

**Tabla 4. 64. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbustivo en el MDM del Proyecto**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Larrea tridentata* | Gobernadora | 236 | 295.00 | 29.69 | 271.60 | 42.27 | 16.00 | 17.98 | 89.94 |
| 2 | *Encelia farinosa* | Flor de Rocío | 172 | 215.00 | 21.64 | 109.76 | 17.08 | 11.00 | 12.36 | 51.08 |
| 3 | *Ambrosia deltoidea* | Cenizo | 130 | 162.50 | 16.35 | 85.80 | 13.35 | 11.00 | 12.36 | 42.07 |
| 4 | *Cylindropuntia fulgida* | Choya | 68 | 85.00 | 8.55 | 39.37 | 6.13 | 10.00 | 11.24 | 25.92 |
| 5 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 16 | 20.00 | 2.01 | 19.10 | 2.97 | 7.00 | 7.87 | 12.85 |
| 6 | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | Alicoche de Manojos | 26 | 32.50 | 3.27 | 13.70 | 2.13 | 6.00 | 6.74 | 12.14 |
| 7 | *Lycium brevipes* | (en blanco) | 23 | 28.75 | 2.89 | 36.90 | 5.74 | 2.00 | 2.25 | 10.88 |
| 8 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 23 | 28.75 | 2.89 | 13.62 | 2.12 | 5.00 | 5.62 | 10.63 |
| 9 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 38 | 47.50 | 4.78 | 9.44 | 1.47 | 3.00 | 3.37 | 9.62 |
| 10 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 8 | 10.00 | 1.01 | 2.30 | 0.36 | 5.00 | 5.62 | 6.98 |
| 11 | *Ambrosia dumosa* | Hierba del burro | 21 | 26.25 | 2.64 | 14.70 | 2.29 | 1.00 | 1.12 | 6.05 |
| 12 | *Ferocactus emoryi* | Biznaga barril | 6 | 7.50 | 0.75 | 3.60 | 0.56 | 4.00 | 4.49 | 5.81 |
| 13 | *Baccharis sarothroides* | Romerillo | 10 | 12.50 | 1.26 | 4.65 | 0.72 | 3.00 | 3.37 | 5.35 |
| 14 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 4 | 5.00 | 0.50 | 11.20 | 1.74 | 1.00 | 1.12 | 3.37 |
| 15 | *Cylindropuntia arbuscula* | Sibiri | 4 | 5.00 | 0.50 | 3.20 | 0.50 | 1.00 | 1.12 | 2.12 |
| 16 | *Ambrosia ambrosioides* | Chicura | 5 | 6.25 | 0.63 | 0.45 | 0.07 | 1.00 | 1.12 | 1.82 |
| 17 | *Jatropha cinerea* | Sangregrado | 2 | 2.50 | 0.25 | 2.80 | 0.44 | 1.00 | 1.12 | 1.81 |
| 18 | *Mammillaria grahamii* | Biznaga Chollo Chico | 3 | 3.75 | 0.38 | 0.30 | 0.05 | 1.00 | 1.12 | 1.55 |
| Total | | | 795 | 993.75 | 100.00 | 642.49 | 100.00 | 89.00 | 100.00 | 300.00 |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato herbáceo*

El estrato herbáceo de la vegetación del matorral desértico micrófilo, se encuentra solo representado por individuos de *Euphorbia micromera* lo cual imposibilita el cálculo del IVI. Sin embargo, cabe destacar que tal especie presenta una altura promedio de 0.15 cm.

*Matorral Sarcocaule (MSC)*

*Estrato arbóreo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbóreo del tipo de vegetación MSC en el Proyecto.

**Tabla 4.65. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbóreo en el MSC del Proyecto**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 16 | 32.00 | 66.67 | 3.27 | 94.82 | 4.00 | 57.14 | 218.63 |
| 2 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 8 | 16.00 | 33.33 | 0.18 | 5.18 | 3.00 | 42.86 | 81.37 |
| Total | | | 24 | 48.00 | 100.00 | 3.45 | 100.00 | 7.00 | 100.00 | 300.00 |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato arbustivo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbustivo del tipo de vegetación MSC en el Proyecto.

**Tabla 4.66. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbustivo en el MSC del Proyecto**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Encelia farinosa* | Flor de Rocío | 216 | 864 | 44.35 | 147.60 | 39.80 | 5.00 | 16.13 | 100.28 |
| 2 | *Larrea tridentata* | Gobernadora | 61 | 244 | 12.53 | 72.60 | 19.58 | 4.00 | 12.90 | 45.01 |
| 3 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 68 | 272 | 13.96 | 31.90 | 8.60 | 3.00 | 9.68 | 32.24 |
| 4 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 30 | 120 | 6.16 | 45.80 | 12.35 | 4.00 | 12.90 | 31.41 |
| 5 | *Ambrosia deltoidea* | Cenizo | 63 | 252 | 12.94 | 32.55 | 8.78 | 3.00 | 9.68 | 31.39 |
| 6 | *Lippia graveolens* | Orégano cimarrón | 14 | 56 | 2.87 | 19.60 | 5.29 | 1.00 | 3.23 | 11.39 |
| 7 | *Grusonia reflexispina* | Nopal Cardo Lacio | 8 | 32 | 1.64 | 3.70 | 1.00 | 2.00 | 6.45 | 9.09 |
| 8 | *Cylindropuntia fulgida* | Choya | 4 | 16 | 0.82 | 4.20 | 1.13 | 2.00 | 6.45 | 8.41 |
| 9 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 4 | 16 | 0.82 | 3.30 | 0.89 | 2.00 | 6.45 | 8.16 |
| 10 | *Lantana camara* | Confiturilla | 6 | 24 | 1.23 | 4.20 | 1.13 | 1.00 | 3.23 | 5.59 |
| 11 | *Krameria grayi* | Cosahui | 6 | 24 | 1.23 | 3.60 | 0.97 | 1.00 | 3.23 | 5.43 |
| 12 | *Mammillaria grahamii* | Biznaga Chollo Chico | 3 | 12 | 0.62 | 0.30 | 0.08 | 1.00 | 3.23 | 3.92 |

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 13 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 2 | 8 | 0.41 | 0.80 | 0.22 | 1.00 | 3.23 | 3.85 |
| 14 | *Ferocactus emoryi* | Biznaga barril | 2 | 8 | 0.41 | 0.70 | 0.19 | 1.00 | 3.23 | 3.83 |
| **Total** | | | **487** | **1948** | **100.00** | **370.85** | **100.00** | **31.00** | **100.00** | **300.00** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato herbáceo*

Dentro de la vegetación de MSC en el área de Proyecto, no se presenta estrato herbáceo.

*Vegetación de Desiertos Arenosos (VDA)*

*Estrato arbóreo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbustivo del tipo de vegetación VDA en el Proyecto.

**Tabla 4.67. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbóreo en el VDA del Proyecto**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 33 | 13.20 | 73.33 | 11.01 | 75.15 | 7.00 | 46.67 | 195.15 |
| 2 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 4 | 1.60 | 8.89 | 0.48 | 3.30 | 4.00 | 26.67 | 38.85 |
| 3 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 4 | 1.60 | 8.89 | 3.03 | 20.70 | 1.00 | 6.67 | 36.25 |
| 4 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 4 | 1.60 | 8.89 | 0.12 | 0.85 | 3.00 | 20.00 | 29.74 |
| **Total** | | | **45** | **18.00** | **100.00** | **14.65** | **100.00** | **15.00** | **100.00** | **300.00** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato arbustivo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato arbustivo del tipo de vegetación VDA en el Proyecto.

**Tabla 4.68. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato arbustivo en el VDA del Proyecto**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Larrea tridentata* | Gobernadora | 278 | 58.45 | 20.11 | 289.00 | 27.64 | 21.00 | 15.33 | 63.08 |
| 2 | *Encelia farinosa* | Flor de Rocío | 218 | 61.91 | 21.30 | 147.80 | 14.13 | 18.00 | 13.14 | 48.58 |
| 3 | *Cylindropuntia fulgida* | Choya | 276 | 36.83 | 12.67 | 200.30 | 19.15 | 11.00 | 8.03 | 39.86 |
| 4 | *Ambrosia deltoidea* | Cenizo | 220 | 29.97 | 10.31 | 112.90 | 10.80 | 17.00 | 12.41 | 33.52 |
| 5 | *Echinocereus engelmannii subsp. fasciculatus* | Alicoche de Manojos | 171 | 46.12 | 15.87 | 59.85 | 5.72 | 14.00 | 10.22 | 31.81 |

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 6 | *Cylindropuntia bigelovii* | Choya Güera | 176 | 24.15 | 8.31 | 99.46 | 9.51 | 14.00 | 10.22 | 28.04 |
| 7 | *Fouquieria splendens* | Ocotillo | 26 | 5.99 | 2.06 | 32.95 | 3.15 | 8.00 | 5.84 | 11.05 |
| 8 | *Lophocereus schottii* | Sinita | 20 | 3.27 | 1.12 | 35.60 | 3.40 | 8.00 | 5.84 | 10.37 |
| 9 | *Krameria grayi* | Cosahui | 42 | 11.76 | 4.05 | 30.00 | 2.87 | 3.00 | 2.19 | 9.10 |
| 10 | *Grusonia reflexispina* | Nopal Cardo Lacio | 12 | 2.95 | 1.01 | 4.40 | 0.42 | 5.00 | 3.65 | 5.09 |
| 11 | *Jatropha cinerea* | Sangregrado | 10 | 1.37 | 0.47 | 12.70 | 1.21 | 4.00 | 2.92 | 4.61 |
| 12 | *Mammillaria grahamii* | Biznaga Chollo Chico | 3 | 0.34 | 0.12 | 0.65 | 0.06 | 3.00 | 2.19 | 2.37 |
| 13 | *Parkinsonia microphylla* | Palo verde | 6 | 0.70 | 0.24 | 3.60 | 0.34 | 2.00 | 1.46 | 2.05 |
| 14 | *Oenothera deltoides* | Jaula de pájaro | 4 | 3.20 | 1.10 | 1.20 | 0.11 | 1.00 | 0.73 | 1.95 |
| 15 | *Cylindropuntia arbuscula* | Sibiri | 6 | 1.02 | 0.35 | 7.80 | 0.75 | 1.00 | 0.73 | 1.83 |
| 16 | *Carnegiea gigantea* | Sahuaro | 2 | 0.92 | 0.32 | 0.50 | 0.05 | 2.00 | 1.46 | 1.82 |
| 17 | *Lippia graveolens* | Orégano cimarrón | 2 | 0.23 | 0.08 | 3.20 | 0.31 | 1.00 | 0.73 | 1.12 |
| 18 | *Ambrosia dumosa* | Hierba del burro | 1 | 0.80 | 0.28 | 1.00 | 0.10 | 1.00 | 0.73 | 1.10 |
| 19 | *Baccharis sarothroides* | Romerillo | 2 | 0.28 | 0.10 | 1.60 | 0.15 | 1.00 | 0.73 | 0.98 |
| 20 | *Ephedra aspera* | Canutillo | 2 | 0.25 | 0.08 | 1.00 | 0.10 | 1.00 | 0.73 | 0.91 |
| 21 | *Ferocactus emoryi* | Biznaga barril | 1 | 0.12 | 0.04 | 0.20 | 0.02 | 1.00 | 0.73 | 0.79 |
| **Total** | | | **1478** | **290.63** | **100.00** | **1045.71** | **100.00** | **137.00** | **100.00** | **300.00** |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

*Estrato herbáceo*

En la siguiente tabla se presentan los datos ecológicos relativos en el estrato herbáceo de VDA del Proyecto.

**Tabla 4.69. Datos ecológicos relativos e I.V.I del estrato herbáceo en VDA del Proyecto**

| ID | Nombre científico | Nombre común | N | Densidad | | Dominancia | | Frecuencia | | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Abs ha | Rel % | Abs $m^2$ | Rel % | Abs n | Rel % | |
| 1 | *Hilaria rigida* | Zacate Galleta | 55 | 220.00 | 45.45 | 33.74 | 78.76 | 3.00 | 37.50 | 161.71 |
| 2 | *Cryptantha angustifolia* | | 58 | 232.00 | 47.93 | 8.30 | 19.37 | 3.00 | 37.50 | 104.81 |
| 3 | *Euphorbia maculata* | | 8 | 32.00 | 6.61 | 0.80 | 1.87 | 2.00 | 25.00 | 33.48 |
| Total | | | 121 | 484.00 | 100.00 | 42.84 | 100.00 | 8.00 | 100.00 | 300.00 |
| N= Individuos del muestreo total, n = Individuos, Abs = Absoluta, Rel = Relativa | | | | | | | | | | |

## IV.2.1.2.1.7.5. Diversidad de la vegetación en el Proyecto

A continuación, se presentan los resultados de la diversidad, para cada tipo de vegetación, con base en los trabajos de campo realizados en el Proyecto.

***Índice de diversidad en el tipo de vegetación de Matorral Desértico Micrófilo (MDM) del Proyecto***

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el MDM, en el Proyecto por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.70.Índice de diversidad de las especies arbóreas del MDM del Proyecto**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **3** |
| H Calculada | **0.99** |
| H max = Ln S | **1.10** |
| Equidad = H/Hmax | **0.90** |

**Tabla 4.71. Índice de diversidad de las especies arbustivas del MDM del proyecto**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **18** |
| H Calculada | **2.09** |
| H max = Ln S | **2.89** |
| Equidad = H/Hmax | **0.72** |

El MDM del Proyecto está conformado por 18 especies de plantas vasculares, las cueles en su mayoría forman parte del estrato arbustivo. En general la diversidad en el MDM es media comparada con el resto de los tipos de vegetación en el Proyecto. Cabe destacar que el estrato herbáceo de este tipo de vegetación es nulo.

***Índice de diversidad en el tipo de Vegetación de Matorral Sarcocaule (MSC)***

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el MSC, en el Proyecto por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.72.Índice de diversidad de las especies arbóreas del MSC presente en el Proyecto**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **2** |
| H Calculada | **0.63** |
| H max = Ln S | **0.69** |
| Equidad = H/Hmax | **0.91** |

**Tabla 4.73.de diversidad de las especies arbustivas del MSC presente en el Proyecto**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **14** |
| H Calculada | **1.76** |
| H max = Ln S | **2.64** |
| Equidad = H/Hmax | **0.67** |

En el MSC del Proyecto se presentan 14 especies de plantas vasculares, las cuales en su mayoría forman parte del estrato arbustivo. De acuerdo al índice de diversidad calculado para estas especies, se considera que el valor más alto lo presenta el estrato arbustivo. El MSC del Proyecto presenta la diversidad más baja respecto al resto de los tipos de vegetación, con base al índice promedio de Shannon el cual fue de 0.80.

***Índice de diversidad en el tipo de Vegetación de desiertos arenosos (VDA)***

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener calculado para el VDA, en el Proyecto por estrato, se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 4.74. Índice de diversidad de las especies arbóreas del VDA presente en el Proyecto**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **4** |
| H Calculada | **0.87** |
| H max = Ln S | **1.39** |
| Equidad = H/Hmax | **0.63** |

**Tabla 4.75. Índice de diversidad de las especies arbustivas del VDA presente en el Proyecto**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **21** |
| H Calculada | **2.12** |
| H max = Ln S | **3.04** |
| Equidad = H/Hmax | **0.70** |

**Tabla 4.76. Índice de diversidad de las especies herbáceas del VDA presente en el Proyecto**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Riqueza (S) | **3** |
| H Calculada | **0.89** |
| H max = Ln S | **1.10** |
| Equidad = H/Hmax | **0.81** |

La VDA del Proyecto está conformado por 24 especies de plantas, las cueles en su mayoría forman parte del estrato arbustivo, el estrato herbáceo es el menos rico en especies con tan solo cuatro y por ende es el que presenta el menor índice de diversidad que el resto. En general la diversidad la VDA se considera la más alta, con 1.29 de diversidad promedio, respecto al resto de los tipos de vegetación en el Proyecto.

**IV.2.1.2.1.8. Índice de Integridad Ecológica de la Vegetación (IIEV)**

El Índice de Integridad Ecológica de la Vegetación (IIEV), permite generar información con base al previo trabajo en campo, para la evaluación de las características ambientales de las áreas de estudio, este índice está basado en lo descrito por (Shoji-Sanchez, 2005).

El IIEV considera diferentes variables asociadas al tipo de vegetación (métricas), con valores cuantitativos los cuales permiten calificar la integridad de la zona, aunado a lo anterior para la generación del IIEV de las áreas de estudio del Proyecto, se utilizaron las siguientes siete métricas (Shoji-Sanchez, 2005):

1. *Similitud de especies en la comunidad*

Hace referencia a que la estructura de la comunidad podría cambiar con relación al incremento del disturbio, aunado a lo anterior, este cambio se representaría como una pérdida de las especies dentro del ecosistema.

Para el cálculo de esta métrica es necesario generar un listado de las especies encontradas en la región o en el total de los sitios de muestreo y posteriormente obtener el porcentaje de especies compartidas.

La fórmula para calcular lo anterior descrito se muestra a continuación:

$$\mathbf{SEC = ÓS_c / Ti}$$

Donde:

SEC= Similitud de especies en la comunidad
$ÓS_c$= Número de especies por sitio de muestreo
Ti= Inventario total de especies

La métrica, en términos originales mide la similitud o porcentaje de especies compartidas con respecto al total de especies de la comunidad de referencia, sin embargo, en muchos casos no existe un patrón de referencia con quien comparar y por lo tanto para el caso del presente estudio se tomó el total de especies inventariadas como el número de especies totales.

2. *Riqueza de Taxa*

Refiere a la riqueza especifica de especies presentes en cada sitio de muestreo, aunado a lo anterior, los sitios mejor conservados o con menor grado de disturbio deberían presentar mayor diversidad de especies.

El concepto de esta métrica se basa en que el número total de especies cambiará en función del incremento del disturbio, generalmente cuanto más saludable se encuentra un ecosistema, la riqueza de taxa será mayor. Sin embargo, la repuesta de está métrica puedes ser variable, es decir, la riqueza puede incrementarse o declinar dependiendo de distintas circunstancias. En algunas ocasiones se incrementa la riqueza de taxa por un aumento en el número de especies invasoras y secundarias pero este efecto es casi siempre temporal en función de la permanencia del agente de disturbio. Por lo tanto, dentro del

presente análisis las especies oportunistas, exóticas o con afinidad al disturbio, se consideraron como otra métrica.

Para el cálculo de la riqueza de taxa se utilizó la siguiente formula:

$$\mathbf{ÓS_c - Ti}$$

Donde:

$ÓS_c$= Número de especies por sitio de muestreo
Ti= Inventario total de especies

*3. Biomasa persistente*

Para la determinación de esta métrica, se tomó en cuenta la abundancia total por sitio de especies con atributos fisonómicos perennes, es decir especies que presenten hojas o follaje durante todo el año.

La consideración anterior descrita se debe a que el follaje de las especies vegetales, provee un importante soporte a la cadena alimenticia y a la estructura del hábitat de la zona.

*4. Especies endémicas y nativas*

Dentro de esta métrica se consideraron las especies endémicas y nativas al hábitat, municipio, estado y país. Las especies endémicas tienden a disminuir su abundancia, en función del grado de disturbio o alteración, de tal modo que efectos negativos en la comunidad o en el hábitat provocan una declinación en sus poblaciones.

El cálculo se realizó a partir de la abundancia total de especies endémicas y nativas. Al igual que en la métrica anterior, se hace necesario un inventario de todas aquellas especies de la zona que cumplan esta métrica, con el fin de contabilizarlas y determinar su distribución en la zona.

*5. Condición de desarrollo (Especies oportunistas)*

La aplicación de esta métrica está basada en el concepto de sucesión de especies dentro de un ecosistema, por lo cual, en esta variable, se cuantifico la presencia y desarrollo de las especies oportunistas, las cuales son aquellas que ocupan nuevas áreas con vegetación la cual se encuentra inestable o con potencial a degradación, las especies oportunistas se establecen con facilidad y se extienden con rapidez, con el fin de colonizar o persistir dentro de esta vegetación. El establecimiento de las especies oportunistas en una comunidad vegetal, se encuentra ligado al disturbio, de tal forma que entre mayor número de especies oportunistas o invasoras presente un sitio el grado de sucesión o degradación es mayor.

*6. Dominancia / Abundancia de especies*

Hace referencia a la proporción de las especies que muestran una mayor densidad poblacional o en su caso una mayor cobertura de la superficie de la comunidad. Para fines del presente análisis, se tomó en cuenta la abundancia del total de individuos por sitio de muestreo, respecto al total de individuos en todos los muestreos. El disturbio o la afectación propician que un mayor número de especies de la comunidad disminuya su densidad y que solo algunas cuantas especies incrementen su número, de tal manera que se establece un desequilibrio en la comunidad.

El cálculo se realizó con la suma de los individuos de las tres especies más abundantes dividida por el total de individuos, esto por cada sitio. A continuación, se presenta la fórmula utilizada:

$$\mathbf{S_1+S_2+S_3/Tb}$$

Donde:

$S_1$= Individuos de la primera especie más abundante del sitio
$S_2$= Individuos de la segunda especie más abundante del sitio
$S_3$= Individuos de la tercera especie más abundante del sitio
Tb= Total de individuos por sitio de muestreo

7. *Categoría de protección o estatus*

Se refiere a las especies bajo protección de la NOM-059, su respuesta es conforme se incrementan los factores de alteración se incrementará el número de especies comunes y disminuirá el número de especies en categoría especial. De manera que, generalmente los sitios que presentan mayor número de especies en NOM-059 son los sitios menos perturbados, dado que las condiciones del hábitat se mantienen estables.

Las métricas o variables anteriores, se sometieron al método de ordenación. Se seleccionó un rango de valores en una escala ordinal de 0 a 6 y se utilizó la distribución de valores de los percentiles donde a los valores de cada métrica por debajo del percentil 25 se les asigna el valor de 0, a los valores de las métricas entre el percentil 25 y el 50 se asigna el valor de 2, a los del percentil 50 al 75 se asigna el valor de 4 y mayores al percentil 75 se asigna el valor de 6, con base a la metodología desarrollada por (Shoji-Sanchez, 2005).

Cabe mencionar que, para el análisis anterior escrito, se utilizó la información recabada en campo en la cual, con base al error de muestro del 10% y confiabilidad del 95% se realizaron 122 sitios de muestreo de vegetación, además se realizaron curvas de acumulación de especies para comprobar la eficiencia del muestreo, la descripción completa de metodología de muestreo se presenta en el apartado “IV.2.1.2.1.2 Metodología”.

### IV.2.1.2.1.8.1. Resultado de los cálculos de las métricas aplicadas

Con los datos obtenidos por métrica, se realizó una matriz de valoración para presentar la relación que existe entre cada uno de los sitios de muestro y las métricas estudiadas, así mismo se calculó el valor del IIEV bruto y el IIEV final, en lo cual se utilizó la formula siguiente:

$$V_b = P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8+P9\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Donde

$V_b$= Valor bruto del IIEV
$P_n$=Puntaje de cada una de las métricas en el bloque

Y para el valor final del Índice de Integridad Ecológica de la Vegetación fue calculado a partir de la fórmula:

$$V_f = V_b x 100/42$$

Donde:
$V_f$= Valor final del IIEV
42= Valor constante asignado resultado de la calificación mayor posible, es decir 6 y las métricas utilizadas 7.

Con el resultado del IIEV final fue posible categorizar la condición de cada uno de los sitios de muestreo, en la cual se asignó una calificación cualitativa a cada valor, con base al cálculo de percentiles, como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 4. 77 Asignación de condición de la integridad ecológica de la vegetación**

| **Condición** | Excelente | Buena | Regular | Pobre |
|---|---|---|---|---|
| **Valor** | > 57.14 | 47.62 - 57.14 | 38.10 - 47.63 | < 38.10 |
| **Percentil de los valores finales de IIEV** | 0.75 | 0.5 | | 0.25 |

La asignación anterior se aplicó con base a la metodología del cálculo de IIEV de acuerdo a (Shoji-Sanchez, 2005).

### IV.2.1.2.1.8.2. Modelo de Interpolación del IIEV

Para reflejar de manera puntual y visible el resultado del IIEV se realizó un Modelo de Interpolación del Valor del índice por cada sitio de muestreo, mediante la metodología de "Selección de método de interpolación por método de validación cruzada".

***Selección de datos***

Para la validación de los datos se seleccionó el 10 % de los mismos y el 90 % para realizar la interpolación.

***Modelación de datos***

Se procedió a realizar la validación cruzada, mediante el programa "ArcGIS 10.5", con la herramienta de "ModelBuilder", el cual es un método estadístico que consiste en dividir datos en dos segmentos: uno utilizado para entrenar un modelo y otro utilizado para validarlo (Refaeilzadeh-P, 2009). Se evaluaron los algoritmos de Distancia inversa ponderada con factor de ponderación de 2 (IDW, por sus siglas en inglés), Kriging ordinario esférico (KOE), Kriging ordinario gaussiano (KOG), Kriging universal con regresión lineal (KUL) y Spline de regularización con un factor de peso de 0.1. Lo anterior se muestra a continuación:

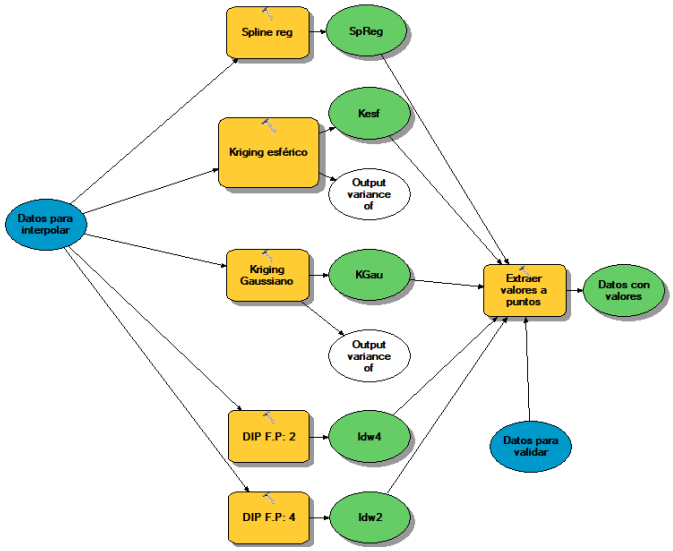



**Figura 4. 65 Validación cruzada con "ModelBuilder", en ArcGIS.**

Con base a lo anterior se realizó el cálculo del Error cuadrático medio (ECM) para el resultado de cada modelo. El ECM es la suma de los cuadrados de la diferencia entre los datos estimados y los medidos. A continuación, se presenta la tabla de resultados del ECM por modelo.

**Tabla 4. 78 Tabla de resultados de Error cuadrático medio**

| N° Muestra | ECM SpReg | ECM Kesf | ECM KGau | ECM Idw4 | ECM Idw2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 6008.41 | 33.93 | 6.72 | 116.54 | 40.75 |
| 47 | 371.00 | 366.41 | 425.91 | 361.29 | 365.96 |
| 11 | 984.58 | 25.24 | 28.09 | 38.85 | 39.28 |
| 101 | 49.81 | 139.56 | 180.75 | 39.71 | 96.04 |
| 106 | 79.00 | 0.00 | 0.00 | 10.39 | 0.37 |
| 107 | 1.59 | 10.93 | 2.48 | 196.85 | 115.60 |
| 9 | 222.38 | 1.90 | 35.21 | 203.58 | 163.93 |
| 113 | 27.87 | 248.12 | 330.19 | 24.87 | 68.89 |
| 1 | 1636.51 | 99.57 | 111.85 | 197.13 | 176.02 |
| 50 | 275.21 | 93.49 | 73.47 | 120.87 | 100.74 |
| 121 | 377.47 | 70.61 | 103.70 | 0.24 | 19.61 |
| 124 | 127.13 | 0.18 | 0.59 | 55.30 | 12.18 |
| 6 | 24.70 | 51.93 | 59.39 | 54.26 | 70.62 |
| Resultado ECM | 10185.66 | 1141.86 | 1358.35 | 1419.89 | 1269.99 |

Como se observa en la tabla anterior, el menor error cuadrático medio, lo presenta el modelo Kriging esférico, lo cual lo hace el mejor método a utilizar con base en la metodología de validación cruzada.

### IV.2.1.2.1.8.3. Resultado de modelación del IIEV

Con base a la modelación del Índice de Integración Ecológica de la Vegetación calculado mediante la información por sitio recabada en campo, se presenta la siguiente figura en la cual se observan la condición ecológica de la vegetación, de las áreas de estudio.

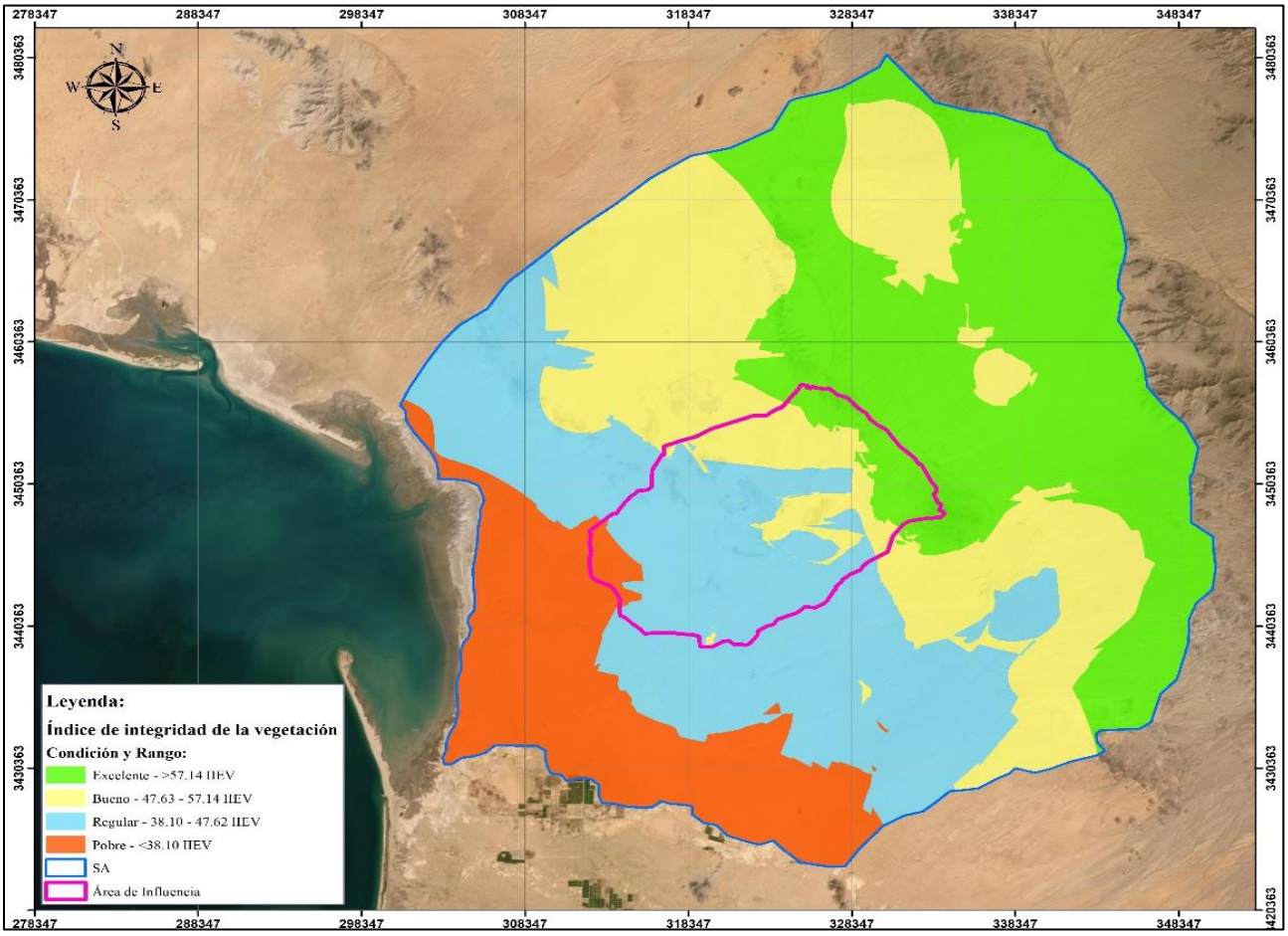



**Figura 4. 66 Modelo de IIEV en las áreas de estudio**

Así mismo, se procedió a realizar la exclusión de las áreas con presencia de actividad antrópica, con lo cual en la siguiente figura se observa la condición actual ecológica de la vegetación del SA.

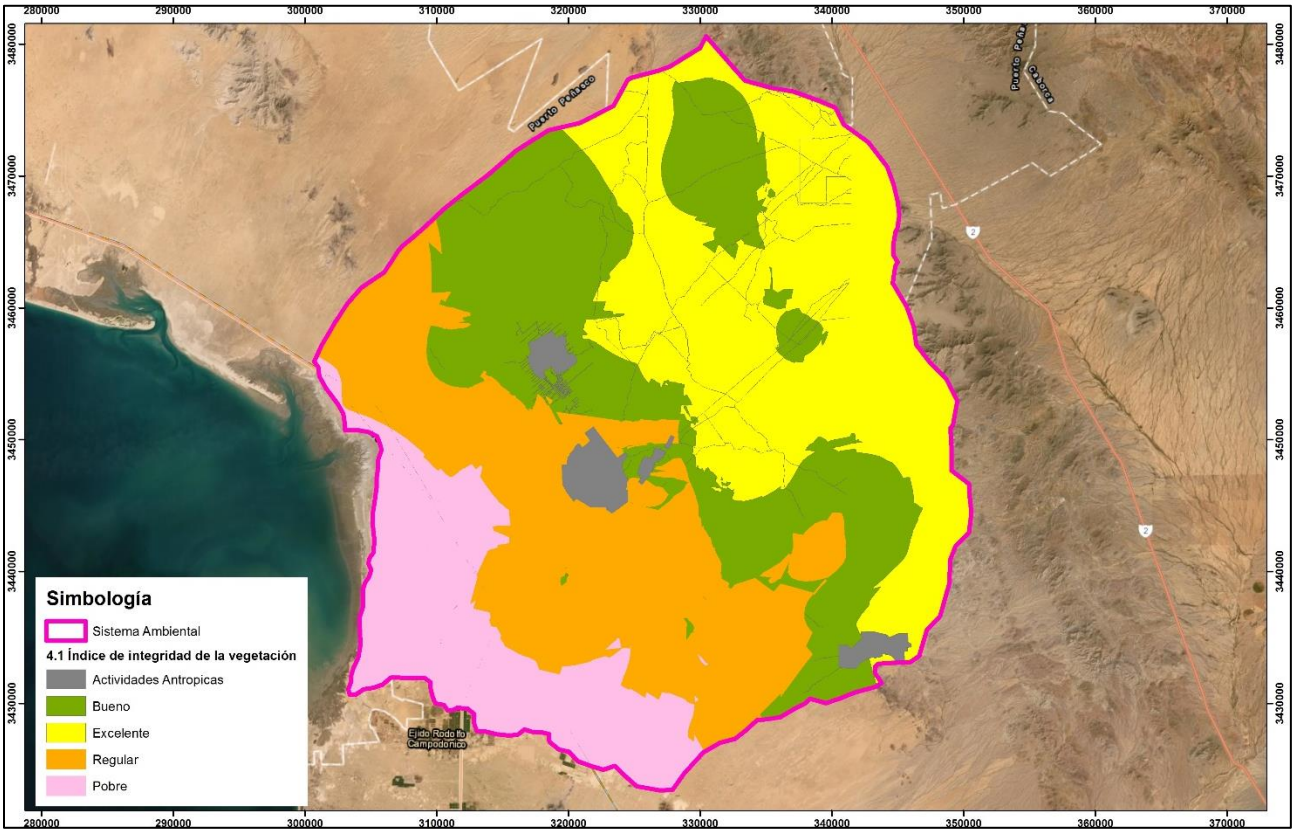



**Figura 4. 67 IIEV actual en las áreas de estudio**

### IV.2.1.2.1.9. Conclusión del análisis de la vegetación

La composición y estructura de la vegetación, registrada dentro de las diferentes áreas de análisis SA, AI y Área del Proyecto, corresponde a la esperada para los tipos de vegetación analizados, dada la predominancia de especies como *Larrea tridentata* "Gobernadora" y *Ambrosia deltoidea* "Cenizo" en el MDM, *Jatropha cuneata* y *Parkinsonia microphylla* "Palo verde" para el MSC y *Encelia farinosa* "Flor de roció" y *Lophocereus schottii* "Sinita" para la VDA.

Las 60 especies que se presentan en el SA, pudieran indicar una riqueza alta en comparación con otros análisis en comunidades similares dentro del estado de Sonora, por ejemplo con las 24 especies que reporta (Sanchez, Mejia, Serrano-Grijalva, Peñuelas-Rubio, & Perez, 2007) en el análisis florístico del límite del desierto de Sonora y la Selva Baja Caducifolia o baja respecto a lo que reportan en el programa de manejo de la Reserva de la Biosfera "El Pinacate y Gran Desierto de Altar" (Castillo-Sánchez , y otros, 1994). Cabe señalar, que la diferencia en número de especies depende de la superficie de muestreo en cada trabajo. En concreto la riqueza de especies se considera media respecto a los trabajos en comunidades similares dentro del estado y áreas colindantes. Es importante mencionar que, las actividades antrópicas, han provocado la inclusión de especies no propias de la vegetación

nativa, las cuales se comportan como invasoras y con el paso del tiempo si continúan las mismas condiciones, van remplazando a los elementos florísticos nativos y propios de la vegetación.

En el SA del proyecto se presentan 3 tipos de vegetación, los cuales son, Matorral Desértico Micrófilo (MDM), Matorral Sarcocaule (MSC) y Vegetación de Desiertos Arenosos (VDA), Así mismo en el AI y en el Área de Proyecto, cabe destacar que la estructura, diversidad y composición de estas últimas áreas es menor, con base a los resultados obtenidos en los cálculos ecológicos.

La riqueza florística del SA incluye 18 órdenes, 23 familias, 49 géneros y 60 especies de plantas vasculares, de las cuales algunas de estas se comparten entre los diferentes tipos de vegetación que se describen para el SA. Dentro del AI se registran 17 órdenes, 20 familias, 37 géneros y 43 especies de plantas vasculares y en el Área de Proyecto 12 órdenes, 13 familias, 22 géneros y 28 especies de plantas vasculares. Lo anterior es un indicador de que el área de proyecto, actualmente presenta una degradación en la vegetación, la cual ha contribuido al desarrollo de menor número de especies de plantas.

Los diferentes tipos de vegetación que se desarrollan en el SA presentan estructura arbórea, arbustiva y herbácea sin embargó, dentro del AI y Área del Proyecto algunos tipos de vegetación carecen del estrato herbáceo. En los tipos de vegetación presentes en las áreas de estudio, el estrato con mayor valor de dominancia y abundancia es el arbustivo. La diversidad entre las áreas de estudio, con base al promedio de diversidad de Shannon es alta en SA con 1.81, media en AI con 1.40 y baja en el Proyecto con 1.04.

En general, se concluye con base a la información tomada y analizada en campo que la condición ecológica de la vegetación en la mayor superficie del SA es excelente, la distribución de esta condición se presenta al Este y considera los tres tipos de vegetación MDM, MSC y VDA. Dentro del AI se concluye que la condición que predomina en superficie es la regular, con un 59% del total de superficie, seguido de condición buena con el 23 % y finalmente excelente y pobre.

### *IV.2.1.2.2 Fauna*

México se encuentra en la zona de transición de las regiones biogeográficas neártica y neotropical; y se reconoce como uno de los países con mayor riqueza faunística del mundo, se calcula que México alberga entre el 8 y 12% del total de las especies del planeta. Esta "megadiversidad" no sólo se debe a la confrontación de las dos regiones antes señaladas, sino también a la variedad de climas, altitudes, formas de terreno y tipos de vegetación.

Para el muestreo de la fauna se utilizaron distintas variantes de metodologías para cada uno de los grupos de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). A continuación, se describen las técnicas utilizadas para hacer registros directos e indirectos de especies durante el trabajo de campo:

*Observación directa*

Los registros directos se realizaron durante los transectos tanto diurnos como nocturnos cuando fue posible observar o incluso capturar al animal, este tipo de registros son los más confiables pues proporcionan determinaciones precisas de las especies. A continuación, se describen algunos métodos y técnicas aplicadas para la obtención de registros directos de fauna:

- Métodos de detección en silencio. - Consiste en la detección en silencio de las especies, para lograr este tipo de registro es necesaria la cautela, ya que solo de esa forma el observador puede lograr un acercamiento mayor a los animales. Las observaciones en puntos altos en donde se procura hacer el mínimo de ruido y movimientos, hacen posible el registro de las especies más cautelosas.

- Transectos aleatorios no restringidos y censos de búsqueda intensiva. - Con este método se intentó cubrir la mayor superficie posible sin restricción de movimiento, esto con la finalidad de incrementar la probabilidad de detección del mayor número de especies, en total se recorrieron 15 transectos durante 8 días cada mes (En el Anexo 4.8 y 4.14 se presentan los transectos de muestreo faunístico y ubicación de cámaras trampa que fueron realizados en los trabajos de campo).

- Para el caso de los reptiles y anfibios fue necesaria la remoción de rocas y restos vegetales como troncos y ramas, siguiendo las técnicas propuestas en el trabajo de Casas-Andreu et al. 1990, Tanto como para los anfibios y reptiles se muestrearon con material herpetológicos (red de pesca, ganchos y pinzas) Para la determinación de las especies se utilizaron los trabajos de Smith y Taylor (1945, 1948, 1950), Duellman (2001), Köhler y Heimes (2002), Campbell y Lamar (2004), Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, (2005) y Heimes (2016). El listado de las especies se actualizó considerando los trabajos de Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), Campbell y Lamar (2004), Heimes (2016). Durante este tipo de trabajo se tuvo a disposición equipo tal como: binoculares, cámaras digitales, GPS, planos georreferenciados del área, guías para la determinación de las especies de aves (Howell & Webb 1995, Sibley 2001, National Geographic, 2006 y Peterson, 1994) mamíferos (Aranda, 2000; Ceballos y Oliva, 2005; Reid, 2006).

*Técnicas de captura*

Estas técnicas dirigen su esfuerzo como su nombre lo indica, a la captura de los organismos, ya sea mediante trampas tipos Sherman, Tomahawk, de desvío etc. o redes ornitológicas y para murciélagos (Muñoz et al; 2009). Para el caso específico de este proyecto, estas técnicas no fueron utilizadas.

- Fototrampeo. – Herramienta para el muestreo de especies de carácter críptico o raras, debido a que permiten ampliar nuestras observaciones de las especies en el tiempo y el espacio sin interferir con su conducta (Lynam, 2002; Karanth y Nichols, 2002; Karanth et al., 2004; Silver, 2004; Kays y Slauson, 2008), generando así información muy valiosa sobre la biología y ecología de estas especies, que de otra manera sería más difícil de obtener si utilizáramos métodos tradicionales; fueron instaladas un total de 10 cámaras trampa los lugares de colocación fueron seleccionados a partir de las características del sitio y de la técnica de observación indirecta (rastros encontrados).

- Captura manual. - en el caso de los reptiles utilizando gancho, pinza herpetológica, guantes de carnaza y polainas para evitar accidentes por mordedura de serpientes venenosas, en el caso de anfibios acuáticos se utilizó red de pesca tipo cuchara.

*Observación indirecta*

En esta técnica se consideraron las señales que las especies dejan de su presencia y actividades (plumas, huellas, excretas, marcas, cadáveres, etc.). Los recorridos fueron realizados de forma aleatoria y no restringida. El terreno determina la permanencia y la claridad de los rastros principalmente las huellas, por lo que la búsqueda de los mismos se realizó en lugares arenosos lo cual permite una clara y detallada impresión de las mismas, así como aquellos sitios con tierra poco profunda y de grano fino, libre en gran parte de rocas. Para la identificación de los rastros (especies) se utilizó el trabajo de Aranda-Sánchez, 2012 y Ceballos y oliva, 2005.

**IV.2.1.2.2.2. Riqueza de especies obtenida durante los muestreos en el Sistema Ambiental**

Durante el muestreo realizado para el presente proyecto para la totalidad de las tres áreas de análisis (AI, AP y SA), se registraron un total de 128 especies dentro de los 4 grupos de vertebrados terrestres (Anfibios, Reptiles, Aves y Mamíferos). En el Anexo 4.9 se presenta el Reporte fotográfico de fauna silvestre dentro del Sistema Ambiental.

El grupo de las aves fue el mejor representado, con un total de 54 especies repartidas en 27 familias y 11 órdenes, seguido del grupo de los reptiles con 39 especies en once familias y dos órdenes, el grupo de los mamíferos registro un total de 30 especies en 16 familias y un cinco ordenes, los anfibios registro un total de cinco especies en 2 familias y un orden.

En estudios anteriores se mencionan ciertas especies (*Aspidoscelis sonorense, A. burti, Sceloporus jarrovi, Sc. virgatus, Uma notata, Cophosaurus texanus, Gopherus berlandieri, G. agazisi y Leiocephalus schreibersi*), las cuales no se incluyen en este estudio ya que consideramos que fueron identificaciones erróneas, ya que éstas no se distribuyen en la región o incluso en el país.

Enseguida se presenta un gráfico donde se expone el porcentaje de registro de especies por grupo zoológico durante todo el trabajo de campo (Figura 4.68).

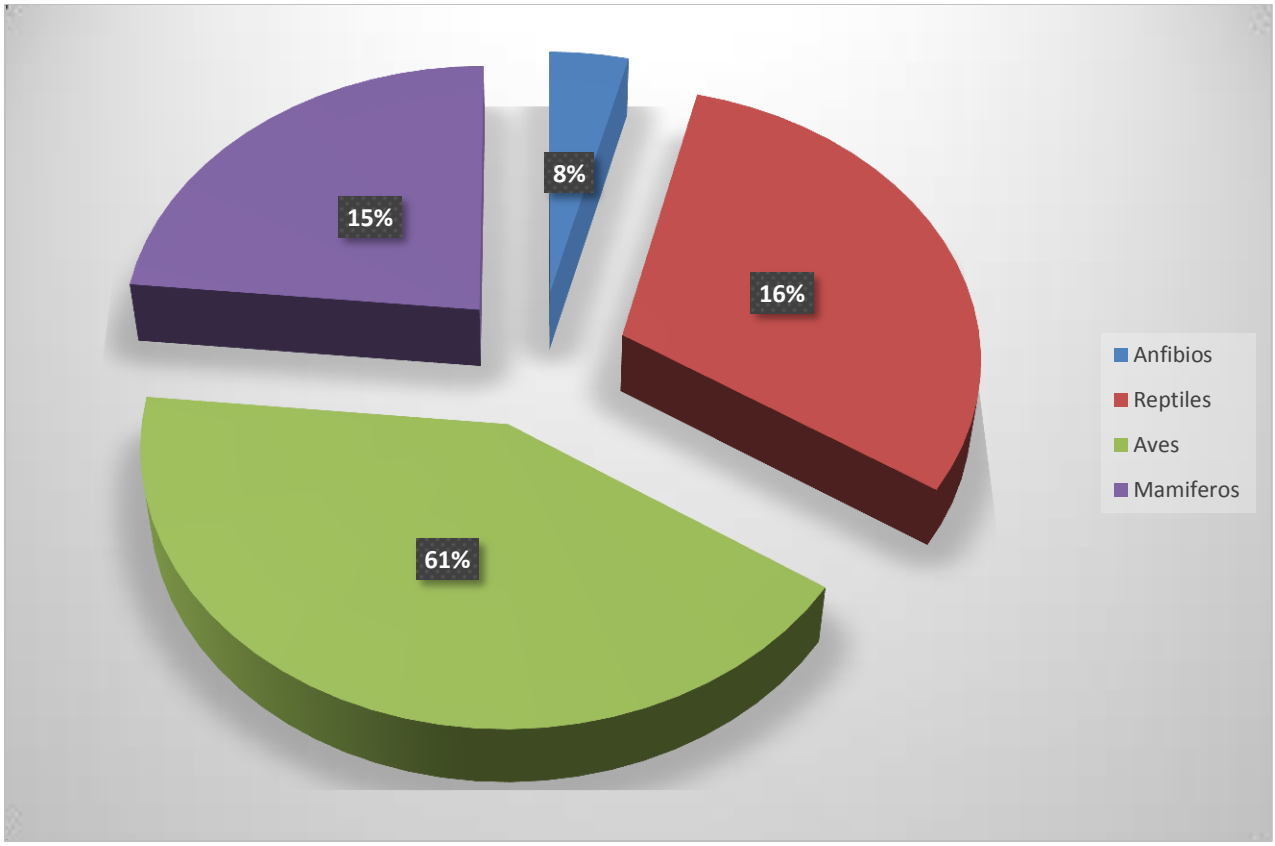



**Figura 4.68. Riqueza faunística registrada de acuerdo al grupo zoológico muestreado**

A continuación, se presenta un desglose de los resultados obtenidos por grupo zoológico durante el muestreo que muestra las especies registradas, el tipo de registro, si se clasifica como endémica y si se enlistada dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

### IV.2.1.2.2.2.1. Anfibios

Se registraron cinco especies de anfibios, representados en dos familias y ambos del orden Anura. Como se aprecia en la Tabla 4. 79 solo se registró una especie (*Anaxyrus retiformis*) enlistada dentro de la NOM 059-SEMARNAT-2010.

**Tabla 4. 79. Especies de anfibios registrados durante los muestreos**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | Tr[(1)] | E[(2)] |
|---|---|---|---|---|---|
| **Anura** | Bufonidae | *Anaxyrus cognatus* | Sapo de espuelas | Od | - |
| | | *Anaxyrus punctatus* | Sapo de puntos rojos | Od | - |
| | | *Anaxyrus retiformis* | Sapo sonorense | Od | - |
| | | *Incilius alvarius* | Sapo del desierto de Sonora | Od | - |
| | Scaphiopodidae | *Scaphiopus couchii* | Cavador | Od | - |

### IV.2.1.2.2.2.2. Reptiles

Durante los trabajos de campo se logró la identificación de 39 especies de reptiles, de las cuales 19 especies corresponden al suborden Lacertilia, 19 especies al suborden Serpentes, y una especie de tortuga, 17 especies se encuentran listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT 2010.

**Tabla 4. 80. Especies de reptiles registrados durante los muestreos**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | Tr(1) | E(2) |
|---|---|---|---|---|---|
| Squamata Suborden Lacertilia | Crotaphytidae | *Crotaphytus nebrius* | Cahoron de Sonora | Od | **E** |
| | | *Gambelia wislizenii* | Lagartija Mata Caballos | Od | - |
| | Eublepharidae | *Coleonyx variegatus* | Geco de Bandas Occidental | Od | - |
| | Helodermatidae | *Heloderma suspectum* | Monstruo de Gila | Od | - |
| | Phrynosomatidae | *Callisaurus draconoides* | Cachora Arenera | Od | - |
| | | *Holbrookia elegans* | Lagartija sorda elegante | Od | - |
| | | *Phrynosoma goodei* | Camaleon de Sonora | Od | - |
| | | *Phrynosoma mcallii* | Camaleon de cola plana | Od | - |
| | | *Phrynosoma solare* | Camaleon Real | Od | - |
| | | *Sceloporus clarki* | Bejori de Clark | Od | - |
| | | *Sceloporus magister* | Lagartija del desierto | Od | - |
| | | *Uma rufopunctata* | Arenera de manchas laterales | Od | - |
| | | *Urosaurus graciosus* | Roñito de matorral | Od | - |
| | | *Urosaurus ornatus* | Roñito ornado | Od | - |
| | | *Uta stanburiana* | Mancha ñilateral comun | Od | - |
| | Iguanidae | *Sauromalus ater* | Cahorones de roca | Od | - |
| | | *Dipsosaurus dorsalis* | Iguana del desierto | Od | - |
| | Teiidae | *Aspidoscelis tigris* | Huico tigre | Od | - |
| | | *Aspidoscelis xanthonota* | Huico de dorso rojo | Od | - |
| Squamata Suborden Serpentes | Boidae | *Lichanura trivirgata* | Boa del desierto | Od | - |
| | Colubridae | *Arizona elegans* | Brillante arenicola | Od | - |
| | | *Chilomeniscus stramineus* | Arenera de modelo variable | OT | - |
| | | *Chionactis annulata* | Rostro de pala del desierto de colorado | OT | - |
| | | *Chionactis palarostris* | Rostro de pala de sonora | Od | - |
| | | *Masticophis bilineatus* | Latigo de Sonora | OT | - |
| | | *Masticophis flagellum* | Chirrionera | Od | - |
| | | *Phyllorhynchus decurtatus* | Culebra nariz moteada | Od | - |
| | | *Pituophis catenifer* | Cincuate casero | Od | - |
| | | *Rhinocheilus lecontei* | Culebra nariz larga | Od | - |
| | | *Salvadora hexalepis* | Cabestrillo | Od | - |

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | Tr(1) | E(2) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Trimophodon lambda* | Ilamacoa de Sonora | Od | - |
| | | *Hypsiglena chlorophaea* | Nocturna verde oscuro | Od | - |
| | Elapidae | *Micruroides eyryxanthus* | Coralillo occidental | Od | - |
| | Viperidae | *Crotalus atrox* | Cascabel de diamantes | Od | - |
| | | *Crotalus cerastes* | vibora cornuda | Od | - |
| | | *Crotalus molossus* | Cascabel serrana | Od | - |
| | | *Crotalus scutulatus* | chiauhcoatl | Od | - |
| | | *Crotalus tigris* | Cascabel tigre | Od | - |
| Testudines | Testudinidae | *Gopherus morafkai* | Tortuga del desierto de Sonora | Od | - |

### IV.2.1.2.2.2.3. Aves

A continuación, se presenta el listado de especies de aves registradas durante los trabajos de campo dentro del Sistema Ambiental, el cual se encuentra conformado por 54 especies contenidas en 27 familias que a su vez están agrupadas en 11 órdenes. La familia mejor representada fue Emberizidae con 7 especies.

Del total de especies de aves registradas, 42 fueron residentes permanentes y 12 migratorias. Del total de aves migratorias registradas. No se registraron siete especies endémicas al territorio nacional, por último, solo se registró una especie enlistada dentro de la NOM 059-SEMARNAT-2010.

**Tabla 4. 81. Especies de Aves registradas durante los muestreos**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | Tr(1) | E(2) |
|---|---|---|---|---|---|
| Galliformes | Odontophoridae | *Callipepla gambelii* | Codorniz chiquiri | Od, Vc | - |
| Cathartiformes | Cathartidae | *Coragyps atratus* | Zopilote común | Od | - |
| | | *Cathartes aura* | Zopilote aura | Od | - |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Buteo jamaicensis* | Aguililla cola-roja | Od, Vc | - |
| | | *Buteo brachyurus* | Gavilán de cola corta | Od | - |
| | | *Cyrcus cyaenus* | Gavilán rastrero | Od | - |
| | | *Parabuteo unicinctus* | Aguililla Rojinegra | Od | - |
| Strigiformes | Tytonidae | *Tyto alba* | Lechuza | Od | - |
| | Strigidae | *Bubo virginianus* | Búho cornudo | Od, Vc | - |
| Columbiformes | Columbidae | *Zenaida asiatica* | Paloma alablanca | Od | - |
| | | *Zenaida macroura* | Huilota Común | Od | - |
| Cuculiformes | Cuculidae | *Geococcyx californianus* | Correcaminos norteño | Od | - |
| Piciformes | Picidae | *Melanerpes uropygialis* | Carpintero del desierto | Od | - |
| | | *Picoides arizonae* | Carpintero de Arizona | Od | - |
| Falconiformes | Falconidae | *Falco sparverius* | Cernícalo Americano | Od | - |
| | | *Caracara cheriway* | Caracara común | Od | - |

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | Tr[1] | E[2] |
|---|---|---|---|---|---|
| Caprimulgiformes | Caprimulgidae | *Chordeiles acutipennis* | Chotacabras menor | Od | - |
| Apodiformes | Apodidae | *Cypseloides niger* | Vencejo negro | Od | - |
| | Trochilidae | *Amazilia violiceps* | Colibrí corona violeta | Od | - |
| | | *Calypte anna* | Colibrí cabeza roja | Od | - |
| | | *Calypte costae* | Colibrí | Od | - |
| | | *Archilochus alexandri* | Colibrí barba negra | Od | - |
| | | *Eugenes fulgens* | Colibrí magnifico | Od | - |
| Passeriformes | Aegithalidae | *Psaltriparus minimus* | Sastrecillo | Od | - |
| | Tyrannidae | *Contopus sordidulus* | Pibí Occidental | Od | - |
| | | *Empidonax hammondi* | Mosque de hanimond | Od | - |
| | | *Sayornis nigricans* | Mosquero negro | Od | - |
| | | *Sayornis saya* | Papamoscas llanero | Od | - |
| | | *Myiarchus tuberculifer* | Papamoscas triste | Od | - |
| | | *Tyrannus crassirostris* | Tirano Pico grueso | Od | - |
| | Polioptilidae | *Polioptila caerulea* | Perlita azul gris | Od | - |
| | Parulidae | *Oreothlypis peregrina* | Chipe peregrino | Od | - |
| | Mimidae | *Toxostoma curvirostre* | Cuitlacoche pico curvo | Od | - |
| | | *Oreoscoptes montanus* | Cuitlacoche montano | Od | - |
| | | *Mimus polyglottos* | Cenzontle norteño | Od | - |
| | Ptiliogonatidae | *Phainopepla nitens* | Capulinero negro | Od | - |
| | Emberizidae | *Pipilo chlorurus* | Toquí cola verde | Od | - |
| | | *Pooecetes gramineus* | Gorrion cola blanca | Od | - |
| | | *Spizella atrogularis* | Gorrion barba negra | Od | - |
| | | *Spizella passerina* | Gorrión Ceja Blanca | Od | - |
| | | *Amphispiza belli* | Zacatonero de artemiza | Od | - |
| | | *Amphispiza bilineata* | Zacatonero garganta negra | Od | - |
| | | *Zonotrichia leucophrys* | Gorrión corona blanca | Od | - |
| | Corvidae | *Corvus corax* | Cuervo común | Od, Vc | - |
| | Lanidae | *Lanius ludovicianus* | Verdugo | Od | - |
| | Alaudidae | *Eremophila alpestris* | Alondra cornuda | Od | - |
| | Remizidae | *Auriparus flaviceps* | Verdín | Od | - |
| | Fringilidae | *Haemorhous mexicanus* | Pinzón mexicano | Od | - |
| | | *Spinus psaltria* | Jilguero aliblanco | Od | - |
| | Troglodytidae | *Campylorhynchus brunneicapillus* | Matraca del desierto | Od | - |
| | | *Salpinctes obsoletus* | Chirivín saltaroca | Od | - |
| | Cardinalidae | *Cardinalis sinuatus* | Cardenal pardo | Od | - |
| | | *Passerina amoena* | Colorín lázuli | Od | - |
| | Passeridae | *Passer domesticus* | Gorrión común | Od | - |

### IV.2.1.2.2.2.4. Mamíferos

Para el grupo de los mamíferos se registraron 30 especies en 16 familias y cinco órdenes, en la Tabla 4. 82, se presente el listado de especies registradas durante los trabajos de campo.

No se registraron especies endémicas a México dentro del Sistema Ambiental, en lo que respecta a las especies registradas dentro de la NOM 059-SEMARNAT-2010, se registran cuatro especies.

**Tabla 4. 82. Especies de mamíferos registrados durante el muestreo en el SA**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | Tr(1) | E(2) |
|---|---|---|---|---|---|
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Leptonycteris curasoae* | Murcielago | Od | - |
| | | *Leptonycteris yerbabuenae* | Murcielago | Od | - |
| | Vespertilionidae | *Myotis californicus* | Murcielago | Od | - |
| Rodentia | Geomydae | *Thomomys umbrinus* | Tuza | H, Ct | - |
| | Heteromidae | *Dipodomys deserti* | Ratón canguro | Od | - |
| | | *Dipodomys merriami* | Ratón canguro | Od | - |
| | | *Chaetodipus intermedius* | Ratón de bazones | Od | - |
| | Muridae | *Peromyscus boylii* | Ratón orejón | Od | - |
| | | *Neotoma albigula* | Rata de garganta blanca | Od, H | - |
| | Sciuridae | *Ammospermophilus harrisi* | Chichimoco | Od | - |
| | | *Xerospermophilus tereticaudus* | Ardillón punteado | Od | - |
| Carnivora | Canidae | *Canis latrans* | Coyote | Od, Ct, H, Ex | - |
| | | *Urocyon cinereoargenteus* | Zorra gris | Ct, H, Ex | - |
| | | *Vulpes macrotis* | Zorra del desierto | Ex | - |
| | Felidae | *Lynx rufus* | Lince | Ex | - |
| | | *Puma concolor* | Puma | Ex | - |
| | Mustelidae | *Taxidea taxus* | Tlalcoyote | Od | - |
| | | *Mustela frenata* | Comadreja | Od | - |
| | Mephitidae | *Conepatus leuconotus* | Zorillo | Od | - |
| | | *Mephitis macroura* | Zorrillo listado sureño | Ct, Od | - |
| | Procyonidae | *Bassariscus astutus* | Cacomixtle | Ct, Od | - |
| | | *Procyon lotor* | Mapache | Ct, Od | - |
| Artiodactyla | Antilocapridae | *Antilocapra americana* | Berrendo | Ct, Od | - |
| | Cervidae | *Odocoileus hemionus* | Venado Bura | Ct, Od | - |
| | | *Odocoileus virginianus* | Venado cola blanca | Ct, H, Ex | - |
| | Tayassuidae | *Pecari tajacu* | Jabali, Pecarí de collar | H, Ct | - |
| | Bovidae | *Ovis canadensis* | Borrego cimarron | Ex | - |
| Lagomorpha | Leporidae | *Lepus californicus* | Liebre cola negra | Od | - |
| | | *Lepus alleni* | Liebre torda | Ct, Od | - |
| | | *Sylvilagus auduboni* | Conejo | Ct, Od | - |

### IV.2.1.2.2.3. Análisis de los resultados del muestreo de fauna (Índice de diversidad de Shannon-Wiener) para el Sistema Ambiental

Una vez conformado el listado de especies presentes, se procedió al análisis de los resultados del muestreo de fauna dentro del Sistema Ambiental (SA), mediante el Índice de diversidad de Shannon-Wiener, realizando los cálculos correspondientes para cada grupo con la finalidad de evitar sesgos en el análisis de datos. A continuación, se presenta la fórmula que expresa el Índice de diversidad de Shannon-Wiener:

$$H = -\sum_{i=1}^{s} (Pi)(Log_2 Pi)$$

Dónde:

*S* – número de especies (la riqueza de especies)
*pi*– proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): $\frac{ni}{N}$
*ni* – número de individuos de la especie i
*N* – número de todos los individuos de todas las especies

El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de "S" especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie.

Para la interpretación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, los valores resultantes del índice de Shannon-Wiener inferior a 1.5 se consideran como "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. 83, se presenta el desglose de los resultados de diversidad obtenidos a partir de los datos levantados durante el muestreo faunístico para el SA, en la tabla se exponen las especies registradas por cada grupo zoológico, el número de individuos por especie que fueron avistados, su abundancia relativa y el índice de diversidad obtenido por grupo zoológico.

**Tabla 4. 83. Estimación de los parámetros de Shannon-Wiener para los distintos grupos zoológicos (Diversidad por grupo) en el Sistema Ambiental**

| Sistema Ambiental |
|---|

| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Anaxyrus cognatus* | 18 | 0.36 | 1.02165125 | 0.36779445 |
| | *Anaxyrus punctatus* | 9 | 0.18 | 1.71479843 | 0.30866372 |
| | *Anaxyrus retiformis* | 21 | 0.42 | 0.86750057 | 0.36435024 |
| | *Incilius alvarius* | 1 | 0.02 | 3.91202301 | 0.07824046 |
| | *Scaphiopus couchii* | 1 | 0.02 | 3.91202301 | 0.07824046 |
| Anfibios | **Total** | **50** | | **H=** | **0.52083116** |
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| | *Crotaphytus nebrius* | 6 | 0.07228916 | 2.62708114 | 0.18990948 |
| | *Gambelia wislizenii* | 2 | 0.02409639 | 3.72569343 | 0.08977575 |
| | *Holbrookia elegans* | 4 | 0.04819277 | 3.03254625 | 0.14614681 |
| | *Phrynosoma goodei* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Phrynosoma solare* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Sceloporus clarki* | 6 | 0.07228916 | 2.62708114 | 0.18990948 |
| | *Sceloporus magister* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Uma rufopunctata* | 2 | 0.02409639 | 3.72569343 | 0.08977575 |
| | *Urosaurus graciosus* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Urosaurus ornatus* | 6 | 0.07228916 | 2.62708114 | 0.18990948 |
| | *Uta stanburiana* | 3 | 0.03614458 | 3.32022832 | 0.12000825 |
| | *Sauromalus ater* | 2 | 0.02409639 | 3.72569343 | 0.08977575 |
| | *Dipsosaurus dorsalis* | 11 | 0.13253012 | 2.02094533 | 0.26783613 |
| | *Aspidoscelis tigris* | 9 | 0.10843373 | 2.22161603 | 0.24089812 |
| | *Aspidoscelis xanthonota* | 2 | 0.02409639 | 3.72569343 | 0.08977575 |
| | *Lichanura trivirgata* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Arizona elegans* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Chilomeniscus stramineus* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Chionactis annulata* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Chionactis palarostris* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Masticophis bilineatus* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Masticophis flagellum* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Rhinocheilus lecontei* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Salvadora hexalepis* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Trimophodon lambda* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Micruroides eyryxanthus* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Crotalus atrox* | 2 | 0.02409639 | 3.72569343 | 0.08977575 |
| | *Crotalus cerastes* | 7 | 0.08433735 | 2.47293046 | 0.2085604 |
| | *Crotalus molossus* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Crotalus scutulatus* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| | *Crotalus tigris* | 1 | 0.01204819 | 4.41884061 | 0.05323904 |
| Reptiles | *Gopherus morafkai* | 3 | 0.03614458 | 3.32022832 | 0.12000825 |

| | **Total** | **83** | | **H=** | **3.08036791** |
|---|---|---|---|---|---|
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| | *Callipepla gambelii* | 9 | 0.0206422 | 3.88041767 | 0.08010036 |
| | *Coragyps atratus* | 3 | 0.00688073 | 4.97902995 | 0.03425938 |
| | *Cathartes aura* | 6 | 0.01376147 | 4.28588277 | 0.05898004 |
| | *Buteo jamaicensis* | 11 | 0.02522936 | 3.67974697 | 0.09283765 |
| | *Buteo brachyurus* | 2 | 0.00458716 | 5.38449506 | 0.02469952 |
| | *Cyrcus cyaenus* | 2 | 0.00458716 | 5.38449506 | 0.02469952 |
| | *Parabuteo unicinctus* | 8 | 0.01834862 | 3.9982007 | 0.07336148 |
| | *Tyto alba* | 8 | 0.01834862 | 3.9982007 | 0.07336148 |
| | *Bubo virginianus* | 4 | 0.00917431 | 4.69134788 | 0.04303989 |
| | *Zenaida asiatica* | 30 | 0.06880734 | 2.67644486 | 0.18415905 |
| | *Geococcyx californianus* | 7 | 0.01605505 | 4.13173209 | 0.06633515 |
| | *Melanerpes uropygialis* | 9 | 0.0206422 | 3.88041767 | 0.08010036 |
| | *Picoides arizonae* | 4 | 0.00917431 | 4.69134788 | 0.04303989 |
| | *Falco sparverius* | 9 | 0.0206422 | 3.88041767 | 0.08010036 |
| | *Caracara cheriway* | 7 | 0.01605505 | 4.13173209 | 0.06633515 |
| | *Chordeiles acutipennis* | 5 | 0.01146789 | 4.46820433 | 0.05124088 |
| | *Cypseloides niger* | 1 | 0.00229358 | 6.07764224 | 0.01393955 |
| | *Amazilia violiceps* | 8 | 0.01834862 | 3.9982007 | 0.07336148 |
| | *Calypte anna* | 4 | 0.00917431 | 4.69134788 | 0.04303989 |
| | *Calypte costae* | 1 | 0.00229358 | 6.07764224 | 0.01393955 |
| | *Archilochus alexandri* | 1 | 0.00229358 | 6.07764224 | 0.01393955 |
| | *Eugenes fulgens* | 2 | 0.00458716 | 5.38449506 | 0.02469952 |
| | *Psaltriparus minimus* | 1 | 0.00229358 | 6.07764224 | 0.01393955 |
| | *Contopus sordidulus* | 2 | 0.00458716 | 5.38449506 | 0.02469952 |
| | *Empidonax hammondi* | 4 | 0.00917431 | 4.69134788 | 0.04303989 |
| | *Sayornis nigricans* | 1 | 0.00229358 | 6.07764224 | 0.01393955 |
| | *Sayornis saya* | 3 | 0.00688073 | 4.97902995 | 0.03425938 |
| | *Myiarchus tuberculifer* | 14 | 0.03211009 | 3.43858491 | 0.11041328 |
| | *Tyrannus crassirostris* | 6 | 0.01376147 | 4.28588277 | 0.05898004 |
| | *Polioptila caerulea* | 9 | 0.0206422 | 3.88041767 | 0.08010036 |
| | *Oreothlypis peregrina* | 8 | 0.01834862 | 3.9982007 | 0.07336148 |
| | *Toxostoma curvirostre* | 9 | 0.0206422 | 3.88041767 | 0.08010036 |
| | *Oreoscoptes montanus* | 4 | 0.00917431 | 4.69134788 | 0.04303989 |
| | *Mimus polyglottos* | 6 | 0.01376147 | 4.28588277 | 0.05898004 |
| | *Phainopepla nitens* | 7 | 0.01605505 | 4.13173209 | 0.06633515 |
| | *Pipilo chlorurus* | 11 | 0.02522936 | 3.67974697 | 0.09283765 |
| | *Pooecetes gramineus* | 21 | 0.04816514 | 3.03311981 | 0.14609063 |
| | *Spizella atrogularis* | 17 | 0.03899083 | 3.2444289 | 0.12650296 |
| AVES | *Spizella passerina* | 33 | 0.07568807 | 2.58113468 | 0.19536111 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Amphispiza belli* | 9 | 0.0206422 | 3.88041767 | 0.08010036 |
| | *Amphispiza bilineata* | 25 | 0.05733945 | 2.85876642 | 0.16392009 |
| | *Zonotrichia leucophrys* | 6 | 0.01376147 | 4.28588277 | 0.05898004 |
| | *Corvus corax* | 8 | 0.01834862 | 3.9982007 | 0.07336148 |
| | *Lanius ludovicianus* | 23 | 0.05275229 | 2.94214803 | 0.15520506 |
| | *Eremophila alpestris* | 15 | 0.03440367 | 3.36959204 | 0.11592633 |
| | *Auriparus flaviceps* | 9 | 0.0206422 | 3.88041767 | 0.08010036 |
| | *Haemorhous mexicanus* | 14 | 0.03211009 | 3.43858491 | 0.11041328 |
| | *Spinus psaltria* | 7 | 0.01605505 | 4.13173209 | 0.06633515 |
| | *Campylorhynchus brunneicapillus* | 4 | 0.00917431 | 4.69134788 | 0.04303989 |
| | *Salpinctes obsoletus* | 2 | 0.00458716 | 5.38449506 | 0.02469952 |
| | *Cardinalis sinuatus* | 9 | 0.0206422 | 3.88041767 | 0.08010036 |
| | *Passerina amoena* | 19 | 0.04357798 | 3.13320326 | 0.13653867 |
| | *Passer domesticus* | 7 | 0.01605505 | 4.13173209 | 0.06633515 |
| | **Total** | **436** | **H=** | | **3.77660628** |
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| | *Leptonycteris curasoae* | 1 | 0.00952381 | 4.65396035 | 0.04432343 |
| | *Leptonycteris yerbabuenae* | 2 | 0.01904762 | 3.96081317 | 0.07544406 |
| | *Myotis californicus* | 1 | 0.00952381 | 4.65396035 | 0.04432343 |
| | *Thomomys umbrinus* | 1 | 0.00952381 | 4.65396035 | 0.04432343 |
| | *Chaetodipus intermedius* | 3 | 0.02857143 | 3.55534806 | 0.10158137 |
| | *Peromyscus boylii* | 5 | 0.04761905 | 3.04452244 | 0.14497726 |
| | *Ammospermophilus harrisi* | 7 | 0.06666667 | 2.7080502 | 0.18053668 |
| | *Xerospermophilus tereticaudus* | 12 | 0.11428571 | 2.1690537 | 0.24789185 |
| | *Canis latrans* | 3 | 0.02857143 | 3.55534806 | 0.10158137 |
| | *Urocyon cinereoargenteus* | 3 | 0.02857143 | 3.55534806 | 0.10158137 |
| | *Vulpes macrotis* | 5 | 0.04761905 | 3.04452244 | 0.14497726 |
| | *Lynx rufus* | 3 | 0.02857143 | 3.55534806 | 0.10158137 |
| | *Puma concolor* | 1 | 0.00952381 | 4.65396035 | 0.04432343 |
| | *Taxidea taxus* | 1 | 0.00952381 | 4.65396035 | 0.04432343 |
| | *Mustela frenata* | 1 | 0.00952381 | 4.65396035 | 0.04432343 |
| | *Bassariscus astutus* | 5 | 0.04761905 | 3.04452244 | 0.14497726 |
| | *Procyon lotor* | 9 | 0.08571429 | 2.45673577 | 0.21057735 |
| | *Antilocapra americana* | 6 | 0.05714286 | 2.86220088 | 0.16355434 |
| | *Odocoileus hemionus* | 4 | 0.03809524 | 3.26766599 | 0.12448251 |
| | *Odocoileus virginianus* | 2 | 0.01904762 | 3.96081317 | 0.07544406 |
| | *Pecari tajacu* | 7 | 0.06666667 | 2.7080502 | 0.18053668 |
| | *Ovis canadensis* | 1 | 0.00952381 | 4.65396035 | 0.04432343 |
| | *Lepus californicus* | 2 | 0.01904762 | 3.96081317 | 0.07544406 |
| Mamiferos | *Lepus alleni* | 7 | 0.06666667 | 2.7080502 | 0.18053668 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Sylvilagus auduboni* | 13 | 0.12380952 | 2.08901099 | 0.25863946 |
| | **Total** | **105** | **H=** | | **2.92460902** |

En la Tabla 4. 84 se expone de manera resumida el número de especies registradas de cada grupo zoológico, así como el número de individuos y el índice de Shannon-Wiener obtenido para cada grupo, finalmente una columna con la interpretación del índice de diversidad obtenido.

**Tabla 4. 84. Índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenido a partir de los datos del muestreo dentro del Sistema Ambiental**

| Grupo zoológico | Número de especies | Número de Individuos | Índice de Shannon-Wiener | Interpretación del Índice |
|---|---|---|---|---|
| Anfibios | 5 | 50 | 0.5208 | Baja |
| Reptiles | 32 | 83 | 3.0804 | Alta |
| Aves | 53 | 436 | 3.777 | Alta |
| Mamíferos | 25 | 105 | 2.925 | Media |

Como se puede apreciar en la tabla anterior para el grupo zoológico de los anfibios de acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo de campo se obtuvo una "Diversidad baja", mientras que para el grupo de los reptiles se registró una "Diversidad Alta" el grupo de las aves igualmente presento un mayor valor al registrar una "Diversidad alta", por último, para el grupo de los mamíferos se registró una "Diversidad media".

### IV.2.1.2.2.4. Análisis de los resultados del muestreo de fauna (Índice de diversidad de Shannon-Wiener) para el Área de Influencia

Derivado de los trabajos de campo para el Área de Influencia, se obtuvieron un total de 343 registros de especies de fauna silvestre de los 4 grupos zoológicos taxonómico en la siguiente tabla se presenta el desglose de los resultados de diversidad obtenidos a partir de los datos levantados durante el muestreo faunístico para el Área de Influencia.

**Tabla 4. 85. Estimación de los parámetros de Shannon-Wiener para los distintos grupos zoológicos (Diversidad por grupo) en el Área de Influencia**

| Área de Influencia | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| | *Anaxyrus punctatus* | 1 | 0.125 | 2.07944154 | 0.25993019 |
| | *Anaxyrus retiformis* | 5 | 0.625 | 0.47000363 | 0.29375227 |
| | *Incilius alvarius* | 1 | 0.125 | 2.07944154 | 0.25993019 |
| | *Scaphiopus couchii* | 1 | 0.125 | 2.07944154 | 0.25993019 |
| Anfibios | **Total** | **8** | | **H=** | **1.07354285** |
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| | *Sceloporus magister* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Uma rufopunctata* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Urosaurus graciosus* | 8 | 0.25 | 1.38629436 | 0.34657359 |
| | *Urosaurus ornatus* | 4 | 0.125 | 2.07944154 | 0.25993019 |
| | *Uta stanburiana* | 6 | 0.1875 | 1.67397643 | 0.31387058 |
| | *Dipsosaurus dorsalis* | 2 | 0.0625 | 2.77258872 | 0.1732868 |
| | *Aspidoscelis tigris* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Masticophis flagellum* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Pituophis catenifer* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Hypsiglena chlorophaea* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Crotalus atrox* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Crotalus cerastes* | 2 | 0.0625 | 2.77258872 | 0.1732868 |
| | *Crotalus molossus* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Crotalus scutulatus* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| | *Gopherus morafkai* | 1 | 0.03125 | 3.4657359 | 0.10830425 |
| Reptiles | **Total** | **32** | | **H=** | **2.34999042** |
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| | *Buteo jamaicensis* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Buteo brachyurus* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Cyrcus cyaenus* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Parabuteo unicinctus* | 3 | 0.01315789 | 4.33073334 | 0.05698333 |
| | *Tyto alba* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Bubo virginianus* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Zenaida asiatica* | 36 | 0.15789474 | 1.84582669 | 0.29144632 |
| | *Zenaida macroura* | 2 | 0.00877193 | 4.73619845 | 0.0415456 |
| | *Geococcyx californianus* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Melanerpes uropygialis* | 3 | 0.01315789 | 4.33073334 | 0.05698333 |
| | *Picoides arizonae* | 7 | 0.03070175 | 3.48343548 | 0.10694758 |
| AVES | *Falco sparverius* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Caracara cheriway* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Chordeiles acutipennis* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Cypseloides niger* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Amazilia violiceps* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Calypte anna* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Calypte costae* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Archilochus alexandri* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Eugenes fulgens* | 6 | 0.02631579 | 3.63758616 | 0.09572595 |
| | *Psaltriparus minimus* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Contopus sordidulus* | 2 | 0.00877193 | 4.73619845 | 0.0415456 |
| | *Empidonax hammondi* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Sayornis nigricans* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Sayornis saya* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Myiarchus tuberculifer* | 6 | 0.02631579 | 3.63758616 | 0.09572595 |
| | *Tyrannus crassirostris* | 10 | 0.04385965 | 3.12676054 | 0.13713862 |
| | *Polioptila caerulea* | 21 | 0.09210526 | 2.38482319 | 0.21965477 |
| | *Oreothlypis peregrina* | 9 | 0.03947368 | 3.23212105 | 0.12758373 |
| | *Toxostoma curvirostre* | 14 | 0.06140351 | 2.7902883 | 0.17133349 |
| | *Oreoscoptes montanus* | 5 | 0.02192982 | 3.81990772 | 0.08376991 |
| | *Mimus polyglottos* | 6 | 0.02631579 | 3.63758616 | 0.09572595 |
| | *Phainopepla nitens* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Pipilo chlorurus* | 2 | 0.00877193 | 4.73619845 | 0.0415456 |
| | *Pooecetes gramineus* | 22 | 0.09649123 | 2.33830318 | 0.22562575 |
| | *Spizella atrogularis* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Spizella passerina* | 6 | 0.02631579 | 3.63758616 | 0.09572595 |
| | *Amphispiza belli* | 4 | 0.01754386 | 4.04305127 | 0.07093072 |
| | *Amphispiza bilineata* | 6 | 0.02631579 | 3.63758616 | 0.09572595 |
| | *Zonotrichia leucophrys* | 13 | 0.05701754 | 2.86439627 | 0.16332084 |
| | *Corvus corax* | 4 | 0.01754386 | 4.04305127 | 0.07093072 |
| | *Lanius ludovicianus* | 5 | 0.02192982 | 3.81990772 | 0.08376991 |
| | *Eremophila alpestris* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Auriparus flaviceps* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Haemorhous mexicanus* | 3 | 0.01315789 | 4.33073334 | 0.05698333 |
| | *Spinus psaltria* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Campylorhynchus brunneicapillus* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Salpinctes obsoletus* | 1 | 0.00438596 | 5.42934563 | 0.02381292 |
| | *Cardinalis sinuatus* | 2 | 0.00877193 | 4.73619845 | 0.0415456 |
| | *Passerina amoena* | 6 | 0.02631579 | 3.63758616 | 0.09572595 |
| | **Total** | **228** | **H=** | | **3.25926345** |
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Dipodomys deserti* | 2 | 0.02666667 | 3.62434093 | 0.09664909 |
| | *Dipodomys merriami* | 4 | 0.05333333 | 2.93119375 | 0.15633033 |
| | *Peromyscus boylii* | 2 | 0.02666667 | 3.62434093 | 0.09664909 |
| | *Neotoma albigula* | 1 | 0.01333333 | 4.31748811 | 0.05756651 |
| | *Ammospermophilus harrisi* | 3 | 0.04 | 3.21887582 | 0.12875503 |
| | *Conepatus leuconotus* | 3 | 0.04 | 3.21887582 | 0.12875503 |
| | *Mephitis macroura* | 1 | 0.01333333 | 4.31748811 | 0.05756651 |
| | *Canis latrans* | 3 | 0.04 | 3.21887582 | 0.12875503 |
| | *Vulpes macrotis* | 2 | 0.02666667 | 3.62434093 | 0.09664909 |
| | *Lynx rufus* | 1 | 0.01333333 | 4.31748811 | 0.05756651 |
| | *Procyon lotor* | 6 | 0.08 | 2.52572864 | 0.20205829 |
| | *Antilocapra americana* | 3 | 0.04 | 3.21887582 | 0.12875503 |
| | *Lepus alleni* | 21 | 0.28 | 1.27296568 | 0.35643039 |
| | *Sylvilagus auduboni* | 23 | 0.30666667 | 1.1819939 | 0.36247813 |
| Mamíferos | **Total** | **75** | **H=** | | **2.05496407** |

En la Tabla 4. 86, se expone de manera resumida el número de especies registradas de cada grupo zoológico, así como el número de individuos y el índice de Shannon-Wiener obtenido para cada grupo, finalmente una columna con la interpretación del índice de diversidad obtenido.

**Tabla 4. 86. Índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenido a partir de los datos del muestreo dentro del Área de Influencia**

| Grupo zoológico | Número de especies | Número de Individuos | Índice de Shannon-Wiener | Interpretación del Índice |
|---|---|---|---|---|
| Anfibios | 4 | 8 | 1.0735 | Baja |
| Reptiles | 15 | 35 | 2.3500 | Media |
| Aves | 50 | 228 | 3.259 | Alta |
| Mamíferos | 14 | 75 | 2.0550 | Media |

Como se puede apreciar en la tabla anterior para el grupo zoológico de los anfibios de acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo de campo se obtuvo una "Diversidad baja", mientras que para el grupo de los reptiles se registró una "Diversidad Media", el grupo de las aves presento un mayor valor al registrar una "Diversidad Alta", por último, para el grupo de los mamíferos se registró una "Diversidad Media".

**IV.2.1.2.2.5. Análisis de los resultados del muestreo de fauna (Índice de diversidad de Shannon-Wiener) para el Área de Proyecto**.

Para el Área de Proyecto se registraron un total de 35 especies de fauna silvestre de los 3 grupos zoológicos, en la Tabla 4. 87, se presenta el desglose de los resultados de diversidad obtenidos a partir de los datos levantados durante el muestreo faunístico para el Área de Proyecto, cabe mencionar que dentro del Área de Proyecto no se registrarón especies de anfibios.

**Tabla 4. 87. Estimación de los parámetros de Shannon-Wiener para los distintos grupos zoológicos (Diversidad por grupo) en el Área de Proyecto**

| Área del Proyecto | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| Reptiles | *Uta stanburiana* | 3 | 0.4286 | 0.8473 | 0.3631 |
| | *Aspidoscelis tigris* | 4 | 0.5714 | 0.5596 | 0.3198 |
| | **Total** | **7** | **H=** | | **0.6829** |
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| AVES | *Callipepla gambelii* | 18 | 0.0664 | 2.7117 | 0.1801 |
| | *Coragyps atratus* | 8 | 0.0295 | 3.5227 | 0.1040 |
| | *Cathartes aura* | 38 | 0.1402 | 1.9645 | 0.2755 |
| | *Buteo jamaicensis* | 3 | 0.0111 | 4.5035 | 0.0499 |
| | *Parabuteo unicinctus* | 2 | 0.0074 | 4.9090 | 0.0362 |
| | *Zenaida asiatica* | 21 | 0.0775 | 2.5576 | 0.1982 |
| | *Zenaida macroura* | 19 | 0.0701 | 2.6577 | 0.1863 |
| | *Geococcyx californianus* | 21 | 0.0775 | 2.5576 | 0.1982 |
| | *Melanerpes uropygialis* | 4 | 0.0148 | 4.2158 | 0.0622 |
| | *Picoides arizonae* | 2 | 0.0074 | 4.9090 | 0.0362 |
| | *Falco sparverius* | 5 | 0.0185 | 3.9927 | 0.0737 |
| | *Caracara cheriway* | 5 | 0.0185 | 3.9927 | 0.0737 |
| | *Psaltriparus minimus* | 8 | 0.0295 | 3.5227 | 0.1040 |
| | *Contopus sordidulus* | 1 | 0.0037 | 5.6021 | 0.0207 |
| | *Empidonax hammondi* | 2 | 0.0074 | 4.9090 | 0.0362 |
| | *Sayornis nigricans* | 1 | 0.0037 | 5.6021 | 0.0207 |
| | *Sayornis saya* | 1 | 0.0037 | 5.6021 | 0.0207 |
| | *Myiarchus tuberculifer* | 4 | 0.0148 | 4.2158 | 0.0622 |
| | *Corvus corax* | 10 | 0.0369 | 3.2995 | 0.1218 |
| | *Lanius ludovicianus* | 14 | 0.0517 | 2.9631 | 0.1531 |
| | *Eremophila alpestris* | 1 | 0.0037 | 5.6021 | 0.0207 |
| | *Auriparus flaviceps* | 7 | 0.0258 | 3.6562 | 0.0944 |
| | *Haemorhous mexicanus* | 6 | 0.0221 | 3.8104 | 0.0844 |
| | *Spinus psaltria* | 9 | 0.0332 | 3.4049 | 0.1131 |
| | *Campylorhynchus brunneicapillus* | 11 | 0.0406 | 3.2042 | 0.1301 |
| | *Salpinctes obsoletus* | 10 | 0.0369 | 3.2995 | 0.1218 |
| | *Cardinalis sinuatus* | 6 | 0.0221 | 3.8104 | 0.0844 |
| | *Passer domesticus* | 34 | 0.1255 | 2.0758 | 0.2604 |
| | **Total** | **271** | **H=** | | **2.9226** |
| Grupo | Especie | Abundancia absoluta (N) | Abundancia relativa (Pi) | Logaritmo (Log) | (Pi)(Log) |
| Mamiferos | *Ammospermophilus harrisi* | 3 | 0.0566 | 2.8717 | 0.1625 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Mephitis macroura* | 1 | 0.0189 | 3.9703 | 0.0749 |
| | *Canis latrans* | 5 | 0.0943 | 2.3609 | 0.2227 |
| | *Lepus alleni* | 21 | 0.3962 | 0.9258 | 0.3668 |
| | *Sylvilagus auduboni* | 23 | 0.4340 | 0.8348 | 0.3623 |
| | **Total** | **53** | **H=** | | **2.9226** |

En la Tabla 4. 88 se expone de manera resumida el número de especies registradas de cada grupo zoológico, así como el número de individuos y el índice de Shannon-Wiener obtenido para cada grupo, finalmente una columna con la interpretación del índice de diversidad obtenido.

**Tabla 4. 88. Índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenido a partir de los datos del muestreo dentro del Área de proyecto**

| Grupo zoológico | Número de especies | Número de Individuos | Índice de Shannon-Wiener | Interpretación del Índice |
|---|---|---|---|---|
| Reptiles | 2 | 7 | 0.6829 | Baja |
| Aves | 28 | 271 | 2.9226 | Media |
| Mamíferos | 5 | 53 | 1.1893 | Baja |

El grupo de las aves presento un mayor valor al registrar una “Diversidad Media”, mientras que para los grupos de reptiles y mamíferos se registró una “Diversidad Baja”, para ambos grupos.

### IV.2.1.2.2.6. Especies registradas en los muestreos y enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059 SEMARNAT 2010 con alguna categoría de riesgo, o endémicas

Durante los muestreos de fauna se logró la identificación de 25 especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (dos de ellas dentro del Área del Proyecto), algunas de ellas con la categoría de *Sujetas a protección especial*, y otras con la categoría de *Amenazadas*. La distribución de las especies dentro de las áreas de muestreo se presenta en la Tabla 4. 89, especificando si la especie se avistó dentro del Sistema Ambiental, el Área de Influencia, el Área del Proyecto, o en más de una unidad de análisis.

Enseguida se muestran las definiciones de las categorías de riesgo en las que se encuentran algunas de las especies que fueron avistadas durante los muestreos de campo en las tres áreas de estudio:

Amenazada:

Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Sujeta a protección especial:

Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

**Tabla 4. 89. Especies registradas, enlistadas dentro de la NOM 059-SEMARNAT-2010**

| Especies dentro de la NOM-059-2010 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Orden** | **Familia** | **Especie** | **Nombre común** | **NOM-059-2010**(1) | **Área de estudio** (2) | | |
| | | | | | **AP** | **AI** | **SA** |
| Anura | Bufonidae | *Anaxyrus retifotmis* | Sapo sonorense | Pr | | X | X |
| Squamata (lacertilia) | Crotaphytidae | *Gambelia wislizenii* | Lagartija mata caballos | Pr | | | X |
| | Eublepharidae | *Coleonyx variegatus* | Geco de bandas | Pr | | | X |
| | Helodermaidae | *Heloderma suspectum* | Monstruo de Gila | A | | | X |
| | Phrynosomatidae | *Callisaurus draconoides* | Cachora Arenera | A | | | X |
| | | *Phrynosoma mcallii* | Camaleón de cola plana | A | | | X |
| | | *Uma rufopunctata* | Arenera de manchas laterales | P | | X | X |
| | | *Uta stanburiana* | Mancha lateral común | A | X | X | X |
| | Iguanidae | *Sauromalus ater* | Cachorones de roca | Pr | | | X |
| Squamata (serpentes) | Boidae | *Lichanura trivirgata* | Boa del desierto | A | | | X |
| | Colubridae | *Chilomeniscus stramineus* | Arenera modelo variable | Pr | | | X |
| | | *Masticophis flagellum* | Chirrionera | A | | X | X |
| | Elapidae | *Micruroides euryxanthus* | Coralillo occidental | A | | | X |
| | Viperidae | *Crotalus atrox* | Cascabel de diamantes | Pr | | X | X |
| | | *Crotalus cerastes* | Víbora cornuda | Pr | | X | X |
| | | *Crotalus molossus* | Cascabel serrana | Pr | | X | X |
| | | *Crotalus scutulatus* | chiauhcoatl | Pr | | X | X |
| | | *Crotalus tigris* | Cascabel tigre | Pr | | | X |
| Testudines | Testudinidae | *Gopherus morafkai* | Tortuga del desierto de sonora | A | | X | X |
| Accipitriformes | Accipitridae | *Parabuteo unicinctus* | Aguililla rojinegra | Pr | X | X | X |
| Chiroptera | Phyllostomidae | *Leptonycteris curasoae* | Murciélago | A | | - | X |
| Carnivora | Canidae | *Vulpes macrotis* | Zorra del desierto | A | | X | X |
| | Mustelidae | *Taxidea taxus* | Tlalcoyote | A | | | X |
| Artiodactyla | Antilocapridae | *Antilocapra americana* | Berrendo | P | | X | X |
| | Bovidae | *Ovis canadensis* | Borrego cimarron | Pr | | | X |

1.- Categoría de conservación según la NOM-059-SEMARNAT-2010: A= Amenazada; Pr= Sujeta a protección especial; P=Peligro de extinción
2.- Áreas de estudio: AP= Área de Proyecto; AI= Área de Influencia; SA= Sistema Ambiental

## IV.2.1.2.2.7. Especies de valor cinegético, comercial, ecológico, etc.

Del total de aves y mamíferos registrados durante los muestreos, se concluye que 15 especies, tres ave y doce mamíferos, se enlistan en el calendario oficial de caza de aves y mamíferos para el

periodo 2019-2020 del Estado de Sonora según el calendario de épocas hábiles emitido por la SEMARNAT.

Enseguida se presenta en el calendario de épocas hábiles para el Estado de Sonora, donde se especifican las especies y los periodos de caza, además en la columna del extremo derecho se señala que especies de las señaladas en el presente apartado fueron registradas durante los muestreos.

**Tabla 4. 90. Especies en el calendario oficial de épocas hábiles para el periodo 2019-2020 del Estado de Sonora**

| **Especies de Interés cinegético (CALENDARIO DE ÉPOCAS HÁBILES 2019-2020)** | | |
|---|---|---|
| **Grupo** | **Especie** | **Especie registrada durante el muestreo** |
| **Aves** | Agachona Común (*Gallinago delicata*) [antes: (*Gallinago gallinago*)] | - |
| | Brantas (*Branta nigricans, Branta canadensis*) | - |
| | Codornices (*Lophortyx douglasi, Callipepla gambelii*) | **X** |
| | Faisan de collar (*Phasianus colchicus*) | - |
| | Gallareta (*Fulica americana*) | - |
| | Ganso Frente Blanca (*Anser albifrons*) | - |
| | Gansos blancos (*Chen caerulescens*) y ganso de Ross (*Chen rosii*) | - |
| | Grulla gris (*Grus canadensis*) | - |
| | Guajolote Silvestre (*Meleagris gallopavo*) | - |
| | Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiatica*) | **X** |
| | Paloma Huilota (*Zenaida macroura*) | **X** |
| | Paloma morada (*Patagioenas flavirostris*) [antes: (*Columba flavirostris*) | - |
| | Patos y Cercetas (*Anas acuta, A. clypeata, A. crecca, A. discors, A. americana, A. platyrhynchos, A. strepera, Aythya americana, A. valisineria, A. diazii, Bucephala albeola, Oxyura jamaicensis* ) | - |
| **Mamíferos** | Conejo del Desierto (*Sylvilagus audubonii*) | **X** |
| | Borrego cimarron (*Ovis canadensis*) | **X** |
| | Conejo Castellano (*Sylvilagus floridanus*) | - |
| | Coyote (*Canis latrans*) | **X** |
| | Liebre de Cola Negra (*Lepus californicus*) | **X** |
| | Liebre antílope (*Lepus alleni*) | **X** |
| | Mapache y tejon (*Procyon lotor, Nasua narica*) | **X** |
| | Pecari de collar (*Pecari tajacu*) | **X** |
| | Puma (*Puma concolor*) | **X** |
| | Gato montés (*Lynx rufus*) | **X** |
| | Zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) | **X** |
| | Venado bura (*Odocoileus hamionus*) | **X** |
| | Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) | **X** |

La fauna silvestre tiene un valor ecológico de acuerdo a su funcionalidad, la importancia biológico-ecológica del grupo de los reptiles recae principalmente en que son importantes

controladores biológicos de plagas ya que su dieta incluye insectos y pequeños mamíferos como roedores. Los reptiles también son fuente de alimento para los carnívoros primarios, como el puma, el coyote y algunas aves de presa.

Las aves presentan un alto valor ecológico-biológico ya que son polinizadores de diversas plantas, son dispersoras de semillas, modifican la estructura vegetal regenerando de manera natural los bosques, son controladores de plagas ya que gran cantidad de aves se alimentan de insectos y las rapaces de roedores, así mismo existen especies bioindicadoras ya que la presencia o ausencia de algunas de ellas indica la calidad ambiental del sitio. Además, la diversidad de colores y formas, los cuales son sumamente llamativos en gran parte de ellas, se les adjudican un valor comercial y económico, ya que son utilizadas como aves ornamentales por su belleza y cantos. El valor económico que tienen las aves también se les confiere debido a que actualmente la observación de aves se realiza en cualquier lugar principalmente en zonas o áreas naturales y rurales atrayendo turismo que aporta a la economía de las poblaciones rurales.

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

**IV.2.1.2.2.8. Áreas con mejor calidad de hábitat para la Fauna**

La fragmentación del hábitat constituye una de las formas más comunes de degradación del hábitat forestal, aunada a la disminución de la superficie forestal, la fragmentación provoca un aislamiento progresivo entre las especies silvestres. A menudo los fragmentos de vegetación quedan aislados entre sí por un paisaje muy modificado o degradado. La fragmentación implica generalmente una reducción severa del hábitat, pero esto también puede generarse destruyendo una pequeña fracción del hábitat original si éste se divide por caminos, líneas ferroviarias, canales, líneas de energía, cercas, líneas de petróleo, líneas cortafuegos u otras barreras al movimiento libre de especies.

Los fragmentos difieren del hábitat original en dos importantes aspectos: (1) los fragmentos tienen una mayor cantidad de borde que área de hábitat y (2) el centro de cada fragmento está cercano a un borde.

Además de una reducción del área de hábitat original, una mayor proporción de borde y menor distancia al borde más cercano, la fragmentación del hábitat amenaza la persistencia de las especies en otras formas menos evidentes. En general se puede argumentar que el SA cuenta con buena calidad de hábitat para la fauna silvestre.

**IV.2.1.2.2.9. Minera Penmont S. de R. L. de C. V. su compromiso con la protección y recuperación del Berrendo (Antilocapra americana) y antecedentes.**

La distribución histórica del berrendo sonorense (*Antilocapra americana sonoriensis*) comprendía originalmente desde el suroeste de Hermosillo y el sur de Bahía de Kino, en Sonora, hasta el suroeste del estado de Arizona en los Estados Unidos, incluyendo una porción del norte de Baja

California. Desde las primeras descripciones de su presencia, en 1945, se distribuía en casi todas las planicies del noroeste de Sonora.

Estos límites históricos han sido modificados a través de los años por diversos factores — cacería y fragmentación del hábitat, provocando que el área de distribución actual, del berrendo se limite a una pequeña extensión del desierto sonorense en el noroeste del estado, en los municipios de Plutarco Elías Calles y Puerto Peñasco, el noroeste de Caborca y el este de San Luis Río Colorado.

La carretera estatal ocho, que comunica a los poblados de Sonoyta y Puerto Peñasco, divide en dos el área de distribución actual del berrendo en Sonora. Una de las áreas se ubica en las planicies desérticas a la altura de Estación Sahuaro, en el municipio de Caborca, entre la Sierra Pinta, la Sierra San Francisco y la Sierra de los Tanques, mientras que la otra está dentro de la Reserva de Biosfera de El Pinacate

Las primeras acciones implementadas para la recuperación del berrendo en México fueron sin duda el decreto de veda establecido por el presidente Obregón en 1922 y sus ratificaciones hechas en años posteriores, así como su incorporación en la Norma Oficial Mexicana como especie en peligro de extinción. Sin embargo, no se desarrollaron programas de recuperación a largo plazo y fue hasta las décadas de los años 70 y 80 cuando se realizaro
n algunos conteos aislados.

Entre 1987 y 1989, el gobierno de Sonora, a través del Centro Ecológico de Sonora, dio inicio a una serie de prospecciones en el noroeste del estado para implementar posteriormente el proyecto a largo plazo denominado “Estrategias para la recuperación del berrendo sonorense” Este proyecto se enfocó en desarrollar campañas masivas de educación y concientización en Sonora, tanto en zonas urbanas como rurales, sobre la situación crítica del berrendo y su importancia biológica, social y cultural. De la misma manera, incluyó un programa de vigilancia en el área.

En lo que respecta a Estados Unidos, la subespecie sonoriensis ha sido objeto de gran preocupación por el gobierno de Arizona y fue incluido en la lista federal de especies en peligro de extinción desde 1967, por lo que cuenta con el mismo estatus en el código de regulaciones federales desde 1984. Además, gran parte del hábitat del berrendo en Arizona se encuentra protegido legalmente.

Debido a la extensión del área de distribución y la dificultad para tener acceso a esta inhóspita región, en el invierno de 1990 se inició un esfuerzo binacional entre Estados Unidos y México, con el apoyo de varias agencias como el Departamento de Caza y Pesca de Arizona, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos y el Centro Ecológico de Sonora. El objetivo de este proyecto fue realizar una serie de capturas para la colocación de collares transmisores y realizar monitoreos con telemetría.

Debido al interés por parte de México y los Estados Unidos en conservar y recuperar a las poblaciones de berrendo sonorense, en abril de 1992 se formó el Grupo Central de Trabajo de Berrendo Sonorense (Core Working Group), formado por representantes de instituciones como el Departamento de Caza y Pesca de Arizona y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos, el Servicio Nacional de Parques, el Bureau of Land Management, la US Air Force, Tohono O’odham Nation y el Centro Ecológico de Sonora, entre otros, para dar inicio a la primera fase de prospecciones aéreas

dentro del proyecto denominado Prospecciones de Pruebas Binacionales, encabezado por el Refugio de Vida Silvestre Cabeza Prieta, con el objetivo de la recuperación del berrendo sonorense. Posteriormente, este grupo de trabajo se denominaría Equipo de Recuperación del Berrendo Sonorense o Sonoran Pronghorn Recovery Team, incorporándose oficialmente a la Reserva de la Biosfera El Pinacate y al Instituto del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (IMADES) para dar continuidad a las acciones binacionales de recuperación de la subespecie.

A partir del año 2002, Minera Penmont, Mina la Herradura, se involucró en el proyecto proporcionando los recursos monetarios para desarrollar actividades tendientes a preservar al berrendo y apoyó el seguimiento de las poblaciones en campo y la implementación de un programa de reproducción en cautiverio en terrenos cercanos a la región de la mina, en el municipio de Caborca. Actualmente, Minera Penmont ha manifestado el interés por apoyar un programa de reproducción en semicautiverio de las poblaciones de berrendo sonorense en la región.

Desde el inicio del proyecto, el gobierno de Sonora, a través del Centro Ecológico de Sonora y el Instituto del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora CEDES (IMADES), ha firmado convenios de colaboración con diversas instituciones, como el Departamento de Caza y Pesca de Arizona y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos, el Safari Club Internacional, Biocenosis, Pronatura, Minera Penmont, Conabio, Semarnat y la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, entre otros.

Las personas que han colaborado en el desarrollo del proyecto desde sus inicios son, en México, Carlos Castillo Sánchez, Juan Valenzuela “Don Juanito”, René Hernández Alvidrez, Margarito Luna Ayala y Rafaela Paredes Aguilar y, por parte, de los Estados Unidos: John Hervert, Laura Thompson, John Morgart, Jim de Vos y Jill Bright, entre otros.

En la actualidad las acciones están enfocadas principalmente a la realización de monitoreos aéreos y terrestres con el fin de incrementar la información que ayude a conocer con más certeza el estado actual de las poblaciones y determinar las causas de reducción de las mismas, así como continuar con los estudios que permitan conocer mejor los parámetros poblacionales, como el reclutamiento de crías, mortalidad, movimientos y preferencias de hábitat.

Se contempla también estudios de vegetación en el área de berrendo sonorense para determinar preferencias alimenticias, calidad nutricional, disponibilidad de alimento y de agua y delimitación de cercos, así como llevar a cabo programas de reproducción en semi-cautiverio, con el objetivo de incrementar la población y recuperar esta subespecie; implementar un proyecto de irrigación de la vegetación en el área de manejo, con el propósito de incrementar la calidad de hábitat; desarrollar acciones para la modificación de cercos que faciliten los movimientos de los berrendos, involucrando a los dueños de los predios para que sigan las especificaciones de construcción; realizar una campaña exhaustiva de divulgación y educación en las comunidades rurales, tanto en la región donde el berrendo sonorense se distribuye, como en los poblados y ciudades que influyan en su protección y conservación. A este respecto CEDES (IMADES) ha elaborado material divulgativo como folletos y carteles.

Por otra parte, es importante mencionar los esfuerzos de colaboración institucional a nivel nacional e internacional. Al día de hoy, el gobierno de Sonora, a través de CEDES, además de las

acciones encaminadas a la recuperación de las poblaciones de berrendo sonorense con el soporte técnico y financiero de Departamento de Caza y Pesca de Arizona y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos, la Dirección General de Vida Silvestre y algunos particulares como la Minera Penmont, continúa coordinando los esfuerzos de recuperación y necesidades de investigación con el Equipo de Recuperación del Berrendo Sonorense (Sonoran Pronghorn Recovery Team), a través del intercambio de experiencias y el entrenamiento de personal técnico. Fortalecer y sistematizar las metodologías para los monitoreos de la población y el hábitat permitirá plantear mejores alternativas para el manejo de esta especie. Esperamos que cada una de las acciones contempladas sea ejecutada con éxito, así como que cada día podamos incorporar a más organizaciones y personas interesadas en recuperar a las especies en peligro, en particular al berrendo sonorense.

Minera Penmont S. de R. L. de C. V. cuenta específicamente con su "Programa de Conservación del Berrendo (*Antilocapra americana sonoriensis*) y su Habitat", el cual se puede consultar en el Anexo 4.10., dicho documento se encuentra avalado por la autoridad correspondiente bajo el oficio DS-SG-0196/2011.

### IV.2.1.3 Medio Perceptual

#### IV.2.1.3.1. Introducción

La percepción que se puede tener a gran escala sobre el entorno inmediato, es la absorción de los paisajes naturales por paisajes humanizados, siendo estas áreas dominadas por actividades y modificaciones antrópicas, tales como; agricultura, ganadería, industria y/o poblaciones lo cual de cierta manera disminuye a gran medida la continuidad y calidad de los paisajes naturales.

Los recorridos realizados en el Sistema Ambiental han permitido tener una amplia percepción del medio ambiente, lo cual ha permitido la adecuada delimitación de unidades de paisaje y consecuentemente la valoración a los componentes que integran a éste, permitiendo conocer el estado de calidad y fragilidad visual del paisaje.

A pesar de las diferencias de percepción individuales, hay patrones comunes a identificar y valorar en los paisajes, que ayudan a clasificar y ubicar cartográficamente las unidades de paisaje, a partir de la evaluación cualitativa y posteriormente cuantitativa de los componentes naturales, componentes antrópicos y las interrelaciones entre ellos.

La descripción del paisaje contempla la interpretación del entorno, mediante el proceso de percepción, el cual funciona mediante la selección de información y reconocimiento visual de las zonas de interés. La percepción del ambiente no solo interesa por ser el origen de los fenómenos culturales o en la interpretación del entorno, sino que, además es necesaria para comprender y gestionar mejor los recursos naturales y el patrimonio que éstos representan, mediante el proceso de percepción, el cual funciona mediante la selección de información, reconocimiento e interpretación visual de un área en específico.

## IV.2.1.3.2. Metodología

Se llevan a cabo recorridos en las zonas de análisis para determinación y delimitación de unidades de paisaje y así posteriormente realizar la valoración intrínseca de la calidad y fragilidad del paisaje.

*Delimitación de unidades de Paisaje*

Las Unidades de Paisaje (UP) son divisiones espaciales que cubren el territorio a estudiar. Una UP debería de ser lo más homogénea posible en relación a su valor de paisaje (calidad visual) y valor de fragilidad. La unidad es una agregación ordenada y coherente de las partes elementales (Escribano et al. 1991).

Si se entiende la calidad visual como una cualidad, esto es, como función de un determinado número de parámetros; es imprescindible determinar cuáles son esos parámetros, los que pasarán a ser los elementos constitutivos o categorías estéticas que se deberán considerar. De este modo, se definirán y delimitarán las UP como una serie de "espacios" cerrados con características propias. En su interior se podrán separar subespacios en base a topografía, vegetación y medio construido. Estos espacios pueden cubrir o no la totalidad del territorio bajo estudio, pero serán representativos y, por lo tanto, extrapolables. Las UP pueden ser regulares, irregulares o mixtas (Muñoz, Pedreros, 2004).

Las unidades de paisaje se establecen con base a los aspectos visuales o de carácter de los factores considerados como definitorios del paisaje. Para determinar una UP se puede seguir el siguiente procedimiento (Muñoz, Pedreros, 2004): (a) determinar el componente central, que es el más representativo en el área de estudio, por ejemplo puede tomarse la vegetación o el relieve, (b) cartografiar el área de estudio generando unidades homogéneas en base al elemento central escogido, (c) agregar los componentes restantes del paisaje a las unidades homogéneas ya generadas.

Para detallar en la delimitación de chidas unidades se utilizó el método de individualización de unidades irregulares con el apoyo de la forma y estructuras encontradas en el SA. En este sentido, la categorización paisajista en el SA se cataloga en 3 unidades de paisaje; la primera está determinada por el valle, la segunda unidad por sierra y lomeríos, y la tercera unidad es una zona con obras mineras.

Las unidades de paisaje se presentan en el Anexo 4.11. Reporte fotográfico del paisaje.

*Calidad visual del Paisaje*

Se determinó la calidad visual de las unidades de paisaje según la adaptación de lo propuesto por Bureau of Land Management (1980, citado por Díaz, 2010:59) de Estados Unidos. La calidad paisajista se determina considerando tres elementos de percepción, siendo: las características intrínsecas del sitio, que se definen habitualmente en función de su morfología, vegetación, puntos de agua y calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia de 500 y 700 m, en él se aprecian otros valores tales como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua, etc; y la calidad del fondo escénico; es decir, el fondo visual de las Áreas de Estudio. Incluye parámetros como geomorfología, intervisibilidad, altitud y formaciones vegetales.

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. 91 se presentan los elementos a ser valorados.

**Tabla 4. 91. Elementos para determinar la calidad visual del paisaje**

| Elemento valorado | Calidad visual paisajística | | |
|---|---|---|---|
| | **Alta** | **Media** | **Baja** |
| 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. |
| **Valores:** | **5** | **3** | **1** |
| 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. |
| **Valores:** | **5** | **3** | **1** |
| 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. |
| **Valores:** | **5** | **3** | **1** |
| 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. |
| **Valores:** | **5** | **3** | **1** |
| 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. |
| **Valores:** | **2** | **1** | **0** |

| Elemento valorado | Calidad visual paisajística | | |
|---|---|---|---|
| | **Alta** | **Media** | **Baja** |
| Fondo Escénico | El paisaje circundante potencia e incrementa el área evaluada. Presencia de vistas y proyecciones visuales de alta significancia visual. | El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad estética del área evaluada. | El paisaje circundante no ejerce influencia visual al área evaluada. |
| **Valores:** | **5** | **3** | **1** |
| 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. |
| **Valores:** | **5** | **3** | **1** |
| 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. |
| **Valores:** | **6** | **2** | **0** |

A continuación, se presenta 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 (Tabla 4. 92).

**Tabla 4. 92. Criterios de evaluación de calidad visual del paisaje**

| Valoración | Calidad Visual |
|---|---|
| **Alta** | Áreas de calidad alta, con rasgos singulares y sobresalientes. (28 a 38 puntos) |
| **Media** | Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiad y no son excepcionales. (17 a 27 puntos) |
| **Baja** | Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color línea y textura. (6 a 16 puntos) |

*Fragilidad Visual de Paisaje*

La fragilidad visual es la capacidad de respuesta de un paisaje frente a un uso de él. Es el grado de deterioro ante cambios en sus propiedades. Esta es una forma de establecer su vulnerabilidad. Lo contrario es la capacidad de absorción visual (sensu Escribano et al. 1991), entendida como la capacidad de recibir alteraciones sin deterioro de la calidad visual. Entonces, a mayor fragilidad menor capacidad de absorción visual y viceversa.

Para evaluar la fragilidad se propone un método inspirado en Escribano et al. (1991) y MOPT (1993), que considera tres variables: (a) factores biofísicos que ponderan la fragilidad visual del punto considerando suelo, cubierta vegetal, pendiente y orientación; (b) carácter histórico-cultural, que

pondera la existencia, al interior de un paisaje, de valores singulares según escasez, valor tradicional e interés histórico; (c) accesibilidad dado por la distancia y acceso visual y desde carreteras y poblados. Los factores biofísicos determinan la fragilidad visual del punto, que, sumados a los factores histórico-culturales, constituyen la fragilidad visual intrínseca. Por último, al integrarse la accesibilidad tenemos la fragilidad visual adquirida. De este modo la valoración se hará según la fórmula:

$$VFVP = \sum S\ f/nf$$

Donde VFVP es el valor de la fragilidad visual del punto, f son los factores biofísicos y n es el número de factores considerados. Los valores de fragilidad fluctúan entre 1 y 3. A algunos paisajes, como cuerpos de agua, no se les podrá aplicar cada factor, para estos casos se adaptará la fórmula conforme el número de factores que se utilicen (Tabla 4. 94).

La valoración final de fragilidad visual se obtiene de la suma de los valores de los elementos valorados en el SA, en la Tabla 4. 93 se presentan los rangos de valoración.

**Tabla 4. 93. Criterios de evaluación de fragilidad visual del paisaje**

| Valoración | Fragilidad Visual |
|---|---|
| **Alta** | 21 a 27 puntos |
| **Media** | 15 a 20 puntos |
| **Baja** | 9 a 14 puntos |

A continuación, se presenta la fragilidad visual en el Sistema Ambiental. Anexo 4.12 Valoración de la fragilidad visual de las unidades de paisaje

**Tabla 4. 94. 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. |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |
| | Vegetación (densidad) | Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas, dominancia estrato herbáceo. | Cubierta vegetal discontinuo. Dominancia de estrato arbustiva o arbórea aislada. | Grandes masas boscosas. 100% de ocupación de suelo. |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |
| | Vegetación (contraste) | Vegetación monoespecífica. Escasez de vegetación, contrastes poco evidentes. | Diversidad de especies media. | Alto grado en variedad de especies. Contrastes fuertes. Gran estacionalidad de especies. |

| Factor | Elemento de influencia | Fragilidad Visual de Paisaje | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Alta** | **Media** | **Baja** |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |
| | 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. |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |
| Visualización | Tamaño cuenca visual | Visión de carácter cercana o próxima (0 a 1000m). Dominio de los primeros planos. | Visión media (1000 a 4000m). Dominio de los planos medios de visualización. | Visualización de carácter lejano o a zonas distintas mayor a 4000 m. |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |
| | Forma cuenca visual | Cuencas alargadas, generalmente unidas en el flujo visual. | Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías. | Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas. |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |
| | 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. |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |
| 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. |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |
| 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. |
| | **Valores:** | **3** | **2** | **1** |

### IV.2.1.3.3. Resultados

#### IV.2.1.3.3.1. Unidades de Paisaje

Las unidades de paisaje determinadas se presentan en la siguiente Tabla 4. 95, donde las topo-formas y la suma del uso de suelo y vegetación que se encuentran en el Sistema Ambiental, se categorizan como unidades de paisaje independientes para su posterior valoración (Figura 4. 69 y Anexo 13).

**Tabla 4. 95. Unidades de Paisaje**

| Unidades de Paisaje (dominantes) | Características dominantes |
|---|---|
| **1** | Zonas de valle:<br><br>-Sitios con bajas pendientes<br>-Áreas con moderada a alta cobertura vegetal |
| **2** | Sierra y Lomeríos:<br><br>-Sitios con moderadas a fuertes pendientes<br>-Áreas con moderada a alta presencia de cobertura vegetal |
| **3** | Actividades antrópicas/ obras mineras:<br><br>-Zonas con presencia de obras mineras<br>-Con nula cobertura vegetal<br>-Zonas con bajas pendientes |

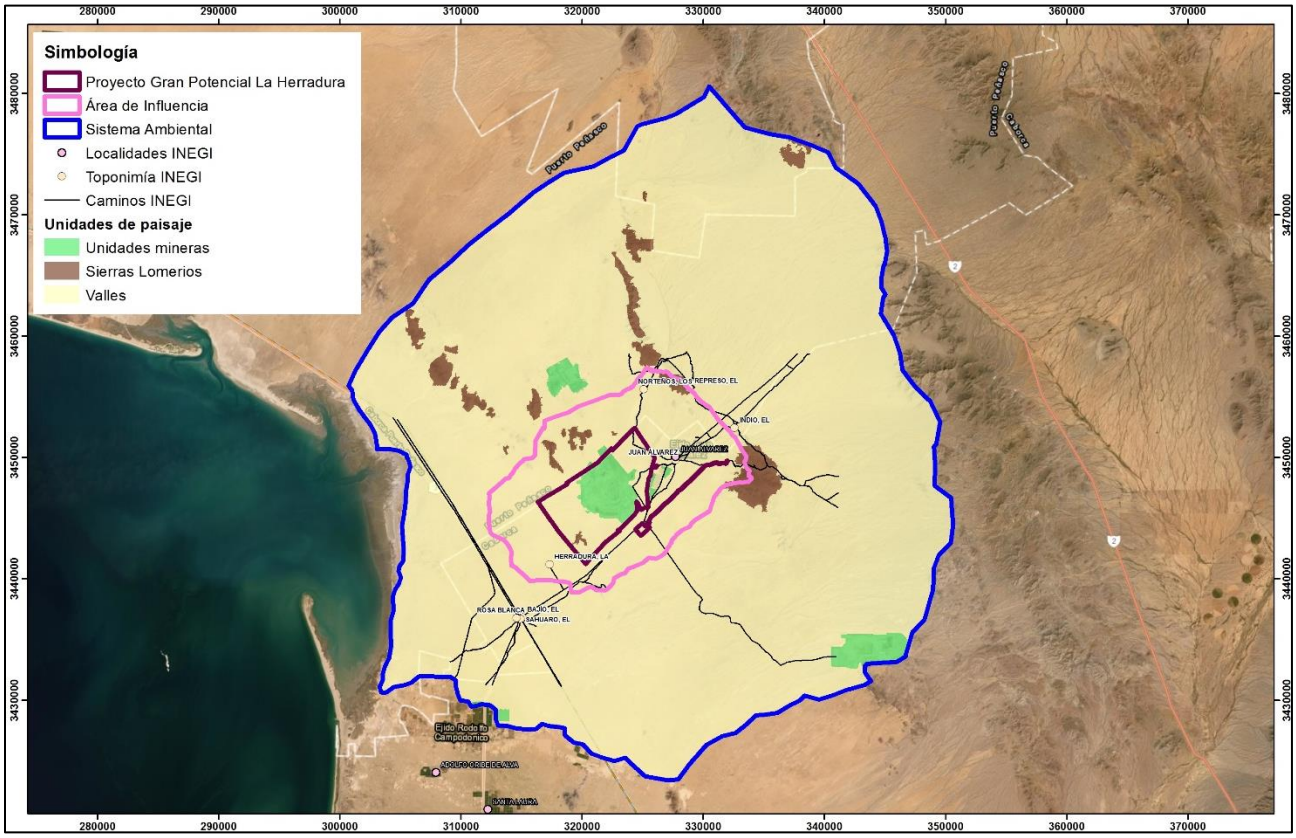



**Figura 4. 69. Unidades de Paisaje**

## IV.2.1.3.3.2. Calidad visual del Paisaje

La unidad de paisaje Nº1 presentan calidad visual media, los elementos valorados poseen moderada calidad en la variedad de la forma, color y línea. Entre las características que se presentan con calidad baja y moderada se encuentran, pendientes menores de 15% con dominancia del plano

horizontal de visualización, existencia de cuerpos de agua, pero sin jerarquía visual, presencia de vegetación con baja estratificación, libre a casi libre de acciones antrópicas estéticamente no deseadas, en consideración a lo anteriormente expuesto se considera a dichas unidades de paisaje como áreas poco singulares puesto que se presentan similares a otros de la región.

Unidad N°2 presenta calidad visual alta, es decir, los elementos valorados poseen alta calidad por la variedad en la forma, color y línea. La mayor parte de los elementos valorados presentan calidad visual alta, entre los cuales se presenta la presencia de estructuras morfológicas con pendientes mayores a 30%, combinaciones de color intensas y variadas, contrastes evidentes entre el suelo, vegetación y rocas, presencia de fauna nativa y áreas de nidificación, reproducción y nidificación, libre a casi libre de acciones antrópicas estéticamente no deseables, presencia de vegetación con baja estratificación de especies, el sitio es característico pero similar a otros de la región.

Unidad N°3 presenta calidad visual baja, dado a que la mayor superficie se presenta con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura. El principal elemento valorado que reduce la calidad visual son las modificaciones antrópicas que se presentan en forma intensa y que reducen o anulan la calidad visual del paisaje, de la misma forma, otros elementos valorados que reducen la calidad a dicha unidad son, pendientes no mayores a 15%, con dominancia del plano horizontal, presencia de fauna nativa esporádica y presencia de animales domésticos, presencia de cuerpos de agua pero sin jerarquía visual, el paisaje circundante incrementa fuertemente la calidad estética de dicha área, en consideración a lo anteriormente expuesto se concluye que el paisaje que se presenta en la unidad de paisaje valorada es común, inexistencia de elementos únicos o singulares, dando lugar a sitios homogéneos o continuos con poca variación en el color y contraste.

A continuación, se presenta los resultados de la calidad de paisaje. Anexo 4.14 Valoración de la calidad visual de las unidades de paisaje.

**Tabla 4. 96. Calidad visual del paisaje**

| Unidad de paisaje | Calidad visual del paisaje |
|---|---|
| Unidad de paisaje No. 1 Valle | Media |
| Unidad de paisaje No. 2 Sierra y Lomeríos | Alta |
| Unidad de paisaje No. 3 actividades antrópicas/obras mineras | Baja |

En la siguiente figura se presenta la calidad visual del paisaje a escala Sistema Ambiental y Área de Influencia, así mismo se observa que la calidad visual en el área del Proyecto es baja. Anexo 4.15 Modelo de calidad visual del paisaje

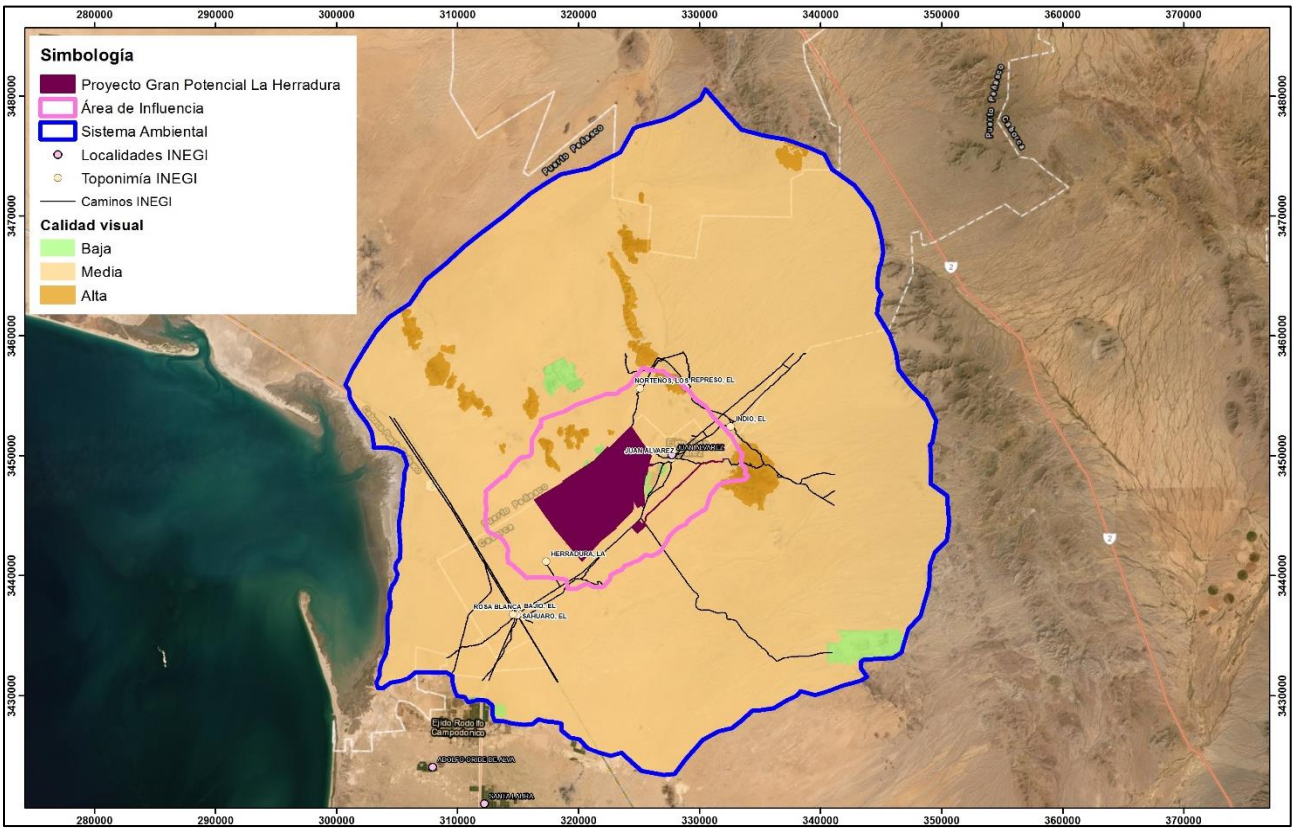



**Figura 4. 70. Calidad visual del paisaje en el Sistema Ambiental**

### IV.2.1.3.3.3. Fragilidad visual del paisaje

Unidad Nº1 presentan fragilidad visual media. La mayoría de los elementos valorados presentan fragilidad visual media, las pendientes no son mayores al 30%, siendo una superficie con relieve ligeramente ondulado y suave, la cubierta de la vegetación es discontinua, no hay gran altura en la vegetación, diversidad de especies media, dominio de los planos medios de visualización (visión no mayor a los 4,000 m), cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas, el paisaje que se presenta es de importancia visual pero habitual, sin presencia de elementos singulares. De forma general en consideración a la valoración de dicha unidad de paisaje se concluye que la capacidad de absorción y respuesta del paisaje ante cualquier obra proyectada en dicha superficie es moderada.

Unidad N°2 presenta fragilidad visual alta, entre los elementos valorados se encuentra la inclinación del terreno; en los sitios con pendientes de más de 30%, con dominio del plano vertical de visualización se consideran altamente frágiles por producirse mayor exposición de las acciones, además de que la forma alargada de las cuencas permite direccionalidad a la vista, generalmente unidas en el flujo visual, por lo cual se considera un elemento frágil. La altura de la vegetación no sobrepasa los 10 metros de altura, diversidad de especies media, dominancia de estrato arbustivo. El paisaje se presenta con importancia visual pero habitual, sin presencia de elementos singulares. En forma general la mayoría de los elementos valorados presentan fragilidad media a alta, por lo cual la capacidad de absorción y respuesta del paisaje ante cualquier obra proyectada en dicha superficie es baja.

Unidad Nº3 presentan fragilidad visual baja. La mayoría de los elementos valorados presentan fragilidad visual baja, en dicha superficie la calidad visual es mala, puesto a la existencia de modificaciones antrópicas de forma intensa. El paisaje natural se encuentra transformado en su totalidad por obras que no añaden valor visual al paisaje.

**Tabla 4. 97. Fragilidad visual del paisaje en las unidades de paisaje**

| Unidad de paisaje | Fragilidad visual del paisaje |
|---|---|
| Unidad de paisaje No. 1 Valle | Media |
| Unidad de paisaje No. 2 Sierra y Lomeríos | Alta |
| Unidad de paisaje No. 3 actividades antrópicas/obras mineras | Baja |

En la siguiente figura se presenta la fragilidad visual en el Sistema Ambiental y Área de Influencia, así mismo se observa que la fragilidad en el área del Proyecto es baja. Anexo 4.16 Modelo de la fragilidad visual del paisaje.

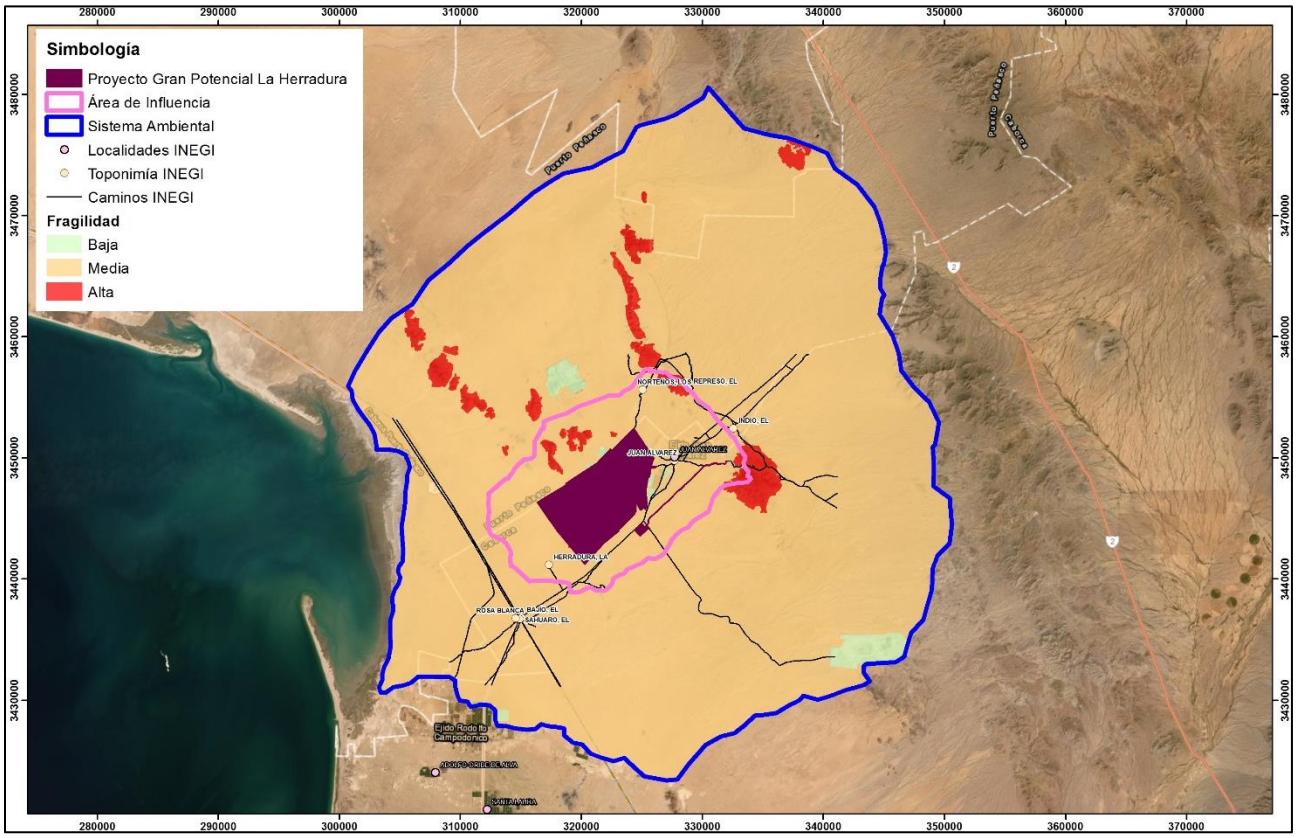



**Figura 4. 71. Fragilidad visual del paisaje en el Sistema Ambiental**

### IV.2.1.3.3.4. Conclusiones

La calidad visual del paisaje referida como la valoración del atractivo visual del paisaje está en función de propiedades tales como colores, contrastes o formas que dependen de la morfología del paisaje, el tipo de vegetación y la presencia de cuerpos de agua entre otros.

La calidad visual en el SA se presenta en sus 3 categorías, alta media y baja, por lo tanto, la unidad de paisaje número 3, misma que corresponde a aquellas áreas con actividades antrópicas y/o mineras presentan una calidad visual baja debido a la modificación de su condición natural, presentando nula cubierta vegetal y superficies planas. La unidad de paisaje número 1 (valles) la calidad visual es media, toda vez que esta unidad de paisaje se presentan áreas con presencia de infraestructura como son líneas eléctricas, cercados y caminos, así mismo presenta mismas que limitan las vistas panorámicas abiertas. Para la unidad número 3 (sierras y lomeríos) es la unidad de paisaje con mayor calidad visual la cual es considerada alta, debido que presenta áreas conservadas y con vista panorámicas abiertas y contrastes en la vegetación.

La fragilidad visual de paisaje en el SA se presenta en alta, media y baja, siendo la categoría baja corresponde a la unidad número 3 (actividades antrópicas/obras mineras), ya que esta unidad de paisaje presenta un alto grado de modificación en su entorno, como son el caso de proyectos mineros. La fragilidad visual media se presenta en la unidad de paisaje número 1 (valles) ya que se encuentran parcialmente modificados, derivado de actividades como son la ganadería, líneas eléctricas, caminos, carreteras, etc, así mismo se presenta pendientes moderadas. En la unidad de paisaje número 2 (sierras y lomeríos) la fragilidad visual es alta, ya que se presentan pendientes pronunciadas y por consecuencias dichas áreas son susceptibles a fragmentarse.

La capacidad de absorción visual es la capacidad que tiene un paisaje para acoger actuaciones propuestas sin que se produzcan variaciones en su carácter visual, lo que centra la atención. Esta variable es lo opuesto al concepto de “fragilidad visual”, que es la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se hace un uso de éste, en otras palabras, expresa el grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones. De acuerdo con lo anterior, a mayor capacidad de absorción visual corresponde menor fragilidad o vulnerabilidad visual.

De tal manera que el SA está compuesto por unidades de paisaje fragmentadas tanto en calidad visual y fragilidad, por lo que dichas unidades corresponden a un porcentaje mínimo en relación con la superficie del SA, mientras aquellas que se encuentra categorizadas como media son las que mayor superficie de ocupación presentan en el SA, de tal forma que la calidad visual y fragilidad visual en el Sistema Ambiental en la mayoría de la superficie es media.

## IV.2.1.4 Medio Socioeconómico

El Proyecto Proyecto Gran Potencial Unidad Minera La Herradura se localiza en los municipios de Caborca y Puerto Peñasco al Noroeste del estado de Sonora.

En la siguiente Figura 4.72 queda evidenciada la ubicación del SA, AI y Área de Proyecto con respecto a los limites estatales y municipales.

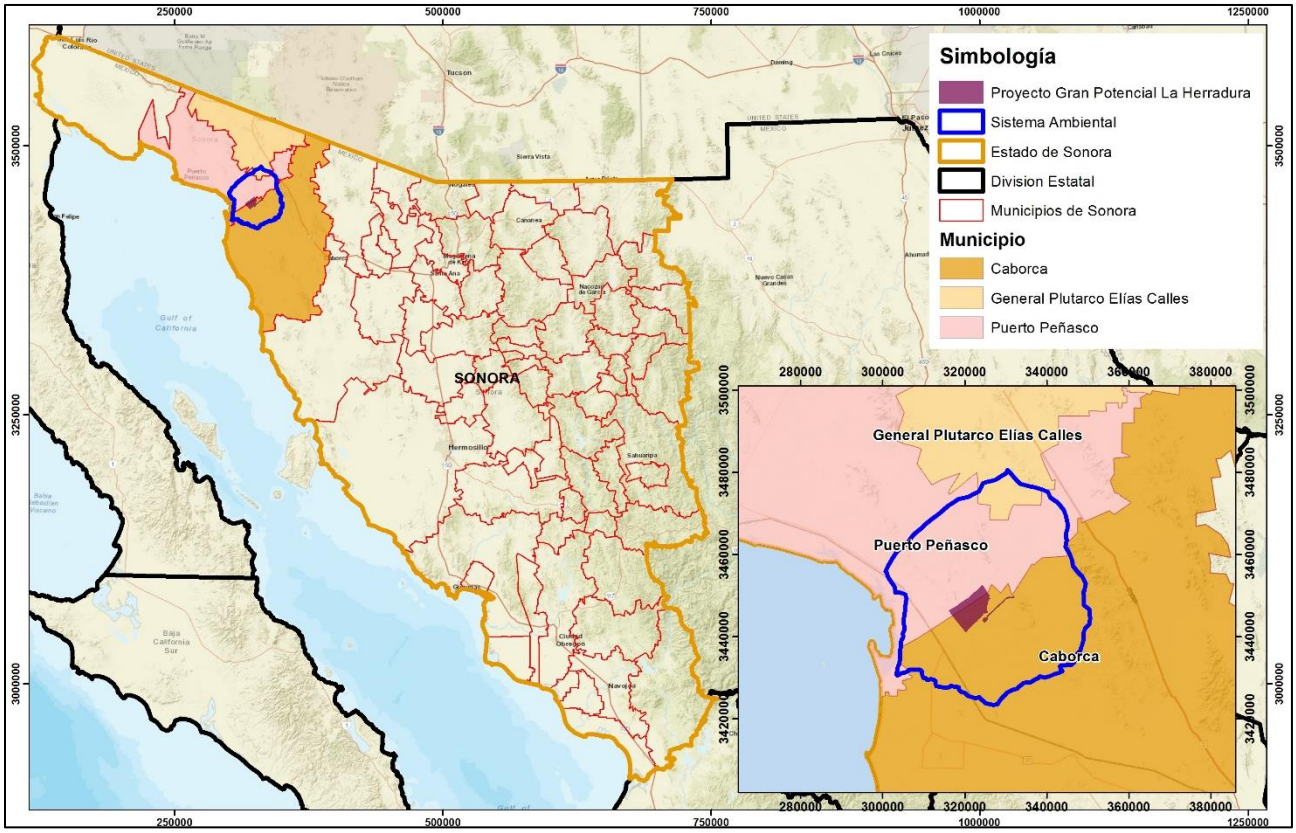



**Figura 4.72. Ubicación del SA Respecto a los límites Estatales y Municipales**

A continuación, se muestran los datos socioeconómicos de los municipios donde se localiza el SA del Proyecto.

***Municipio de Caborca***

El municipio de Caborca cuenta con una superficie de 10,681.876 $Km^2$ que representa el 5.95 % de la superficie total del estado de Sonora, Caborca se encuentra conformado por 341 localidades activas (ITER,2010), su población es de 81,309 habitantes (INEGI, 2010), lo cual representa tan solo el 0.4% de la población total del estado de Sonora.

### IV.2.1.4.1 Datos socioeconómicos

A continuación, se presentan los datos socioeconómicos generados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía con relación a los Censos de población y vivienda, para el municipio de Caborca.

*Densidad de población*

Para el 2010, INEGI reportó una densidad de población de 61 habitantes por kilómetro cuadrado a nivel nacional. Para el Estado de Sonora se reportan 15.9 habitantes por kilómetro cuadrado mientras que en el municipio de Caborca densidad de población es 7.61 habitantes por kilómetro cuadrado.

*Natalidad*

De acuerdo a los registros más recientes de INEGI, en el año 2017 se reportaron 48,301 nacimientos para el estado de Sonora; mientras que para el municipio de Caborca se reportaron 1,372 nacimientos de estos 666 mujeres y 706 hombres, lo que representa el 2.8% del estado.

*Mortalidad*

En el caso de la mortalidad, para el año 2017 se registraron 17,069 defunciones en el estado de Sonora mientras que para el municipio de Caborca se registraron 544 defunciones de las cuales 369 son mujeres y 173 hombres, lo que representa el 3.1% del estado.

*Datos socioeconómicos generales*

A continuación, en la Tabla 4.98, se presentan los datos socioeconómicos y financieros generados por el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). Analizar los valores para el municipio en el que tiene incidencia el SA permite comparar la situación a nivel municipal con la situación de las localidades de interés.

**Tabla 4.98. Valores socioeconómicos del municipio de Caborca**

| Año / Componentes Socioeconómicos | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|---|---|---|
| Total de viviendas | 21,440 | 18,136 | 21,440 |
| Población Total | 69,516 | 70,113 | 81,309 |
| Tasa de Mortalidad Infantil | 21.76 | 16.38 | 15.69 |
| Tasa de Alfabetización | 93.75 | 94.55 | 94.94 |
| Tasa de asistencia escolar | 59.96 | 64.92 | 63.01 |
| Producto Interno Bruto per cápita (dólares PPC, precios 2010) | 11,718 | 14,245 | 14,359 |
| Índice de Salud | 0.8272 | 0.8767 | 0.8831 |
| Índice de Educación | 0.8248 | 0.8468 | 0.8430 |
| Índice de Ingreso | 0.7951 | 0.8277 | 0.8290 |

| Componentes Socioeconómicos \ Año | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|---|---|---|
| Valor del Índice de Desarrollo Humano (IDH) | 0.8157 | 0.8504 | 0.8517 |
| Población Económicamente Activa | S/D | S/D | 35,026 |
| Ocupada | | | 33.698 |
| Desocupada | | | 1,328 |
| Población No Económicamente Activa | S/D | S/D | 26,284 |

*Participación Económica por Grupos de Edad y Sexo*

**Tabla 4.99.Tasas de participación económica por grandes grupos de edad y sexo en el municipio de Caborca**

| Grupos de edad | 12 a 14 | 15 a 24 | 25 a 59 | 60 y más | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| PEA | 6.2% | 49.9% | 71.2% | 32.1% | 56.9% |
| Mujeres | 3.6% | 32.4% | 47.5% | 12.4% | 36.9% |
| Hombres | 8.5% | 66.2% | 94.5% | 51.7% | 76.4% |

*Actividades productivas según sector de actividad*

*Agricultura*

Es la actividad económica más importante es el municipio, esta se desarrolla en una superficie de 107,000 has. Destacándose principalmente los cultivos de esparrago, uva, trigo, algodón y hortalizas.

*Ganadería*

La ganadería que se desarrolla en el municipio es mixta, extensiva e intensiva. Se produce ganado bovino principalmente, y ganado ovino y caprino en más baja cantidad. En lo que refiere a ganado bovino, se explota el ganado lechero y ganado de carne, el primero para satisfacer las demandas internas y de algunos municipios vecinos para consumo local y exportación.

*Sector Secundario*

Minería, electricidad, agua y suministro de gas, construcción e industrias manufactureras representan las principales actividades de este sector

*Sector Terciario*

Su estructura comercial está integrada por 815 establecimientos de venta al mayoreo y menudeo en los giros de abarrotes, farmacias, tiendas de ropa y calzado, expendios de vinos y licores, mueblerías y ferreterías. El comercio genera 7.977 empleos, lo cual lo convierte en la actividad más importante para la economía del municipio.

Comercio al por mayor y por menor, transportes, correos y almacenamiento
Información de medios masivos
Servicios financieros y de seguros
Servicios inmobiliarios y alquiler de bienes muebles
Servicios profesionales, científicos y técnicos
Servicios de apoyo a negocios y manejo de desechos y servicios de remediación
Servicios educativos
Servicios de salud y asistencia
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos
Actividades de gobierno y de organismos internacionales y territoriales

Respecto a las actividades económicas por sectores en el municipio de Caborca 24% se dedica a actividades del sector primario (agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza), 21% sector secundario (minería, electricidad y agua, construcción, e industrias manufactureras), el 55% labora en el sector terciario (COESPO).

*Condición Social*

**Tabla 4.100.Condición social en el municipio de Caborca**

| Grado | Lugar en el Estado | Localidades marginadas | % de población en localidades marginadas |
|---|---|---|---|
| Muy Bajo | 56 de 72 | 70 | 14.2 |

*Migración*

Con base en datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010), el Estado de Sonora ocupa el lugar número 1,773 en el contexto nacional en cuanto a la intensidad migratoria; por su parte, el municipio de Caborca ocupa el lugar 47 de 72 en el contexto estatal. De igual manera, el Grado de intensidad migratoria es Bajo, tal como se muestra en la Figura 4.73.

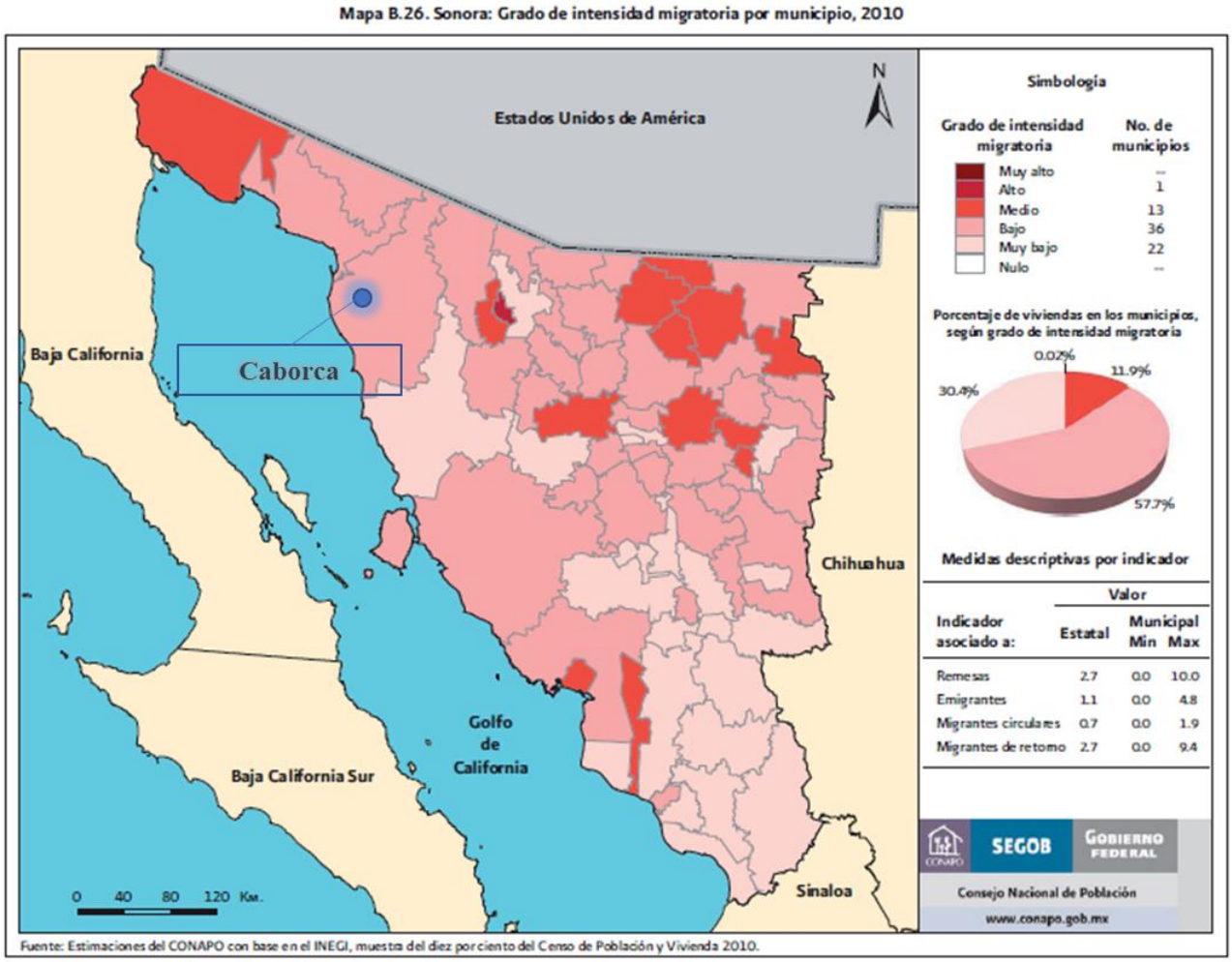



**Figura 4.73. Grado de intensidad migratoria por municipio, CONAPO 2010.**

Ahora bien, del total de 21,538 viviendas con las que cuenta el municipio de Caborca según CONAPO (2010), se mencionan otros datos migratorios en la siguiente Tabla 4.101.

**Tabla 4.101. Estadísticas Migratorias para el Municipio de Caborca**

| | |
|---|---|
| Total de viviendas | 21,538 |
| % viviendas que reciben remesas | 1.99 |
| % viviendas con emigrantes a Estados Unidos en el quinquenio anterior | 0.91 |
| % viviendas con migrantes circulares en del quinquenio anterior | 0.24 |
| % viviendas con migrantes de retorno del quinquenio anterior | 2.15 |
| Índice de intensidad migratoria | -0.7393 |
| Índice de intensidad migratoria rescalado de 0 a 100 | 0.9824 |
| Grado de intensidad migratoria | Bajo |
| Lugar que ocupa en el contexto estatal | 47 |
| Lugar que ocupa en el contexto nacional | 1,773 |

***Municipio de Puerto Peñasco***

El municipio de Puerto Peñasco cuenta con una superficie de 9,774 $Km^2$ que representa el 5.44% de la superficie total del estado de Sonora y se encuentra conformado por 35 localidades activas (ITER,2010), su población es de 57,342 habitantes (INEGI, 2010), lo cual representa tan solo el 2.1% de la población total del estado de Sonora.

A continuación, se presentan los datos socioeconómicos generados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía con relación a los Censos de población y vivienda, para el municipio de Puerto Peñasco.

*Densidad de población*

Para el 2010, INEGI reportó una densidad de población de 61 habitantes por kilómetro cuadrado a nivel nacional. Para el Estado de Sonora se reportan 15.9 habitantes por kilómetro cuadrado mientras que en el municipio de Puerto Peñasco con una densidad de población es 9.25 habitantes por kilómetro cuadrado.

*Natalidad*

De acuerdo a los registros más recientes de INEGI, en el año 2017 se reportaron 48,301 nacimientos para el estado de Sonora; mientras que para el municipio de Puerto Peñasco se reportaron 1,123 nacimientos de estos 600 mujeres y 523 hombres, lo que representa el 2.3% del estado.

*Mortalidad*

En el caso de la mortalidad, para el año 2017 se registraron 17,069 defunciones en el estado de Sonora mientras que para el municipio de Puerto Peñasco se registraron 245 defunciones de las cuales 72 son mujeres y 173 hombres, lo que representa el 1.4% del estado.

*Datos socioeconómicos generales*

A continuación, en la Tabla 4.98, se presentan los datos socioeconómicos y financieros generados por el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). Analizar los valores para el municipio en el que tiene incidencia el SA permite comparar la situación a nivel municipal con la situación de las localidades de interés.

**Tabla 4.102. Valores socioeconómicos del municipio de Puerto Peñasco**

| Año / Componentes Socioeconómicos | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|---|---|---|
| Total de viviendas | S/D | 10,809 | 16,152 |
| Población Total | | 44,875 | 57,342 |
| Tasa de Mortalidad Infantil | | 21.41 | 12.32 |
| Tasa de Alfabetización | 96.84 | 97.14 | S/D |

| Componentes Socioeconómicos \ Año | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|---|---|---|
| Tasa de asistencia escolar | 63.48 | 62.86 | |
| Producto Interno Bruto per cápita (dólares PPC, precios 2010) | 7,717 | 13,550 | |
| Índice de Salud | 0.8417 | 0.9199 | |
| Índice de Educación | 0.8572 | 0.8571 | |
| Índice de Ingreso | 0.7254 | 0.8193 | |
| Valor del Índice de Desarrollo Humano (IDH) | 0.8081 | 0.8654 | |
| Población Económicamente Activa | S/D | S/D | 24,286 |
| Ocupada | | | 22,217 |
| Desocupada | | | 2,069 |
| Población No Económicamente Activa | | | 17,809 |

*Participación Económica por Grupos de Edad y Sexo*

**Tabla 4.103.Tasas de participación económica por grandes grupos de edad y sexo en el municipio de Puerto Peñasco**

| Grupos de Edad | 12 a 14 | 15 a 24 | 25 a 59 | 60 y más | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| PEA | 2.9% | 45.5% | 72.4% | 30.8% | 57.3% |
| Mujeres | 1.3% | 31.4% | 48.7% | 14.4% | 37.9% |
| Hombres | 4.5% | 59.6% | 94.1% | 46.9% | 75.6% |

*Actividades productivas según sector de actividad*

Respecto a las actividades económicas por sectores en el municipio de Puerto Peñasco 4.7% se dedica a actividades del sector primario (agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza), 18.2% sector secundario (minería, electricidad y agua, construcción, e industrias manufactureras), el 77.1% labora en el sector terciario (COESPO).

*Condición Social*

**Tabla 4.104.Condición social en el municipio de Puerto Peñasco**

| Grado | Lugar en el Estado | Localidades marginadas | % de población en Localidades marginadas |
|---|---|---|---|
| Muy Bajo | 65 de 72 | 8 | 0.3 |

*Migración*

Con base en datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010), el Estado de Sonora ocupa el lugar número 1,460 en el contexto nacional en cuanto a la intensidad migratoria; por su parte, el municipio de Puerto Peñasco ocupa el lugar 32 de 72 en el contexto estatal. De igual manera, el Grado de intensidad migratoria es Bajo (Figura 4.74).

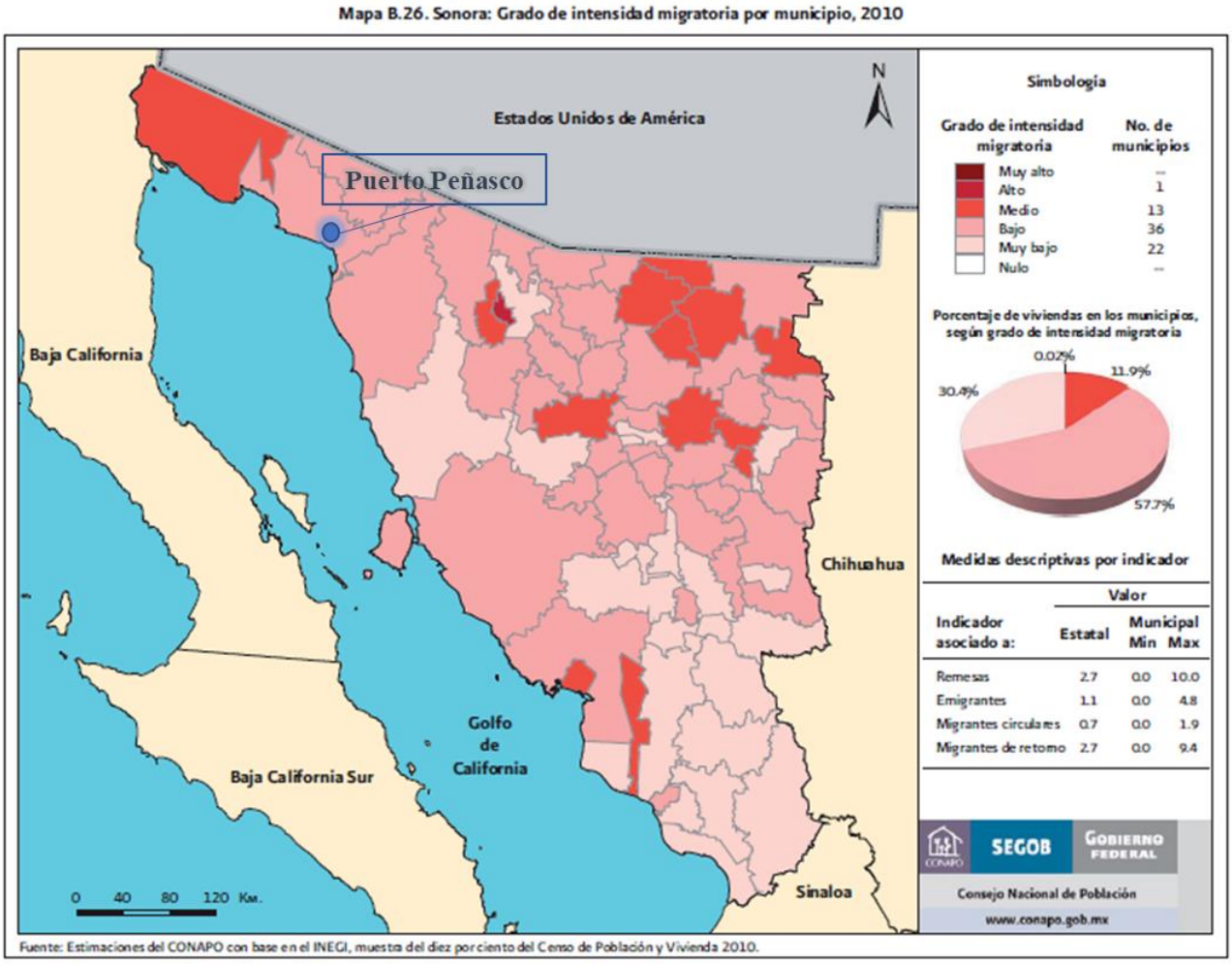



**Figura 4.74. Grado de intensidad migratoria por municipio, CONAPO 2010.**

Ahora bien, del total de 16,152 viviendas con las que cuenta el municipio de Puerto Peñasco según CONAPO (2010), se mencionan otros datos migratorios en la siguiente Tabla 4.101.

**Tabla 4.105. Estadísticas Migratorias para el Municipio de Puerto Peñasco**

| | |
|---|---|
| Total, de viviendas | 16,152 |
| % viviendas que reciben remesas | 1.49 |
| % viviendas con emigrantes a Estados Unidos en el quinquenio anterior | 0.89 |
| % viviendas con migrantes circulares en del quinquenio anterior | 0.3 |
| % viviendas con migrantes de retorno del quinquenio anterior | 4.57 |
| Índice de intensidad migratoria | -0.4949 |

| | |
|---|---|
| Índice de intensidad migratoria rescalado de 0 a 100 | 1.5471 |
| Grado de intensidad migratoria | Bajo |
| Lugar que ocupa en el contexto estatal | 32 |
| Lugar que ocupa en el contexto nacional | 1,460 |

Dentro del SA delimitado para el Proyecto Gran Potencial La Herradura se encuentran 4 localidades rurales, la más cercana se encuentra a 2.2 km de la unidad minera dentro del Área de Influencia dentro del municipio de Caborca y las tres restantes se localizan al Norte del SA todas pertenecientes al municipio de Puerto Peñasco (Figura 4.75).

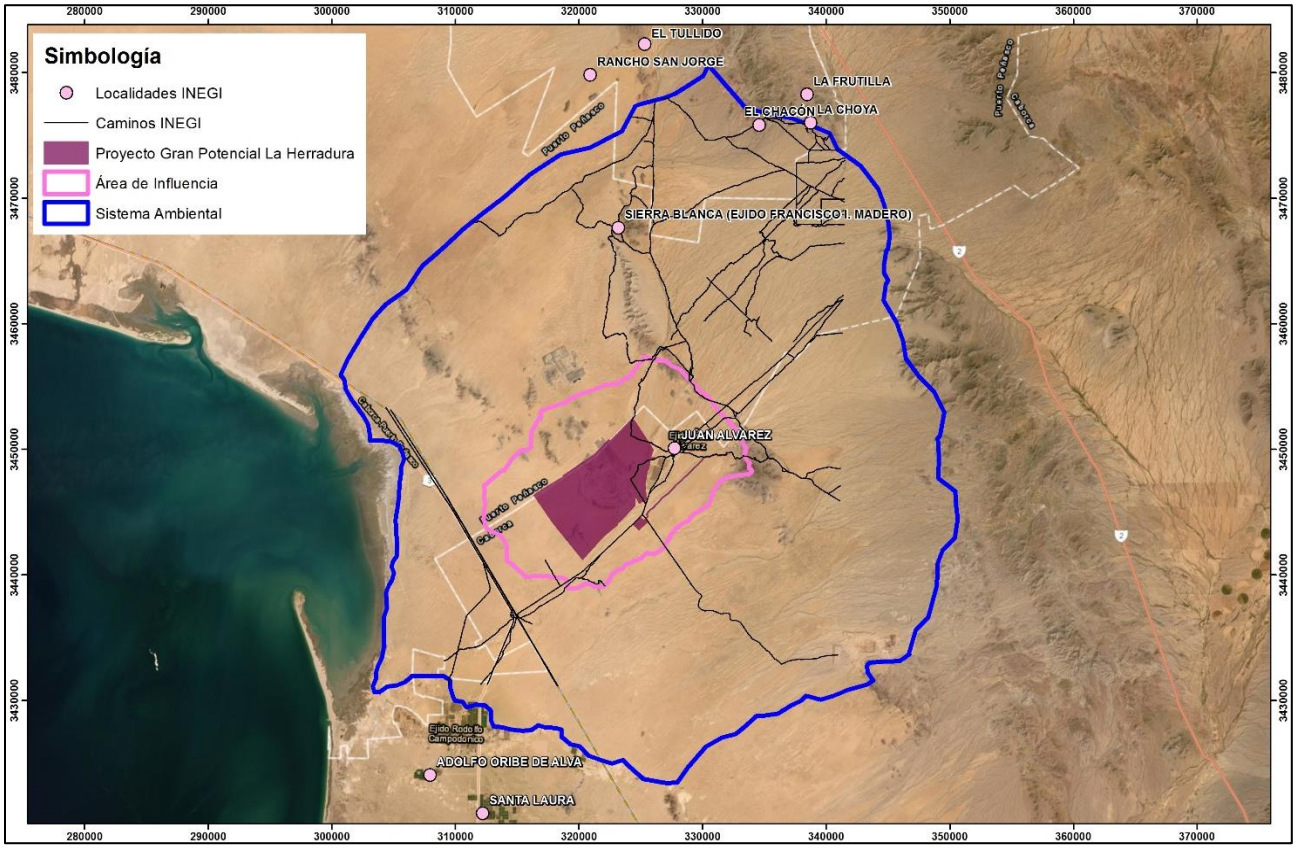



**Figura 4.75. Localidades dentro del SA, INEGI**

La información de la figura anterior se incluye en el DA como parte de los insumos del componente Socioeconómico y cultural y de los criterios “Grado de regazo social y marginación” por localidad, la valoración del criterio se obtiene de la información obtenida del Consejo Nacional de Población (CONAPO).

*Derrama económica*

A continuación, se presenta la figura donde se observan los factores considerados para el componente Socioeconómico y cultural del criterio "Derrama económica" dentro del DA.

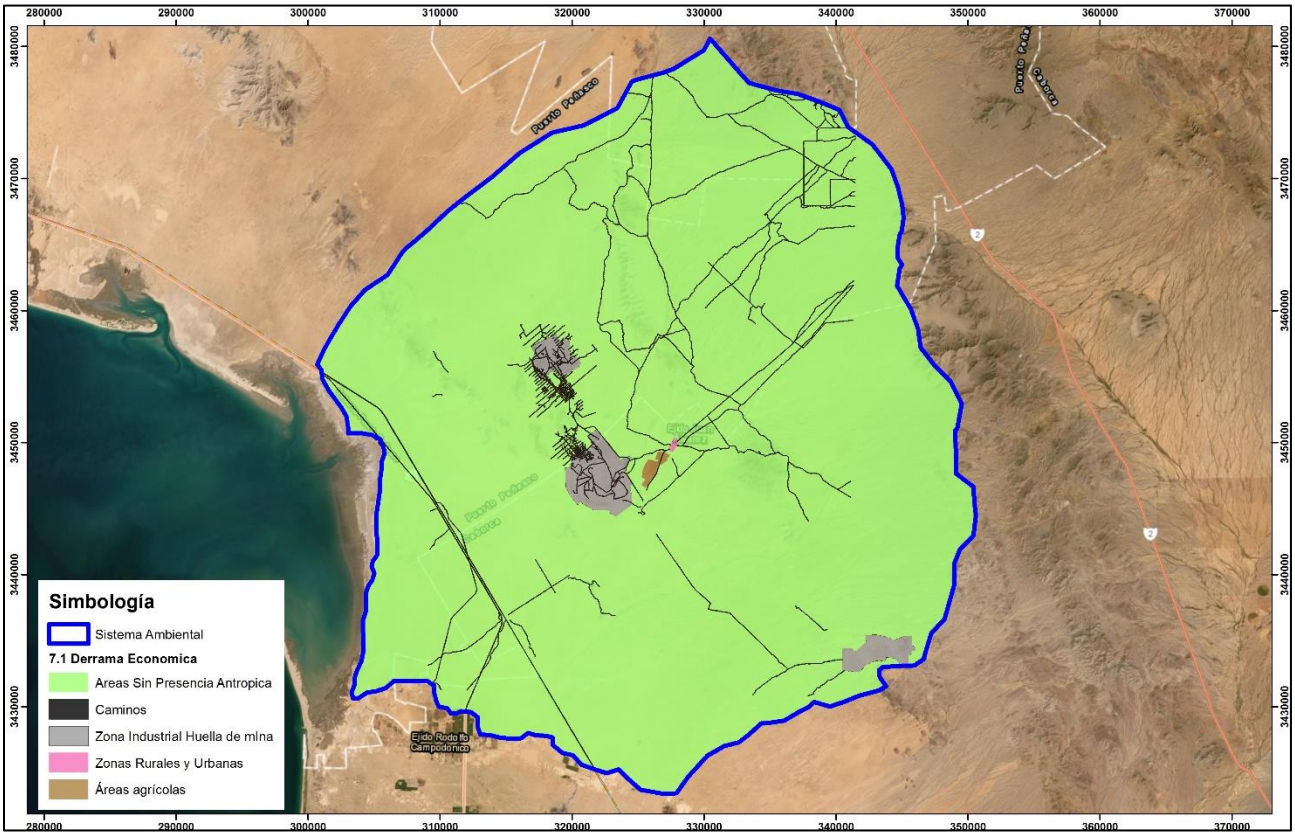



**Figura 4.76. Insumos considerados en el criterio, Derrama económica**

Cabe mencionar que, las áreas consideradas para la evaluación de este criterio, son todas aquellas que presentan actividades antropogénicas.

## IV.2.1.5. Diagnóstico ambiental

Para complementar la caracterización del medio biótico y abiótico dentro del Sistema Ambiental (SA), se elaboró un Diagnóstico Ambiental (DA), a través del cual se ha de identificar con mayor precisión la problemática ambiental detectada en el Área de Influencia del Proyecto.

La descripción de los componentes ambientales en el sitio del Proyecto, son una recopilación de la información obtenida y la generada en el sitio, con la que se ofrece una caracterización pre-operacional del área donde se establecerá el Proyecto, y que además funge como base para la identificación de los impactos potenciales, para el establecimiento de medidas de control, prevención, mitigación y compensación; y para los pronósticos ambientales.

El Diagnóstico Ambiental, es un complemento de esa caracterización del medio biótico y abiótico dentro del Sistema Ambiental, delimitado para el estudio y evaluación de impactos derivados de la ejecución del Proyecto; a través del cual, se ha de identificar con mayor precisión la problemática ambiental detectada en su Área de Influencia.

El objetivo que pretende el DA es plasmar tanto de forma descriptiva como en imágenes y planos georreferenciados un modelo de estimación del estado actual y de la calidad de los componentes ambientales con los que interactuará el Proyecto, de acuerdo a la metodología empleada y los criterios profesionales del equipo de especialistas involucrados en el desarrollo de esta MIA.

### IV.2.5.1. 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, Socioeconómico y Cultural, 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 con base a la metodología de Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés – *Analytic Hierarchy Process*).

El AHP, es una metodología de análisis multicriterio desarrollada a fines de la década del 70 por Thomas L. Saaty (Saaty, 1994; Saaty & Vargas, 1994; Bhushan & Rai, 2004). A grandes rasgos, la metodología emplea matrices cuadradas de comparación por pares, para evaluar la importancia de un componente sobre otro en consideración de un criterio a la vez.

La explicación con más detalles sobre los pasos que se siguen en la metodología de AHP, así como la memoria de cálculo y los resultados del análisis multicriterio, se presentan en el Anexo 4.17. Metodología AHP para determinación de la ponderación global de los componentes ambientales en el Sistema Ambiental.

A fin de facilitar el procesamiento de la información, se ha realizado el análisis en un software de uso libre denominado "*PriEsT – A Priority Estimation Tool"* (Siraj, 2013), basado completamente en el Proceso Analítico Jerárquico.

Conforme a los resultados que arrojó el *PriEsT* una vez ejecutados todos los pasos de la metodología del AHP, se ha determinado un peso específico para cada uno de los componentes que conforman el Sistema Ambiental del Proyecto, lo que representa su nivel de relevancia a la dinámica local del ecosistema respecto a los demás componentes. La ponderación de los componentes ambientales es la que se presenta en la Tabla 4.106.

**Tabla 4.106. Ponderación de los componentes ambientales respecto a su relevancia en el SA**

| No. | Componente | Peso Ponderado (%) |
|---|---|---|
| 1 | Atmósfera | 14.4 |
| 2 | Suelo | 11 |
| 3 | Hidrología | 19.5 |
| 4 | Vegetación | 19.3 |
| 5 | Fauna | 18.9 |
| 6 | Paisaje | 9.8 |
| 7 | Socioeconómico y cultural | 7.1 |

Los componentes Hidrología, Vegetación y Fauna son los que representan mayor relevancia en el ambiente en consideración de los criterios considerados para la ponderación. Le sigue la Atmósfera, Suelo, Paisaje y Socioeconómico y Cultural. Esta información además de ser de importancia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental, se utilizará en la asignación de Unidades de Importancia Ambiental (UIP), durante la evaluación de los impactos ambientales generados por el Proyecto.

Se asigno un peso ponderado para los componentes ambientales, el siguiente paso consistió en generar un listado de 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 participó 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 10 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.

Cabe hacer la aclaración de que la mayoría de los Criterios provienen de planos, modelos o metadatos presentados en la descripción de cada componente ambiental presentada en su respectiva sección del Capítulo IV de la MIA. Los Criterios y Factores empleados, así como Valores de Importancia y los Valores Ponderados evaluados, se presenta en la siguiente Tabla 4.107.

**Tabla 4.107. Criterios y factores indicativos para el análisis de cada componente ambiental**

| Componente Ambiental | Criterio | Factor | Valor de Importancia | Valor Ponderado |
|---|---|---|---|---|
| Atmósfera 14.4 | Emisión de partículas 40 | Matorral Desértico Micrófilo Abierto | 3.0 | 120.0 |
| | | Matorral Desértico Micrófilo Cerrado | 5.0 | 200.0 |
| | | Matorral Desértico Micrófilo Disperso | 1.0 | 40.0 |
| | | Matorral Sarcocaule Abierto | 4.0 | 160.0 |
| | | Matorral Sarcocaule Cerrado | 8.0 | 320.0 |
| | | Matorral Sarcocaule Disperso | 2.0 | 80.0 |
| | | Vegetación de Desiertos Arenosos Abierto | 1.0 | 40.0 |
| | | Vegetación de Desiertos Arenosos Cerrado | 2.0 | 80.0 |
| | | Vegetación de Desiertos Arenosos Disperso | 0.0 | 0.0 |
| | | Planta de proceso (trituración y molienda) | 0.0 | 0.0 |
| | | Áreas de rodamiento | 2.0 | 80.0 |
| | | Tajo | 0.0 | 0.0 |
| | | Tepetatera | 0.0 | 0.0 |
| | | Zonas rurales | 3.0 | 120.0 |
| | | Áreas agrícolas | 5.0 | 200.0 |
| | | Depósitos de arenas | 0.0 | 0.0 |
| | | Patios de Lixiviación | 0.0 | 0.0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Caminos no pavimentados | 4.0 | 160.0 |
| | | Caminos pavimentados | 7.0 | 280.0 |
| | Emisión de gases contaminantes 15 | Caminos | 6.0 | 90.0 |
| | | Zona industrial (huella de la mina) | 1.0 | 15.0 |
| | | Zonas sin presencia antrópica | 10.0 | 150.0 |
| | | Zonas urbanas y/o rurales | 4.0 | 60.0 |
| | Niveles lumínicos 10 | Zona industrial (huella de la mina) | 3.0 | 30.0 |
| | | Zona agrícola | 8.0 | 80.0 |
| | | Caminos | 6.0 | 60.0 |
| | | Zona Urbana y/o Rural | 1.0 | 10.0 |
| | | Áreas sin presencia antrópica | 10.0 | 100.0 |
| | Captura de polvos fugitivos 20 | Matorral Desértico Micrófilo Abierto | 2.0 | 40.0 |
| | | Matorral Desértico Micrófilo Cerrado | 4.0 | 80.0 |
| | | Matorral Desértico Micrófilo Disperso | 0.0 | 0.0 |
| | | Matorral Sarcocaule Abierto | 4.0 | 80.0 |
| | | Matorral Sarcocaule Cerrado | 6.0 | 120.0 |
| | | Matorral Sarcocaule Disperso | 2.0 | 40.0 |
| | | Vegetación de Desiertos Arenosos Abierto | 0.0 | 0.0 |
| | | Vegetación de Desiertos Arenosos Cerrado | 1.0 | 20.0 |
| | | Vegetación de Desiertos Arenosos Disperso | 0.0 | 0.0 |
| | Ruido artificial 15 | Caminos | 6.0 | 90.0 |
| | | Zona industrial (huella de la mina) | 2.0 | 30.0 |
| | | Zona agrícola | 8.0 | 120.0 |
| | | Áreas sin presencia antrópica | 10.0 | 150.0 |
| OK | | Zona Urbana y/o Rural | 2.0 | 30.0 |
| Suelo 11 | Erosión Actual 60 | Muy baja | 9.0 | 540.0 |
| | | Baja | 7.0 | 420.0 |
| | | Media | 5.0 | 300.0 |
| | | Fuerte | 3.0 | 180.0 |
| | | Muy fuerte | 1.0 | 60.0 |
| | Tipo de degradación del suelo 40 | Sin degradación aparente | 10.0 | 400.0 |
| | | Erosión eólica con pérdida del suelo superficial por acción del viento | 0.0 | 0.0 |
| | | Degradación química (pérdida de fertilidad y de materia orgánica) | 8.0 | 320.0 |
| Hidrología 19.5 | Vulnerabilidad del acuífero 50 | 0-1 | 10.0 | 500.0 |
| | | 1-2 | 8.0 | 400.0 |
| | | 2-2.5 | 7.0 | 350.0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 2.5-3 | 4.0 | 200.0 |
| | | 3-4 | 3.0 | 150.0 |
| | | 4-5 | 2.0 | 100.0 |
| | | 5-6 | 1.0 | 50.0 |
| | | 6-7 | 0.0 | 0.0 |
| | Disponibilidad Superficial 50 | Cuerpos de agua perennes | 10.0 | 500.0 |
| | | Cuerpos de agua intermitentes | 7.0 | 350.0 |
| | | Corrientes perennes | 9.0 | 450.0 |
| OK | | Corrientes intermitentes | 6.0 | 300.0 |
| Vegetación 19.3 | Índice de integridad ecológica de la vegetación 100 | Excelente | 10.0 | 1000.0 |
| | | Alta | 8.0 | 800.0 |
| | | Media | 5.0 | 500.0 |
| | | Baja | 2.0 | 200.0 |
| OK | | Nulo | 0.0 | 0.0 |
| Fauna 18.9 | Índice de Shannon 35 | 3.5 - 5 | 10.0 | 350.0 |
| | | 2.5 - 3.5 | 6.0 | 210.0 |
| | | 1 - 2.5 | 3.0 | 105.0 |
| | Especies de Interés 65 | 90% - 100% | 10.0 | 650.0 |
| | | 75% - 90% | 8.0 | 520.0 |
| | | 50% - 75% | 6.0 | 390.0 |
| | | 25% - 50 % | 4.0 | 260.0 |
| | | 10% - 25% | 2.0 | 130.0 |
| | | 1% - 10% | 1.0 | 65.0 |
| OK | | 0% | 0.0 | 0.0 |
| Paisaje 9.8 | Calidad visual del paisaje 60 | Alta | 10.0 | 600.0 |
| | | Media | 6.0 | 360.0 |
| | | Baja | 3.0 | 180.0 |
| | Fragilidad visual del paisaje 40 | Alta | 3.0 | 180.0 |
| | | Media | 5.0 | 300.0 |
| OK | | Baja | 8.0 | 480.0 |
| Socioeconómico y Cultural 7.1 | Derrama económica 60 | Zona industrial (huella de la mina) | 10.0 | 600.0 |
| | | Zonas agrícolas | 7.0 | 420.0 |
| | | Zona urbana | 8.0 | 480.0 |
| | | Zona rural | 5.0 | 300.0 |
| | | Zona sin presencia antrópica | 0.0 | 0.0 |
| | | Caminos | 4.0 | 240.0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Grado de rezago social por localidad 20 | Muy bajo | 10.0 | 200.0 |
| | | Bajo | 8.0 | 160.0 |
| | | Medio | 5.0 | 100.0 |
| | | Alto | 3.0 | 60.0 |
| | | Muy Alto | 1.0 | 20.0 |
| | Grados de marginación a nivel localidad Conabio 2010 20 | Muy bajo | 10.0 | 200.0 |
| | | Bajo | 7.0 | 140.0 |
| | | Medio | 5.0 | 100.0 |
| OK | | Alto | 2.0 | 40.0 |

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 (Tabla 4.106), relativo a su relevancia dentro del SA y enseguida se integraron todos en un solo modelo, que se realizó al sobreponer los *shapes* de los Diagnósticos Individuales y luego se sumó con los Grids y se clasificaron los valores resultantes en cinco rangos, se empleó el método de rupturas naturales[3] con lo cual se generó así el Diagnóstico Ambiental Integrado (DA-I) del SA del Proyecto.

Con la finalidad de resumir y esquematizar la metodología empleada para la elaboración del DA-I, en la Figura 4.77 se presenta el procedimiento seguido que dio origen a los Diagnósticos Individuales de los 8 componentes ambientales y finalmente al Diagnóstico Ambiental Integrado.

[3] Rupturas naturales (Jenks), es un método de clasificación estándar en ArcGis donde las clases de cortes naturales se basan en las agrupaciones naturales inherentes a los datos. Los cortes de clase se caracterizan porque agrupan mejor los valores similares y maximizan las diferencias entre clases. Las entidades se dividen en clases cuyos límites quedan establecidos dónde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. (Fuente: https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/mapping/symbols-and-styles/data-classification-methods.htm#, recuperada el 10/03/2017)

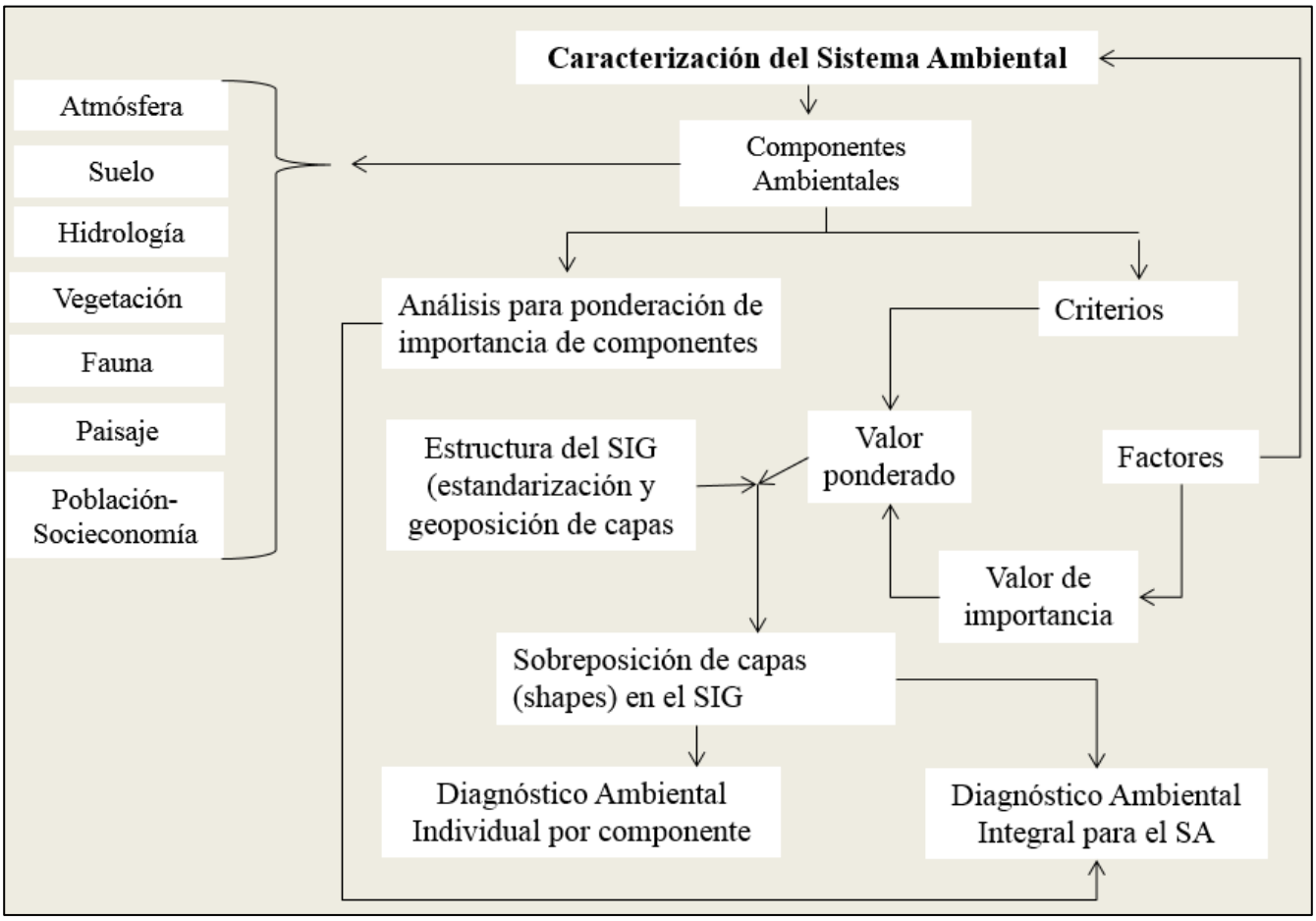



**Figura 4.77. Procedimiento para la generación del Diagnóstico Ambiental Integrado**

A continuación, se describen los diagnósticos individuales de los componentes ambientales dentro del Sistema Ambiental del Proyecto; pero antes se presenta un mosaico con los modelos generados en el SIG para los diagnósticos individuales de cada componente. En esta imagen se muestran los valores resultantes del análisis en bruto, del mínimo al máximo valor obtenido y en una escala de grises, con el único fin de mostrar la gama de resultados y el nivel de detalle generado en los modelos conforme a la metodología empleada. La información contenida en estos modelos condujo a la generación de los Diagnósticos Individuales de cada componente, presentados en sus respectivas secciones, que muestran los rangos de calidad resultantes a partir de una partición de rupturas naturales (Jenks) de los valores entre los cinco rangos propuestos, como anteriormente fue descrito, es decir, la escala de valores que resultó para cada componente se dividió en cinco categorías, y se asoció una etiqueta lingüística y un color específico a cada categoría, las cuales van de la Calidad Baja a la Calidad Alta, pasando por valor intermedios (Media Baja, Media y Media Alta).

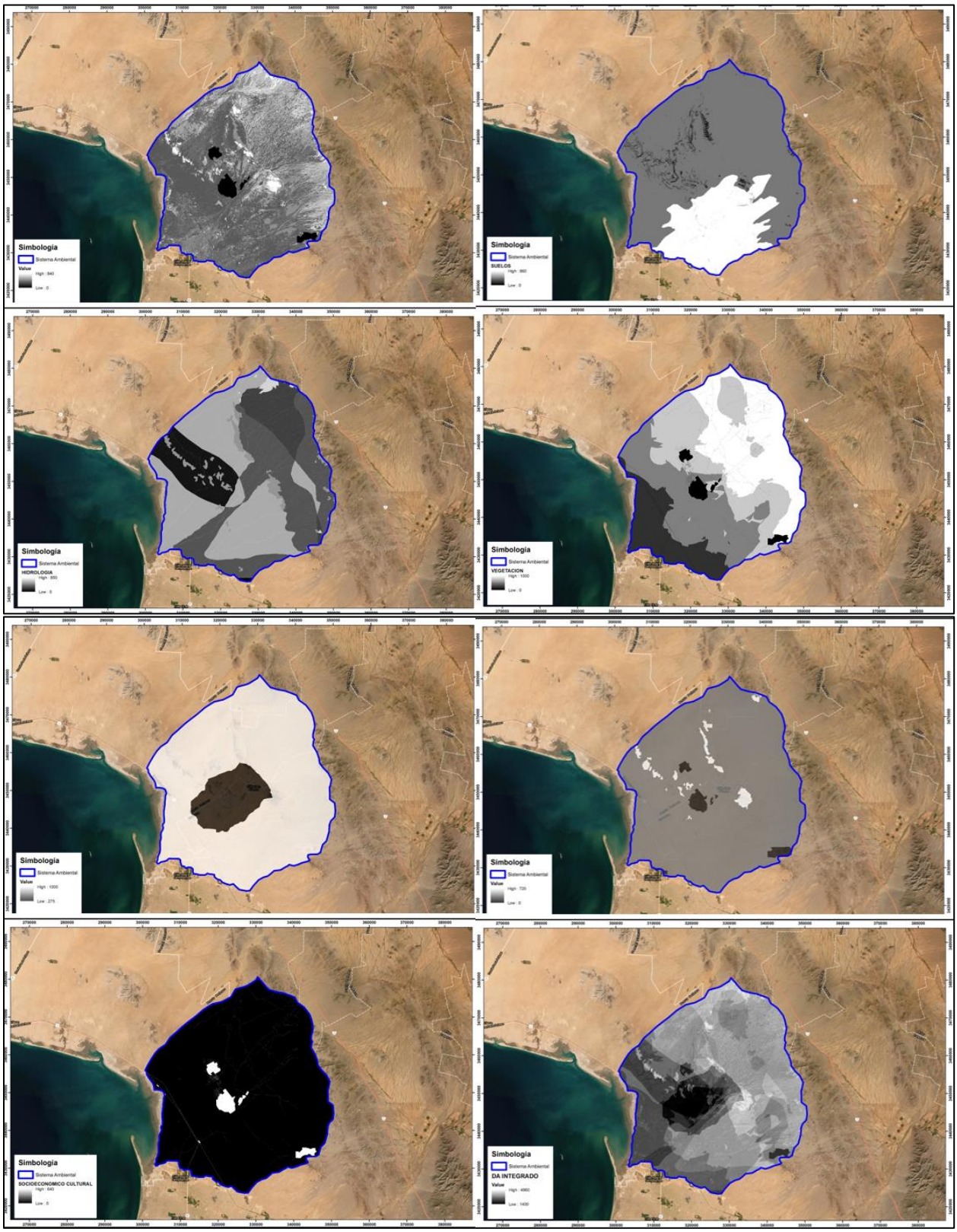



**Figura 4.78. Modelos para los diagnósticos individuales de los componentes sin categorizar**

A continuación, se describe el Diagnóstico Individual de los componentes ambientales dentro del Sistema Ambiental del Proyecto, y se presentan las imágenes generadas en el SIG que muestran la calidad de cada componente.

## IV.2.5.2. Diagnóstico Ambiental por componentes

### IV.2.5.2.1. Atmósfera

En consideración a los criterios catalogados en la Tabla 4.107 la calidad atmosférica en el Sistema Ambiental es el resultado de los elementos antrópicos y físicos que interactúan en torno a éste, tales como, emisiones de gases contaminantes y polvos fugitivos, además de la capacidad del medio natural para absorber efectos negativos a la atmosfera. Para este componente, las actividades humanas son los factores principales que degradan la calidad de la atmósfera. De esta manera, se consideró que las áreas donde se desarrollan actividades antrópicas, las de uso de suelo urbano-rural, los caminos, las parcelas y las carreteras, son sitios donde puntualmente hay contaminantes atmosféricos que se dispersan de forma muy variable, dependiendo de las condiciones climáticas, siendo el tipo de cobertura vegetal (abierta, cerrada o dispersa) una barrera física contra la dispersión de algunos contaminantes.

Se contempla el ruido artificial como un elemento importante para la valoración de la calidad ambiental, por lo cual se realizó un plano de zonificación de áreas de acuerdo a las actividades que se desarrollan dentro del SA en el cual se identifican superficies potenciales generadoras de ruido. Las áreas mejor conservadas, donde no se desarrollan actividades humanas, fueron clasificadas como áreas con ruido natural, lo cual no interfiere con la calidad del componente ambiental.

Como se observa en la Figura 4.79 (Anexo 4.18. Diagnóstico Individual para el componente Atmósfera), el estado de calidad atmosférica que se presenta en el SA va desde los rangos Bajos hasta Altos. Las zonas que presentan Media Alta y Alta calidad, son áreas con el potencial suficiente para reducir contaminantes atmosféricos. Los sitios donde se desarrollan actividades antrópicas, se generan emisiones de gases o polvos; donde el tipo de uso de suelo, junto con el tipo de cobertura, no ofrece barreras contra la dispersión del éstos en el entorno inmediato, por lo cual, la calidad atmosférica es estos sitios se catalogan como Media Baja a Baja calidad.

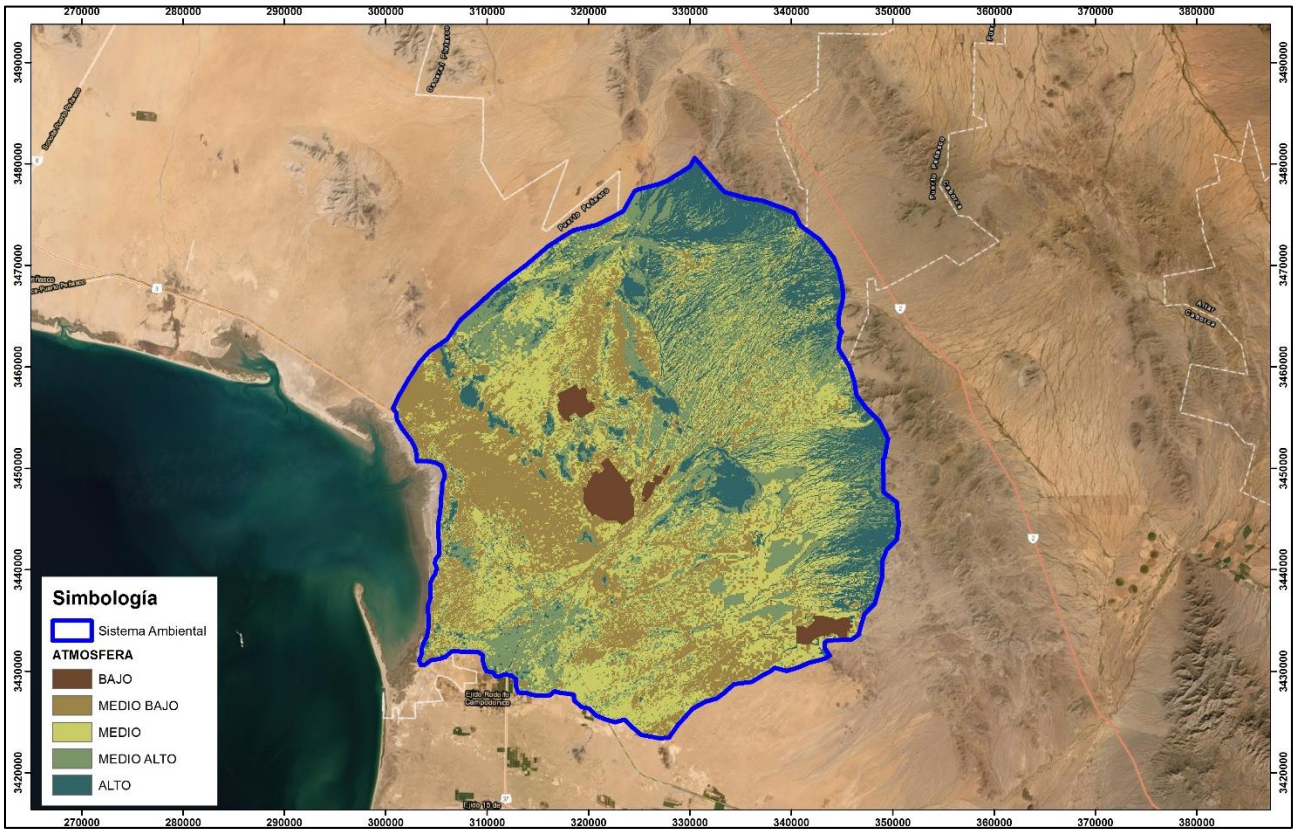



**Figura 4.79. Diagnóstico Individual para el componente Atmósfera**

### IV.2.5.2.2. Suelo

La calidad catalogada al componente suelo está determinada por dos factores considerados; siendo la degradación del suelo, obtenido de la información vectorial de INEGI; el otro factor es la erosión del suelo, que es un modelo generado a partir de la susceptibilidad del suelo a la lluvia (factor R), erodabilidad del suelo (facto K), longitud de la pendiente (factor LS), tipo de cobertura vegetal (factor C).

En forma general en el Sistema Ambiental predominan valores de calidad Media-Alta y Alta (Figura 4.80 y Anexo 4.19), estos sitios han sido catalogados con un grado de erosión hídrica baja, o que es lo mismo, erosión menor de 10 toneladas por hectárea por año, estos suelos son considerados como suelos no degradados, mientras que los sitios catalogados con calidad Media, son suelos que presentan erosión alta o muy alta, esto puede ser por la poca o nula protección del suelo ante los agentes erosivos.

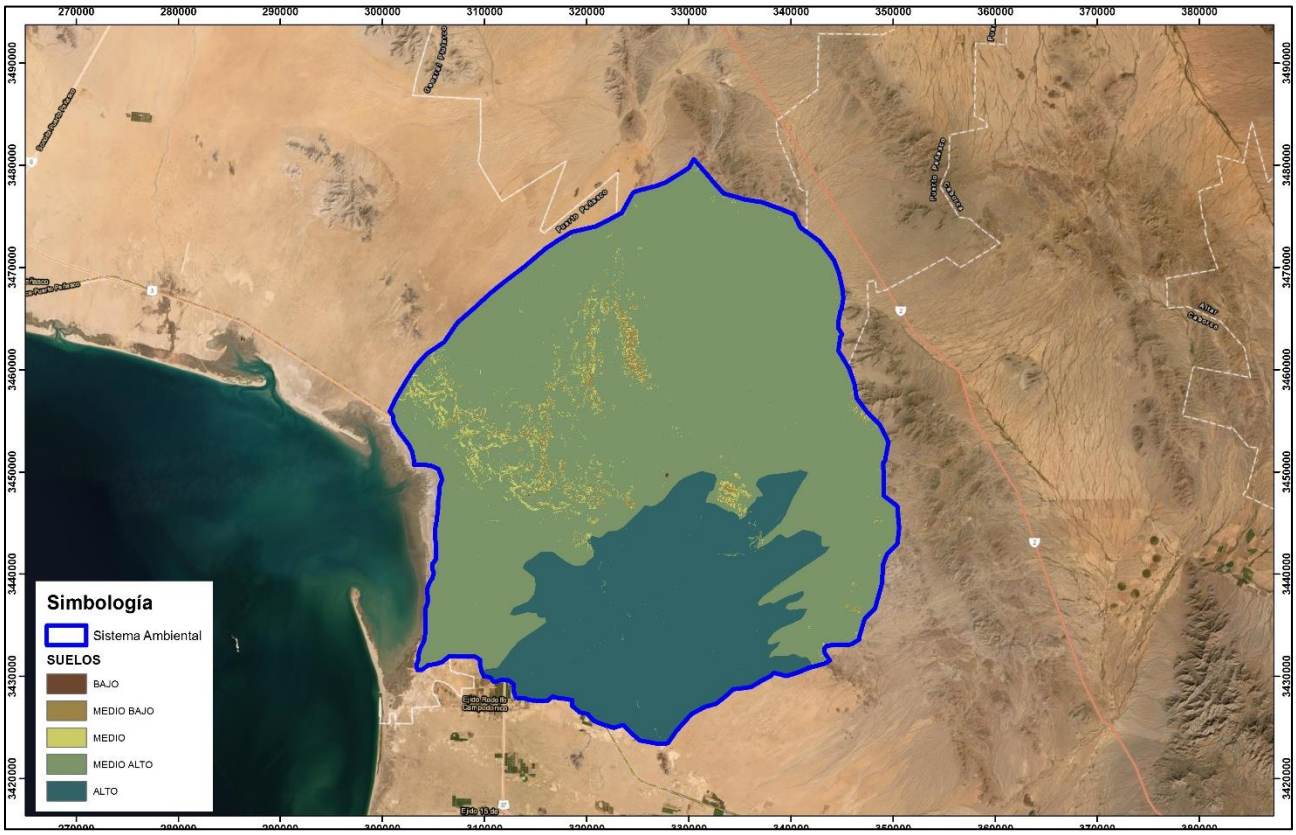



**Figura 4.80. Diagnóstico Individual para el componente Suelo**

### IV.2.5.2.3. Hidrología

Para valorar la calidad del componente hidrológico dentro del SA, se ha considerado la disponibilidad superficial y vulnerabilidad del acuífero. La disponibilidad de agua superficial está relacionada a la presencia de cuerpos de agua y corrientes intermitentes y/o perenes. La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación.

Al conjuntar y procesar la información de los valores asignados para cada elemento considerado en el modelo, en el SA se presenta en forma dominante rangos Medio y Medio-Bajos de calidad. Siendo un sitio que presenta baja precipitación, baja retención de agua, alta evapotranspiración, dando como resultado que los cuerpos de agua que se presenten sean de forma intermitente (Figura 4.81 y Anexo 4.20).

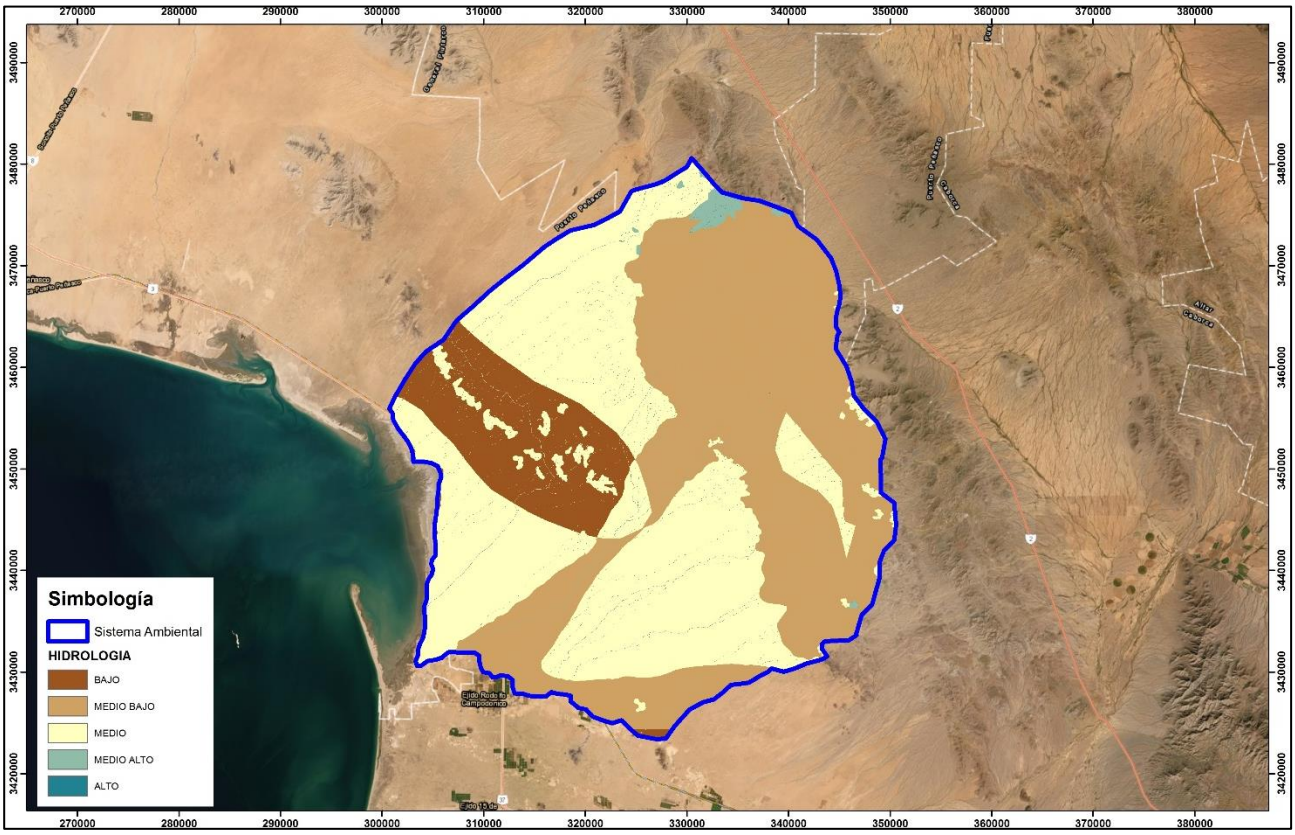



**Figura 4.81. Diagnóstico Individual para el componente Hidrología**

### IV.2.5.2.4. Vegetación

Con base a la modelación del Índice de Integración Ecológica de la Vegetación (IIEV), calculado mediante la información por sitio recabada en campo, se determinó la condición ecológica de la vegetación en el área de estudio, la cual se integró al análisis y descripción del DA.

Los valores obtenidos para este factor representan lo siguiente; en los rangos Alto y Medio Alto, simbolizan una excelente condición ecológica, la cual confirma valores de diversidad, abundancia y dominancia óptimos, en el rango medio se ubican las zonas que presentan una condición ecológica regular, es decir zonas no muy diversas, en las cuales predominan algunas especies y la estructura y fisonomía de la vegetación presenta indicios de perturbación, en el rango medio bajo se localizan las zonas pobres en diversidad, estructura, fisonomía y especies de interés, principalmente por la interacción con las actividades antropogénicas. Finalmente, en el rango bajo se sitúan aquellas zonas las cuales son de uso no forestal, es decir, localidades, área de mina, caminos, áreas agrícolas, etc.

A continuación, se presenta el DA individual de la vegetación dentro del SA.

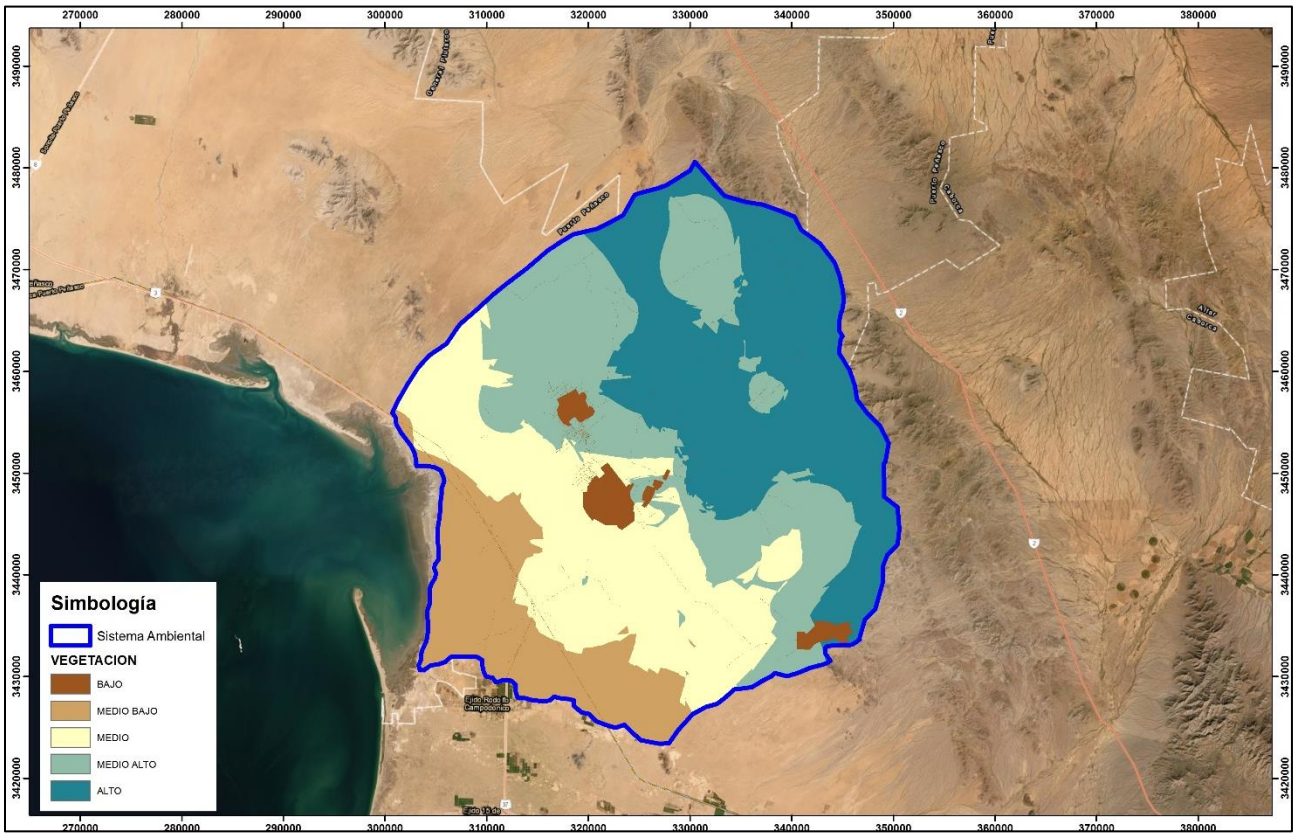



**Figura 4.82. Diagnóstico Individual para el componente Vegetación**

Como se observa en la figura anterior, la vegetación que presenta mejor condición ecológica, con base al IIEV, se sitúa del centro hacia el Este del SA, cabe señalar, que tal valor tiene estrecha relación con la vegetación de Matorral Sarcocaule y Matorral Desértico Micrófilo, por lo contrario, hacia la parte Oeste es la de menor calidad, lo cual es de esperarse debido a la escasa vegetación que se presenta en esas zonas.

### IV.2.5.2.5. Fauna

La calidad del componente fauna fue evaluada con base en dos criterios; el primero refiere al índice de Shannon y el segundo a especies de interés.

Para la superficie del SA para el grupo zoológico de los anfibios de acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo de campo se obtuvo una "Diversidad baja", mientras que para el grupo de los reptiles se registró una "Diversidad Alta" el grupo de las aves igualmente presento un mayor valor al registrar una "Diversidad alta", por último, para el grupo de los mamíferos se registró una "Diversidad media".

En el Área de Influencia para el grupo zoológico de los anfibios de acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo de campo se obtuvo una "Diversidad baja", mientras que para el grupo de los reptiles se registró una "Diversidad Media", el grupo de las aves presento un mayor valor al registrar una "Diversidad Alta", por último, para el grupo de los mamíferos se registró una "Diversidad Media".

Para el área del Proyecto para los grupos anfibios de acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo de campo se obtuvo una “Diversidad baja”. El grupo de las aves presento un mayor valor al registrar una “Diversidad Alta”, por último, para los grupos de reptiles y mamíferos se registra una “Diversidad Media”.

La fauna silvestre tiene un valor ecológico de acuerdo a su funcionalidad, la importancia biológico-ecológica del grupo de los reptiles recae principalmente en que son importantes controladores biológicos de plagas ya que su dieta incluye insectos y pequeños mamíferos como roedores. Los reptiles también son fuente de alimento para los carnívoros primarios, como el puma, el coyote y algunas aves de presa.

Las aves presentan un alto valor ecológico-biológico ya que son polinizadores de diversas plantas, son dispersoras de semillas, modifican la estructura vegetal regenerando de manera natural los bosques, son controladores de plagas ya que gran cantidad de aves se alimentan de insectos y las rapaces de roedores, así mismo existen especies bioindicadoras ya que la presencia o ausencia de algunas de ellas indica la calidad ambiental del sitio. Además, la diversidad de colores y formas, los cuales son sumamente llamativos en gran parte de ellas, se les adjudican un valor comercial y económico, ya que son utilizadas como aves ornamentales por su belleza y cantos. El valor económico que tienen las aves también se les confiere debido a que actualmente la observación de aves se realiza en cualquier lugar principalmente en zonas o áreas naturales y rurales atrayendo turismo que aporta a la economía de las poblaciones rurales.

Los mamíferos silvestres poseen una gran gama de características que los hacen ecológicamente imprescindibles en los ecosistemas. Las actividades de este grupo como; herbívoros; dispersores y removedores de semillas; polinizadores; depredadores y carroñeros, afecta las interacciones de los ecosistemas donde habitan, modificándolos constantemente (Figura 4.83 y Anexo 4.21).

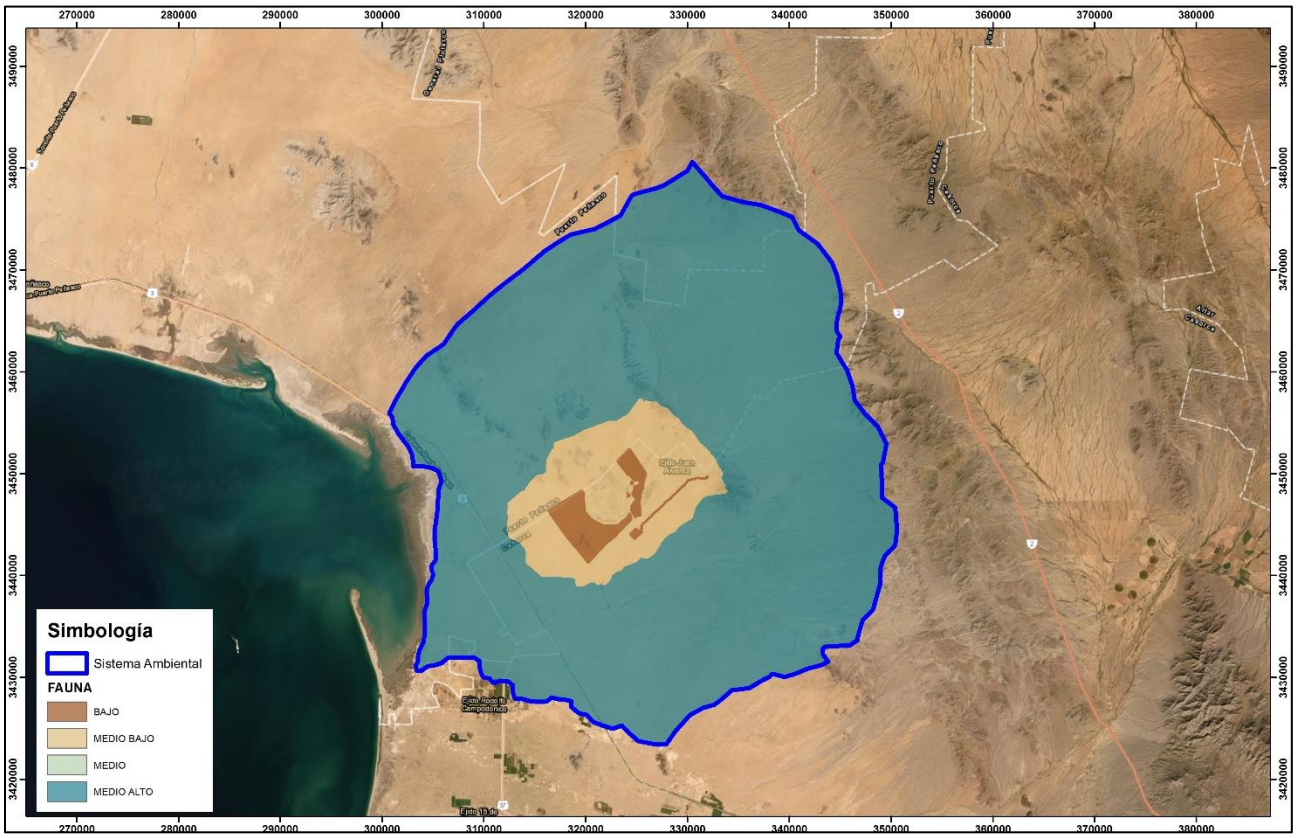



**Figura 4.83. Diagnóstico Individual para el componente Fauna**

### IV.2.5.2.6. Paisaje

Para definir la calidad del componente Paisaje, se consideraron dos criterios, los cuales son modelos generados previamente para la caracterización y descripción del paisaje a través de su calidad visual y de su fragilidad visual.

La mayor parte del SA presenta calidad Media Alta, en consideración que, los elementos catalogados presentan de moderada a alta variedad e intensidad de color y contraste en suelo, roca y vegetación, que actúan de forma dominante. Los sitios catalogados con calidad Alta ,se presentan en las estructuras morfológicas con pendientes mayores a 30%, combinaciones de color intensas y variadas, contrastes evidentes entre el suelo, vegetación y rocas, presencia de fauna nativa y áreas de nidificación, reproducción y nidificación, libre a casi libre de acciones antrópicas estéticamente no deseables (Figura 4.84 y Anexo 4.22).

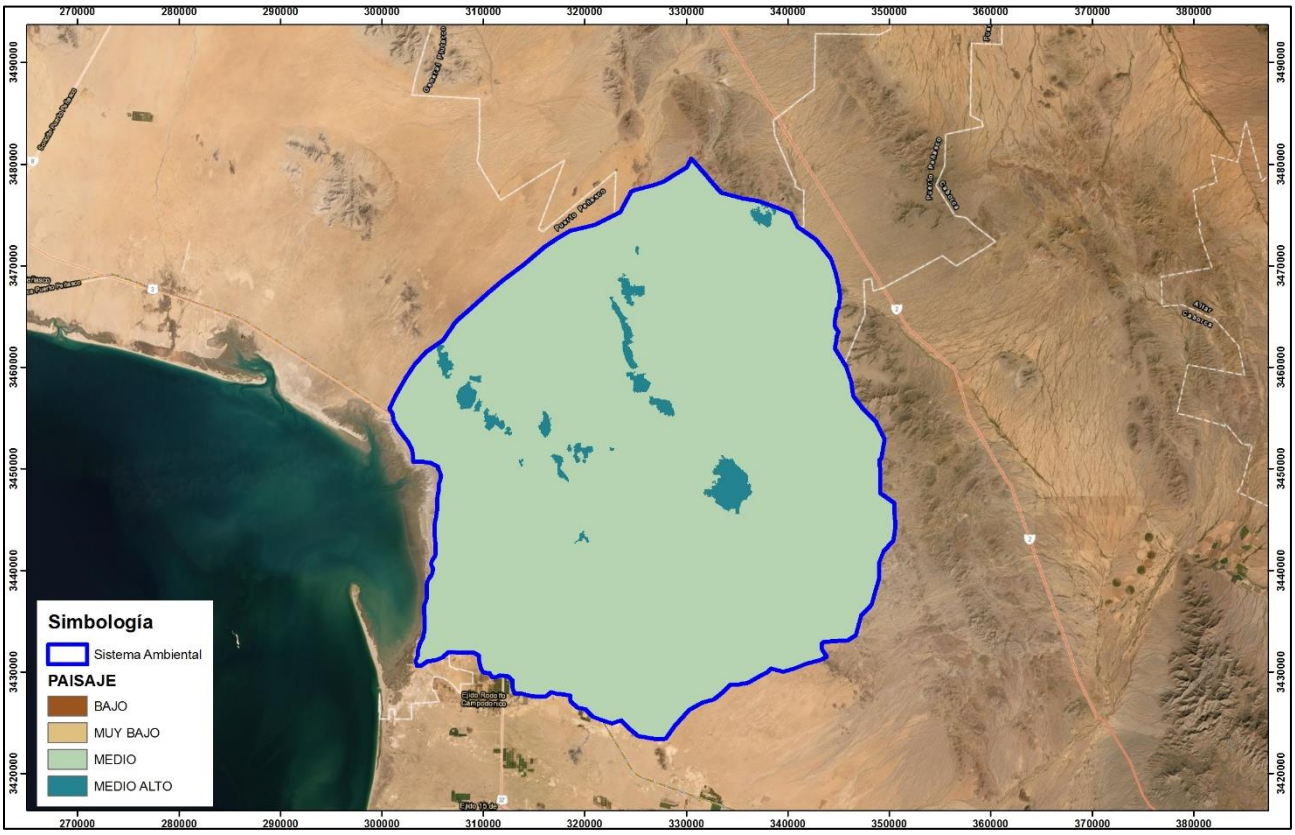



**Figura 4.84. Diagnóstico Individual para el componente Paisaje**

### IV.2.5.2.7. Socioeconómico y Cultura

Para este componente se consideraron principalmente las actividades productivas, los servicios y la infraestructura existente en el SA. Así mismo, se integraron al diagnóstico los niveles respectivos al Grado de rezago social y de marginación por localidad, de acuerdo con los metadatos recopilados en el Geoportal de Información de la CONABIO.

Los factores evaluados para el Diagnóstico Individual de Socioeconomía y Cultura que incrementan conceptualmente la calidad del componente son las localidades urbanas y rurales, las actividades industriales, los caminos, los agostaderos y parcelas. Así mismo, se consideró la disponibilidad de servicios y urbanización de áreas como elementos que favorecen la calidad del componente. El diagnóstico ambiental de Socioeconomía y Cultura se muestra en la Figura 4.85 y Anexo 4.23.

Las áreas con calidad Alta, en forma general corresponden a zonas que ofrecen potencial para usos productivos, y donde actualmente se practican actividades productivas y cuentan con infraestructura y servicios.

Cabe puntualizar que a diferencia de lo que resultó en los diagnósticos individuales de los componentes ambientales previos, algunas de las zonas de mayor valor para el presente diagnóstico coinciden, con sitios donde la calidad es Media Baja o Baja para otros componentes, lo que resulta lógico dados los Criterios considerados y los Factores evaluados. Por tanto, estos sitios que para ciertos

aspectos del medio ambiente son negativos, al considerar su importancia en términos de desarrollo social y económico (los tres pilares de la sustentabilidad), se compensará en cierta medida la calidad de los mismos cuando se sobrepongan los *shapes* de todos los diagnósticos y se aplique algebra de mapas para obtener el Diagnóstico Ambiental Integrado del Sistema Ambiental.

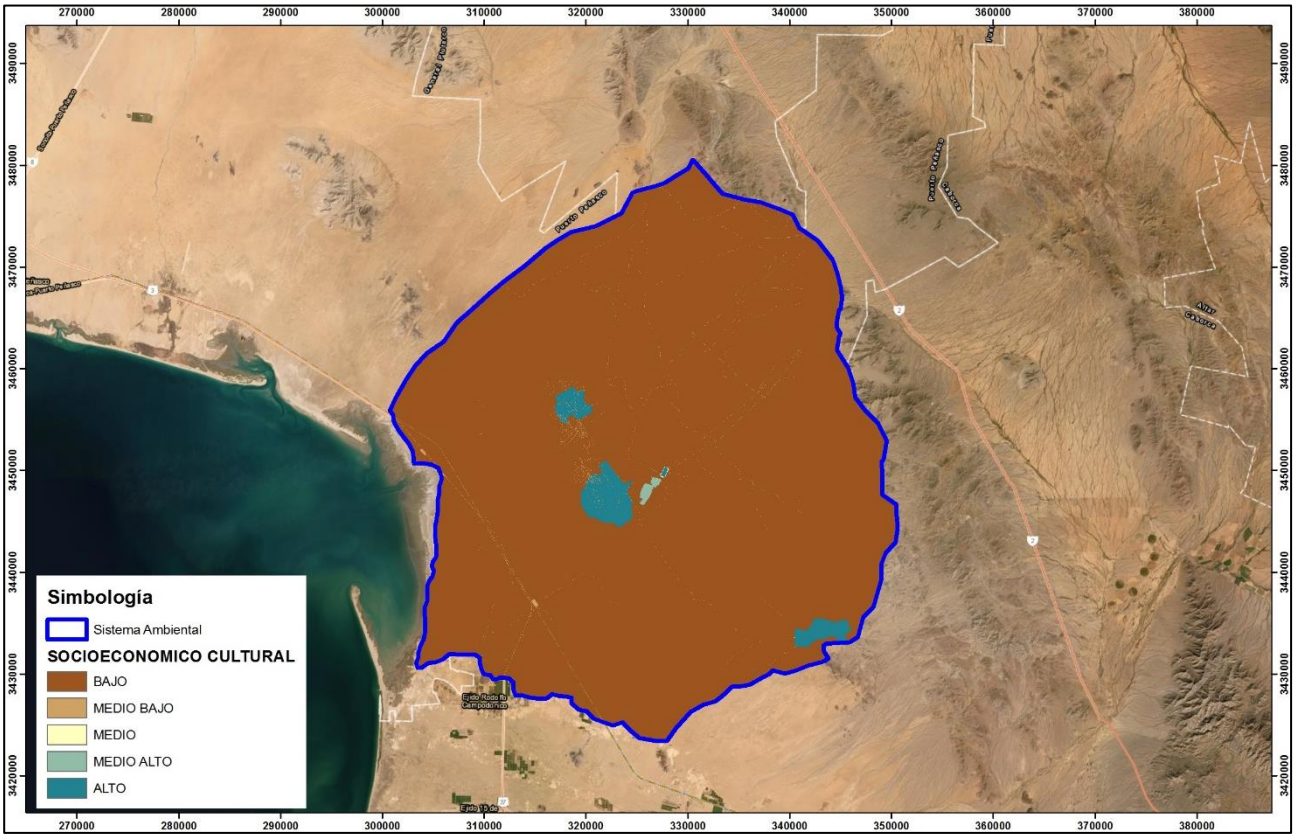



**Figura 4.85. Diagnóstico Individual para el componente Socioeconomía y Cultura**

### IV.2.5.2.8. Diagnóstico Ambiental Integrado (DA-I)

Para la integración de los diagnósticos individuales que dan origen al diagnóstico ambiental general del Sistema Ambiental, 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 análisis para la ponderación de la importancia de los componentes (Tabla 4.106). 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 (mostradas en la Figura 4.78), 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 empleando el método de clasificación estándar de rupturas naturales (Jenks), 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.

Al emplear la información geográfica disponible y generada para el área de estudio, y procesada 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 SA, 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, control, mitigación y compensación.

El Diagnóstico Ambiental Integrado se muestra en la Figura 4.86 (Anexo 4.24), que permite apreciar con más detalle las zonas mejor conservadas contra las zonas con mayor grado de deterioro en el Sistema Ambiental.

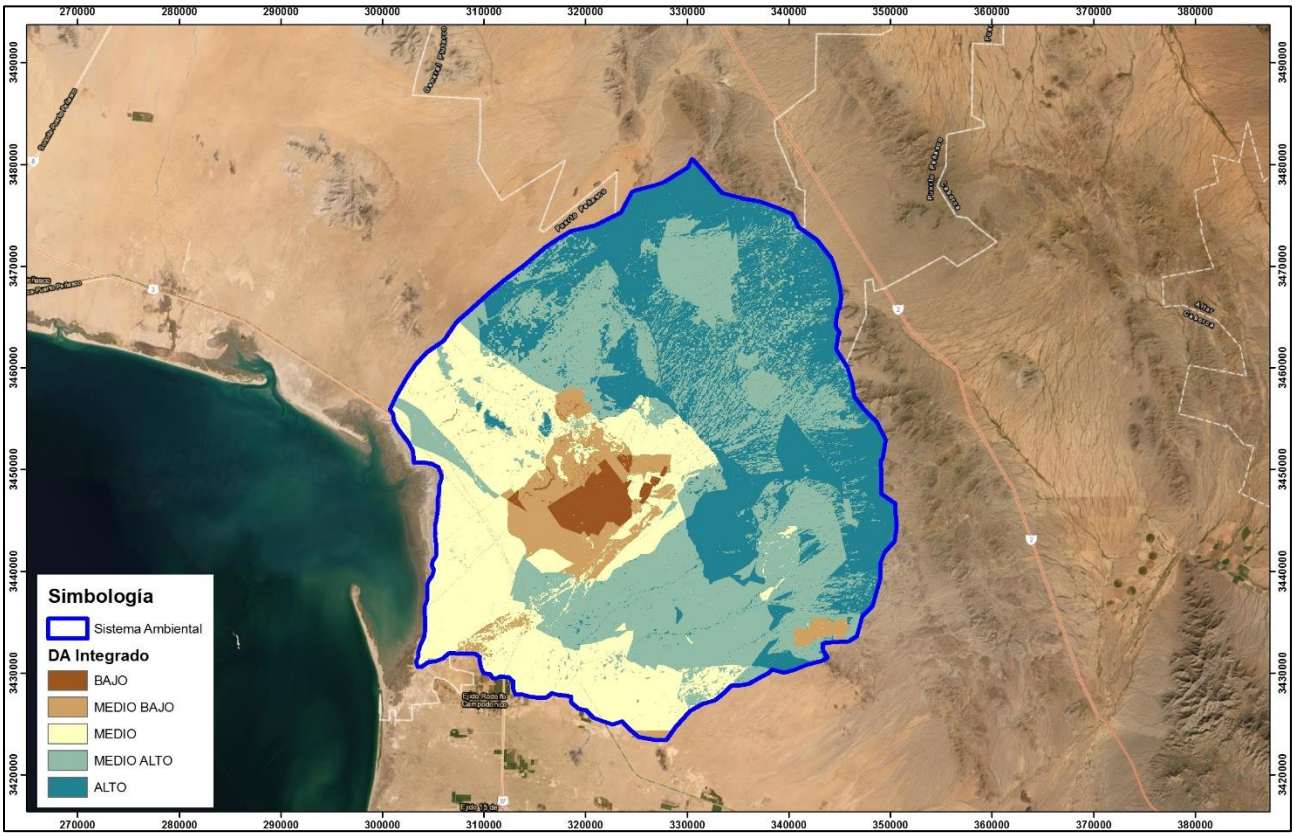



**Figura 4.86. Diagnóstico Ambiental Integrado para el SA**

En consideración al análisis he integración de los componentes valorados se obtiene como resultado final la calidad ambiental que se presenta en el Sistema Ambiental. Como se puede observar en la siguiente Figura 4.86, la mayor parte de la superficie del SA presenta Media y Media Alta calidad ambiental.

A continuación, se presenta el análisis de las zonas categorizadas con Media Alta y Alta calidad ambiental. Dichas áreas presentan;

- Alta calidad atmosférica donde la generación de ruido que se genera es de forma natural, la generación de polvos no es resultado de actividades humanas, sino que, natural

- Alta calidad del suelo, se encuentran sitios catalogados sin degradación aparente y baja erosión hídrica y eólica
- Alta calidad de la vegetación donde la cobertura vegetal se presenta de forma cerrada y por ende zonas conservadas con nula degradación e influencia antrópica
- Alta calidad en el componente fauna, sitios conservados ideales para el establecimiento de hábitats de especies animales, donde la influencia de actividades antrópicas es baja o nula
- Medio-alta y alta calidad paisajista donde los componentes ambientales poseen alta calidad por la variedad en la forma, color y línea. La fragilidad ambiental en esta superficie es alta puesto que la capacidad de absorción y respuesta frente a intervenciones antrópicas es baja

La superficie catalogada con Media calidad ambiental fue determinada en consideración al siguiente análisis:

- Sitios con cobertura vegetal catalogada como abierta, por ende, zonas moderadamente conservadas
- Sitios moderadamente conservados para el establecimiento de hábitats de fauna
- Moderado grado de erosión del suelo, siendo no mayor a 50 toneladas por año
- Con presencia de degradación evidente del suelo

La superficie catalogada con Media-Baja y Baja calidad ambiental fue determinada en consideración al siguiente análisis:

- Presencia de baja calidad atmosférica dada a la alta actividades antrópicas donde se genera ruido artificial esporádico y constante, además de generación de polvo, gases, entre otros
- Baja calidad del suelo puesto a la alta degradación física del suelo por perdida de la función productiva resultado de actividades humanas (degradación por compactación y eliminación del suelo)
- Baja calidad de la vegetación puesto a las intensas y extensas actividades antrópicas que se desarrollan, tales como, caminos, agostaderos, infraestructura, etc., y por ende la baja cobertura vegetal.
- Media-baja y baja calidad en el componente fauna, esto en consideración a la alta influencia a zonas donde se desarrollan actividades antrópicas por lo cual existe de forma inevitable el ahuyentamiento a la fauna, dichas zonas se consideran como no aptas para el establecimiento de habitas para estos (as) especies animales
- Baja calidad Paisajista en consideración a la baja calidad ambiental dada a las acciones antrópicas que modifican y no añaden calidad visual al escenario paisajista que se presenta.

### IV.2.5.3. Descripción de la problemática ambiental detectada en el Área de Influencia del Proyecto

A partir del modelo de calidad ambiental generado para el Sistema Ambiental se presenta en la Figura 4.87 (Anexo 4.25) un acercamiento al Área de Influencia del Proyecto, con el cual se evidencia el estado que guarda dicho sitio el cual corresponde a un rango de calidad Alto/Medio-Alto/Medio/Medio-Bajo/Bajo. Al integrar los componentes ambientales que se encuentran en la superficie del AI, se determinó la problemática ambiental que se presenta en dicha área.

La problemática ambiental detectada en el AI es generada por acciones antrópicas que al mismo tiempo potencian ligeramente el aceleramiento de la degradación del entorno (AI), a continuación, se describe la problemática detectada:

- Las actividades e infraestructura antrópica que se encuentran en el Área de Influencia generan cambios a las características del suelo dando como resultado la degradación física por compactación de este recurso
- La circulación constante de vehículos y maquinaria aumenta la generación de polvos y ruido que es perceptible al entorno inmediato
- La presencia de caminos dentro del Área de Influencia tiene implicaciones hacia la fauna silvestre principalmente, a pesar de que los caminos representan un beneficio social y económico hacia las localidades, son también un factor de mortalidad de especies silvestres, además limitan la dispersión de fauna silvestre, fungiendo como una especie de barrera, lo cual puede evitar la fácil distribución de estos en dichas áreas
- La calidad visual que se presenta en la superficie del Área de Influencia se ve disminuida por las acciones antrópicas que modifican y no añaden calidad visual al escenario paisajista que se presenta

En la superficie Centro del Área de Influencia se ha catalogado con calidad ambiental Baja, puesto que las actividades antrópicas que se desarrollan en dicha superficie, ha sido un elemento importante para la reducción de la calidad visual, aumento de la degradación del suelo por compactación, y por ende destrucción de su estructura natural, dando pie al aumento a procesos erosivos hídricos como eólicos.

La mayor parte de la superficie del Área de Influencia presenta calidad ambiental Media Baja y Media, donde se presentan moderadas combinaciones de color y poco variadas, moderados contrastes entre el suelo, vegetación y rocas, baja a moderada presencia de fauna nativa, se presenta casi libre de actividades antrópicas estéticamente no deseables.

En las superficies con Media Alta y Alta calidad ambiental, distribuidos en la superficie del Área de Influencia en menor escala, pueden ser sitios donde se encuentran manchones de cobertura cerrada de vegetación, o zonas con mayores pendientes presentado complejidad en la forma de su estructura y por ende catalogándose con mayor fragilidad y calidad visual.

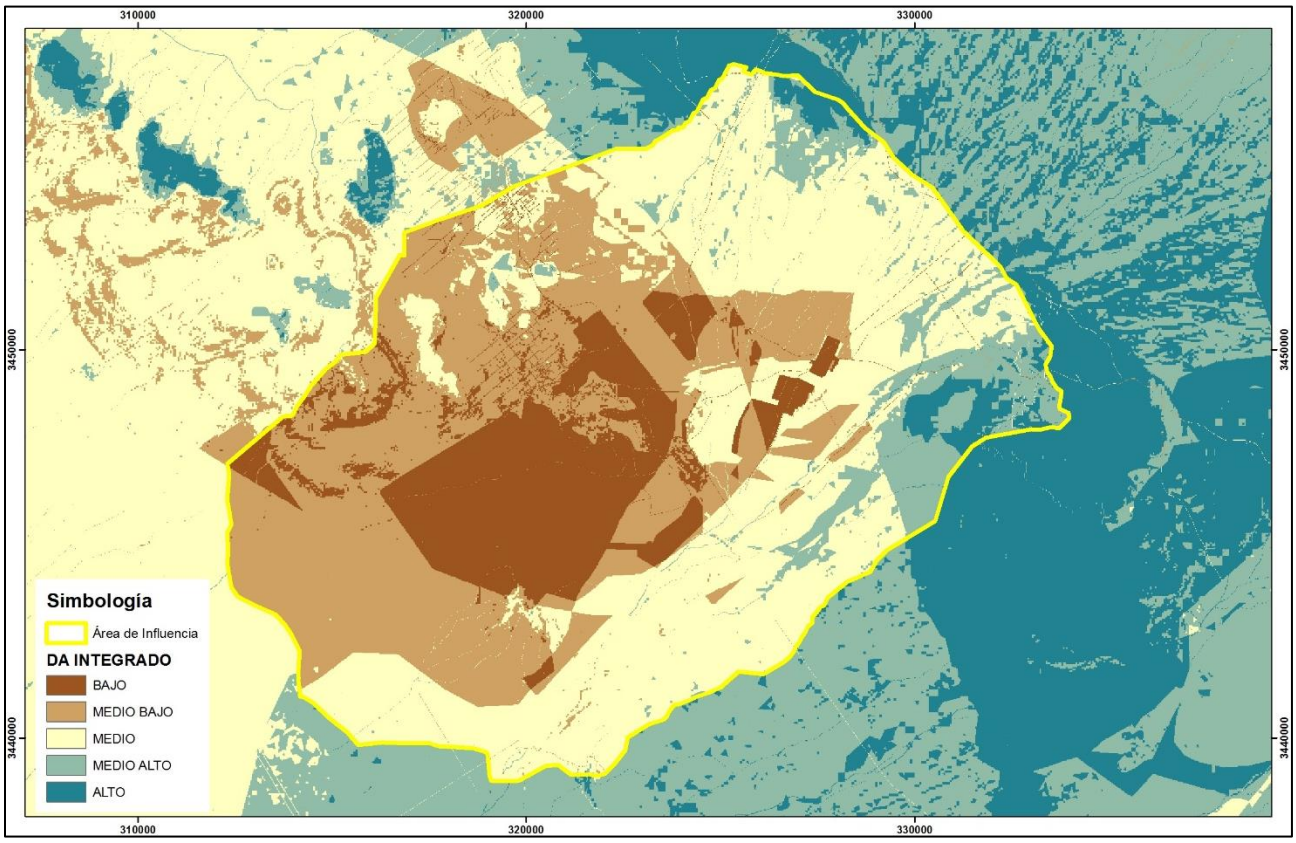



**Figura 4.87. Acercamiento del AI sobre el Diagnóstico Ambiental Integrado**

# V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En el Capítulo anterior se realizó una descripción de la situación actual de los recursos ambientales y socioeconómicos existentes dentro del Sistema Ambiental donde se pretende desarrollar el Proyecto Gran Potencial La Herradura. En el presente Capítulo se identificarán los factores ambientales que podrían verse afectados y sus respectivos indicadores de calidad; posteriormente se evaluará el impacto de las actividades del proyecto sobre dichos recursos y los daños que pudiera provocar al ambiente, o contribuir en la consolidación de los procesos de cambio existentes dentro del Área de Influencia del Proyecto.

## *V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales del Proyecto Gran Potencial La Herradura*

Se realizó una evaluación de los impactos de las obras y actividades particulares del Proyecto Gran Potencial La Herradura, su relación con cada factor ambiental y su comportamiento en forma cualitativa.

El procedimiento seleccionado para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se realizó a través de un enfoque interdisciplinario, mediante un grupo de especialistas (Tabla 1.3) que proporcionaron su juicio profesional para el análisis de las interacciones de las actividades de Preparación del terreno, Construcción y Operación del Proyecto Gran Potencial La Herradura con el Sistema Ambiental.

La metodología empleada consistió, como primer paso, en el acotamiento del universo de análisis; es decir, una delimitación espacial del entorno en la cual se identificaron factores de los componentes ambientales y sus indicadores (Secciones V.1.1 a V.1.3). Posteriormente se identificaron de manera cualitativa los impactos ambientales y se determinaron cuáles de los factores serían los más afectados (Sección V.1.4).

En seguida se determinó la importancia de cada uno de los impactos y se estimó su magnitud con base a los indicadores conocidos y utilizando matrices de causa – efecto para cada etapa del Proyecto (Anexo 5.1, 5.2 y 5.3). Finalmente, se realizó una valoración de impactos ponderando el valor de peso de cada uno de los factores ambientales afectados y la descripción de los mismos, para este paso se utilizó una sola matriz para las dos etapas (Anexo 5.4).

En la Figura 5.1 se presenta un diagrama que esquematiza el procedimiento general empleado para la identificación, evaluación e interpretación de los impactos ambientales específicos del Proyecto Proyecto Gran Potencial La Herradura.

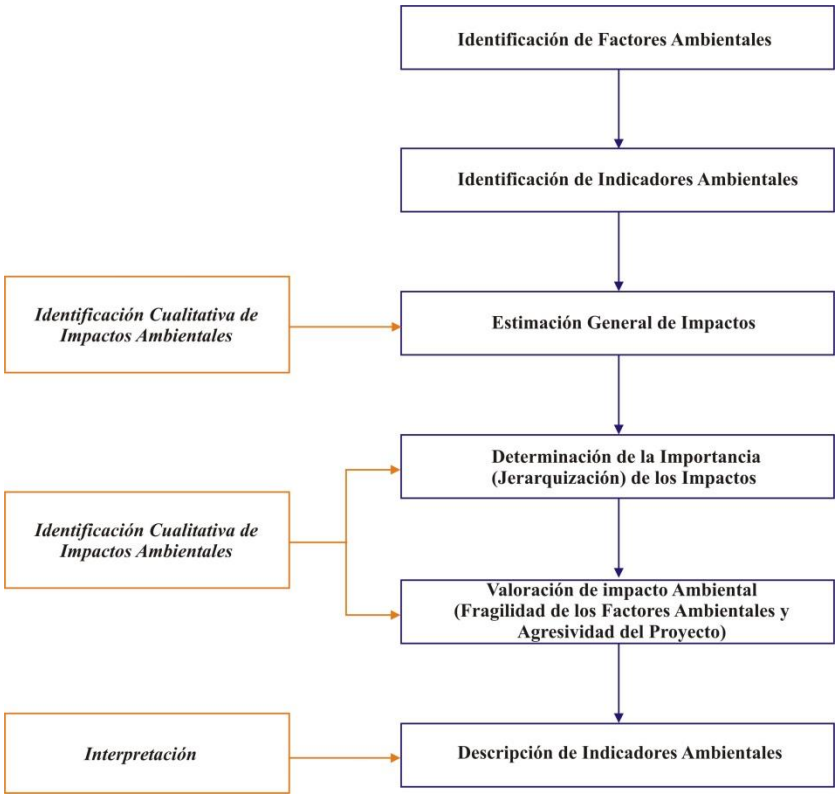



**Figura 5.1. Procedimiento utilizado para la identificación y evaluación de impactos**

### *V.1.1 Identificación de componentes ambientales*

Para el análisis del medio, el ambiente fue dividido en dos Sistemas: Físico y Socioeconómico y cinco Subsistemas: Inerte, Biótico, Perceptual 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 |
| | | Geología |
| | Medio Biótico | Vegetación |
| | | Fauna |
| | Medio Perceptual | Paisaje |
| Medio Socio-Económico | Medio Socio-económico | Residuos |
| | | Infraestructura |
| | | Cultural |
| | | Medio económico |

Posteriormente, de cada componente ambiental se identificaron y seleccionaron los principales factores ambientales susceptibles de ser afectados a consecuencia del desarrollo del proyecto durante sus etapas de Preparación del terreno, Construcción y Operación.

### *V.1.2 Identificación de factores ambientales*

Los factores ambientales fueron identificados de acuerdo a los siguientes criterios:

- Ser representativos del Sistema Ambiental y, por tanto, del impacto total producido por la ejecución del proyecto y sus actividades sobre el medio ambiente.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, es decir, sin solapamientos ni redundancias.
- De fácil identificación, tanto en su concepto como en su apreciación sobre información estadística, cartográfica o de trabajos de campo.
- De fácil cuantificación, dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles y habrá que recurrir a modelos de cuantificación específicos.

De los factores ambientales identificados se seleccionaron aquellos que serán potencialmente afectados por las acciones 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 de 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.

Una vez identificados los factores ambientales susceptibles de ser afectados a consecuencia del desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se procedió al reconocimiento de sus indicadores ambientales.

### *V.1.3 Identificación de indicadores de impacto ambiental*

En el presente estudio, se entiende por Indicador de Impacto Ambiental 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 para el proyecto se realizó con base a 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 seleccionados se presentan a manera de listado en la Tabla 5.2, conforme al factor ambiental al cual se le atribuyen.

## Tabla 5.2. Indicadores ambientales

| COMPONENTE | FACTORES IMPACTADOS | INDICADORES AMBIENTALES |
|---|---|---|
| ATMOSFERA | Calidad del aire | Número de unidades móviles y fijas, movimientos de tierras, capacidad de la vegetación para retención de partículas, superficie de desmonte, tamaño de partícula de suelos y residuos (tepetate, mineral y jal), contenido de humedad en partículas de depósitos superficiales, área de depósitos superficiales (tepetate, mineral y jal), superficie de caminos no pavimentados, superficie susceptible a generar levantamiento de polvos, volumen de partículas (PST, Pm-10, entre otros), número de horas de operación de unidades móviles y fijas, acarreo de mineral expuesto, velocidad y dirección del viento |
| | Paisaje sonoro | Número y niveles sonoros de maquinaria a usar, número de personal, voladuras (número, niveles sonoros, horarios, ubicación), número y/o superficie de eliminación de barreras de dispersión de ruido |
| | Niveles lumínicos | Horas, tipo de luminaria, ubicación, cantidad de luminarias. |
| | Microclima | Superficie de desmonte, superficie y tipo de obra construida, generación de particulas suspendidas (volumen), número de maquinaria y vehiculos, procesos exotérmicos |
| | Viento | Superficie y altura modificada en la topografía que modifiquen la velocidad y/o dirección del viento, superficie y tipo de vegetación a desmontar |
| GEOMORFOLOGÍA | Relieve | Modificación en la altura, pendiente y secciones de la topografía |
| HIDROLOGÍA | Escurrimientos | Modificación a la pendiente, anchura de cauces, superficie de impermeabilización o compactación |
| | Infiltración | Superficie de desmonte, compactada, impermeabilizada, construida, cambios en el nivel de agua subterránea |
| | Características físicas y químicas del agua subterránea | Modificación de pH, modificación de parámetros físico-químicos previos al Proyecto |
| | Nivel de agua subterránea | Profundidad de las obras, volumen de aprovechamiento, nivel de agua subterránea |
| | Disponibilidad de agua subterránea | Profundidad de las obras, volumen de aprovechamiento, número de puntos de extracción eliminados |
| SUELO | Características físicas | Superficie compactada (cambio de la estructura del suelo) |
| | Características químicas | Superficie contaminada (Cantidad y tipo de contaminación), Pérdida de nutrientes del suelo |
| | Cobertura | Disminución en extensión de cobertura del suelo |
| | Erosión | Volúmen de suelo erosionado (hídrica, eólica y mecánica del suelo), superficie desmontada y despalmada |
| GEOLOGÍA | Distribución geológica | Exposición |
| | Estabilidad | Niveles de vibración por voladuras (horarios, número de voladuras por día, ubicación) |
| VEGETACIÓN | Cobertura vegetal | Superficie de desmonte, superficie de áreas verdes |
| | Distribución de la vegetación | Superficie y tipo de vegetación a desmontar, tipo de obra, superficie despalmada; compactada o sellada, superficie de áreas verdes |
| | Estado fitosanitario | Emisión de polvos, introducción de especies exóticas, superficie de áreas verdes |
| | Flora protegida, endémica o de interés especial | Número de especies e individuos a remover |
| | Diversidad | Número de individuos por especie a remover, superficie de áreas verdes |
| | Estado sucesional | Sp. Invasoras, exóticas, oportunistas, superficie de áreas verdes |
| FAUNA | Estructura de la comunidad de fauna | Distribución, composición de especies, riqueza y diversidad, superficie a desmontar, modificación al uso del suelo, niveles de ruido y lumínicos, modificación al microclima, tipo de obra |
| | Hábitat para la fauna | Superficie de desmonte, número de cuerpos de agua eliminados o creados, tipos de obra, |

| | | |
|---|---|---|
| | Fauna protegida, endémica o de interés especial | Número de especies en NOM-059, endémicas y/o de interés especial (comerciables, migratorias, cinegéticas, ornamentales, entre otros) |
| PAISAJE | Características del paisaje | Número de elementos naturales modificados, número de elementos artificiales añadidos, grado de obstaculización de la cuenca visual, tipo de obra |
| RESIDUOS | Residuos | Tipo, volumen y manejo |
| INFRAESTRUCTURA | Infraestructura | Superficie y tipo de infraestructura, beneficios sociales asociados |
| CULTURAL | Personal del proyecto | Capacitación del personal, programas, apoyos, educación, talleres |
| | Comunidad | Educación, programas, talleres, planes, servicios sociales |
| | Sitios con valor ambiental (ANP, RP, AICA, RAMSAR, etc.) | Superficie afectada |
| MEDIO ECONÓMICO | Desarrollo económico | Empleos directos e indirectos, inversión, recaudación, bienes y servicios requeridos |
| | Uso del territorio para actividades productivas | Beneficios del uso de suelo, productividad |

## *V.1.4 Evaluación del impacto ambiental del Proyecto Gran Potencial La Herradura*

### *V.1.4.1 Criterios para la evaluación del impacto ambiental*

Para la colecta de información y la caracterización del entorno, se utilizaron diversos criterios y metodologías, entre las que resaltan:

- Superposición cartográfica de los diferentes componentes ambientales en el área del proyecto.
- Análisis del historial de autorizaciones y proyectos en el sitio (1997-2019).
- Estudios anteriores llevados a cabo por diversas firmas de ingeniería y consultoría, observaciones y estudios de campo de referencia base del sistema ambiental.
- Validación y confirmación de datos en cada una de las zonas propuestas de trabajo, zonas aledañas y áreas vecinas relevantes como referencia.
- Criterios de selección del sitio.
- Fotografías satelitales de la zona de distintas fechas (la más reciente del 2018).
- Fotografías de vuelos aéreos por avión y vuelos de dron.
- Información estatal y municipal sobre datos socioeconómicos.

### *V.1.4.2 Actividades impactantes*

Para la evaluación de los impactos ambientales del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se consideró la actividad a ejecutar en cada una de las Fases determinadas para una correcta evaluación de impacto ambiental conforme al desarrollo de las actividades que lo componen, que se estima tendrán

incidencia en un mismo momento (Fase 1, Fase 2 y Fase 3), las cuales incluirán en ellas las 3 distintas etapas básicas para la realización de las actividades mineras (Preparación del sitio, Construcción y Operación), con base a lo descrito en el Capítulo II y al inicio del presente Capítulo V de la presente MIA.

Las actividades impactantes consideradas para la etapa de Preparación del sitio, corresponden a las que se realizarán para la ocupación de las áreas y que a continuación se enlistan:

- Contratación del personal
- Delimitación y liberación de áreas autorizadas
- Rescate y reubicación de flora
- Ahuyentamiento y reubicación de fauna
- Manejo de suelos
- Instalación obras de control de escorrentías y manejo de agua de lluvia
- Desmonte
- Despalme
- Desmantelamiento, reubicación y/o demolición de obras existentes
- Cortes y relleno
- Nivelaciones
- Compactaciones
- Instalación de cercas
- Utilización de vehículos y maquinaria
- Habilitación de accesos

Por otra parte, las actividades impactantes consideradas para las etapas de Construcción derivadas de las actividades descritas en el Capítulo II del presente documento son las siguientes:

*Construcción*

- Planchas de concreto para edificaciones
- Instalación de Liners para depósito de jales y patio de lixiviación
- Levantamiento de estructuras para las edificaciones
- Acarreo de tepetate con dirección a tepetatera, bordos y el acceso oriente
- Construcción del canal de derivación
- Tránsito de vehículos de pequeñas y grandes dimensiones
- Riego de caminos y áreas a construir
- Voladuras
- Construcción de áreas específicas en cada Zona
- Generación y Manejo de Residuos
- Capacitación al personal
- Acarreo de mineral desde el tajo Megacentauro
- Trituración y molienda de mineral
- Levantamiento de tepetatera, depósito de jales y patio de lixiviación
- Ampliación del Tajo Megacentauro

*Operación*

- Extracción de mineral con el proceso de minado a cielo abierto
- Utilización de maquinaria especializada para perforación de orificios que serán cargados con explosivos
- Transporte de explosivos al tajo
- Voladuras
- Utilización de maquinaria para cargado de camiones mineros con material
- Acarreo de material estéril o mineral
- Descargado de tepetate en Tepetatera
- Conformación de taludes y niveles de la tepetatera
- Acarreo de mineral al patio de lixiviación y su conformación
- Lixiviación por montones y en PLD
- Almacenamiento de residuo minero en el depósito de jales
- Acarreo de tepetate con dirección a tepetatera
- Tránsito de vehículos de pequeñas y grandes dimensiones
- Riego de caminos
- Generación y Manejo de Residuos
- Capacitación al personal
- Acarreo de mineral desde el tajo Megacentauro
- Ampliación del Tajo Megacentauro

### *V.1.4.3 Tipos e intensidad de las alteraciones ambientales*

Primeramente, se realizó un análisis cualitativo de la posible alteración a los componentes ambientales por la ocupación de la Unidad Minera complementada, considerando 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 gente.

- Importancia del impacto:

  - Importancia 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.

  - Importancia media: 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.

  - Importancia 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:

  - Signo positivo (+): Cuando los impactos son favorables

  - Signo negativo (-): Cuando los impactos son desfavorables

  - Signo cero (0): Cuando los impactos sean nulos

El resumen de la estimación cualitativa de los impactos ambientales por el desarrollo del Proyecto se presenta en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3. Estimación cualitativa de impactos ambiental del Proyecto Gran Potencial La Herradura**

| Componente ambiental | Intensidad de la alteración | Amplitud del impacto | Importancia del impacto | Signo |
|---|---|---|---|---|
| Atmósfera | Baja | Local | Menor | - |
| Geomorfología | Media | Puntual | Mayor | - |
| Hidrología | Media | Puntual | Menor | - |
| Suelo | Alta | Puntual | Media | - |
| Geología | Media | Puntual | Menor | - |
| Vegetación | Alta | Puntual | Media | - |
| Fauna | Media | Puntual | Media | - |
| Paisaje | Media | Puntual | Media | - |
| Medio socio- económico | Media | Local | Media | + |

A partir de la Tabla 5.3 se desprenden las siguientes observaciones y justificaciones:

- Los componentes ambientales que recibirán impactos negativos de intensidad Alta son Suelo y Vegetación por las ampliaciones de las distintas obras de la Unidad Minera que conlleva el desmonte y despalme de una superficie determinada.

- Respecto a la Geomorfología, la Hidrología, Fauna y Paisaje son los componentes ambientales que recibirán impactos negativos de intensidad Media, causado principalmente por la alteración a cauces, la acumulación del impacto a la topografía de la zona, la modificación del paisaje en áreas a desarrollar obras y contribuir al ahuyentamiento de fauna en el área del proyecto.

- El componente ambiental Atmósfera recibirán impactos de intensidad Baja.

- Por la amplitud del impacto negativo, los componentes serán afectados de forma puntual, salvo por Atmósfera, el cual podría presentar un impacto de amplitud Local.

- La importancia de los impactos ambientales de Mayor a Menor corresponde a Geomorfología de importancia Mayor y el resto de los impactos con una importancia Menor.

- El componente medio socio- económico recibirá impactos positivos por el desarrollo de programas de capacitación y de la infraestructura de servicios para mina y comunidad que representa el Proyecto. La intensidad del impacto beneficio se considera Media de importancia Media y amplitud Local, sumado al desarrollo económico que representa el Proyecto. La intensidad e importancia del impacto beneficio se considera Media y Mayor, así como una amplitud Local

### *V.1.4.4 Identificación de impactos ambientales*

Después del análisis cualitativo se procedió a una identificación más detallada de los impactos ambientales potenciales del desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura, para lo cual se construyó una matriz cualitativa que permite identificar las interacciones relevantes al ambiente causadas durante la Fase 1, Fase 2 y Fase 3 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 acciones identificadas que tendrán lugar y que serán la causa de posibles impactos.

En la Tabla 5.4 se presenta la matriz cualitativa de identificación de impactos del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

**Tabla 5.4. Matriz cualitativa de identificación de impactos del Proyecto Gran Potencial La Herradura**

| | | | | Etapa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | FASE 1 | FASE 2 | FASE 3 |
| **SISTEMA** | **SUBSISTEMA** | **COMPONENTE** | **FACTORES IMPACTADOS** | | | |
| MEDIO FÍSICO | MEDIO INERTE | ATMÓSFERA | CALIDAD DEL AIRE | a | A | a |
| | | | PAISAJE SONORO | a | A | a |
| | | | NIVELES LUMÍNICOS | a | a | a |
| | | | MICROCLIMA | a | a | a |
| | | | VIENTO | a | a | a |
| | | GEOMORFOLOGÍA | RELIEVE | A | A | a |
| | | HIDROLOGÍA | ESCURRIMIENTOS | a | A | a |
| | | | INFILTRACIÓN | a | a | a |
| | | | CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA | a | a | ND |
| | | | NIVEL DE AGUA SUBTERRÁNEA | A | a | a |
| | | | DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA | a | A | A |
| | | SUELO | CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | A | a | a |
| | | | CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | a | a | a |
| | | | COBERTURA | A | A | a |
| | | | EROSIÓN | A | a | a |
| | | | COBERTURA DEL SUELO | A | a | a |
| | | GEOLOGÍA | DISTRIBUCIÓN GEOLÓGICA | A | A | ND |
| | | | ESTABILIDAD | a | a | ND |
| | MEDIO BIÓTICO | VEGETACIÓN | COBERTURA VEGETAL | A | A | a |
| | | | DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN | A | a | a |
| | | | ESTADO FITOSANITARIO | a | a | a |
| | | | FLORA PROTEGIDA, ENDÉMICA O DE INTERÉS ESPECIAL | a | a | ND |
| | | | DIVERSIDAD | a | a | a |
| | | | ESTADO SUCESIONAL | a | a | a |
| | | FAUNA | ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE FAUNA | A | a | a |
| | | | HÁBITAT PARA LA FAUNA | A | ND | ND |
| | | | FAUNA PROTEGIDA, ENDÉMICA O DE INTERÉS ESPECIAL | A | a | a |
| | MEDIO PERCEPTUAL | PAISAJE | CARACTERÍSTICAS DEL PAISAJE | A | a | ND |
| MEDIO SOCIO-ECONÓMICO | MEDIO SOCIO-ECONÓMICO | RESIDUOS | RESIDUOS | a | a | a |
| | | INFRAESTRUCTURA | INFRAESTRUCTURA | B | B | b |
| | | CULTURAL | PERSONAL DEL PROYECTO | B | B | B |
| | | | COMUNIDAD | ND | B | b |
| | | | SITIOS CON VALOR AMBIENTAL (ANP, RP, AICA, RAMSAR, etc.) | ND | ND | ND |
| | | MEDIO ECONÓMICO | DESARROLLO ECONÓMICO | B | B | B |
| | | | USO DEL TERRITORIO | B | B | B |

A = Impacto adverso principal
a = Impacto adverso secundario
B = Impacto benéfico principal
b = Impacto benéfico secundario
ND = Sin impacto

De la matriz cualitativa de identificación de impactos (Tabla 5.4) se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los componentes ambientales con impactos adversos significativos en alguna de sus etapas son: Atmósfera, Geomorfología, Hidrología, Suelo, Vegetación y Fauna.

- Los principales impactos ambientales que se determinaron para los componentes en el Proyecto se presentarán en su mayoría durante la Fase 1 del Proyecto.

- En el componente Medio Económico se podrá presentar un impacto adverso secundario durante las distintas fases del Proyecto por la generación de residuos de distintas características.

- Respecto a los impactos al medio perceptual se tendrán impactos adversos significativos.

- La etapa más impactante del proyecto será la Fase 1 del Proyecto, seguido de la Fase 2 y finalmente la Fase 3.

- El Proyecto representa un impacto benéfico significativo para los componentes del medio socioeconómico, todo ello conforme al incremento de la infraestructura, así como la distinta capacitación, el beneficio a las comunidades cercanas, el desarrollo económico y el uso del territorio para actividades productivas, además por alargar el período de operación de la Unidad Minera La Herradura, la cual es de gran importancia para el desarrollo económico local.

### *V.1.4.5 Determinación de la importancia y jerarquización de los impactos ambientales*

Una vez identificadas las posibles afectaciones que ocasionaría el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se desarrolló una matriz causa – efecto para cuantificar la importancia de dichos impactos por tipo obra en cada fase.

Para determinar la importancia de cada impacto se valoraron diez atributos o parámetros de referencia. En las matrices utilizadas las casillas de cruce están ocupadas por los valores correspondientes a los atributos. A continuación, se describen cada uno de los atributos empleados y sus escalas de valoración (Tabla 5.5).

- Intensidad (IN) – Grado de afectación

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 8, en el que el 8 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.

En el caso de que el efecto se produzca en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondería en función de la extensión en que se manifiesta (+4).

- Extensión (EX)

Se refiere al área de influencia teórica del impacto. 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).

- 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 aún cuando la actidad impactante haya cesado. 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, consideramos 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 un 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. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabrían de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.

Cuando una acción actúa 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.

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) ó (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 5.5 se resumen las escalas de valoración de los diez atributos mencionados.

**Tabla 5.5. Valores asignables a los atributos de importancia del impacto**

| Atributo | Características | Valor |
|---|---|---|
| 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 |
| 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 |
| | Compensable | 4 |
| | Irrecuperable | 8 |

Una vez valorados los atributos la importancia de cada impacto se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Importancia} = +/- (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

El signo del impacto hace alusión al carácter benéfico (+) o adverso (-) de la naturaleza de las acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

La evaluación llevada a cabo crea un índice que refleja las características cuantitativas y cualitativas del impacto, tanto por la obra/actividad como la condición actual del sitio, con lo cual se describe la interacción en términos de magnitud e importancia.

La importancia de los impactos puede tomar valores en un rango de 13 a 100, lo que permite hacer comparaciones numéricas y jerarquizar los impactos. Los impactos con valores de importancia inferiores a 28 son clasificados como "Compatibles", es decir irrelevantes; los impactos con importancia en el rango entre 28 y 53 son clasificados como "Moderados", en el rango 54 y 78 son "Severos" y cuando la importancia tiene un valor superior a 78 se consideran como "Críticos". Según su clasificación, los impactos son marcados en la matriz de importancia con un color que los distingue: blanco para los compatibles, amarillo para los moderados, naranja para los severos y rojo para los impactos críticos.

En los Anexos 5.1, 5.2 y 5.3 se presentan las matrices de importancia de los impactos identificados para las tres fases del Proyecto, en las que se presentan y evaluan las distintas actividades por Zona del Proyecto y su presencia respecto al desarrollo de las mismas, así mismo, engloba actividades de Preparación del sitio, Construcción y Operación.

De la matriz de caracterización de la importancia de impactos de la Fase 1 del Proyecto Gran Potencial La Herradura (Anexo 5.1) se concluye lo siguiente:

- La Fase 1 del Proyecto es en la que se presentarán la mayor cantidad de impactos severos en comparación a las demás fases.

- Conforme a la evaluación por Zonas del Proyecto, se estima que para la Zona 1 Canal de derivación al evaluar la Preparación del sitio se puedan presentar un estimado de 24 impactos potenciales distribuidos en 12 impactos de importancia compatible, 9 impactos de importancia Moderada y 3 impactos benéficos.

- Para la preparación de la Zona 1 se estima que para el componente Atmósfera se presenten impactos compatibles y moderados, por lo que se presentrán modificaciones en la calidad del aire por el levantamiento de polvos y la combustión de gases vehiculares de manera compatible al igual que la modificación al paisaje sonoro por la presencia humana y el uso de maquinaria y herramientas para la preparación del sitio. Por su parte los niveles lumínicos se verás impactados de manera compatible por el uso de luminarias artificiales cuando se requieran, principalmente en los traslados en horarios en los que sea necesario el uso de lámparas y/o luces vehiculares. El microclima se verá impactado de manera Moderada por la remoción de la vegetación donde sea necesario, propiciando un aumento en la temperatura, ocasionando con ello un posible aumento de la velocidad del viento por la disminución de las barreras naturales que impidan la obstrucción del mismo.

- Respecto a la Geomorfología se presentará una modificación en el Relieve de manera compatible, ya que, aunque se presente una modificación a las curvas de nivel por las actividades de corte y relleno para darle forma al canal de derivación, si embargo no se contempla como un impacto de importancia crítica o severa.

- Para la Hidrología se estiman dos impactos durante el desarrollo de la preparación de la Zona, un impacto moderado para el Factor Escurrimientos ocasionado por la modificación de las posibles corrientes intermitentes que puedan presentarse en la zona, alterando su naturaleza; además de impacto compatible en la Infiltración por la reducción de área donde el agua pueda infiltrarse provocado por la compactación para la construcción de la obra

- En el componente Suelo se estima la interacción de impactos Compatibles y Moderados sin la presencia de impactos Severos o Críticos, los impactos Compatibles las Carcaterísticas químicas del suelo, puesto que no se realizarán actividades que modifiquen dichas características y no se tendrán actividades que contaminen el suelo. Para los impactos Moderados se estima que las Características Físicas se modificarán al momento de realizar el desmonte y despalme en los sitios que lo requieran, al igual que la cobertura del suelo, ya que se realizarán actividades de rescate para minimizar su impacto y su reubicación en otro sitio. Finalmente se podría presentar un incremento en el potencial de erosión por el movimiento del suelo, aunque presente una naturaleza mitigable y de prevención.

- No se estiman impactos sobre el componente Geología.

- En el componente Vegetación se presentan impactos compatibles y moderados sin la presencia de Severos o Críticos. El impacto de mayor consideración es en la cobertura vegetal, ya que durante la preparación del sitio se tendrán que realizar actividades de desmonte y despalme en las áreas que lo requieran, razón por la cual se tendrá un impacto directo sobre la vegetación existente, llevado de la mano por la modificación en la distribución de la vegetación. Por la compactación del sitio del proyecto, no existirá regeneración de la cobertura vegetal, sin embargo, inmediato al límite de la obra, la vegetación empezará a surgir de manera natural, por lo cual se considera un impacto de importancia compatible.

- La fauna se verá impactada de manera compatible y moderada ocasionado por el desmonte y despalme de la superficie, por lo que se modificará así la estructura de la comunidad de fauna respecto a su distribución, esto de manera compatible; respecto a el hábitat se estima un impacto Moderado ya que este será removido en las actividades de preparación sumado al ahuyentamiento por el aumento de ruido y la presencia humana. En el factor de Fauna protegida y especies de interés se estima un impacto compatible, ya que, aunque en la huella del proyecto no se registraron dichas especies se puede presentar una interacción respecto al AI.

- En el componente Paisaje se estima un impacto de importancia Moderada respecto a su único factor, en el cual se estima así por la acumulación de la perturbación del paisaje respecto a la Unidad Minera y sus obras cercanas a las Zona 1.

- Con las actividades de preparación de la Zona 1 se podrán generar residuos de diferentes características (RSU, RP), sin mebargo por la cantidad de personal requerida para las actividades de la obra y los distintos métodos de manejo presentes en la UM el impacto se mantiene como compatible.

- Finalmente, los 3 últimos impactos evaluados en la Zona 1 corresponden a impactos positivos, un impacto Moderado benéfico para el componente Infraestructura ocasionado por la formación de una nueva zona óptima para el desarrollo de infraestructura de apoyo para la UM. Por su parte, el componente Cultural recibirá un impacto de naturaleza similar al anterior generado por el desarrollo cultural mediante la impartición de cursos y programas para el personal del Proyecto y finalmente se estima un impacto benéfico Moderado para los factores Desarrollo económico y Uso del Territorio, ocasionado por la derrama económica generada por las actividades propias de la preparación, entre otros.

- El siguiente análisis fue realizado para la Construcción y operación de la Zona 6 "Tajo", la cual se estima un total de 5 impactos compatibles, 6 impactos Moderados,3 de importancia Severa y 4 impactos positivos para un total de 18 posibles impactos.

- Para el componente Atmósfera se estima la presencia de impactos Compatibles y Moderados, la Calidad del aire el factor con el impacto moderado, esto ocasionado por las distintas actividades de operación (ya que por la naturaleza del tajo se construye al momento de que se opera), por el levantamiento de polvos en la extracción de mineral, el tránsito de yucles cargados de mineral que pueda levantarse de manera furtiva, la combustión en vehículos automotores diésel. El paisaje sonoro se verá modificado de manera compatible ya que las actividades no serán de una amplia extensión por la profundidad actual y proyectada del tajo, propenso a que la mayor alteración en los niveles sonoros se deba a las voladuras cuando sean requeridas. Los niveles lumínicos se verán alterados por las actividades nocturas en el tajo, ya que la operación es continua las 24 hrs del día y se requieren distintas luminarias para una operación óptima y segura, además de las distintas luces vehiculares que se presentarán.

- El Relieve presentará un impacto de importancia Severa, ya que la misma naturaleza del tajo requiere la modificación en el relieve del sitio por la extracción de mineral, modificando la altura de las obras. Este impacto será principalmente por acumulación a las actividades anteriores y la ampliación del tajo centauro.

- Para el componente Hidrología se estiman impactos compatibles y moderados sin presentarse impactos severos o críticos. Para este fin, se aumentará el área en la que se reducirá la infiltración de agua por la conformación de taludes y la compactación de la superficie. La hidrología subterránea se verá alterada de manera compatible respecto a las características químicas ocasionado por la poca infiltración y la posible alteración en los parámetros químicos generados por la exposición eólica e hídrica del sitio. El nivel de agua subeterránea podrá verse alterado por la operación del tajo, ya que conforme a su desarrollo se modificará el nivel subterráneo del tajo u aumentará el potencial de reducción del nivel de agua.

- El componente Suelo no presentará impactos severos o críticos, impacto moderado sobre las características físicas del suelo y la cobertura, ya que, aunque en la mayoría del área del tajo el suelo es nulo o inexistente, solamente se consideran aquellos sitios donde se presente suelo que tendrá que desmontarse, por lo cual se modifica la cobertura existente.

- La geología en la Zona 6 se verá impactada de manera Severa en sus dos factores, ya que la operación del tajo conlleva la manipulación de la distribución geológica por la modificación en

la profundidad del mismo, así como en la estabilidad geológica por el uso constante de voladuras para la extracción de mineral que pueda ocasionar distintas repercusiones.

- Los componentes Vegetación y Fauna no presentarán impactos durante esta Fase ya que no hay presencia de dichos componentes actualmente en la Zona.

- Las características del paisaje se verás impactadas de manera Moderada, ya que, aunque actualmente el paisaje se encuentra altamente perturbado por las actividades de la UM, el desarrollo del tajo en este Proyecto ampliará la perturbación del paisaje por el aumento de las actividades antrópicas y de la dimensión del propio tajo Megacentauro.

- Los residuos que serán generados en el desarrollo de las obras de la Zona son principalmente mineros, ya que parte del producto extraído en el tajo es tepetate inerte, el cual será almacenado en las distintas tepetateras de la UM. Además, se podrán generar algunos residuos por la presencia de los trabajadores y del material empleado para la operación.

- Lo últimos 4 impactos evaluados corresponden a los impactos benéficos de la Zona, los cuales son todos de importancia Moderada benéfica. El componente Infraestructura es ampliamente beneficiado, ya que el detonante principal del presente Proyecto es la ampliación del tajo, el principal punto de extracción y aprovechamiento de mineral de la UM por lo que es el impacto benéfico más importante en el desarrollo del Proyecto Gran Potencial. El factor Personal del proyecto se verá impactado de manera benéfica por el desarrollo de distintos cursos y programas de capacitación varia para el personal operativo. Finalmente, el Desarrollo económico y el Uso del territoriose verán beneficiados por la constante derrama económica y aprovechamiento del territorio para aumento en la economía de la región.

- El análisis de los impactos estimados para la preparación y construcción de la Zona 9 “Depósito de Jales” presenta un total de 28 impactos, de los cuales 14 son compatibles, 8 impactos moderados, 2 impactos severos y 4 impactos positivos. No se estiman impactos Críticos en el desarrollo de esta obra.

- El componente Atmósfera presentará impactos compatibles y solamente un impacto moderado en el factor Microclima. La calidad del aire y el pasiaje sonoro recibirán impactos de importancia compatible, ya que se alterarán las partículas suspendidas en el aire por el levantamiento de polvos en las actividades de desmonte y despalme en las áreas requeridas y el tránsito vehicular, así como la combustión de combustibles diésel y gasolina de los vehículos del personal y operativos, de intensidad baja y de rápida recuperabilidad. De igual forma, los niveles lumínicos se podrán ver modificados por el uso de luminarias artificiales y los vehículos que transitarán en la zona en horarios nocturnos, fácilmente recuperable. El factor Microclima es el impacto Moderado estimado en esta Zona, propiciado por el cambio en el sitio en el desmonte y despalme que pueda aumentar la en el sitio o un mayor levantamiento de polvos, entre otros sucesos.

- La Geomorfología se verá modificada de manera Moderada, ya que la preparación del sitio requerirá la nivelación del sitio a través de cortes y rellenos para poder propiciar un mejor desarrollo de las obras, puesto que posterior a las actividades de preparación se procederá a la

construcción del vaso contenedor que manejará los jales mineros durante la operación del mismo, sin embargo por las características generales del sitio y que en su mayoría es plano este impacto se considera moderado de intensidad media.

- El componente Hidrología se estima que los distintos factores que lo componen sean principalmente de importancia Compatible, ya que en la cuestión de los escurrimientos se verán minimizados desde el desarrollo de la Zona Canal de derivación puesto que su naturaleza es desviar las corrientes provenientes del Norte del Proyecto para evitar contingencias con las demás obras existentes o proyectadas en el presente Proyecto, afectando de manera compatible a las corrientes intermitentes que puedan presentarse solamente en la huella de la obra. Por su parte, se aumentará la superficie donde se reducirá la infiltración, ya que, con la compactación del sitio y la construcción del depósito para evitar la infiltración de los jales durante su operación, por lo cual es un impacto moderado.

- Respecto al Suelo se presentarán impactos de importancia compatible, moderada y severa en sus distintos componentes. Las Características físicas tendrán un impacto de importancia moderada ya que el desmonte y despalme modificará la composición del suelo existente, así mismo, se estima un impacto severo, especificamente en la Cobertura, por lo cual, en todo sitio donde se presente este impacto, el suelo deberá ser rescatado y resguardado, con el fin de minimizar el impacto.

- La geología del sitio se preveé no se verá impactada durante el desarrollo de la preparación del sitio y la construcción de la Zona 9 “Depósito de Jales”.

- Respecto a la Vegetación en la Zona se estima que el impacto sobre la Cobertura vegetal se presente de importancia Severa, ya que en el sitio aún no se presentan alteraciones antrópicas considerables en la vegetación, por lo que, con las actividades de preparación del sitio, se deberán realizar actividades de desmonte y despalme para propiciar un óptimo desarrollo de la construcción y operación de la obra, un impacto Severo pero puntual, preventivo y mitigable. El estado sucesional también se verá modificado, puesto que no se permitirá la revegetación en el sitio, el crecimiento vegetal existirá en áreas aledañas de donde se ubique la obra, por lo cual la sucesión vegetal continuará naturalmente.

- El principal impacto a la Fauna, será al hábitat, ya que, con las actividades de desmonte y despalme, la fauna que pueda presentarse en el sitio será desplazada por el personal en turno y el ruido de la maquinaria durante la etapa de preparación. Este sería el impacto de mayor relevancia en el componente para la preparación y construcción del depósito de jales.

- El Paisaje se verá modificado de manera adversa por la modificación en la calidad visual, ya que con las actividades de preparación y posterior construcción del nuevo depósito de jales se integrarán nuevos elementos artificiales que modificarán al componente de manera moderada.

- Con el desarrollo de la Zona 9 se generarán distintos residuos tanto por el personal como por los insumos a utilizar, un impacto acumulativo con las demás Zonas y actividades realizandose a la par, pero de importancia compatible, ya que se estima que la cantidad de residuos no sea considerable y que con el correcto manejo generen el menor impacto ambiental.

- Al igual que en la Zonas anteriores, se generarán un estimado de 4 impactos benéficos con el desarrollo de la preparación y la construcción del nuevo depósito de jales, ya que se podrá presentar una derrama económica mayor y con una obra como el depósito se asegura la vida útil de la UM con un constante flujo económico en la región.

- Para la preparación y construcción de la Zona 11 "Acceso oriente" se preveen impactos ambientales Compatibles, Moderados y Benéficos durante su desarrollo.

- El componente Atmósfera presentará impactos compatibles durante su desarrollo, ya que, aunque se pueda modificar la calidad del aire durante la preparación y la construcción, actualmente la calidad admosferica del sitio se encuentra degradada, por la actividad de la brecha ejidal existente, además de que puede presentarse tránsito vehicular ocasional, por lo cual se considera un impacto compatible y recuperable de manera inmediata, al igual que los niveles lumínicos, el paisaje sonoro y el viento.

- La geomorfología se verá impactada de manera compatible en la Zona, ya que la presencia de una brecha en el polígono, minimiza la superficie a afectar con el desarrollo del Proyecto, solamente llevando a cabo actividades de nivelación, cortes y rellenos en donde sea necesario.

- Para la Hidrología se presentarán impactos compatibles durante el desarrollo del proyecto, pues que se podrán modificar aquellas corrientes que tengan incidencia con el nuevo acceso y la brecha actual, además de aumentar la superficie donde se reducirá la infiltración por la compactación del sitio y la conformación del nuevo acceso. Aun con ello, se consideran solamente impactos compatibles.

- En el componente Suelo se estiman impactos Compatibles y Moderados, este último sobre la Cobertura, ya que, aunque en el sitio existe una brecha comunal donde el suelo ya es inexistente, se requerirá la ampliación de dicha obra y su conformación para cumplir con los requisitos mínimos de la UM para un tránsito seguro, al desmontar el suelo que se presente en dichas áreas, sin embargo, este impacto es puntual y de intensidad Baja.

- Al igual que el Suelo, la Vegetación podrá verse afectada de manera compatible con el sitio en las áreas donde se presenten individuos vegetales, por lo que deberán ser rescatados cuando se posible o despalmados para poder realizar las actividades de construcción del nuevo acceso oriente, un impacto puntual y en su totalidad de intensidad baja.

- La Fauna podrá presentar alteraciones en sus tres factores, ya que la presencia humana en el sitio y el constante uso de maquinaría y vehículos para las actividades de preparación del sitio y su construcción propiciarán un ahuyentamiento de la fauna, además de que las actividades de desmonte y despalme podrán alterar el hábitat de la fauna. Estos impactos son estimados como compatibles y cada uno de ellos mitigables.

- Por su parte, el Paisaje ser podrá modificar de manera compatible, ya que actualmente se presentan alteraciones antrópicas en el sitio con la brecha comunal, por lo que el desarrollo de las actividades en esta Zona será acumulativo y con una intensidad baja sobre el componente, además de ser un impacto puntual.

- Al igual que las distintas Zonas anteriormente descritas, el desarrollo de la preparación y construcción del Acceso oriente traerá consigo la generación de residuos en el sitio, tales como RSU, RP y de manejo especial, que, aunque se estima un impacto compatible, se dispondrán distintas medidas para minimizar dicho impacto, de intensidad baja y extensión puntual.

- Finalmente, esta Zona podrá presentar un total de 5 impactos benéficos durante su desarrollo, ya que podrá contar con un nuevo acceso qure conectará distintos puntos de la Zona como la UM, el ejido Juan Álvarez y demás instalaciones de la promovente, además de que durante el desarrollo se presentarán distintas capacitaciones al personal, el beneficio podrá ser extendido para la comunidad en general y propiciará un desarrollo económico a corto y mediano plazo por la conexión de más sitios con un acceso adecuado.

- Por último, se presenta el análisis de la preparación de la Zona 14 “Almacenamiento temporal”, la única fase de dicha Zon, puesto que su desarrollo no requiere la construcción de obras o instalaciones por su naturaleza. Para esta Zona se estiman un total de 17 impactos compatibles, un 1 impacto moderado y 5 benéficos.

- El componente Atmósfera estima la presencia de impactos compatibles durante el desarrollo de la Zona, ya que el sitio se encuentra perturbado en sus alrededores por su inmersión en la UM, presentando alteraciones en la calidad del aire por el levantamiento de polvos, la combustión de motores diésel, así como el paisaje sonoro con relación al tránsito vehicular constante de vehículos de pequeñas y grandes dimensiones. Por su parte los niveles lumínicos se encuentran igualmente alterados durante horarios nocturnos y el microclima está perturbado previo al desarrollo de la presente Zona en el Proyecto.

- La Geomorfología y la Geología no presentan alteraciones durante el desarrollo de la preparación de la Zona 14, ya que no se modificará el relieve en el sitio y la estabilidad geológica se mantendrá, puesto que las actividades de preparación contemplan solamente actividades de desmonte y despalme, ya que la naturaleza de la obra es propiciar un lugar adecuado para el resguardo de los distintos insumos y materiales a emplear en el desarrollo del nuevo patio de lixiviación y el canal de derivación, así como área de rodamiento estratégico.

- Las actividades en la Zona podrán alterar de manera baja los distintos componentes de la Atmósfera, ya que como se mencionó anteriormente, el sitio donde se solicita el almacenamiento temporal se ve alterado por las distintas actividades alrededor en la UM, bajando la intensidad de los impactos considerablemente para la Atmósfera.

- La hidrología se verá poco alterada con la Zona, solamente se estiman impactos compatibles en los escurrimientos y en la infiltración, que con las actividades propias de la zona se podrán alterar dichos factores de manera puntual y mitigables.

- El Suelo es el único componente que presentará algún impacto de importancia moderada en la Zona, ya que las actividades de preparación del sitio como el desmonte y el despalme propiciarán la alteración en la Cobertura del suelo, con el fin de poder optimizar el área para el

almacenamiento, sin impactar de manera considerable al suelo existente, por lo cual se concidera un impacto puntual y mitigable.

- La Vegetación y la Fauna presentarán impactos compatibles durante el desarrollo de la preparación de la Zona 14, ya que la poca vegetación existente deberá ser removida o rescatada en los casos aplicables, que aunque se encuentra altamente perturbada por las actividades de la UM se verá modificada de intensidad baja; por su parte la Fauna es casi inexistente en la huella de la Zona, solamente aumentará la acumulación del ahuyentamiento de especies por la presencia humana y el tránsito vehicular, así como las vibraciones y demás efectos del desarrollo de la preparación.

- Los impactos benéficos ser verán reflejados principalmente con el desarrollo económico que puede traer consido el desarrollo de esta obra, ya que servirá de almacenamiento temporal de aquellos insumos necesarios para las obras anteriormente mencionadas, proporcionadas mayoritariamente por contratistas externos a la UM, además de que al personal operativo en el sitio se le proporcionarán distintos cursos o capacitaciones en materia ambiental y/o seguridad.

Conforme a lo descrito anteriormente, se presenta una gráfica donde se representa la proporción de impactos ambientales estimados durante el desarrollo de la Fase 1 al respecto de las Zonas que la componen.

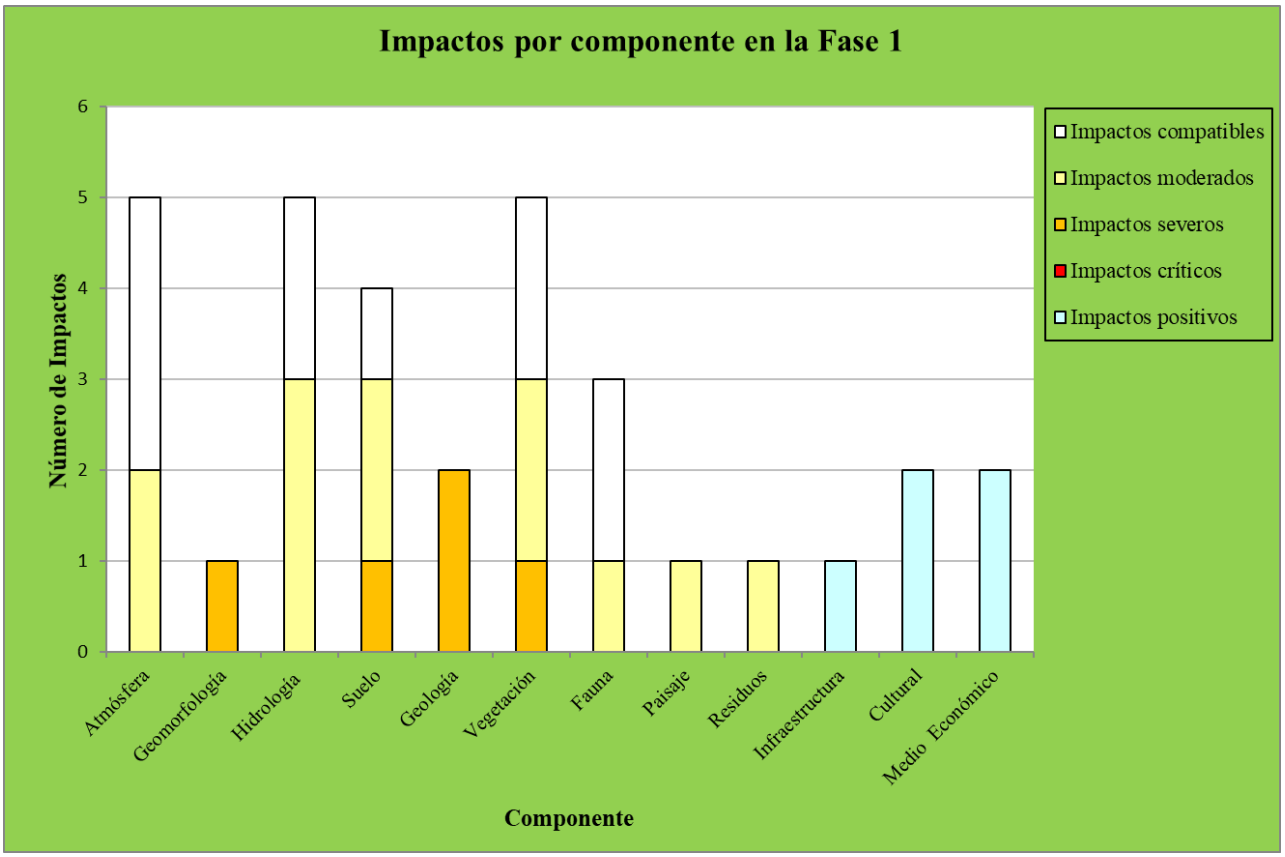



**Figura 5. 1. Impactos estimados durante la Fase 1 del Proyecto**

En la siguiente Figura se presenta una representación gráfica mediante un plano georreferenciado de la interacción de los impactos ambientales determinados en esta primera Fase del Proyecto Gran Potencial, destacando aquellos impactos determinados como principales o de mayor relevancia durante este Fase 1 en las respectivas Zonas identificadas.

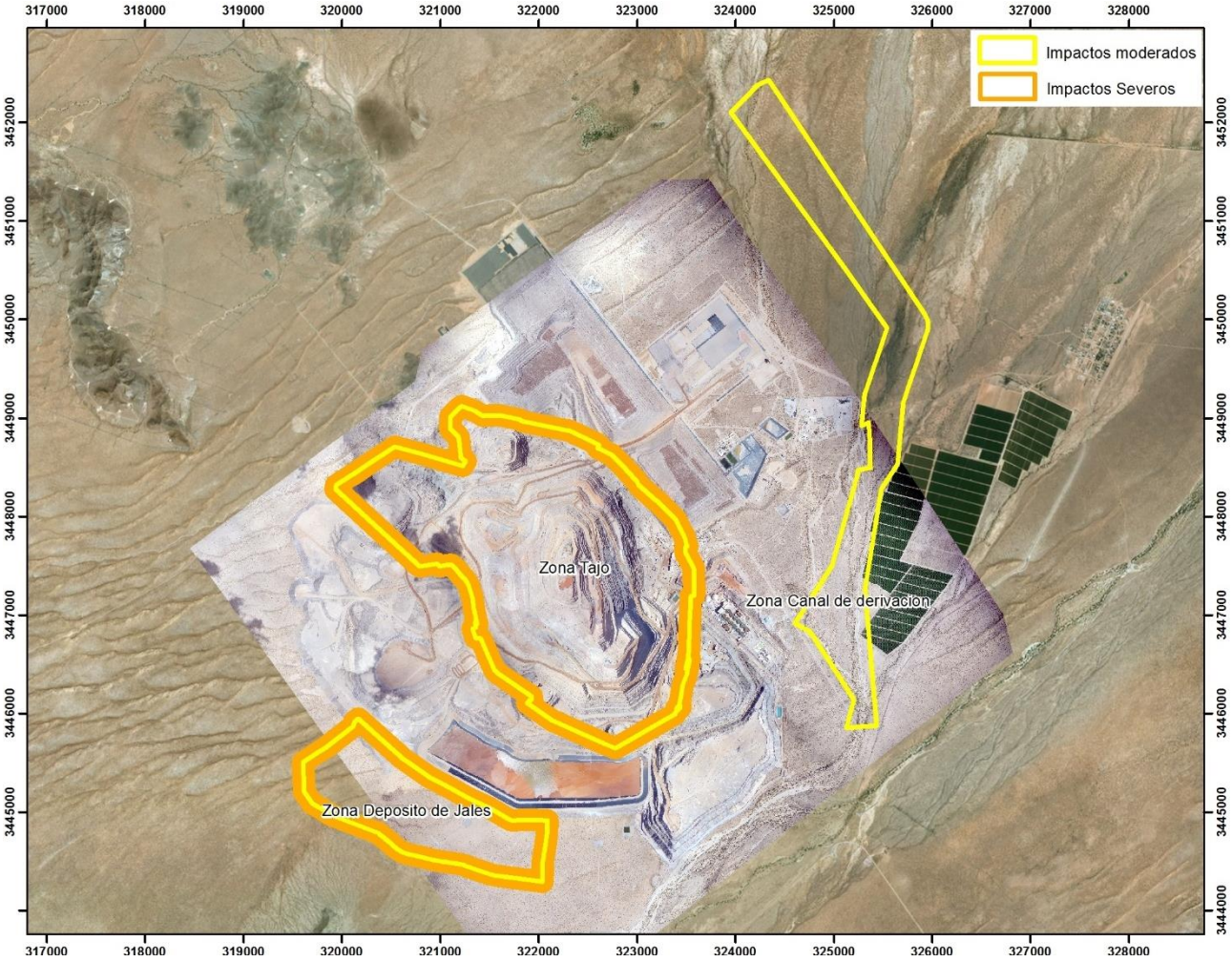



**Figura 5.1. Representación de los impactos principales en la Fase 1**

De la matriz de caracterización de la importancia de impactos de la Fase 2 del Proyecto Gran Potencial La Herradura (Anexo 5.2), conforme a su estimación en presencia conjunta, naturaleza de obras o secuencia de desarrollo conforme a la planeación de la UM La Herradura se concluye lo siguiente:

- En primel primer análisis fue realizado sobre los posibles impactos a presentarse durante la operación de la Zona 1 “Canal de derivación”, los cuales comprenden el componente Atmósfera, el cual presentará un par de impactos compatibles puesto que en el sitio no existirá polvos que puedan ser levantados y su operación no requiere el uso de vehículos que puedan alterar los niveles de gases de combustión.

- Los componentes Geomorfología, Suelo, Vegetación y Residuos no presentarán impactos adversos durante la operación del canal de derivación.

- En la Hidrología se estima que los impactos de sus factores sean de importancia compatible y Moderados, los escurrimientos y la infiltración los principales impactos identificados, ya que la finalidad del nuevo canal de derivación es la de captar las corrientes intermitentes que vienen del Norte con dirección a la UM y que podrían ocasionar tanto daños como problemas en las operaciones de la Unidad, todas las corrientes serán captadas y derivadas a una corriente identificada al Sur sin alterar los flujos, sumado a que no se infiltrará de manera prematura por el tipo de canal que será empleado.

- La Fauna se podrá ver impactada de manera compatible puesto, aunque no exista un hábitat como tal, las especies de alta movilidad podrían interactuar con el canal de derivación, pero la presencia humana que pueda presentarse o los distintos recorridos para la verificación del funcionamiento de canal podrían ahuyentar a las especies que se encuentren.

- El paisaje se verá impactado de manera moderada ya que con la instalación de los gaviones se añadirán nuevos elementos artificiales que modificarán la continuidad paisajística.

- Se presentarán un total de 4 impactos benéficos en el desarrollo de esta obra, ya que la infraestructura serña altamente beneficiada con la finalidad del canal de derivación, una obra de apoyo a la totalidad de la UM, sumado a que con la operación del canal se podrá continuar de manera segura las actividades de la UM propiciando una continua derrama económica y su uso del territorio.

- El siguiente análisis fue realizado para la preparación del sitio, la construcción y la operación de la Zona 2 “Patio de Lixiviación” en la que se estima un total de 29 impactos ambietales de los cuales 9 son compatibles, 16 moderados y 4 impactos benéficos.

- El componente Atmósfera presentará impactos tanto compatibles como moderados, ya que la calidad del aire, los niveles lumínicos y el paisaje sonoro se verán alterados por las actividades de preparación del sitio en donde el desmonte y despalme propicien el levantamiento de polvos y la cantidad de gases de la combustión de combustibles, así como el paisaje sonoro por la presencia humana y el uso de herramientas mecánicas para una rápida operación. Los dos impactos moderados adversos son el microclima y el factor viento, ya que los cambios por el desmonte y despalme, la instalación del material impermeable para evitar la infiltración de solución cianurada y el posible aumento de temperatura propician el impacto moderado; por su parte, el factor viento podrá modificarse por la inclusión del nuevo patio que altere la dirección del viento a la altura del mismo, modificando la dinámica natural de la zona.

- El Relieve tendrá un posible impacto de importancia moderada, ya que en primer lugar se presentará la preparación del sitio en donde se podrán alterar las curvas de nivel para poder tener un espacio plano en su totalidad, además que durante su construcción y operación se seguirán alterando el relieve con la elevación del patio con el mineral en beneficio, este impacto es puntual y de importancia Alta.

- La Hidrología presentará altearaciones de importancia moderada y compatible, ya que los escurrimientos que puedan presentarse de manera intermitente se verán modificados por la construcción del patio, además que en el sitio donde se instale el mismo se tendrán elementos que impidan la infiltración. Por su parte, la disponibilidad de agua subterránea podrá verse alterada en largo plazo por la pérdida de infiltración y de manera poco probabler podrán alterarse las características químicas del agua.

- El suelo se podrá ver afectado durante la preparación del sitio, ya que el suelo existente deberá ser dispuesto y rescatado para minimizar el impacto al factor, la cobertura y la erosión los impactos moderados más elevados esperados. Durante la etapa de construcción y operación no se tendrán efectos adversos al Suelo.

- La Geología no presentará ningún tipo de impacto adverso.

- La vegetación en el sitio se verá alterada respecto a la cobertura vegetal, la distribución de la vegetación y la diversidad, ya que se requerirá realizar actividades de desmonte y despalme en el sitio para un correcto desarrollo de las actividades posteriores, limitando la distribución de la vegetación de manera moderada. El estado sucesional podría verse afectado en caso de que no se pueda presentar una revegetación en los alrededores del patio, un impacto puntual y mitigable.

- La fauna de igual manera se verá alterada de manera moderada y compatible, puesto que el hábitat en el sitio y la distribución de la fauna se verán modificadas con las actividades de preparación del sitio y posterior construcción y operación del patio de lixiviación, ya que la posible fauna que pueda desarrollarse en el sitio será desplazada o como medio mitigable y preventivo, rescatada y posteriormente liberada.

- El paisaje recibirá alteraciones de importancia Moderada, ya que actualmente el panorama general de la Zona se ve altamente perturbada por las actividades aledañas de la UM, sin embargo, las actividades de preparación, construcción y posterior operación propiciarán la intensidad del impacto como Alta, así como acumulativo e irrecuperable.

- El desarrollo de las distintas actividades comprendidas en las etapas de la Zona podrá generar residuos de distintas características como RSU, RP y RME tanto por el personal que desarrollará las actividades en el sitio como los distintos residuos generados por los insumos de construcción y operación del patio de lixiviación, tales como liner, tuberías, cartón y plásticos.

- Finalmente, los distintos impactos benéficos que podrán presentarse en esta Zona corresponden a el factor Infraestructura, ya que el patio de lixiviación es uno de los principales elementos para la operación general de la UM una obra para el beneficio del mineral. Con ello también se asegura la operación de la Unidad manteniendo una derrama económica constante por el uso productivo del territorio.

- La siguiente Zona evaluada corresponde a la preparación y construcción de la Zona 3 “Administrativa y nuevo campamento”, la cual comprende las nuevas áreas de esparcimiento

del personal para descanso y conviencia social, estimando un aproximado de 26 impactos durante su desarrollo, 16 impactos compatibles, 6 impactos moderados y 4 impactos benéficos en todo su desarrollo.

- El componente Atmósfera presentará solamente impactos de importancia compatible puesto que en el sitio se encuentra altamente perturbado en sus alrededores por las actividades actuales de la UM, minimizando el posible impacto ambiental a la Atmósfera, presentando acumulación en la modificación de la calidad del aire, el paisaje sonoro y los niveles lumínicos.

- Por su parte, la Geomorfología podrá verse modificada en su relieve por la adición de nuevas estructuras en el sitio como lo son el campamento, los dormitorios por día y por semana, el comedor, entre otras obras, los cuales podrán modificar de manera Moderada las curvas de nivel actuales en la UM, un impacto puntual y que en el cierre de operaciones en la Unidad puede restituirse.

- La Hidrología presentará impactos solamente en dos de sus factores, Escurrimientos e Infiltración, el primero de importancia compatible por las pocas corrientes que pueden presentarse en el sitio y que serán alteradas para evitar que afecten las nuevas instalaciones durante la preparación y la construcción del mismo. Por su parte, con dichas actividades podrán alterar a su vez la capacidad de infiltración del sitio, puesto que la compactación del área con la instalación de las nuevas instalaciones sobre el terreno plano minimizará la capacidad de infiltración de agua al subsuelo, todo esto estimado de importancia moderada pero mitigable.

- Respecto al componente Suelo, se estima la presencia de impactos compatibles y moderados durante el desarrollo de las actividades en la Zona, los principales detectados en los factores Cobertura y Erosión, ya que durante el desmonte y el despalme se tendrá que retirar la totalidad de la capa de suelo vegetal con la finalidad de optimizar el sitio y minimizar su impacto con su rescate y reubicación adecuada

- La Geología no se verá impactada en esta Zona

- La vegetación podrá presentar distintos tipos de impactos desde compatibles hasta moderados en sus factores, la cobertura vegetal y la distribución de la vegetación los principales elementos impactados durante el desarrollo de las obras descritas, ocasionado por el desmonte y despalme del sitio en la preparación de la Zona, estos impactos mitigables y compensables.

- Igualmente, la Fauna tendrá efectos adversos de importancia compatible, ya que el sitio actualmente se encuentra perturbado por las actividades humanas en los alrededores por la UM, un impacto principalmente acumulativo y de intensidad baja.

- Esta nueva zona de campento y áreas administrativas conlleva una serie de impactos benéficos con su desarrollo, principalmente la zona donde se llevará a cabo la planeación, organización y distintas actividades que llevarán el curso de la UM, así como el sitio donde el personal que habite en la UM podrá descansar y esparcirse en horarios no laborales, asi como prestar facilidad de recepción para aquellos contratistas que son de otras regiones y necesitarán laborar en la UM con las unidades de dormitorios.

- Se evalua también de manera independiente a la fase anterior, la operación de la Zona 6 "Tajo", ya que durante toda la vida útil del Proyecto, el tajo Megacentauro será la principal fuente de extracción de mineral para aprovechamiento, presentando en la Zona un total de 22 posibles impactos ambientales, siento 6 impactos compatibles 11 impactos moderados, 1 impactos severo y 4 impactos benéficos.

- La calidad del aire presentará impactos adversos de importancia compatible y moderada ya que la constante extracción de mineral por medios mecánicos y por voladuras presentará un constante levantamiento de polvos, así como alteraciones en los niveles de gases contaminantes por los motores de los vehículos. Por su parte, el paisaje sonoro también podrña verse modificado por la constante manipulación de vehículos de grandes dimensiones, así como el ruido generado por las voladuras en el tajo.

- Al igual que en la Fase anterior, en el desarrollo de la Zona en la Fase 2 se seguirán presentando modificaciones de importancia moderada, ya que el relieve seguirá modificado en sus curvas de nivel con la ampliación continua del tajo, de intensidad alta e irrecuperable.

- La Hidrología tendrá efectos adversos durante la operación de la presente Zona, ya que se seguirán modificando las distintas características químicas del agua por la continua modificación en la profundidad del tajo, minimizando la infiltración, modificando los pocos escurrimientos que puedan presentarse y cambios a largo plazo del nivel del agua subterránea, todos de importancia moderada y todos irrecuperables.

- La Vegetación, el Suelo y la Fauna no presentarán modificaciones en esta fase, ya que los posibles impactos a presentarse se llevaron a cabo en la fase anterior.

- La Geología seguirá alterada en esta fase, ya que la distribución geológica podrá ser alterada con la constante extracción de mineral en el tajo, además de que la estabilidad podrá ser alterada con el uso de explosivos para las voladuras de extracción, impactos de intensidad media e irrecuperable.

- El Paisaje seguirá perturbado con la operación del tajo, ya que conforme a las actividades de operación las dimensiones del tajo irán en aumento de manera considerable, ampliando la perturbación a la continuidad paisajística. Este impacto será de intensidad media con características irrecuperables durante la vida útil del Proyecto.

- Al igual que la Fase anterior, durante la operación del tajo se producirán residuos de manera constante, mineros los principales a generar como tepetate. Este impacto serña de importancia moderada pero recuperable y mitigable de manera sencilla.

- Por su parte, se podrán presentar impactos benéficos durante esta Fase en la zona, ya que la constante extracción de mineral conlleva una derrama económica considerable para la región (razón por la cual se solicita el presente Proyecto), haciendo un uso productivo del territorio y con distintas aplicaciones y cursos para el personal en cuestión de medio ambiente y seguridad laboral.

- Continuando con el análisis de las Zonas en la presente Fase, se determinó evaluar la preparación del sitio, la construcción y la operación de un nuevo stockpile en la Zona 7, la cual está ubicada en una porción entre el tajo Megacentauro y los patios de lixiviación existentes, estimando un total de 12 impactos compatibles, 10 impactos moderados y 4 benéficos, sin presentarse impactos severos o críticos.

- El componente Atmósfera recibirá modificaciones de importancia Compatible y Moderada, presentando alteraciones en la calidad del aire respecto a la cantidad de polvos en el aire, ya que la obra en sí consiste en el almacenamiento de mineral antes de pasar a algún proceso de beneficio, con un uso constante de maquinaria para su acomodo, carga y descarga. Los cambios en la calidad del aire durante las 3 etapas integradas en la Zona serán considerados como moderados puesto que se modificarán los niveles de polvos y la presencia de vehñiculos aumentarán los parámetros de gases de combustión en la Zona. Por su parte, el paisaje sonoro de verá modificado con la cantidad de vehículos y personal laborando que aumenten los dB en la zona, y que en horarios nocturnos también tendrán alteraciones en los niveles lumínicos.

- La geomorfología se verá modificada de manera moderada, puesto que el almacenamiento y acomodo del mineral en el stockpile generará alteraciones en las curvas de nivel del sitio de maner mitigable y a largo plazo.

- La Hidrología solamente presentará alteraciones de importancia comatible, ya que se estima que el potencial de infiltración en el sitio se reduzca por la compactación del área y la inclusión de elementos que reduzcan dicho evento, además de que en caso se infiltre mineral o algún otro elemento externo podrían verse alteradas las características químicas del agua subterránea a largo plazo sin tener protección adecuada.

- Puesto que en el sitio contemplado para el stockpile no hay obras existentes, se tendrán que realizar actividades de desmonte y despalme en áreas que lo requieran, ya que el sitio deberá estar en óptimas características para un correcto de manejo del mineral almacenado de manera temporal, por lo que la cobertura del suelo y su potencial de erosión tendrán efectos adversos moderados principalmente en la preparación del sitio y construcción, impactos de intensidad media pero altamente mitigables y compensables.

- La Vageteación también presentará alteraciones compatibles y moderadas, ya que se tendrán que llevar acabo actividades de desmonte y despalme en las áreas que lo requieran, modificando la cobertura vegetal, la distribución de la vegetación, su diversidad y de manera conjunta el estado sucesional, recibiendo alteraciones de importan moderada, mitigables y de realización inmediata.

- Respecto a la Fauna, el sitio actualmente se encuentra altamente perturbado por las actividades aledañas de la UM, provocando una alteración en la distribución de la fauna y su hábitat natural, sin embargo, este componente presentará alteraciones de importancia moderada pero mitigables y/o compensables durante la vida útil del Proyecto.

- Se podrán presentar un total de 4 impactos benéficos con el desarroolo del stockpile puesto que su operación es de apoyo a las demás actividades de beneficio del mineral extraído en el tajo megacentauro y que podrá ser participe del desarrollo económico de la UM y la región, además que es parte de la infraestructura necesaria para una correcta operación minera en la zona y se emplearía el territorio para un uso productivo altamente benéfico.

- Uno de los elementos más importantes dentro del Proyecto Gran Potencial La Herradura es la preparación, construcción y operación de una nueva tepetatera, la cual es pilar primordial para el almacenamiento de los residuos mineros de la UM. Durante el desarrollo de las 3 etapas en esta Zona 8 se estima un total de 12 impactos de importancia compatible, 14 impactos de importancia moderada y 4 impactos benéficos, sin presentarse impactos severos o críticos.

- En la Atmósfera se presetan impactos tanto compatibles como moderdados, comenzando por la calidad del aire, la cual será modificada durante el desarrollo de las 3 etapas de la zona puesto que se realizarán actividades de desmonte y despalme, vaciado de tepetate o material inerte para comenzar la conformación de la tepetatera y un constante acarreo de mineral durante su operación por lo que el levantamiento de polvos podría ser elevado si no se presentan mediadas adecuadas para su control, además de que el uso constante de maquinaria y vehículos modificarán el paisaje sonoro y los niveles lumínicos. Por su parte, el microclima es el impacto moderado más elevado durante el desarrollo de la zona puesto que el desmonte y despalme, así como la inclusión del material inerte en la tepatatera podrían alterar de manera moderada la temperatura, la dirección y la velocidad del viento, entre otros.

- El relieve se verá modificado durante el desarrollo de las 3 etapas en la zona, ya que aunque el sitio es relativamente plano, durante la operación de la nueva tepetatera se irá levantando la misma de forma en la que se modificarán las curvas de nivel, de importancia moderada y de intensidad alta.

- Respecto a la Hidrología, se tendrán impactos de importancia compatible y moderada, principalmente los escurrimientos y la infiltración, puesto que la adición de la tepetatera podría modificar el curso de los cauces que puedan presentarse en el sitio, minimizando también con ello el potencial de infiltración en la Zona. Finalmente, uno de los posibles impactos a desarrollarse con las actividades de la Zona es la modificación en las características químicas del agua subterránea, puesto que el material inerte podría ser generador de drenaje ácido si no se mantienen condiciones adecuadas y medidas para su prevención.

- El Suelo, la Vegetación y la Fauna presentarán distintos impactos tanto compatibles y moderados, ya que durante las actividades de preparación del sitio se realizarán actividades de desmonte y despalme por lo que la cobertura del suelo y la cobertura vegetal deberán ser removidos en su totalidad del sitio, impactos de intensidad media; sumado a esto, estas actividades propiciarán la modificación en el hábitat de la fauna alterando su distribución. Todos estos impactos pueden ser ampliamente mitigables y/o compensables anterior y posterior al desarrollo de las actividades.

- Con el desarrollo de la tepetatera, el paisaje se verá alterado de manera moderado puesto que actualmente el mismo se encuentra altamente perturbado por las obras de la UM como el

depósito de jales y la tepetatera actualmente en operación, sine mebargo, la inclusión de esta nueva zona se podrá presentar como un impacto acumulativo de intensidad media.

- Esta zona conlleva la presencia de 4 posibles impactos benéficos, comenzando por la infraestructura, ya que esta tepetatera es de las obras necesarias para el desarrollo de la UM, el sitio donde se almacenará todo el material inerte de la explotación del mineral en el tajo, conjuntando todos los residuos de manera segura y adecuada. A se vez, ayudará a manter un flujo constante en las operaciones de la Unidad y del aprovechamiento económico de la misma y finalmente empleando una porción del territorio para actividades productivas. Todo esto llevado de la mano de distintos cursos, capacitaciones y programas para el personal operativo de la UM.

- La siguiente Zona que comprende la Fase 2 corresponde a la preparación, construcción y operación de la Zona 12 "Área de mantenimiento", la cual estima un total de 24 posibles impactos ambientales, 13 impactos compatibles, 7 impactos moderados y 4 impactos benéficos.

- Durante las 3 etapas de esta zona se estiman solamente impactos compatibles en su vida útil, ya que el sitio se encuentra inmerso en las actividades actuales de la UM y los componentes de la Atmósfera han presentado alteraciones a través del tiempo, impactos meramente acumulativos respecto a la calidad del aire, el paisaje sonoro, los niveles lumínicos, el viento y el microclima.

- Los componentes Relieve e Hidrología presentarán solamente impactos de importancia compatible, ya que esta Zona no alterará de manera considerable las curvas de nivel tanto en preparación como en la construcción. Por su parte, en el sitio no se presentarán escurrimientos intermitentes por las condiciones actuales del sitio en las que se encuentra inmersa la zona, además de que la zona 1 estará actualmente en operación minimizando los escurrimientos; la infiltración no se verá impactada de manera significativa puesto que las obras comprendidas en la zona son puntuales, dispersas y sin tener mayor impacto sobre el factor.

- El Suelo podrá presentar alteraciones de importancia compatibles y moderadas, puesto que en el sitio aun hay presencia de cobertura de suelo vegetal, que para minimizar el impacto al factor y desarrollar de la mejor manera las obras de la zona se deberá retirar la totalidad de la capa de suelo para reubicarla posteriormente, aumentando así el potencial de erosión y las características físicas del suelo.

- La Vegeteación y la Fauna presentarán impactos de importancia compatible y moderada, puesto que en el sitio aún existe cobertura vegetal que deberá ser removida durante las actividades de preparación del sitio con el desmonte y despalme de las áreas que lo requieran, afectando de manera moderada la cobertura vegetal, la distribución de la vegetación y el hábitat de la fauna existente. Además, se podrá presentar impactos sobre la sucesión de la vegetación, ya que en ciertas áreas no se permitirá la revegetación y se procurará mantener el área sin especies que no sean nativas de la región.

- El paisaje se verá impactado de manera compatible durante el desarrollo de las actividades en la zona, puesto que actualmente el paisaje se encuentra altamente perturbado por las distintas

actividades de la UM, por lo que la modificación al paisaje será mayormente acumulativa a mediano plazo.

- El desarrollo de las actividades en la zona conllevará una serie de impactos benéficos para el Proyecto, los cuales recaen principalmente en la infraestructura, un sitio en donde se podrán llevar a cabo actividades de mantenimiento de los vehículos y maquinaria operativa de la UM, con una capacitación constante al personal del proyecto y haciendo un uso productivo del sitio.

- La última zona a evaluar en esta Fase 2 corresponde a la operación de la Zona 14 "Almacenamiento temporal", el desarrollo de zona con la menor cantidad de impactos estimados con un total de 11 impactos posibles, 7 impactos compatibles y 4 benéficos, sin estimar impactos moderados, severos o críticos.

- Para la Atmósfera se estiman impactos de características compatibles sobre la calidad del aire, el paisaje sonoro y los niveles lumínicos, ya que durante la operación se podrá presentar levantamiento de polvos furtivos por medios artificiales como el tránsito vehicular o la manipulación de los insumos que se almacenarán de manera temporal, además de que el paisaje sonoro se podrá alterar por la presencia de vehículos para la carga y descarga de materiales, así como los niveles lumínicos por el uso de luminarias en horarios nocturnos.

- Los componentes Geomorfología, Hidrología, Suelo, Geología y Vegetación no presentarán efectos adversos, ya que todos los factores que los comprenden fueron impactados durante el desarrollo de la Fase 1.

- Respecto a la Fauna solamente se podrán presentar efectos adversos compatibles sobre el hábitat, ya que las especies de alta movilidad y aves que puedan interactuar con el sitio se podrían ver afectadas sin mayores complicaciones, un impacto de intensidad baja y mitigable.

- Los 4 impactos benéficos detectados durante el desarrollo de esta zona corresponden a la Infraestructura, ya que la operación de la Zona conlleva un buen uso de la infraestructura preparada con dicha finalidad, además de ser una obra de apoyo para otras zonas del Proyecto Gran Potencial. El uso del territorio de manera productiva también es catalogado como benéfico, así como la derrama económica que puede derivar.

En la siguiente Figura se presenta la relación de impactos conforme a los componentes evaluados en la Fase 2 del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

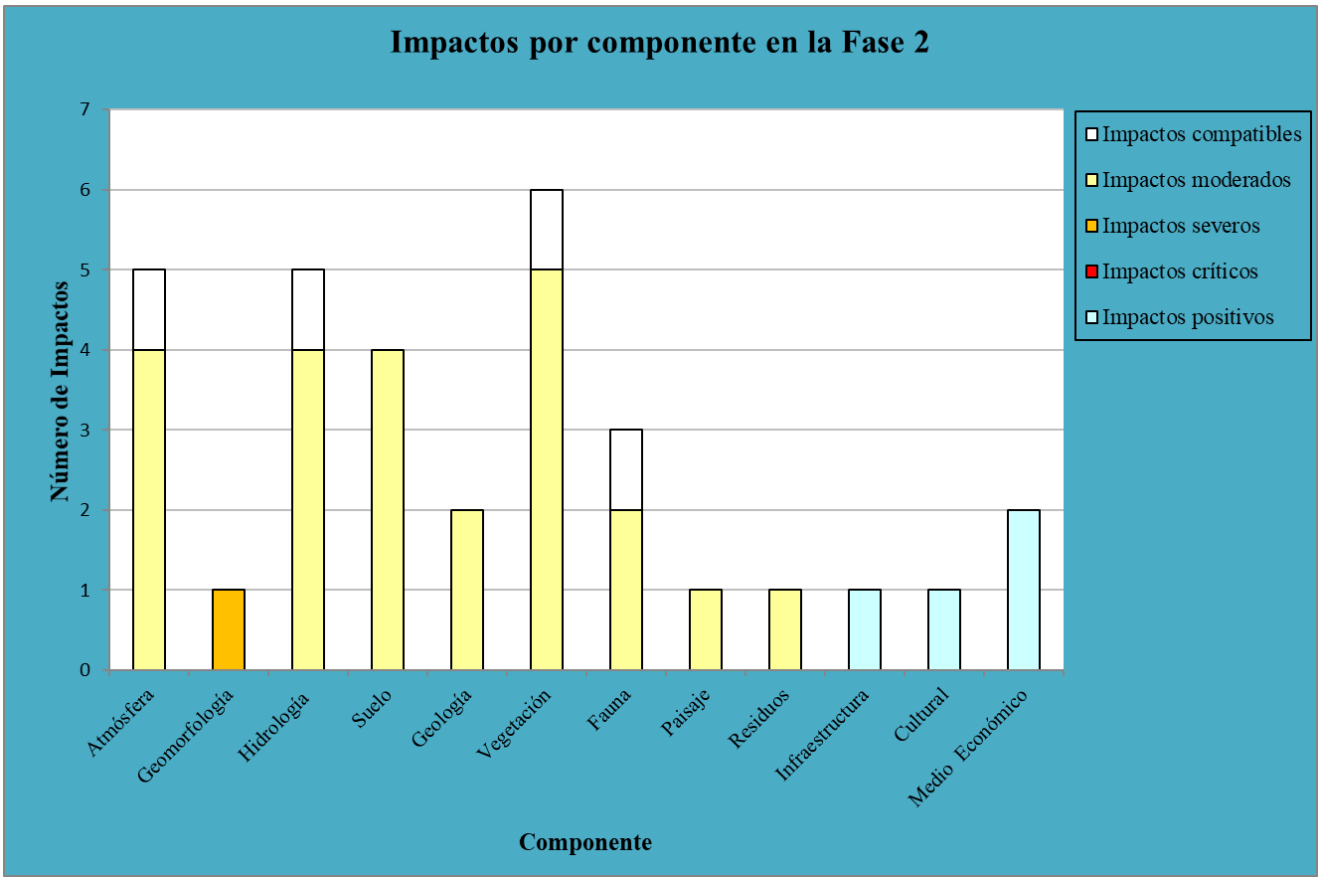



**Figura 5.1. Impactos estimados durante la Fase 2 del Proyecto**

Al igual que en la Fase 1, en la siguiente Figura se presenta una representación gráfica en un plano georreferenciado de la interacción de los impactos ambientales determinados en esta segunda Fase del Proyecto Gran Potencial, destacando aquellos impactos determinados como principales o de mayor relevancia durante este Fase 2 en las respectivas Zonas identificadas.

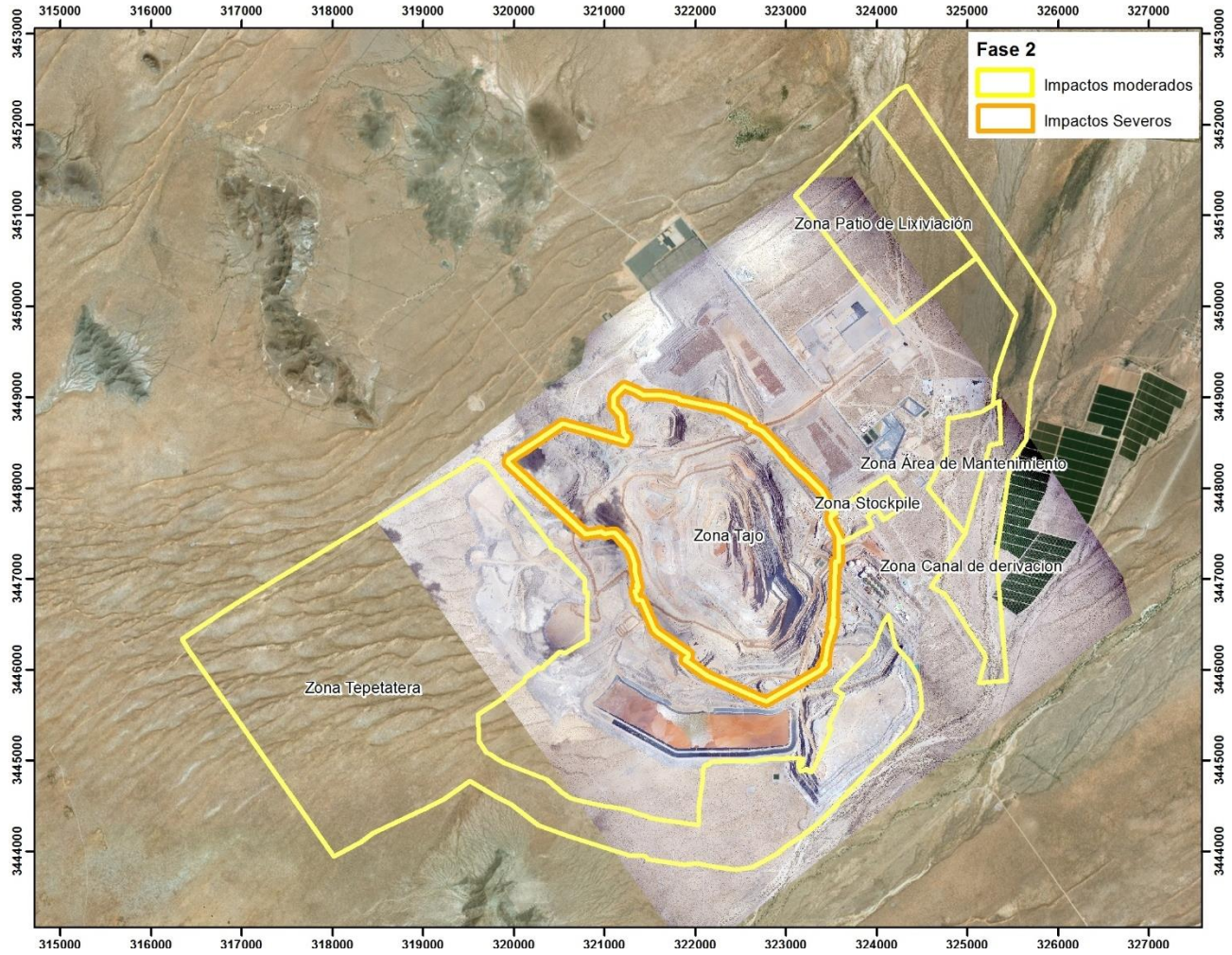



**Figura 5.1. Representación de los impactos principales en la Fase 2**

Finalmente, se realizó el análisis de las Zonas y actividades que podrán interactuar durante el desarrollo de la Fase 3 del Proyecto Gran Potencial La Herradura (Anexo 5.3). A continuación, se describen los impactos ambientales evaluados y estimados con el desarrollo de dicha Fase 3, la Fase menos impactante del Proyecto.

- En esta Fase 3 se evalua la preparación del sitio, la construcción y la operación de la Zona 4 "Área de construcciones", en la cual se estima un total de 23 posibles impactos ambientales, de los cuales 13 impactos compatibles, 6 impactos de importancia moderada y un estimado de 4 impactos benéficos en la Zona.

- El componente Atmósfera estima tanto impactos compatibles como moderados, provocados por las modificaciones en la calidad del aire por el levantamiento de polvos y generación de gases por combustión durante la preparación y construcción principalmente, reduciendo dicho impacto durante la operación de la Zona. El impacto moderado estimado en el sitio es la modificación del Microclima, ya que en la preparación del sitio se podrán requerir actividades de desmonte y despalme se podrán alterar la temperatura y la sensación térmica, sin ser un impacto severo o crítico, pero si acumulativo.

- Por su parte, la Geomorfología podría presentar alteraciones de importancia moderada, ya que las actividades de preparación y las de construcción podrán modificar el relieve de la Zona con intensidad baja, es impacto acumulativo, puntual y mitigable.

- La hidrología sólo podría presentar un par de impactos de importancia compatible, los escurrimientos y la infiltración, ya que con el desarrollo de las obras en la Zona, las corrientes intermitentes que puedan presentarse serían alteradas, esto de manera puntual y mitigable; por su parte, la infiltración podría verse alterada por la reducción de área con posibilidades de infiltración ocasionado por la compactación del sitio o la instalación de planchas de concreto o estructuras como tal, ambos impactos compatibles.

- El Suelo presentaría alteraciones de importancia compatible y moderada, comenzando por las características físicas y la cobertura del suelo, los cuales serán alterados en las actividades de preparación del sitio, ya que, para minimizar el impacto a los factores, el suelo vegetal existente será removido y posteriormente reubicado, modificando así las características físicas del suelo en el sitio, así como su cobertura. Además, con estas actividades se podría aumentar el potencial de erosión tanto hídrica como eólica.

- La Fauna y la Vegetación recibirán impactos en su totalidad de importancia compatible, puesto que el sitio se encuentra altamente perturbado actualmente por las actividades alrededor de la UM, reduciendo así la vegetación en bues estado y la fauna existente. Con el desarrollo de las actividades de preparación del sitio se realizará el desmonte y despalme del sitio, por lo que la cobertura vegetal existente tendrá que ser removida para propiciar áreas adecuadas para la construcción operación de la Zona, alterando con ello el hábitat de la fauna y alterando su distribución. Además de que durante el desarrollo de las actividades se podría alterar el estado sucesional de la vegetación y las especies de fauna que puedan presentarse serían ahuyentadas con la presencia humana, las vibraciones y el tránsito vehicular.

- El desarrollo de las actividades en la Zona generará cierta cantidad de residuos en sus 3 etapas, tanto RSU como RP y RME dada la naturaleza de las actividades del área de construcciones, los cuales se consideran como un impacto compatible, puntual y mitigable rápidamente, sin causar efectos distintos a los descritos.

- Los 4 impactos benéficos que se pueden presentar en la Zona corresponden a la infraestructura, personal del proyecto, uso del territorio y desarrollo económico, ya que la realización de la presente Zona apoyará cada uno de estos factores por el soporte a la UM respecto a las actividades que se pueden realizar en el sitio y lo que conlleva para la economía de la zona.

- La siguiente evaluación fue realizada para la preparación, construcción y operación de la Zona 5 “Reservorio de agua”, en la cual se estima un total 16 impactos compatibles, 4 impactos moderados y 5 impactos benéficos.

- Durante la realización de esta Zona, el componente Atmósfera recibirá impactos de importancia compatible y moderada, ya que las actividades de preparación y de construcción podrán modificar la calidad del aire por el levantamiento de polvos por medios artificiales y la alteración de los parámetros de gases de combustión, ya que el uso de maquinaria y el desmonte

y despalme ocasionarán las alteraciones en dichos niveles. Por su parte, el microclima podrá alterarse de manera moderada por los cambios en el sitio ocasionado por el desmonte y desplame principalmente.

- La geomorfología se verá alterada de manera moderada en su factor Relieve, ya que, con las actividades de preparación, en donde se llevarán a cabo distintos cortes y nivelaciones para la adecuación del reservorio se modificarán las curvas de nivel, un impacto puntual e irrecuperable.

- La Hidrología se verá modificada de manera compatible en dos de sus factores, en los escurrimientos y en la infiltración, ya que los posibles escurrimientos intermitentes en donde se desarrolle el reservorio se modificarán de manera puntual, además de que donde se construya el mismo se impedirá la infiltración (por la misma naturaleza de contención de agua), impactos puntuales y mitigables en la vida útil del Proyecto.

- El Suelo presentará impactos compatibles y moderados, principalmente en la cobertura y las características físicas del suelo, ya que las actividades de desmonte y despalme conllevan la remoción de la capa de suelo vegetal, modificando así sus carscterísticas físicas y aumentando su potencial de erosión, impactos que se presenten de inmediato pero todos mitigables.

- La Vegetación y la Fauna se verán imoactados durante el desarrollo de la presente Zona y sus distintas actividades, ya que durante el desmonte y el despalme será removida la capa vegetal en el sitio, modificando a su vez el hábitat de la fauna y su distribución espacial, sin embargo, por sus dimensiones y las características de la zona este impacto es puntual y mitigable con sus medidas respectivas.

- El Paisaje se verá alterado de manera moderada en el sitio, ya que las actividades de la Zona alterarán las cualidades y características del paisaje, sin embargo, el sitio presenta alteraciones en dichos factores, ya que en la zona existen actividades antrópicas como caminos y estructuras. Este impacto es puntual, acumulativo e irrecuperable.

- Los distintos componentes ambientales que recibirán impactos benéficos, comenzando por la infraestructura, ya que este reservorio servirá de apoyo para la UM La Herradura como reserva de agua para las actividades operativas. Además de que este Proyecto ayudará a mantener un eso adecuado y responsable del agua tratada que podrá almacenarse y que vendrá directamente de la cabecera municipal.

- En el siguiente análisis se evaluaron los posibles impactos ambientales de la preparación, construcción operación de la Zona 10 “Ampliación de tepetatera y/o depósito de jales”, contemplado un estimado total de 29 impactos ambientales potenciales, 11 impactos compatibles, 14 impactos moderados y 4 impactos benéficos.

- Conforme a lo planeado en la UM para la zona, el impacto sobre los factores en el componente Atmósfera se verán impactados de manera compatible y moderada, ya que la calidad del aire se verá modificada por las distintas actividades de desmonte y despalme para la adecuación del área, seguido de las alteraciones del paisaje sonoro por el constante tránsito vehicular y la

presencia humana. Los niveles lumínicos se verán alterados solamente en los horarios de labores nocturnos por el uso de luminarias artificiales y los vehículos en la zona, impactos de importancia baja pero también fácilmente mitigables y/o recuperables.

- El componente Geomorfología se verá modificado de manera Moderada en su factor Relieve, ya que, en la operación de la Zona, ya sea con la construcción de una tepetatera o en un depósito de jales (conforme a los requerimientos de la UM), las curvas de nivel se verán modificadas con intensidad alta por la elevación de ambas estructuras u obras. Este impacto será acumulativo e irrecuperable.

- La Hidrología en el sitio podrá verse alterada de manera tanto compatible como moderada en sus distintos factores. El principal elemento alterado con el desarrollo de las actividades en la Zona corresponde a la Infiltración, ya que cualquiera de los dos elementos posibles a desarrollarse en el sitio minimizará el potencial de infiltración en la huella de la obra, ya que las obras como tal requerirán evitar la infiltración. Otro de los impactos posibles a presentarse es la modificación en los escurrimientos, ya que, aunque la obra de la Zona 1 ayudará a mantener a la UM sin el riesgo de corrientes que alteren la operación minera, los posibles escurrimientos intermitentes podrán verse afectados de manera puntual en el sitio, un impacto puntual y mitigable con medidas adecuadas. Por su parte, las cacacterísticas químicas podrían verse afectadas a largo plazo en caso de que material externo que no sea agua se infiltre modificando sus características, un impacto poco probable y con posibilidad de mitigación conforme a las de construcción tanto de una tepetatera o un depósito de jales.

- El componente Suelo se podrá ver alterado en impactos compatibles y moderados, el principal componente afectado la Cobertura seguido de las características físicas del suelo, ya que, la capa de suelo existente deberá ser removida en su totalidad para minimizar su impacto y adecuar el área a las necesidades de construcción de una u otra obra. Con estas actividades se podrá aumentar el potencial de erosión en el suelo y en el sitio, por lo cual estos impactos son mitigables y puntuales.

- La vegetación y la fauna se verán impactados de manera compatible y moderada, esto ocasionado por las actividades de desmonte y despalme en el sitio, con lo que la cobertura vegetal y por ende el hábitat de la fauna se verán impactados de manera moderada, con intensidad en el impacto alta, puntuales pero que pueden ser mitigables y compesables con las medidas adecuadas. Por su parte, el potencial de sucesión de la vegetación se podrá ver limitado por el desarrollo de las obras en la Zona, además de que puede ser libertad de presencia para especies oportunistas, impacto que a su vez puede ser también prevenido o mitigado.

- El desarrollo a futuro de la presente zona, sea para tepetatera o depósito de jales, conlleva un alto impacto benéfico para la UM La Herradura y para la región, ya que ambas obras son altamente necesarias y benéficas para la operación minera en la unidad, razón por la cual se contempla a futuro dicha área, lo que conlleva además el mantener la operación de La Herradura con un beneficio agregado a la región y al personal operativo de la misma. Con ello, se mantienen también las distintas capacitaciones y preparaciones del personal en materia ambiental y de seguridad laboral, sumado al uso del territorio para actividades altamente productivas y con un desarrollo económico constante en la región.

- El último análisis realizado para la presente Fase 3 corresponde a la operación de la Zona 13 "Acceso oriente", la Zona con la menor cantidad de impactos a presentarse durante la Fase 3 del Proyecto Gran Potencial La Herradura, con un estimado total de 9 impactos advsersos compatibles y 5 impactos benéficos, sin presentarse impactos moderados, severos o críticos.

- La Atmósfera tendrá solamente impactos compatibles en su calidad del aire por el uso constante del acceso en el que se levantarán polvos por el tránsito vehicular y la modificación en los parámetros de los gases de combustión, impactos con intensidad baja y recuperables de manera inmediata. El paisaje sonoro se verá alterado por el ruido ocasionado en la maquinaria o vehicules que utilicen el acceso tanto para la UM como por la comunidad, así como la alteración de lo niveles lumínicos por las luminarias de los vhículos que circulen en horarios nocturnos, impactos puntuales y fácilmente recuperables.

- Los componentes Geomorfología, Suelo, Vegetación, Geología y Paisaje no recibirán modificaciones o alteraciones con el desarrollo de las actividades en la operación de la Zona 13.

- La Hidrología solamente presentaría impacto sobre su factor Infiltración, ya que con la operación del acceso oriente, el potencial de infiltración seguirá reducido en la huella del acceso por la constante compactación por el tránsito vehicular y las características de construcción realizadas en fases anteriores.

- La Fauna tendría alteraciones de manera compatible con el hábitat de la fauna y la estructura de la comunidad, ya que la constante operación del acceso generará un ahuyentamiento continuo de la fauna que pueda desarrollarse en el sitio, impactos de intensidad baja y puntuales además de mitigables.

- Esta Zona conlleva una serie de impactos benéficos durante su desarrollo, comenzando por la infraestructura, ya que el acceso permite el tránsito vehicular adecuado y seguro en el sitio beneficiando tanto a la UM como a las comunidades cercanas. Tendrá impactos benéficos sobre el personal de la unidad, así como con la comunidad cercana, además de que el uso actual del sitio podrá ser mayormente productivo generado por las actividades en la zona en fases anteriores.

En la siguiente Figura se presentan la relación de impactos ambientales identificados en esta Fase 3 del Proyecto Gran Potencial La Herradura respecto a sus componentes ambientales analizados.

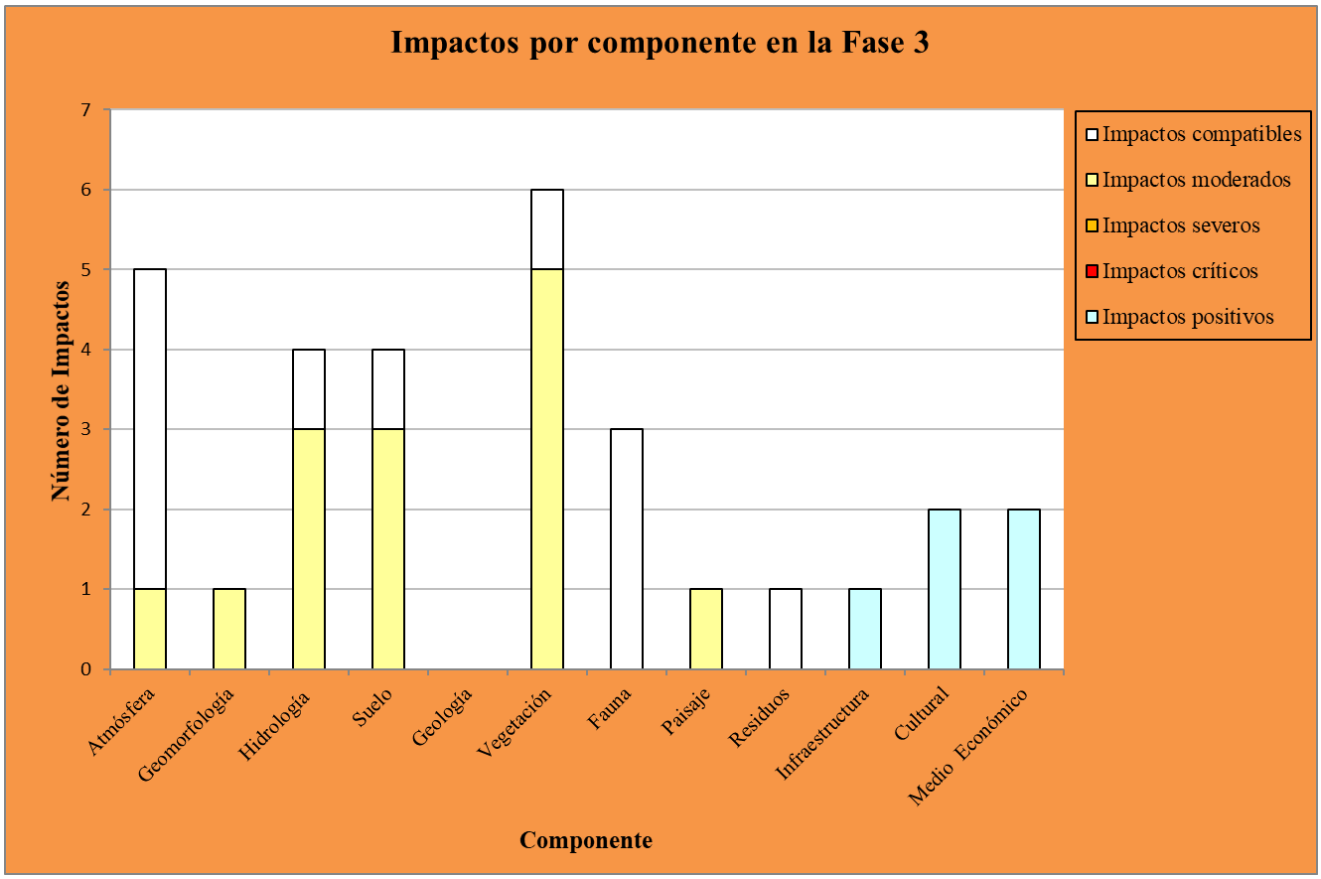



**Figura 5.1. Impactos estimados durante la Fase 3 del Proyecto**

Conforme al análisis de las dos fases anteriores, en la siguiente Figura se presenta una representación gráfica en un plano georreferenciado de la interacción de los impactos ambientales determinados la tercera y última Fase del Proyecto Gran Potencial, destacando aquellos impactos determinados como principales o de mayor relevancia durante este Fase 3 en las respectivas Zonas identificadas.

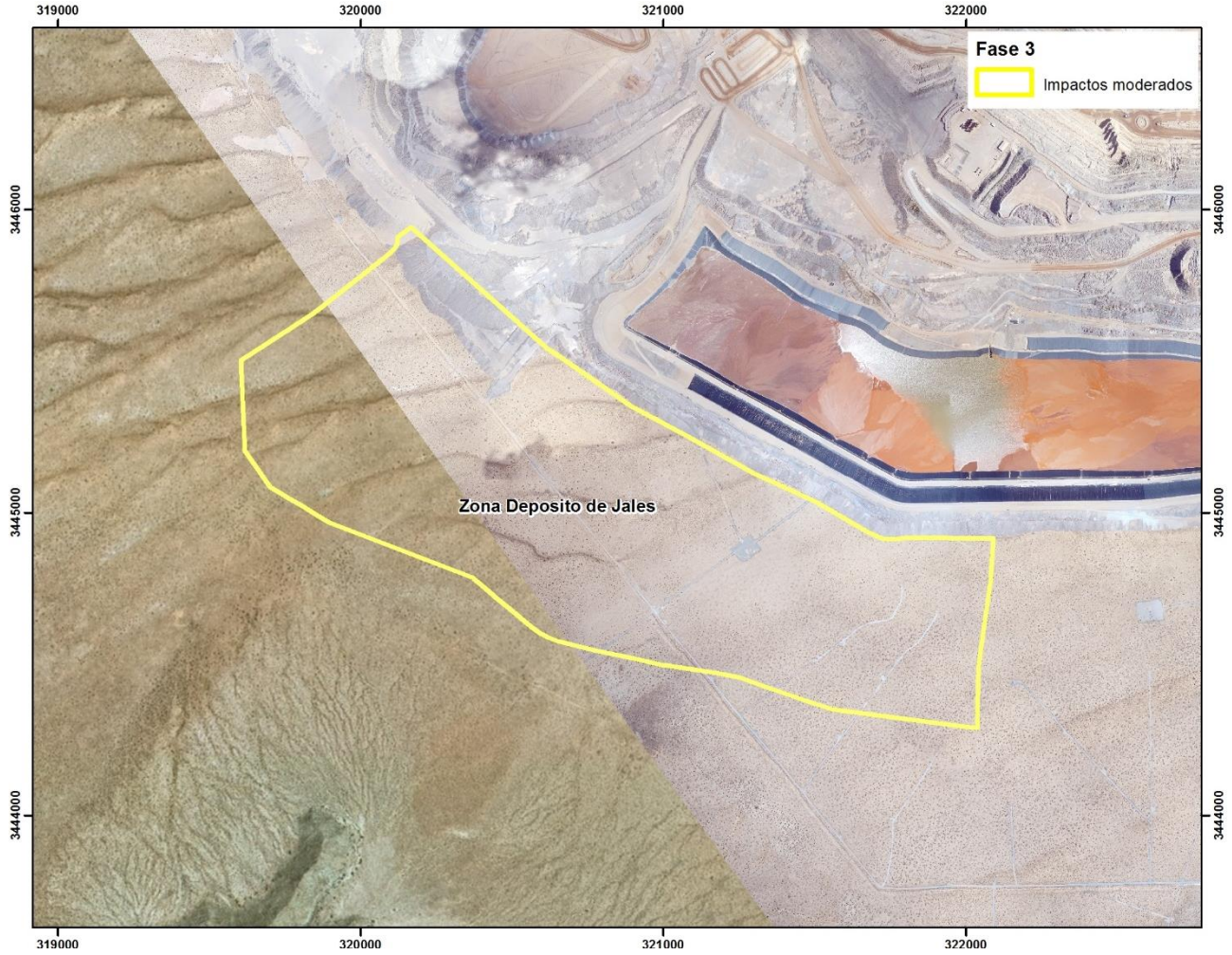



**Figura 5.1. Representación de los impactos principales en la Fase 3**

***V.1.4.6. Valoración de impactos ambientales con ponderación de importancia de los factores ambientales***

Una vez determinado su grado de importancia, se realizó una nueva valoración de los impactos, esta vez ponderando la importancia de los factores ambientales.

Para lo anterior, se extrajeron los valores máximos de importancia de los impactos identificados para cada etapa del proyecto (Anexos 5.1, 5.2 y 5.3), traspasándolos a la matriz de valoración mostrada en el Anexo 5.4. En esta matriz se pondera el efecto de acuerdo a lo significativo que es con respecto a cada factor ambiental.

A cada factor ambiental identificado se le asigna un factor de 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 factor de peso se basó en el juicio de un grupo multidisciplinario de especialistas ambientales, para lo cual se predeterminaron un total de 1,000 UIP a ser repartidos entre los distintos factores ambientales de acuerdo a su grado de contribución al sistema ambiental.

En la matriz de valoración de impactos, se presentan en la columna del factor, las UI 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 nos indica las incidencias del conjunto sobre cada factor ambiental, traducido como "Fragilidad" ante el Proyecto. La suma por columnas nos da una valoración relativa del efecto que cada acción producirá en el medio y, por tanto, su "Agresividad".

De la matriz de valoración de impactos con ponderación de los factores ambientales del Proyecto Gran Potencial La Herradura (Anexo 5.4), se concluye lo siguiente:

- La Fase con la mayor cantidad de impactos adversos significativos es la Fase 1, seguido de la Fase 2 con la mayor cantidad de impactos moderados y finalmente la Fase 3 con la menor cantidad de impactos estimada.

- El Medio Inerte es el que recibirá la mayor cantidad de impactos adversos severos durante el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura, sumado a los impactos moderados en la Fase 1.

- La Fase que presentará la mayor cantidad de impactos ambientales estimados en sus distintas categorías en las Fase 1, seguido de la Fase 2 y finalmente la Fase 3 con la menor cantidad de impactos estimados.

- Durante el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura no se estima la presencia de impactos adversos Críticos en ninguna de sus 3 fases.

- Se presentarán una media de 4 impactos benéficos por cada fase, los cuales están inmersos dentro del Medio Socio-económico en toda la vida útil del Proyecto Gran Potencial.

- 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 5.6.

- Por la magnitud del impacto adverso relativo total que reciben (multiplicación del valor absoluto por las UIP del correspondiente Factor/componente), los Factores ambientales pueden ser ordenados, de mayor a menor vulnerabilidad, como aparecen en la Tabla 5.7.

**Tabla 5.6. Factores impactados por valor absoluto**

| No. | Factor |
|---|---|
| **1** | Relieve |
| **2** | Infraestructura |
| **3** | Cobertura vegetal |
| **4** | Infiltración |

| | |
|---|---|
| **5** | Cobertura |
| **6** | Uso del territorio |
| **7** | Escurrimientos |
| **8** | Distribución de la vegetación |
| **9** | Desarrollo económico |
| **10** | Microclima |
| **11** | Características del paisaje |
| **12** | Personal del proyecto |
| **13** | Características físicas |
| **14** | Erosión |
| **15** | Calidad del aire |
| **16** | Hábitat para la fauna |
| **17** | Disponibilidad de agua subterránea |
| **18** | Residuos |
| **19** | Distribución geológica |
| **20** | Estabilidad |
| **21** | Viento |
| **22** | Estado sucesional |
| **23** | Diversidad |
| **24** | Estructura de la comunidad de fauna |
| **25** | Nivel de agua subterránea |
| **26** | Flora protegida, endémica o de interés especial |
| **27** | Características químicas |
| **28** | Características químicas del agua subterránea |
| **29** | Paisaje sonoro |
| **30** | Comunidad |
| **31** | Estado fitosanitario |
| **32** | Fauna protegida, endémica o de interés especial |
| **33** | Niveles lumínicos |
| **34** | Sitios con valor ambiental (ANP, RP, AICA, RAMSAR, etc.) |

**Tabla 5.7. Factores impactados por valor relativo**

| No. | Factor |
|---|---|
| **1** | Cobertura vegetal |
| **2** | Infiltración |
| **3** | Escurrimientos |
| **4** | Distribución de la vegetación |
| **5** | Hábitat para la fauna |
| **6** | Microclima |
| **7** | Disponibilidad de agua subterránea |

| | |
|---|---|
| **8** | Estado sucesional |
| **9** | Diversidad |
| **10** | Cobertura |
| **11** | Estructura de la comunidad de fauna |
| **12** | Calidad del aire |
| **13** | Nivel de agua subterránea |
| **14** | Flora protegida, endémica o de interés especial |
| **15** | Características químicas del agua subterránea |
| **16** | Viento |
| **17** | Estado fitosanitario |
| **18** | Fauna protegida, endémica o de interés especial |
| **19** | Características físicas |
| **20** | Relieve |
| **21** | Erosión |
| **22** | Características del paisaje |
| **23** | Paisaje sonoro |
| **24** | Infraestructura |
| **25** | Niveles lumínicos |
| **26** | Características químicas |
| **27** | Uso del territorio |
| **28** | Desarrollo económico |
| **29** | Personal del proyecto |
| **30** | Distribución geológica |
| **31** | Estabilidad |
| **32** | Residuos |
| **33** | Comunidad |
| **34** | Sitios con valor ambiental (ANP, RP, AICA, RAMSAR, etc.) |

En la siguiente Figura se presenta un gráfico con la proporción de impactos ambientales totales determinados en cada una de las 3 Fases del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

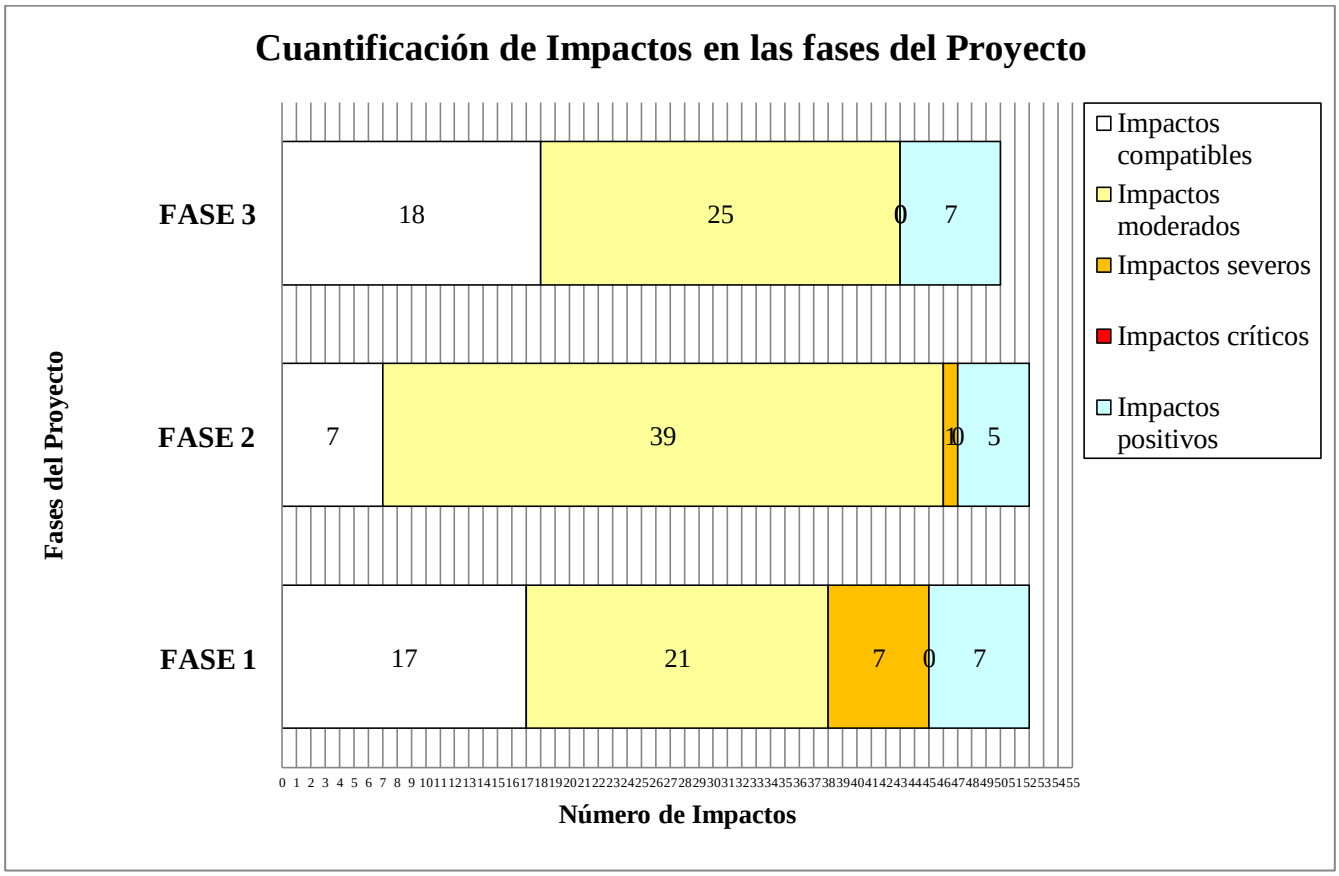



**Figura 5.1. Tipos de impactos identificados y anticipados para las tres fases del Proyecto**

### *V.1.4.7 Caracterización de los impactos*

De acuerdo las definiciones integradas en el Glosario de esta MIA (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 (REIA), 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, 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, cuyo valor de importancia relativa y/o absoluta 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;
- Que la influencia sobre el Factor alterado se presenta en más de una etapa del desarrollo del Proyecto (preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento);
- Que la ponderación del Factor ambiental alterado (UIP), sea alta en el contexto del SA.

De acuerdo con estos criterios de jerarquización, en la presente sección se interpretan y se describen los impactos identificados como principales a partir de las matrices de importancia por etapas (Anexos 5.1 a 5.3), y de la matriz de ponderados (Anexo 5.4).

### *V.1.4.7. Descripción de los impactos potenciales significativos identificados*

A continuación, se describen los impactos interpretados y definidos como principales, tanto adversos como positivos, que se estima generará el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura, a los cuales se les ha designado un código respecto al componente ambiental sobre el cual se presentarán. Dichos impactos se enlistan según el orden en el que aparecen dentro de la matriz de evaluación de impactos, misma que evalúa en primera instancia los componentes ambientales, abióticos y posteriormente los componentes bióticos y socioeconómicos.

*Impactos adversos*

En la se enlistan con un código de identificación y se hace una breve descripción de los impactos que potencialmente afectarán adversamente a los componentes ambientales de las áreas del Proyecto.

**Tabla 5.8. Impactos adversos potenciales del desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura**

| Componente ambiental | Código | Impacto potencial |
|---|---|---|
| Atmósfera | *Atm-1* | Afectación a la calidad del aire por generación y emisiones de polvos (Partículas Suspendidas Totales) |
| | *Atm-2* | Afectación a la calidad del aire por emisiones de gases de maquinaría y vehículos (Óxidos de Nitrógeno, Óxidos de azufre y Óxidos de Carbono) |
| | *Atm-3* | Incremento en niveles sonoros |
| | *Atm-4* | Modificación de las condiciones microclimáticas |
| Geomorfología | *Geo-1* | Modificaciones al relieve, abarcando pérdida de geoformas y creación de nuevos contornos topográficos |
| Hidrología | *H-1* | Modificación en los escurrimientos intermitentes existentes |
| | *H-2* | Modificación en la capacidad natural de infiltración |
| Suelo | *S-1* | Afectación y/o eliminación de la cobertura de suelos |
| | *S-2* | Incremento del potencial de erosión en el sitio |
| | *S-3* | Alteraciones en las características físicas del suelo |
| Vefetación | *Veg-1* | Pérdida de la cobertura vegetal en las áreas del proyecto |
| | *Veg -2* | Distribución de la vegetación |
| Fauna | *Fa-1* | Pérdida del hábitat de manera puntual |
| Fauna | *Fa-2* | Potencial afectación a especies protegidas y/o de interés especial |

| Componente ambiental | Código | Impacto potencial |
|---|---|---|
| Paisaje | *P-1* | Alteración de las características del paisaje por la modificación de las cualidades estéticas y la introducción de elementos artificiales en el sitio |
| Residuos | *Re-1* | Generación de distintos tipos de residuos (RSU, RP, RME) |

A continuación, se describen con mayor detalle los impactos enlistados en la Tabla 5.8, agrupándolos por componente ambiental que potencialmente afectarán.

**Atmósfera**

*Atm-1.- Afectación a la calidad del aire por generación y emisiones de polvos (Partículas Suspendidas Totales)*

Se predice que este impacto será de importancia Moderada durante 2 de las 3 fases del proyecto, debido a que de manera natural en la zona es común la suspensión de polvos por efecto de las corrientes de viento sobre materiales sueltos a falta de humedad, esto sumado a las áreas destinadas para el desarrollo del Proyecto donde las emisiones de polvo actuales serán mayores conforme a las actividades que se vayan realizando por fase.

Durante las distintas fases del Proyecto, este impacto será causado por el uso de maquinaria y vehículos para movimiento de materiales y actividades de despalme y reubicación de individuos vegetales. El desmonte de la vegetación en el área de ocupación las hará vulnerables a la suspensión de polvos en el momento en el que se desarrollen.

El principal generador de este impacto es el tajo Megacentauro, ya que durante su operación se generaría una elevada cantidad de PST en la zona por las distintas voladuras con explosivos, el movimiento de tierras para extraer el mineral y el acarreo mediante yucles de alto volumen a superficie, un lugar propenso a que se presente dicho impacto de manera moderada. A la par de esta obra, otro de los puntos de mayor relevancia para la generación de este impacto es en la nueva tepetatera, ya que por su naturaleza en sí se realiza un constante movimiento de materiales que ocasionaría un elevado levantamiento de polvos en PST en el momento de la descarga del tepetate y del acarreo del mismo desde el tajo megacentauro.

Los polvos generados en el área del proyecto podrían extenderse más allá de sus límites y afectar indirectamente a la flora y fauna de sus áreas colindantes. Un ejemplo de este tipo de afectación son las propios limites de las áreas de este proyecto que al encontrarse contiguas a la unidad minera su flora y fauna han sido ligeramente afectadas, esta afectación de mayor magnitud en áreas rodeadas de obras.

En las fases del Proyecto, las emisiones de polvos se consideran de fugitivas, inconstantes y de alcance puntual. Este impacto es reversible si se considera que el efecto finaliza casi inmediatamente después que cesa la actividad causante del impacto.

*Atm-2.- Afectación a la calidad del aire por emisiones de gases de maquinaría y vehículos (Óxidos de Nitrógeno, Óxidos de azufre y Óxidos de Carbono)*

La calidad del aire será afectada por emisiones de gases a la atmósfera, compuestos principalmente de Óxidos de Nitrógeno (NOx), Azufre (SOx) y Carbono (COx), derivados de la combustión realizada por maquinaria pesada, maquinaría media, maquinaría ligera y vehículos.

Este impacto se predice que, de importancia Compatible en las Fase 1 y 3 y Moderado en la fase 2 del Proyecto, ya que el aumento de maquinaria y vehículos que pudiera necesitar el Proyecto puede ser representativo considerando la flotilla actual de la Unidad Minera La Herradura.

*Atm-3.- Incremento en niveles sonoros*

Puntualmente en el área del Proyecto se incrementarán los niveles sonoros principalmente a causa de la presencia humana, el constante manejo de maquinaria pesada que generará ruido con el contacto de las llantas con el suelo, frenado y cargado y descargado de materiales.

Las voladuras que se realizarán como parte de las actividades básicas en la ampliación del Tajo Megacentauro, incrementarán los niveles sonoros periódicamente, sin embargo, el impacto se considera recuperable ya que una vez que los trabajos concluyan, el efecto terminará.

No existen centros de población cercanos al área del Proyecto en los que sus efectos sean percibidos directamente, ya que el ejido más cercano se encuentra a 10 km aproximadamente de distancia.

*Atm-4.- Modificación de las condiciones microclimáticas*

Si bien el Proyecto no involucra zonas con microclimas particulares, como cañadas, las condiciones microclimáticas en la zona serán afectadas de forma indirecta con el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

La modificación de las condiciones microclimáticas se consideró como impacto principal debido a que se presentará de forma moderada dentro de las 3 fases analizadas en el Proyecto, con un valor de importancia cercano al rango de los impactos severos; provocado por diferentes actividades (desmonte de vegetación y construcción los distintos componentes del Proyecto), sumado a las flotillas vehiculares y los insumos de construcción.

Se estima que de forma indirecta la remoción de la cubierta vegetal implicará una disminución en la evapotranspiración, así como también se provocará la liberación del carbono que fue capturado mediante fotosíntesis, tanto en las diferentes estructuras de las plantas, como en el suelo. Lo cual podría también influir en los cambios sobre el microclima.

**Geomorfología**

*Geo-01.- Modificaciones al relieve, abarcando pérdida de geoformas y creación de nuevos contornos topográficos*

La ejecución del proyecto implica la adecuación de la topografía durante la ocupación de las áreas en las distintas Zonas del Proyecto con cortes, rellenos y nivelaciones; así como modificaciones significativas a la topografía natural al profundizar el Tajo Megacentauro y su ampliación y al disponer de materiales estériles en la nueva Tepetatera, así como la contención y manejo de jales en el nuevo depósito de jales.

Puntualmente este impacto es considerado de importancia severa durante las dos primeras fases del Proyecto y de importancia moderada en la última fase del mismo.

En el contexto de la Unidad Minera, las modificaciones al Relieve son de consideración respecto a la actual huella en la UM, un impacto irrecuperable, continuo y acumulativo.

**Hidrología**

*H-1.- Modificación en los escurrimientos intermitentes existentes*

Durante la ejecución de las actividades de ocupación de las distintas Zonas y obras contenidas en el Proyecto Gran Potencial La Herradura se podrían alterar los distintos cauces de escurrimientos intermitentes existentes en el sitio, principalmente los provenientes del Norte, que aunque como medidas de control de escorrentías y prevención de erosión será por medio del canal de derivación por gaviones en la Zona 1 y demás medidas que serán especificadas en el siguiente Capítulo, la modificación a los posibles escurrimientos intermitentes se considera como relevante conforme a las características generales de la Hidrología en el sitio.

La afectación se considera de importancia Moderada durante las 3 distintas fases del Proyecto, ya que las condiciones climatológicas, el tipo de suelo y la topografía específica del sitio determina que los distintos cauces existentes no son homogéneos entre sí y su efecto puede ser variado conforme a las condiciones climatológicas que se presenten.

*H-2.- Modificación en la capacidad natural de infiltración*

Este es uno de lo impactos más recurrentes durante el desarrollo y la ejecución de las distintas actividades y obras del Proyecto Gran Potencial, ya que durante las distintas actividades en la preparación y en la construcción de las 3 fases del Proyecto, todo ello por la compactación y el sellamiento de la huella de cada obra, que disminuirán la taza de infiltración puntual en la Unidad Minera La Herradura.

El rango de modificación en la taza de infiltración es variable respecto a la naturaleza de las distintas obras comprendidas en el Proyecto, la tapetatera, el depósito de jales, el patio de lixiviación y el tajo megacentaura las que modificarán en mayor superficie e intensidad la taza de infiltración.

Al considerar las características de los suelos de la zona se determina que este impacto no modificará la taza de infiltración total de la zona más puntual y que puede ser mitigado o compensado mediante distintas medidas, un impacto moderado dadas las características generales del sitio.

**Suelos**

*S-1.- Afectación y/o eliminación de la cobertura de suelos*

Con el desarrollo de las actividades contempladas para la preparación del sitio y la construcción durante las 3 distintas fases analizadas en el Proyecto Gran Potencial, se estima una modificación o alteración en la cobertura del suelo vegetal existente por las actividades de despalme, para con ello minimizar el impacto al componente suelo.

Antes de cualquier operación o construcción específica en las Zonas del Proyecto, se realizarán campañas de remoción del suelo orgánico que exista, alterando de manera intensa a dicho componente respecto a la cobertura del mismo, pudiendo ser minimizado mediante algunas actividades como el rescate y resguardo del mismo hacia sitios específicos para su almacenamiento segregado en la medida posible para un posible uso en actividades de restitución.

Debido a la extensión de las obras y, ha que naturalmente en la zona la capa de suelo orgánico es prácticamente inexistente, este impacto se determina de importancia moderada y severa, extensión puntual y con posibilidad de ser mitigado o compensado.

*S-2.- Incremento del potencial de erosión en el sitio*

La eliminación de cobertura vegetal, despalme y movimiento de materiales, podrían ocasionar un incremento en la taza de erosión local, al aumentar la susceptibilidad de los suelos a ser arrastrados por corrientes de vientos, las cuales se consideran como el principal factor de erosión de la zona uno de las principales causas de la dinámica de pérdida de suelos.

En la etapa de Preparación del terreno el impacto se considera de importancia compatible con las condiciones actuales, pero debido a que en esta etapa se llevarán a cabo actividades de desmonte de vegetación y despalme el potencial de erosión aumentará a una importancia Moderada durante las 3 distintas fases del Proyecto en las que el suelo estará más susceptible por la eliminación de la cobertura vegetal y las modificaciones en la topografía que aumenten pendientes.

Los procesos erosivos, tanto naturales como provocados, son negativos, aunque recuperables con la acción del hombre.

*S-3.- Alteraciones en las características físicas del suelo*

Con las actividades de preparación durante las 3 fases descritas en el Proyecto, se realizarán actividades de despalme, en las cuales las características físicas del suelo se verán altamente modificadas, puesto que su composición se alterará conforme se retire la capa vegetal en el sitio donde exista para que sea reubicada o almacenada de manera temporal sin poder tener las mismas características físicas del suelo.

Este impacto se considera como Moderado en las 3 distintas Fases del Proyecto puesto que se realizarán actividades de preparación y construcción en ellas, un impacto puntual y con las diferentes medidas aplicables podrán mitigarse o compensarse dichas alteraciones al suelo.

**Vegetación**

*Fl-1.- Pérdida de la cobertura vegetal en las áreas del Proyecto*

El impacto de mayor importancia identificado para el componente Flora corresponde a la remoción de la Cobertura Vegetal, ya que para la preparación del sitio en las 3 distintas Fases del Proyecto Gran Potencial La Herradura requerirá en ciertas partes de la huella solicitada actividades de desmonte para con ello rescatar y reubicar los individuos aptos y de interés ecológico, minimizando los impactos a dicho componente.

Sin embargo, por las dimensiones y las características del Proyecto, este impacto se considera como principal, el mayor impacto identificado durante la Fase 1 descrita anteriormente, un impacto de importancia Severa, seguido por las siguientes dos Fases con impactos de importancia Moderada sin presentar impactos Críticos en todo su desarrollo.

La alta intensidad del impacto y por el resto de los atributos con los que se evaluó (de momento inmediato y acumulativo con otras afectaciones sobre el componente Vegetación en el área de estudio sobre las localidades rurales, zonas agrícolas, zonas industriales cercanas, etc.; de efecto directo, continuo, mitigable y de persistencia temporal y reversible a medio plazo) este impacto resultó ser de importancia Severa en la Fase 1.

*Fl-2.- Distribución de la vegetación*

En las distintas actividades de Preparación del terreno incluidas en las 3 fases del Proyecto Gran Potencial, se tendrán modificaciones en la distribución de la vegetación al realizar actividades de rescate y reubicación de individuos de interés presentes en las áreas del Proyecto hacia sitios de reubicación.

La remoción de la vegetación durante dichas actividades, aunado a la presencia humana podría propiciar modificaciones de la distribución de los tipos de vegetación por la propagación de especies secundarias y de mayor tolerancia al polvo, gases de vehículos, acceso reducido al recurso agua, etc.

La propagación de este tipo de especies será mayormente favorecida en los márgenes de las obras del Proyecto y principalmente en los de los accesos internos.

Este impacto se considera de importancia Severa en la etapa de Preparación del terreno y de importancia compatible en la etapa de Construcción-Operación.

Aunque negativo, el impacto se considera recuperable, dado que una vez que las actividades que provocan el impacto sean concluidas, las especies vegetales actuales podrán recuperarse naturalmente, aunque en un largo período.

**Fauna**

*Fa-1.- Pérdida del hábitat de manera puntual*

Durante las actividades distintas actividades de Preparación del terreno en las 3 distintas fases del Proyecto, la pérdida de cobertura vegetal y las modificaciones a la topografía significarán la pérdida puntual de espacios para el hábitat de especies de fauna.

Este impacto se considera de importancia Moderada debido a que algunas de las áreas del Proyecto se encuentran enclavadas entre obras en operación de la Unidad Minera y no representan espacios significativos de hábitat.

Este impacto puede presentarse con una mayor importancia en las áreas que actualmente no presentan algún tipo de actividad u obra minera, puesto que son sitios que no han recibido de manera relevante alguna alteración tanto en la cobertura vegetal, el relieve o la presencia humana.

Este impacto se considera puntual y delimitado conforme a las superficies autorizadas, además de que puede ser mitigable con las distintas medidas que sea adecuadas.

*Fa-2.- Potencial afectación a especies protegidas y/o de interés especial*

Tomando como base los análisis de campo realizados para el presente Proyecto, así como estudios bibliográficos para distintos proyectos de la Unidad Minera La Herradura, se determinó la presencia potencial en las áreas del Proyecto un estimado total de 24 especies de fauna enlistada con alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Considerando que el Proyecto pretende desarrollarse tanto en sitios que actualmente presentan alguna actividad minera o presencia humana, así como en áreas nuevas, representa un factor de alejamiento de fauna sensible, este impacto se considera de importancia Compatible.

De las especies protegidas y/o interés especial las más susceptibles de ser afectadas, principalmente durante la ejecución de las actividades de Preparación del terreno en alguna de las fases del Proyecto, son las de reptiles ya que algunas tienen características físicas, motrices, conductuales o metabólicas que limita una respuesta rápida o efectiva de desplazamiento ante cualquier disturbio o afectación.

**Paisaje**

*P-1.- Alteración de las características del paisaje por la modificación de las cualidades estéticas y la introducción de elementos artificiales en el sitio*

La remoción de la vegetación, ahuyentamiento de fauna, modificación del relieve y la presencia humana y de vehículos con el desarrollo de las distintas obras mineras que se proyectan desarrollar con el presente Proyecto afectará las cualidades estéticas de las áreas del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

Actualmente, el paisaje de las áreas del Proyecto es alterado indirectamente por las obras mineras de gran magnitud de la Unidad Minera La Herradura tales como el Tajo, las distintas tepetateras y demás obras, las cuales son visibles desde áreas externas a la Unidad y de las nuevas áreas propuestas para este Proyecto.

Considerando lo anterior, la introducción de elementos artificiales a las áreas del Proyecto con el desarrollo de las obras pretendidas será Moderado con el paisaje actual y la continuidad del paisaje será alterada de forma poco significativa en las distintas Fases del Proyecto.

*Impactos benéficos*

Además de los impactos adversos descritos anteriormente, el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura causará impactos positivos de importancia Moderada para el Medio social y económico. En la Tabla 5.9 se describen los impactos positivos.

**Tabla 5.9. Impactos benéficos identificados**

| Subsistema | Código | Impacto potencial |
|---|---|---|
| Medio Socioeconómico | Ms-1 | Generación de servicios e infraestructura para operación de la Unidad Minera La Herradura |
| | Ms-2 | Diseño, implementación, seguimiento y refuerzo de programas de capacitación y de desarrollo de capacidades para trabajadores. |
| | Ms-3 | Diseño, implementación, seguimiento y refuerzo de programas de apoyo comunitario en temas de educación y colaboración. |
| | Ms-4 | Desarrollo económico, derrama económica, generación de empleos permanentes, generación de empleos temporales, generación de empleos indirectos. |
| | Ms-5 | Uso del territorio actualmente propuesto para el desarrollo del Proyecto para realizar distintas actividades de aprovechamiento. |

### *V.1.4.8. Impactos identificados por etapa del proyecto*

Considerando que los impactos ambientales identificados en la Tabla 5.8 y Tabla 5.9 serán potencialmente causados en diferentes momentos del desarrollo del proyecto, se elaboró la Tabla 5.10 en donde se muestran los impactos potenciales para cada componente ambiental por etapa del proyecto y se identifica la magnitud que tendrán en cada una.

**Tabla 5.10. Impactos potenciales en cada componente ambiental por etapa del proyecto**

| Componente Ambiental | Etapa del proyecto | | |
|---|---|---|---|
| | Fase 1 | Fase 2 | Fase 3 |
| Atmósfera | ***Atm-1 y Atm-2*** | ***Atm-1 y Atm-2*** | N.A. |
| | N.A. | ***Atm-3*** | N.A. |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| | ***Atm-4*** | ***Atm-4*** | ***Atm-4*** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | N.A. | ***Atm-4*** | N.A. |
| Geomorfología | ***Geo-1*** | ***Geo-1*** | ***Geo-1*** |
| Hidrología | ***H-1*** | ***H-1*** | ***H-1*** |
| | ***H-2*** | ***H-2*** | ***H-2*** |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| Suelo | ***S-3*** | ***S-3*** | ***S-3*** |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| | ***S-1*** | ***S-1*** | ***S-1*** |
| | ***S-2*** | ***S-2*** | ***S-2*** |
| Vegetación | ***Fl-1*** | ***Fl-1*** | ***Fl-1*** |
| | ***Fl-2*** | ***Fl-2*** | ***Fl-2*** |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| Fauna | N.A. | N.A. | N.A. |
| | ***Fa-1*** | ***Fa-1*** | |
| | ***Fa-2*** | ***Fa-2*** | ***Fa-2*** |
| Paisaje | ***P-1*** | ***P-1*** | ***P-1*** |
| Residuos | N.A. | N.A. | N.A. |
| Infraestructura | ***Ms-1*** | ***Ms-1*** | ***Ms-1*** |
| Cultural | ***Ms-2*** | ***Ms-2*** | ***Ms-2*** |
| | ***Ms-3*** | | ***Ms-3*** |
| | N.A. | N.A. | N.A. |
| Medio Económico | ***Ms-4*** | ***Ms-4*** | ***Ms-4*** |
| | ***Ms-5*** | ***Ms-5*** | ***Ms-5*** |

Simbología:

| | |
|---|---|
| N.A. | No aplica el impacto en esa etapa |
| | Impacto de importancia Compatible |
| | Impacto de importancia Moderada |
| | Impacto de importancia Severa |
| | Impacto positivo |

### *V.1.4.9. Evaluación de los impactos por componente ambiental*

A continuación, se describen de manera general los impactos que recibirá cada componente ambiental:

Atmósfera

Los impactos a la atmósfera generados a partir de la ocupación de las distintas áreas del Proyecto principalmente de la preparación, construcción y operación de las obras más grandes como la nueva Tepetatera, el nuevo depósito de jales y el Tajo Megacentauro, así como los patios de lixiviación y en menor cantidad de las distintas obras integradas en el Proyecto Gran Potencial La Herradura.

La principal fuente de emisiones (polvos, gases de combustión, ruido e iluminación) está relacionada con el tránsito vehicular para cargado y descargado de materiales, las cuales son actividades que se llevarán a cabo las 3 distintas fases del Proyecto.

Estos impactos son fugitivos, inconstantes de alcance puntual y su efecto finaliza casi inmediatamente después que cesa la actividad causante del impacto. Cabe resaltar que no existen centros de población ubicados cerca del Proyecto que pudieran ser receptores de este impacto.

Geomorfología

Las principales alteraciones que se presentarán con el desarrollo del Proyecto consisten en la modificación del relieve con la implementación de nuevas obras de grandes dimensiones y con los posibles cortes y nivelaciones que deberán realizarse para poder adecuar el sitio para las obras descritas en el presente Proyecto.

Este es un efecto inherente a la minería con actividades de explotación con el proceso de minado a cielo abierto, el cual es el proceso más adecuado para el yacimiento del sitio. Considerando lo anterior, las modificaciones que plantea el Proyecto son considerables en comparación con la topografía actual de La Herradura, ya que con la implementación de dichas obras se acumulará de manera intensa dicha alteración.

Hidrología

Las actividades de ocupación de las áreas del Proyecto podrían incluir alteraciones, de importancia Compatibles y Moderadas, a los cauces de escurrimientos intermitentes existentes. Lo anterior como una medida de control de flujos y prevención de erosión. No se alterarán significativamente los patrones de flujo de la zona.

También se afectará la taza de infiltración puntual de las áreas contiguas por medio de compactaciones y deposición de materiales en la superficie. Esta afectación será Compatible considerando que las características de los suelos (arenosos), permitirán que no se modifique la taza de infiltración total de la zona.

Con la ampliación del tajo Megacentauro y la implementación de las distintas obras que no permitirán una infiltración adecuada se podrán alterar tanto el nivel del agua subterránea y la disponibilidad de la misma, modificando dichos factores de manera Compatible y Moderada.

Suelos

La principal afectación al suelo será durante las actividades de ocupación de las áreas del Proyecto, al realizar movimientos de tierras, deposición de partículas y/o sedimentos, eliminación de la cobertura de suelo y exposición de suelos a la erosión por los cambios topográficos del terreno.

En las distintas fases del Proyecto los efectos negativos serán indirectos, ocasionados principalmente por la deposición de polvos con geoquímica diferente a los suelos naturales en zonas inmediatas a la zona de la tepetatera, patio de lixiviación y tajo Megacentauro.

Se estima que los efectos negativos sobre el recurso suelo serán significativos a nivel del área del Proyecto, pero congruentes con la actividad minera. Se considera que es más conveniente reubicar la vegetación frágil que almacenar el suelo orgánico.

Flora

Este componente ambiental será afectado con la ocupación del Proyecto que incluyen actividades de desmonte, lo cual representa una modificación en la cibertura vegetal y la distribución de la vegetación, así como la potencial afectación de especies de interés y con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El rescate y reubicación de individuos vegetales de interés representan una disminución en la potencial afectación de individuos vegetales, especiales de aquellos de especies de interés y con categoría de riesgo. Basando en la experiencia de otros proyectos de la Unidad Minera La Herradura se espera una supervivencia mínima del 80% de los individuos reubicados.

La ocupación de las áreas del Proyecto podría propiciar propagación de especies secundarias y de mayor tolerancia al polvo, gases de vehículos, acceso reducido al recurso agua, etc. especialmente en los márgenes de las obras.

Estos impactos se consideran desde importancia Compatibles, Moderadas y Severas en las distintas fases del Proyecto en sus actividades de preparación del sitio principalmente.

Fauna

Con las actividades de ocupación y principalmente el desmonte, se aumentará el grado de ahuyentamiento actual que la operación de la Unidad Minera La Herradura ejerce sobre sus áreas actuales y las pretendidas en el sitio.

Existirá ahuyentamiento directo como medida de seguridad y un ahuyentamiento indirecto con el aumento de niveles sonoros, lumínicos, tránsito vehicular y presencia humana.

Además, con la ocupación del Proyecto Gran Potencial se eliminarán hábitats puntuales. Este impacto es de importancia Moderada ya que algunas áreas no representan espacios significativos de hábitat por encontrarse cercanos y enclavados entre obras en operación de la Unidad Minera.

Paisaje

La ocupación del Proyecto Gran Potencial y en mayor medida la Tepetatera, Patio de

Lixiviación y Tajo Megacentauro conllevan alteraciones a las cualidades estéticas puntuales con modificaciones de la topografía natural al alterar geoformas, remoción de la vegetación y ahuyentamiento de fauna. Este impacto es de importancia Moderada.

Por otro lado, la continuidad paisajista será afectada de forma poco significativa debido a que este factor se encuentra afectado de forma indirecta ya que las obras de La Herradura son visibles desde sus las áreas pretendidas para el desarrollo del Proyecto.

Residuos

El desarrollo de las distintas actividades y obras enmarcadas en el Proyecto Gran Potencial en sus fases conlleva la generación de distintas cantidades de residuos de distintos tipos como Residuos Sólidos Urbanos, Residuos de Manejo Especial, Residuos Peligrosos y Residuos de Manejo Especial.

Se estima que para este factor se presenten impactos de importancia Moderada y Compatible, puesto que actualmente se presenta la generación de los mismos residuos por la operación actual de la UM La Herradura, que se acumularán con el desarrollo del Proyecto Gran Potencial, minimizando este impacto por la infraestructura y elementos para el manejo, almacenamiento y disposición final de dichos residuos en la UM.

Medio Socio-económico

Con el desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura se estima la presencia de distintos impactos benéficos en sus 3 distintas fases, comenzando por la infraestructura, ya que la naturaleza del Proyecto es construir y operar nuevas áreas que servirán para el desarrollo minero de la Unidad Minera La Herradura.

Este factor también será impacto de forma positiva. Los impactos más importantes para el recurso económico son representados por la generación de empleos directos e indirectos, temporales y permanentes; así como por la derrama económica que significa el desarrollo del Proyecto.

Otros impactos positivos importantes son la implementación de programas de apoyo comunitario, así como para desarrollo de capacidades en empleados. El desarrollo del Proyecto le dará mayor certeza a la operación de la Unidad Minera La Herradura.

### *V.1.4.10. Impactos Acumulativos*

Además de los impactos generados específicamente a consecuencia del desarrollo del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se identificaron los impactos que acumularán el efecto de los impactos presentes en el escenario actual. A continuación, se enlistan los impactos acumulativos:

- Acumulación de la cantidad de emisiones generadas con tránsito vehicular.

- Acumulación en la generación de ruido.
- Acumulación en la iluminación artificial temporal.
- Acumulación en cambios topográficos actuales por las ampliaciones de Tepetatera y Tajo Centauro.
- Acumulación de la superficie sellada y disminución de superficie local con capacidad de infiltración de agua.
- Acumulación de superficies despojadas de cobertura de suelo orgánico e incremento de la taza de erosión a nivel local.
- Acumulación en las afectaciones indirectas sobre la capa superficial de suelos
- Incremento de superficies totales de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
- Acumulación en el efecto indirecto negativo sobre la vegetación aledaña a las zonas de trabajo principalmente por deposición de polvos.
- Acumulación del efecto de ahuyentamiento de la fauna inmediata a las actividades de desarrollo minero de la zona.
- Incremento en la plantilla de trabajadores y contratistas, generando empleos directos e indirectos adicionales.

# 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 Penmont, S. de R.L. de C.V. durante el desarrollo de las actividades del Proyecto, 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 agruparan 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.

Para el correcto desarrollo ambiental del Proyecto es necesario establecer un seguimiento puntual y detallado de los compromisos planteados en esta MIA como medidas y de aquellas que imponga la autoridad al Proyecto, por lo cual es necesario instrumentar un Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental (PMVA) que garantice su cumplimiento.

Todas las medidas propuestas para el presente Proyecto, que están integradas en el PMVA, son acordes con aquellos impactos ambientales detectados como principales, atendiendo además el resto de los mismos sin importar su nivel de impacto, promoviendo así la sustentabilidad y un desarrollo controlado y equilibrado con el entorno.

La información del PMVA se encuentra organizada de modo que garantice la atención de todas las actividades y obras a desarrollar en el Proyecto considerando todos los factores y conceptos ambientales.

Previó al desglose de las actividades que contiene el PMVA, cabe señalar aspectos generales que se han adoptado e incorporado al propio diseño del Proyecto, para otorgarle mayor grado de sustentabilidad. Estos aspectos son en relación a tecnologías, materiales y métodos constructivos a emplear para las obras y para la operación del Proyecto.

Con base en los impactos ambientales que podría ocasionar el Proyecto Gran Potencial La Herradura, descritos en el Capítulo V del presente documento, se identificaron medidas de prevención,

mitigación y compensación para los componentes ambientales en las distintas fases del Proyecto y sus etapas (Preparación del sitio, construcción y operación).

En primera instancia se extenderá el área de aplicación, hacia las áreas del Proyecto, de programas que actualmente se ejecutan en la Unidad Minera La Herradura, en respuesta a que el Proyecto propone unificar los polígonos actuales de la UM en un solo polígono que de certeza jurídica, ambiental y técnica a todas las obras que se desarrollen en él.

Por otro lado, destaca también que actualmente la Unidad Minera La Herradura es una unidad minera madura que cuenta con múltiples programas, sistemas y procedimientos de protección ambiental y promoción de la sustentabilidad. El Proyecto en cuestión se apegará a estos programas y a las medidas de mitigación, control y prevención de impactos ambientales negativos que a continuación se mencionan.

- Capacitación del personal para la prevención de accidentes

Los trabajadores de nuevo ingreso recibirán un curso introductorio a las políticas de prevención de accidentes y de protección al ambiente que incluye los temas enlistados en la Tabla 6.1.

**Tabla 6.1. Temas del curso introductorio a trabajadores de nuevo ingreso**

| | |
|---|---|
| Peligros, riesgos, actos y condiciones inseguras | Extintores y tipos de fuego |
| Incidentes y accidentes | Prevención de accidentes automóviles e incendios |
| Reglas de seguridad y cero tolerancia | Seguridad eléctrica |
| Ecología | Video “seguridad eléctrica” |
| ISO 14000 | Cianuro de Sodio |
| Reubicación de especies | Animales y venenos |
| Trabajos en alturas | Prevención de incendios |
| Fotos de berrendos | Procedimiento derrame de hidrocarburos |
| Video “el costo de los accidentes” | Procedimiento manejo de residuos peligrosos |
| Video “reubicación de un Sahuaro” | Video “Berrendo Sonorense” |
| Equipo de Protección Personal (EPP) | Reglamento para contratistas |
| Reglamento General de Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Relaciones con la Comunidad (SSMARC) | |

En el curso introductorio se les entrega el Reglamento General de Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Relaciones con la Comunidad. (SSMARC) el cual firman y se comprometen a cumplir. El objetivo del reglamento es salvaguardar la integridad física de todo el personal que labora en las instalaciones, prevenir daños al medio ambiente y a la propiedad de la empresa.

El reglamento contiene 301 artículos o reglas, divididos en 26 capítulos que abarcan desde reglas sobre el comportamiento en general hasta el manejo del cianuro en patios de lixiviación.

- Programa de Protección del Berrendo en conjunto con la CEDES

Para respetar a esta especie y sobre todo monitorear sus poblaciones y evaluar el estado de su hábitat en que coexiste, la empresa ha venido suscribiendo Convenios con la SEMARNAT-Sonora y con la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES).

En la Unidad Minera Penmont, S. de R. L. de C.V., durante el tiempo que tiene en operación (1997 a la fecha), ha aportado cantidades importantes de recursos económicos, en especie y apoyo logístico al entonces IMADES ahora CEDES, para el Programa de Protección y Manejo del Berrendo denominado: "Estudio de las poblaciones de Berrendo Sonorense en la Reserva de la Biosfera del Pinacate y Gran desierto de Altar y Noroeste de Caborca, Sonora México" y la empresa continuará con la misma política de apoyo para esta especie, en coordinación con las autoridades en la materia.

Prueba de la protección que ejerce Minera Penmont en sus terrenos; es que en éstos y los cercanos, propicia la protección de las especies de fauna nativa, incluyendo el Berrendo; se ha hecho conciencia en este aspecto, entre la población local y los contratistas que operan y colaboran en sus distintos procesos. Se dará seguimiento con el Programa de Protección del Berrendo incluyendo las actividades del Proyecto Gran Potencial.

- Actividades de Vinculación Comunitaria

Las actividades de vinculación comunitaria se enfocan en los siguientes 5 ejes de acción: Cultura Ambiental, Cultura y Educación, Bienestar Social (salud pública, deporte y recreación, autodesarrollo e infraestructura social.

- Medidas para la prevención y control de derrames y otras contingencias

Se aplicarán procesos operativos específicos para aquellas actividades que pudieran ocasionar derrames u alguna contingencia. A continuación, se enlistan los procesos operativos:

  - Procedimiento general de mantenimiento a equipos fuera de carretera, que pueden generar contaminación
  - Control de derrames de hidrocarburos
  - Cargado de diesel mina
  - Procedimiento de inspección de fuga interna en motores de combustión diesel
  - Procedimientos para lubricar equipo pesado en mina
  - Descarga de aceite nuevo
  - Procedimiento de manejo de aceite en las bahías del taller de mantenimiento
  - Consumo de aceites usados
  - Manejo de productos químicos
  - Transporte de explosivos

- Manejo de residuos

Los residuos generados con el proyecto serán manejados de forma diferenciada como actualmente se manejan los residuos de la unidad minera conforme a los siguientes procedimientos operativos:

  - Procedimiento de residuos no peligrosos
  - Manejo de residuos y sobrantes

- Procedimiento para el manejo de residuos peligrosos
- Envió de aceite y residuos peligrosos
- Manejo de acumuladores usados
- Uso y manejo de Tonners
- Procedimiento para el manejo de residuos biológicos infecciosos
- Operación de la Planta Tratadora de aguas residuales
- Procedimiento de limpieza de bahía de lavado

## *VI.1 Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental*

El PMVA se establece como un instrumento de planeación y gestión ambiental, así como de supervisión del desempeño ambiental para el Proyecto. En él, se identifican las estrategias que se aplicarán, concebidas como las técnicas y conjunto de actividades destinadas a conseguir los objetivos establecidos para las medidas específicas que permitan orientar y conducir la correcta implantación de las obras y actividades previstas en el Proyecto hacia esquemas conceptuales y metodológicos de desarrollo sustentable o, en su caso, establecer los esquemas estratégicos de trabajo para cumplir con la legislación ambiental y acciones y medidas establecidas para minimizar al máximo el daño ambiental previsto para el Proyecto.

En el Anexo 6.1 de esta MIA-R se encuentra un documento preliminar del PMVA, que Minera Penmont, S. de R.L. de C.V. ha de ejecutar a través de su Departamento de Medio Ambiente, una vez que se emita el resolutivo correspondiente, con los Términos y Condicionantes impuestos al Proyecto. En dicho documento se establece que el objetivo general del PMVA es el de ser un instrumento de gestión ambiental a través de la atención integral y ordenada de las distintas medidas y actividades de prevención, control y mitigación. También se incluye en su contenido los objetivos, las metas y alcances de cada medida en particular, así como los responsables de su ejecución, la calendarización para su aplicación, el análisis de los resultados obtenidos, y conclusiones. El Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental se presenta en el Anexo 6.1.

Como un extracto del PMVA anexo, a continuación se presentan las medidas a implementar durante la ejecución del Proyecto para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales principales que generará; seguidas de una sección en donde se enlista una serie de buenas prácticas, que no representan impactos significativos, sin embargo servirán para control, prevención, compensación y mitigación de los impactos secundarios que se generaran por el desarrollo del Proyecto y que se implementarán en favor del ecosistema.

## *VI.2 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental*

A continuación, se describen las medidas de prevención, mitigación y compensación ejecutables por la implementación del Proyecto Gran Potencial La Herradura, sobre cada componente ambiental, durante sus diferentes etapas.

**Tabla 6.1. Medidas aplicables (Componente Atmósfera)**

| Componente ambiental | Impacto | Clave de medida | Medida | Tipo de medida | Fases en la que se aplicará |
|---|---|---|---|---|---|
| Atmosfera | Atm-1 Afectación a la calidad del aire por generación y emisiones de polvos (Partículas Suspendidas Totales y gases contanesde combustión) | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | Atm-2 Afectación a la calidad del aire por emisiones de gases de maquinaría y vehículos (Óxidos de Nitrógenos, Óxidos de azufre y Óxido de Carbono | **Md-2** | Mantenimiento preventivo y periódico a la maquinaria y vehículos dentro de áreas designadas y acondicionadas | Prevención y Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | Atm-3 Incremento de niveles sonoros | **Md-2** | Mantenimiento preventivo y periódico a la maquinaria y vehículos dentro de áreas designadas y acondicionadas | Prevención y Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | Atm-4 Modificación de las condiciones microclimáticas | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md- 3** | Realización de obras de conservación de suelos y agua | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| Geomorfología | Geo-1 Modificaciones al relieve, abarcando pérdida de geoformas y creación de nuevos contornos topográficos | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md- 3** | Realización de obras de conservación de suelo y agua | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| Hidrología | H-1 Modificación en los escurrimientos intermitentes existentes | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-3** | Realización de obras de conservación de suelo y agua | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | H-2 Modificación en la capacidad natural de infiltración | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-3** | Realización de obras de conservación de suelo y agua | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| Suelo | S-1 Afectación y/o eliminación | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | de la cobertura de suelos | | | | Fase 3 |
| | | **Md-4** | Rescate y reubicación de especies de flora protegida y susceptible a trasplante | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md- 5** | Recuperación y resguardo del horizonte orgánico del suelo | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md- 3** | Realización de obras de conservación de suelo y agua (sitios de resguardo del suelo fértil) | Mitigación, Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | S-2 Incremento del potencial de erosión en el sitio | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-3** | Realización de obras de conservación de suelo y agua | Mitigación, Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-5** | Recuperación y resguardo del horizonte orgánico del suelo | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md- 6** | Proteger el suelo rescatado con plástico o cobertura especial | Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | S-3 Alteraciones en las características físicas del suelo | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md- 3** | Realización de obras de conservación de suelo y agua (sitios de resguardo del suelo fértil) | Mitigación, Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-5** | Recuperación y resguardo del horizonte orgánico del suelo | Prevención, Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-7** | Desmonte y ocupación del terreno con base en fases operativas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| Vegetación | Veg-1 Pérdida de la cobertura vegetal en las áreas del proyecto<br><br>Veg-2 Distribución de la vegetación | **Md- 1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-3** | Realización de obras de conservación de suelo y agua | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-4** | Rescate y reubicación de especies de flora protegida y susceptible a trasplante | Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-7** | Desmonte y ocupación del terreno con base en fases operativas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-8** | Restricción de tránsito en áreas no autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-9** | Desmonte por medios mecánicos | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Md-10** | Prohibición de extracción de individuos de flora | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-11** | Prohibición sobre uso de fuego o quemas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-12** | Establecimiento de señalética informativa y preventiva | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| Fauna | Fa-1<br>Pérdida del hábitat de manera puntual<br><br>Fa-2<br>Potencial afectación a especies protegidas y/o de interés especial | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Preventiva | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-4** | Rescate y reubicación de especies de flora protegida y susceptible a trasplante | Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-7** | Desmonte y ocupación del terreno con base en fases operativas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-9** | Desmonte por medios mecánicos | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-10** | Prohibición de extracción de individuos de flora | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-12** | Establecimiento de señalética informativa y preventiva | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-13** | Prohibición de extracción de individuos de fauna | Prevención, Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-14** | Prohibición de cacería e introducción de especies exóticas o domesticas de fauna | Prevención, Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-15** | Prohibición de operación de equipo recreativo y/o equipo alterado, de forma que los niveles de ruido sean más altos que los producidos por el equipo original | Preventiva | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-16** | Recorridos para el ahuyentamiento de la fauna de alta movilidad | Preventiva | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-17** | Rescate y reubicación de fauna de baja movilidad o aquella enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Preventiva | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-18** | Capacitación | Preventiva | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-19** | Control de la velocidad de vehículos | Preventiva | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| Paisaje | P-1<br>Alteración de las características del paisaje por | **Md-1** | Delimitación de las áreas autorizadas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | la modificación de las cualidades estéticas y la introducción de elementos artificiales en el sitio | **Md-4** | Rescate y reubicación de especies de flora protegida y susceptible a trasplante | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-7** | Desmonte y ocupación del terreno con base en fases operativas | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-20** | Desmantelamiento de la infraestructura construida para la operación del Proyecto | Compensación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| Residuos | Re-1 Generación de distintos tipos de residuos (RSU, RP, RME) | **Md-21** | Manejo integral de residuos | Prevención | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |
| | | **Md-22** | Instalación de nuevos contenedores y áreas de almacenamiento temporal en las nuevas áreas del Proyecto | Prevención, Mitigación | Fase 1, Fase 2 y Fase 3 |

***Descripción ampliada de las medidas para los impactos principales***

*Md-1 Delimitación de áreas autorizadas*

La delimitación de las áreas autorizadas para la realización de las actividades del Proyecto, será una medida preventiva para que el personal que labore en el Proyecto reconozca los límites de las áreas permitidas para el desarrollo de obras y actividades, con lo que se evitará generar impactos no previstos sobre varios de los componentes ambientales en áreas aledañas a los polígonos del Proyecto, e indirectamente favorece a que los efectos adversos de algunos de los impactos identificados sean más puntuales, es decir, muy localizados sobre el área de afectación directa. Por ello, previo al inicio de las actividades de preparación del sitio, en particular del desmonte, un equipo de topografía delimitará con ayuda de los planos autorizados y de estacas, o cualquier otro elemento visual identificable, el área que cubren los polígonos del Proyecto, con el objetivo de no invadir áreas sin autorización posteriormente.

*Md-2 Mantenimiento preventivo y periódico a la maquinaria y vehículos dentro de áreas designadas y acondicionadas para ello*

La maquinaria utilizada para las distintas actividades y obras del Proyecto deberá recibir de manera periódica mantenimiento preventivo y correctivo para verificar aspectos generales de su funcionalidad, especialmente en referencia a sus emisiones y posibles fugas de hidrocarburos.

Toda actividad que implique el manejo de alguna sustancia de mantenimiento (aceite, grasas, etc.) se realizará dentro de talleres de mantenimiento existentes fuera del Proyecto o en su defecto en el área temporal para faenas de construcción y empleando las medidas adecuadas según el caso, para evitar la contaminación del suelo y del agua en el sitio.

*Md-3 Realización de obras de conservación de suelos y agua*

Para poder mitigar el impacto detectado a los suelos y el agua se contempla la realización de obras que reduzcan la alteración a los componentes, tal es el caso de la Zona 1 Canal de derivación, ya que, aunque se contempla como una obra como tal del Proyecto Gran Potencial

por sus dimensiones, su naturaleza y finalidad principal es la de poder mantener al agua fuera del contexto minero, además de integrarla a los cauces intermitentes existentes en la zona mediante una ingeniería adecuada. Además, se propone el establecimiento de una superficie fuera de la huella del Proyecto, pero dentro del SA para reubicar todo el suelo que pueda recuperarse durante la preparación del sitio en las 3 fases del Proyecto.

*Md-4 Rescate y reubicación de flora protegida y susceptibles a trasplante*

El desarrollo de esta medida está encaminada principalmente al rescate de la vegetación que se vería afectada durante la ejecución de las actividades de preparación del sitio del Proyecto y que pertenezcan a alguna de las especies que se encuentran enlistadas en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, además de considerar aquellos ejemplares de difícil regeneración o de importancia regional. Adicionalmente a esta medida se considerará como medida de emergencia el establecimiento de riegos de auxilio frecuentes en caso de mostrar poco establecimiento después del rescate.

*Md-5 Recuperación y resguardo del horizonte orgánico del suelo*

Una vez realizado el desmonte de la vegetación, se deberá recuperar el suelo orgánico mineral para que posteriormente sea enviado al área de resguardo en la obra del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

Es de importancia mencionar que los vehículos que sean utilizados para el transporte del suelo orgánico producto del desmonte y despalme deberán estar equipados con cubiertas perfectamente sujetas para evitar el derrame de su contenido en el traslado al banco de tierra vegetal.

*Md-6 Proteger el suelo rescatado con algun plástico o cobertura especial*

Cuando todo el suelo vegetal que pueda ser rescatado durante las actividades de preparación del sitio en las 3 fases del Proyecto y que posteriormente será resguardado (principalmente en áreas aledañas a las obras que se estén preparando) para ser reubicado, se deberá cubrir en su totalidad con algún plástico, liner o malla, esto con la finalidad de minimizar el potencial de erosión de dicho suelo, ya que al estar a la intemperie el suelo está expuesto a erosión eólica e hídrica.

*Md-7 Desmonte y ocupación del terreno con base en fases operativas*

La finalidad de dicha medida es que todas y cada unas de las actividades descritas en el Capítulo II sean llevadas a cabo de manera gradual conforme a la planeación de la Unidad Minera La Herradura, con ello evitando acumular los impactos ambientales por Zona y degradando el sitio de manera congruente y gradual respecto a la aplicación de las presentes medidas. El desarrollo de las actividades para la ocupación de las áreas será conforme a lo descito en el programa de actividades y la evaluación de impacto ambiental.

*Md-8 Restricción de tránsito en áreas no autorizadas*

Se deberá restringir el tránsito (maniobras de movimientos de tierras) en áreas no autorizadas dentro de los polígonos del Proyecto y en los terrenos aledaños con el fin de evitar afectaciones a terrenos inmediatos. Para el cumplimiento de esta medida será indispensable colocar señalamiento en las áreas designadas como no autorizadas.

*Md-9 Desmonte por medios mecánicos*

El desmonte en la superficie donde se presente vegetación forestal se deberá realizar mediante métodos mecánicos, es decir, mediante el uso de maquinaria y equipo adecuado para estas actividades. Por ningún motivo se utilizarán métodos que incluyan agentes químicos o fuego. Ello en el entendido de haber recibido previa autorización de CUSTF en la superficie a desmontar.

*Md-10Prohibición de extracción de individuos de flora*

Se evitará la extracción de especies de flora en áreas que aún no hayan sido liberadas por la Supervisión Ambiental, y sobre todo en terrenos aledaños a las áreas de ocupación del Proyecto, esto con la finalidad de mitigar los efectos adversos sobre la vegetación y la fauna presente en el área del Proyecto, por extracción anticipada y/o no autorizada de especies vegetales, así como mantener la integridad de los componentes ambientales fuera del área del Proyecto (áreas que mantienen vegetación forestal).

*Md-11Prohibición sobre uso de fuego o quemas*

Se prohíbe el uso de fuego para cualquier actividad dentro del Proyecto, incluyendo fogatas y quemas de vegetación controlada. Para esto, en el curso de inducción se les informará a los trabajadores sobre las prohibiciones y obligaciones, entre las que se enfatizará la restricción sobre el uso de fuego esto con el fin de prevenir incendios dentro y a los alrededores del Proyecto, y, en consecuencia, evitar la contaminación atmosférica por emisión de gases producto de la combustión de biomasa; con lo que además se favorecerá el mantenimiento de la integridad de los componentes ambientales fuera del área del Proyecto.

*Md-12Establecimiento de señalética informativa y preventiva*

Con la finalidad de prevenir, controlar, y promover la protección y conservación ambiental sobre todos los factores ambientales, se preparará un catálogo de señales informativas, preventivas y restrictivas, para instalarse en las diferentes áreas del Proyecto, que incluirán entre otras señales, las que indiquen donde sean las zonas de reubicación de flora, así como señales que recuerden la prohibiciones, Además, para la prevención de afectaciones mayores al componente faunístico por la alteración en la distribución especial y temporal de las potenciales especies presentes en el sitio que ocasionará el desarrollo de las actividades del proyecto.

*Md-13Prohibición de extracción de individuos de fauna*

Esta medida corresponde a una actividad de prevención que tiene como finalidad proteger a los individuos presentes en el área del Proyecto y en sus alrededores, ya que mediante el uso de señaléticas y la capacitación del personal del Proyecto se prohibirá la manipulación y extracción de individuos de fauna nativa tanto para domesticación como para venta ilegal.

*Md-14Prohibición de cacería e introducción de especies exóticas o domesticas de fauna*

Se evitará todo tipo de cacería de cualquier especie de fauna, así como la introducción de especies exóticas, con la finalidad de evitar mayores impactos a la fauna nativa. Para la aplicación de esta medida, se informará enfáticamente al personal que participe del Proyecto sobre esta restricción y las consecuencias de no acatarla, se considera incluir información sobre esta medida entre el catálogo de señales para protección ambiental que se instalarán estratégicamente en las áreas de trabajo, accesos y vialidades internas de construcción.

*Md-15Prohibición de operación de equipo recreativo y/o equipo alterado, de forma que los niveles de ruido sean más altos que los producidos por el equipo original*

Con esta medida se busca reducir el impacto al paisaje sonoro en cada Zona y por ende en su acumulación respecto a otras zonas y la operación actual de la UM La Herradura, en la cual no se permitirá el uso de equipos de sonido que no se necesiten en las distintas etapas de las fases del Proyecto, tales como bocinas para la reproducción de música, claxons modificados en los vehículos, entre otros. Con ello se busca minimizar el impacto a la fauna y al paisaje sonoro.

*Md-16Recorridos para el ahuyentamiento de la fauna de alta movilidad*

Esta actividad corresponde a una medida de prevención, ya que se realizarán recorridos en las áreas de la huella del Proyecto. La misma cuadrilla de personal técnico calificado que realizará el rescate y liberación de fauna de baja movilidad, será la que realice de manera previa los recorridos de ahuyentamiento para permitir que la fauna de alta movilidad se desplace fuera del sitio, el supervisor ambiental del Proyecto el responsable de la realización de esta medida. La cuadrilla estará equipada con instrumentos sonoros que permitan generar un ligero disturbio y por tanto el ahuyentamiento de los animales de alta movilidad, que son aquellos que por sus características físicas, motrices, conductuales o metabólicas cuentan con una respuesta rápida o efectiva de desplazamiento ante cualquier disturbio o afectación.

*Md-17Rescate y reubicación de fauna de baja movilidad o aquella enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010*

Durante las actividades de preparación del sitio, construcción y operación en las 3 fases del Proyecto Gran Potencial La Herradura, a la par de la Md-16 se realizará el rescate de las especies de baja movilidad que puedan verse afectadas con dichas actividades, tomando las medidas necesarias para evitar daños tanto a la fauna como al personal encargado del rescate. Todas las especies, tanto de baja movilidad como aquellas de interés especial, serán reubicadas de manera adecuada en sitios con características ambientales similares a donde se encontraron o priorizando la zona destinada para las actividades de reubicación de flora y suelos.

*Md-18Capacitación*

En esta medida, se propone la capacitación de todo el personal que participe en las maniobras de preparación y construcción del Proyecto Gran Potencial La Herradura, en la que se incluirá información en materia de salud, seguridad y medio ambiente, incluyendo en ella las medidas

que se habrán de ejecutar para prevenir y mitigar los impactos derivados del desarrollo del Proyecto. En esta capacitación se les hablará también de las responsabilidades y restricciones que deberán acatar durante sus funciones, con la finalidad de atender a las medidas de prevención y mitigación propuestas en la MIA. Así también se capacitará al personal del Proyecto con respecto a la forma de actuar ante la presencia de fauna silvestre (venenosa, potencialmente agresiva etc.)

*Md-19Control de la velocidad de vehículos*

Se deberá mantener un control de la velocidad de los vehículos que transitan hacia y dentro del Polígono del Proyecto, para mitigar con ello la emisión de polvos fugitivos. Para la aplicación de esta medida se deberá instalar señalética en el camino de acceso y en vialidades internas, instalando letreros informativos y restrictivos que indiquen el límite de velocidad determinado actualmente en la UM La Herradura. Los letreros deberán medir al menos 60 Cm X 60 cm y se deberán colocar al menos 20 letreros en lugares estratégicos, incluido el letrero en la entrada al Proyecto.

Adicionalmente al control de los límites de velocidad los conductores de las unidades de transporte pesado utilizados durante el desarrollo del proyecto tendrán la obligación de cerrar los escapes de las unidades cuando se encuentren circulando cerca de poblaciones.

*Md-20Desmantelamiento de la infraestructura construida para la operación del Proyecto*

Como medida de compensación durante la etapa de cierre y abandono del sito (post-operación) del Proyecto, se ejecutará el Plan de Cierre del mismo (ya que la UM La Herradura cuenta con su PRC actual y que se modificará con la realización del presente Proyecto), el cual incluirá las maniobras y actividades requeridas para el retiro de infraestructura y para la restitución de la superficie ocupada por el Proyecto, para permitir la restauración paulatina del sitio; conjunto de acciones que a mediano plazo compensarán el impacto a la continuidad paisajística, visibilidad y calidad visual que ocasionará el Proyecto Gran Potencial La Herradura desde su primera etapa de desarrollo, con el desmonte de la vegetación en las áreas sujetas al cambio de uso de suelo.

*Md-21Manejo Integral de Residuos*

Como medida preventiva contra una eventual contaminación del suelo y/o agua, así como una medida de compensación contra el impacto sobre la calidad visual que generará el Proyecto, se realizará un manejo integral y adecuado de todos los residuos que se generen durante el desarrollo de cada una de las etapas de Proyecto, incluyendo la etapa de cierre, puesto que en materia de residuos será en esta última etapa en la que se genere un mayor volumen de los catalogados como residuos de manejo especial (RME).

*Md-22Instalación de nuevos contenedores y áreas de almacenamiento temporal en las nuevas áreas del Proyecto*

Para poder minimizar el impacto determinado por la generación de residuos de distintas características durante el desarrollo de las actividades del Proyecto Gran Potencial La

Herradura, se deberán instalar nuevos contenedores de residuos separados por su clasificación (RSU, RME, RP) en las inmediaciones de las nuevas obras de la UM. Estos contenedores estarán ubicados en puntos estratégicos y deberán estar debidamente señalados, además de que deberán tener capacidad suficiente para el almacenamiento temporal de los mismos. Además, estos residuos podrán ser posteriormente almacenados en los distintos sitios o almacenes temporales dentro de la UM para una correcta disposición final.

## VI.3 Prácticas y medidas generales enfocadas a la prevención y mitigación de los impactos secundarios

Con la finalidad de atender a los impactos secundarios o de menor importancia identificados mediante el proceso de evaluación de los impactos ambientales, que, si bien no representan potenciales afectaciones, su observación y control sí harán de éste un Proyecto más viable y sustentable; a continuación, se presentan medidas complementarias que se pretenden llevar a cabo durante el desarrollo del Proyecto.

Por su naturaleza, muchas de estas medidas son puntuales con relación a su área de influencia, así como también son fugaces con relación al tiempo de duración, algunas implican incluso el comportamiento del personal contratista y de los colaboradores de la empresa.

En la siguiente Tabla 6.2 se resumen las medidas de prevención, mitigación y compensación para los impactos secundarios que ocasionará el desarrollo del Proyecto, los cuales de forma general quedaron indicados en las conclusiones parciales de las matrices de importancia por impacto.

**Tabla 6.2. Medidas de prevención, mitigación y compensación para los impactos secundarios**

| Componente beneficiado | Clave de medida | Medida | Tipo de medida | Etapa | Indicador / Grado de cumplimiento |
|---|---|---|---|---|---|
| Atmósfera | MSc-1 | Riego periódico de áreas de trabajo y vialidades internas | Mitigación | Preparación y construcción | Evidencia fotográfica |
| Hidrología y Suelo | MSc-2 | Uso de baños portátiles | Prevención | Preparación y Construcción | No. de baños portátiles instalados, comprobantes de limpieza. |
| | MSc-3 | Recarga de combustible en áreas autorizadas por la Unidad Minera | Prevención | Preparación, Construcción y Operación | Evidencia fotográfica |
| | MSc-4 | Monitoreo de la calidad del agua | Prevención | Operación | Parámetros fisicoquímicos |

| Componente beneficiado | Clave de medida | Medida | Tipo de medida | Etapa | Indicador / Grado de cumplimiento |
|---|---|---|---|---|---|
| Fauna | MSc-5 | Cerco perímetral | Prevención | Operación | Área cubierta |
| Medio económico | MSc-6 | Contratación de personal local | Prevención | Preparación, Construcción y Operación | Lista de personal contratado |

***Descripción ampliada de las medidas para los impactos secundarios***

*MSc-1 Riego periódico de áreas de trabajo y vialidades internas*

A fin de minimizar la emisión y dispersión de polvos fugitivos, producto de las actividades propias de las etapas de preparación del sitio y construcción (cortes, rellenos, excavaciones, movimiento de tierras, tránsito de vehículos, entre otras), se humedecerán periódicamente tanto el camino de acceso y vialidades internas, como las áreas de trabajo en las que se estén realizando actividades, siempre que esto no interfiera con las maniobras planeadas. Durante la temporada de estiaje el riego de estas zonas deberá realizarse por lo menos 2 veces por día, mientras que en la temporada lluviosa se podrá evitar el humedecimiento siempre y cuando las áreas se encuentren húmedas.

*MSc-2 Uso de baños portátiles*

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se deben instalar baños portátiles en las áreas de trabajo, estableciéndose su uso como una obligación, quedando estrictamente prohibido orinar y defecar al aire libre. Para ello, se contratará a una empresa especializada para la instalación de los baños portátiles, misma que deberá de darles mantenimiento y limpieza. La adecuada disposición de los residuos sanitarios será responsabilidad de la empresa contratada, quedando prohibido cualquier tipo de descarga de aguas residuales sanitarias al suelo natural o a escorrentías.

*MSc-3 Recarga de combustible en áreas autorizadas por la Unidad Minera*

Los vehículos ligeros involucrados en el Proyecto deberán recargar gasolina o diésel en la estación de servicio para el abastecimiento de combustibles más cercana. En el caso de la maquinaria pesada, la recarga de combustible deberá realizarse en un lugar especialmente destinado para esta finalidad y con dispositivos de seguridad para evitar derrames que contaminen el suelo.

*MSc-4 Monitoreo de calidad de agua*

Monitorear la calidad del agua subterránea con base a los siguientes parámetros fisicoquímicos: Conductividad, pH, Sólidos disueltos, Sólidos suspendidos, Hierro, Calcio, Plomo, Zinc, Selenio y Arsénico. Los análisis deberán realizarse en un laboratorio autorizados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y con una periodicidad mínima de 1 año.

*MSc-5 Cerco perimetral*

En los distintos límites del Proyecto y en las Zonas donde se deberá limitar el acceso de personal no autorizado se podrá instalar un cerco perimetral que limite las distintas zonas del Proyecto Gran Potencial. Los cercos perimetrales podrán ser de distintos tipos, tanto demalla soldada o de hilos, los cuales deberán contar con los primeros dos hilos sin púas, dejando solo el tercer hilo (superior) con púas, esto como medida de protección al berrendo y otra fauna local.

*MSc-6 Contratación de personal local*

Como parte de los impactos benéficos de alta importancia identificados para el Proyecto, está la oferta laboral que se abrirá con la construcción de éste, generando empleos directos e indirectos, temporales y permanentes. Como parte de los procesos de contratación de personal no calificado, se privilegiará el reclutamiento de los pobladores de las comunidades rurales y rancherías vecinas.

## *VI.4 Impactos residuales*

Posterior a la determinación y descripción de las medidas propuestas para cada uno de los impactos detectados en fase del Proyecto Gran Potencial, se realizó un análisis de la efectividad de cada medida, tomando como base los impactos ambientales máximos determinados en el Capítulo V del presente documento y la aplicación de las medidas en la misma matriz.

En ella, se integran las medidas de prevención, mitigación y compensación anteriormente descritras y la posible reducción del impacto ambiental por factor, restando el valor de importancia al valor relativo del impacto, resultando de ello el impacto residual en cada uno de los factores ambientales. Para la estimación de la efectividad de las medidas y los impactos residuales se realizó un análisis de las distintas matrices de evaluación de impacto ambiental en sus máximos impactos estimados, en las cuales se integró la estimación de efectividad de cada una de las medidas propuestas en el presente capitulo.

Derivado de dicho análisis, los impactos ambientales estimados presentarán disminución en su intensidad e importancia respecto a su realización sin la aplicación de dichas medidas, resultando en la erradicación de impactos ambientales o en la modificación en su importancia general. En los Anexos 6.2, 6.3 y 6.4 se presentan las matrices de evaluación de impactos y efectividad de las medidas de prevención, mitigación y compensanción del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

Conforme a la evaluación de la efectividad de las medidas propuestas se describen los posibles impactos residuales en el Proyecto Gran Potencial La Herradura.

### *VI.4.1 Atmósfera*

- Dispersión fugitiva de partículas suspendidas durante la operación de la tepetatera y el tajo Megacentauro. La dispersión de polvos podría ocurrir de manera intermitente y eventual,

ocasionada por los vientos en la zona y su área estimada de influencia serían los sitios aledaños a esta.

- Aumentos esporádicos en la concentración de Partículas Suspendidas Totales (PST) y Partículas Menores a 10 micras (PM10) debido al tránsito de camiones de acarreo de mineral hacia fuera del Tajo, así como por la descarga de camiones en Tepetatera.

- Emisiones fugaces por el uso de explosivos.

- Disminución de la calidad del aire por la emisión continua y localizada de NOx y COx de los escap es de los vehículos y equipos.

- Incremento temporal y localizado de ruido generado por vehículos, operación de equipos y explosiones.

- Incremento bajo y localizado en los niveles de iluminación artificial en la zona.

### *VI.4.2 Geomorfología*

- La construcción y operación de la Tepetatera y Tajo, afectarán al relieve de forma permanente e irrecuperable. El Tajo será un cráter y la tepetatera representará nuevas formaciones cerriles en la zona, las cuales pueden estabilizarse de forma que no representen un riesgo al equilibrio regional del ecosistema y podrán ser reforestadas.

### *VI.4.3 Suelos*

- El impacto residual sobre este componente está asociado a la erosión. Los efectos son parcialmente reversibles en un período de duración medio a alto y por lo tanto se consideran poco significativos. No existen situaciones de alta probabilidad de efectos significativos permanentes o a largo plazo de gran magnitud que no tengan solución desde el punto vista técnico.

### *VI.4.4 Hidrología*

- Alteración menor de los causes y patrones de flujo naturales. Este impacto no será significativo, ya que las corrientes son intermitentes y que el suelo es arenoso (permeable) infiltrando el agua pluvial rápidamente

- El monitoreo de agua subterránea a lo largo de las diferentes etapas del proyecto, incluida la de Cierre y Abandono, son de gran importancia para identificar oportunamente afectaciones y evitar impactos residuales en la hidrología subterránea

- El análisis continuo de muestras compuestas de diferentes minerales del Tajo de gran importancia para neutralizar los diferentes tepetates almacenados en la Tepetatera y evitar impactos residuales causados por drenaje ácido.

### *VI.4.5 Vegetación y Fauna*

- Pérdida de la cobertura vegetal en el área de ocupación del Proyecto. El impacto residual se considera poco significativo al no representar una amenaza para la viabilidad de la comunidad o poblaciones de vegetación de la zona.

- La pérdida de la cobertura vegetal y el desplante de infraestructura en el área de ocupación del Proyecto, representa la eliminación de hábitat local y la degradación de hábitat de las áreas aledañas por efectos indirectos. El impacto residual se considera poco significativo ya que se realizarán actividades de reubicación y para fauna también se contempla el ahuyentamiento.

- Los efectos ambientales residuales para 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

- En materia de cambio de uso de suelo se hará la aportación al Fondo Forestal Mexicano, basada en la cantidad que disponga la autoridad conforme a la LGDFS y que se generará a partir de la solicitud de CUSTF independiente a esta MIA.

### *VI.4.6 Paisaje*

- El principal impacto residual de la ejecución del Proyecto, corresponde a la modificación del paisaje natural, combirtindose en un paisaje humanizado. La modificación por la ejecución de la Tepetatera y el Tajo serán de carácter permanente e irrecuperable (las obras de mayores dimensiones en la UM La Herradura).

# VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este punto se describe el pronóstico ambiental para la zona, para lo cual se tomó en cuenta la situación actual del SA, los impactos positivos y adversos del Proyecto Gran Potencial La Herradura, la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación, así como los impactos residuales del Proyecto.

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; 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, contemplando en ella la totalidad de las Áreas de Influencia determinadas por componente ambiental.

- De la problemática ambiental y los procesos de degradación identificados en la Sección IV.3.3 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 de esta MIA), 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 SA, 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.

Al retomar este objetivo, y al tener como base el Diagnóstico Ambiental, el equipo multidisciplinario que ha sido partícipe del desarrollo de esta Manifestación de Impacto Ambiental y de los estudios que lo integran y lo 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 desarrollará el Proyecto Gran Potencial La Herradura; 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 y actividades, 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 AI, 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; así el área de afectación más intensa la superficie de ocupación del Proyecto (superficie solicitada).

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 Descripción y análisis del escenario sin Proyecto*

El escenario sin Proyecto (E0), mantendría como base una condición similar a la situación actual del SA, 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 ligero decremento general de la calidad ambiental asociado a la continuidad de los procesos de degradación que se presentan en el SA, principalmente en relación a las actividades antrópicas. En la Tabla 7.1 se muestran los valores de calidad modificados para el escenario E0 en el SA (escenario sin Proyecto); los cuales se presenta en la Figura 7.1.

**Tabla 7.1. Pronóstico de la calidad ambiental en el SA considerando que no se ejecute el Proyecto (escenario E0)**

| | Valor de disminución % | | Valor en la escala del DA-I (%) |
|---|---|---|---|
| **Componente** | **Área de Influencia** | **Peso Ponderado** | **Área de Influencia** |
| Atmósfera | 5% | 14.4 | 0.7 |
| Suelo | 5% | 11 | 0.6 |
| Hidrología | 10% | 19.4 | 1.9 |
| Vegetación | 15% | 19.3 | 2.9 |
| Fauna | 15% | 18.9 | 2.8 |
| Paisaje y geoformas | 20% | 9.8 | 2.0 |
| Socioeconomía y Cul. | -25% | 7.1 | -1.8 |
| **TOTAL** | | | **9.1%** |

*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 un balance ordinario, comparando el Diagnóstico Ambiental en el SA contra el pronóstico del E0 (Figura 7.1 y Anexo 7.1), las modificaciones adversas esperadas serían ligeras de forma generalizada, mayormente visible en la porción Oeste y en la porción Sur del SA en las cuales algunas zonas podrán reducir su Calidad de categoría Media a Media Baja y también de Medio Bajo a Bajo.

El resultado obtenido para este Escenario (E0) demuestra un ligero decremento a futuro de la calidad ambiental de 9.1% a la calidad catalogada en la actualidad, presentada en el DA-I, casi imperceptible a escala global. El resultado considerado se basa al constante he inminente crecimiento de la población y de la presencia humana en áreas determinadas al Sur y Oeste, dando como resultado mayor demanda de recursos naturales y afectación a los mismos, tales como; suelos, vegetación, agua, entre otros.

Dado al origen de ciertas actividades antrópicas como la minería tanto en la UM La Herradura como en otrás áreas donde se realizan actividades mineras, la cual se considera seguirá desarrollándose permitiendo el desarrollo económico de la región, y por consiguiente el requerimiento y demanda de superficie forestal, permitirán de forma puntual la disminución de la calidad ambiental.

Algunas de las causas contempladas para dicho escenario sin proyecto (E0) son las siguientes:

- La demanda de nuevas superficies para la generación de actividades que se desarrollan en la actualidad, permitirá un ligero decremento en la contaminación atmosférica por aumento en emisiones de gases y polvos furtivos

- La constante circulación de vehículos y maquinaria permitirá mayor compactación del suelo, destrucción de su estructura natural, lo cual afectará la infiltración y retención de agua, y a la vez, la disponibilidad de ésta a la vegetación, además de la posible apertura de nuevas áreas de rodamiento en el SA

- Las modificaciones potenciales a existir, tales como el crecimiento de las localidades o nuevas áreas de producción, permitirán la reducción de la calidad visual, existiendo actividades estéticamente no deseadas

- El constante aumento de la ganadería permitirá el uso total de la superficie del SA y con ello efectos secundarios conllevados por el pastoreo, disminución de la cobertura vegetal, dando pie a crecimiento de pastizales inducidos y de igual manera el aumento inminente de la erosión de suelos

- De la misma manera, la reducción del hábitat disponibles para la fauna se vería mermado en menor escala por actividades antrópicas existentes

- La concentración puntual y uso intensivo del suelo para actividades de cultivo conlleva a la constante degradación física por compactación del recurso suelo y al mismo tiempo permitiendo la degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, en el escenario futuro (E0) se contempla que dichas áreas no sean totalmente funcionales necesaria la demanda de mayor superficie para desarrollar dichas actividades

En conclusión, si bien el valor resultante es una estimación generalizada, y no representa en teoría un gran cambio sobre el estado que conserva actualmente el Sistema Ambiental, de acuerdo con los modelos desarrollados, esta ligera disminución es suficiente para provocar que gran parte donde se desarrollan actividades antrópicas, sea perceptible la disminución de la calidad ambiental. En la Figura 7.1 se presenta el resultado del análisis para el Escenario 0 (E0).

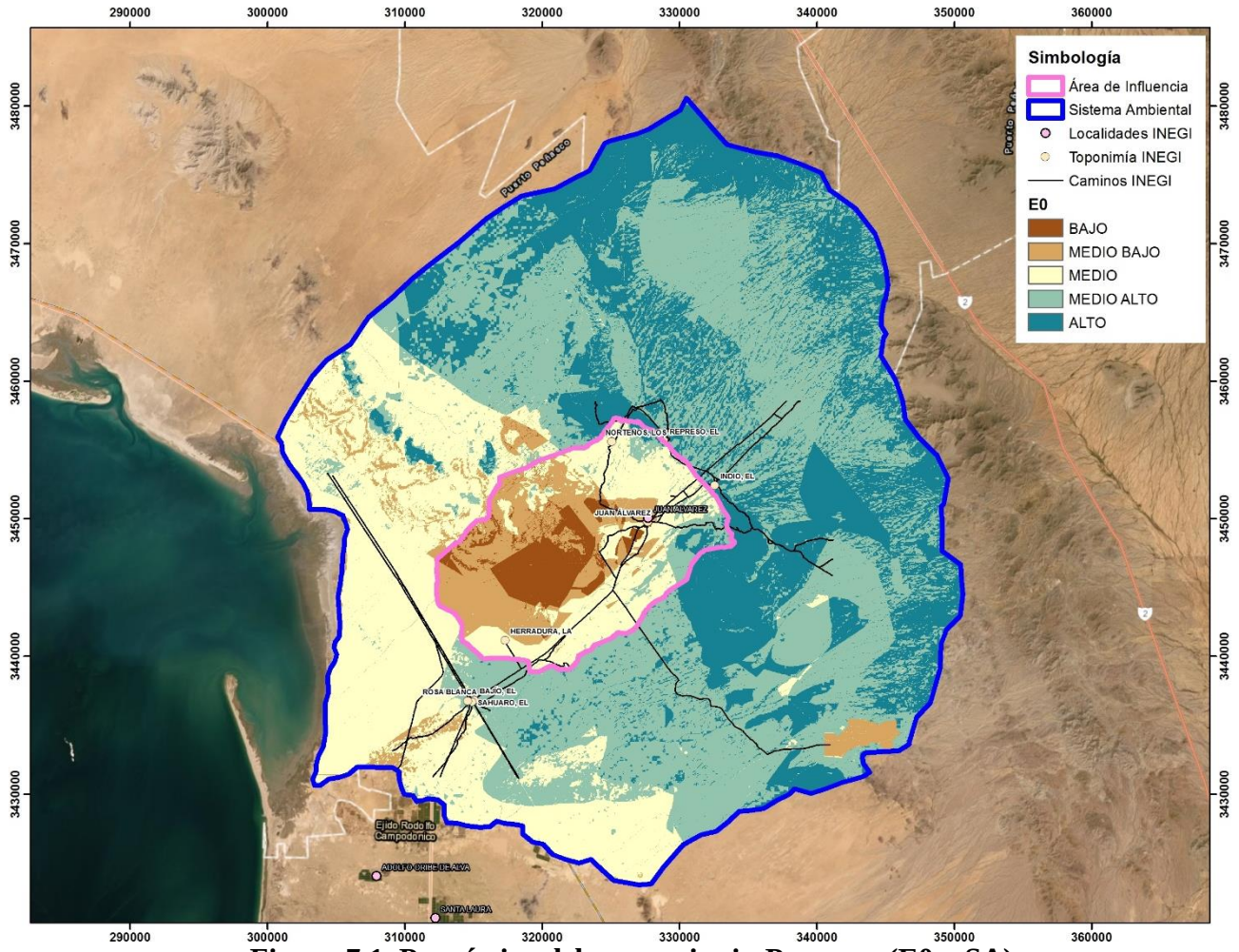



**Figura 7.1. Pronóstico del escenario sin Proyecto (E0 – SA)**

## *VII.2 Descripción y análisis del escenario con Proyecto*

La base para la construcción del modelo que describe el escenario con Proyecto y sin medidas (E1) pronosticado, fue el escenario sin Proyecto E0, se consideró que los procesos de degradación y presión sobre los componentes ambientales señalados en la sección previa, se presentarán a nivel del SA independientemente del desarrollo del Proyecto; de manera que la reducción de la calidad en todo el SA ocurrirá de forma similar a lo que se presenta en la Figura 7.1, produciéndose cambios particulares sólo dentro del Área del Proyecto.

En otras palabras, el desarrollo del Proyecto sin la ejecución de medidas, afectará de forma puntual la calidad del área respecto a las Áreas de Influencia por componente y el AI general del Proyecto Gran Potencial La Herradura, sin embargo, a nivel del SA no tendría relevancia, conforme a las consideraciones tomadas para el modelo del E0.

En la Tabla 7.2 se muestran los valores porcentuales que reflejan la degradación de la calidad 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 y sus Áreas de Influendia, 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)**

| | Valor de disminución % | | | Valor en la escala del DA-I (%) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Componente** | **Área de Proyecto** | **Área de Influencia por componente** | **Peso Ponderado** | **Área de Proyecto** | **Área de Influencia por componente** |
| Atmósfera | 75% | 40% | 14.4 | 10.8 | 5.8 |
| Suelo | 100% | 30% | 11 | 11.0 | 3.3 |
| Hidrología | 50% | 60% | 19.4 | 9.7 | 11.6 |
| Vegetación | 100% | 30% | 19.3 | 19.3 | 5.8 |
| Fauna | 100% | 70% | 18.9 | 18.9 | 13.2 |
| Paisaje y geoformas | 100% | 50% | 9.8 | 9.8 | 4.9 |
| Socioeconomía y Cul. | -100% | -60% | 7.1 | -7.1 | -4.3 |
| **TOTAL** | | | | **72%** | **40%** |

*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.

El Escenario E1 (Proyecto sin medidas) estima una reducción en la Calidad Ambiental de manera considerable en la Huella del Proyecto con una reducción del 72% en la Calidad, por su parte, la reducción en cada área de influencia por componente ambiental en su totalidad corresponde a una reducción total del 40% en la Calidad Ambiental.

El Escenario de Impactos o E1, se muestra en la Figura 7.2 y Anexo 7.2, en este modelo se aprecia que la realización del Proyecto, en el supuesto de no considerar ninguna de las medidas propuestas, modificaría sensiblemente la calidad ambiental en el Área de Influencia, sobretodo de manera puntual, a nivel de la superficie de ocupación del Proyecto, en donde el polígono solicitado para el establecimiento del Proyecto, la calidad ambiental se reduciría a la categoría de Baja.

La afectación por el desarrollo del Proyecto sin la aplicación de medidas podrá expanderse dentro del Área de Influencia de manera predominante al Oeste de la misma de manera contigua al Proyecto, en la Calidad Ambiental será disminuida de Media Baja a Baja.

Se estima que el componente Socioeconómico tendrá de cualquier manera, un mejoramiento en su calidad a nivel de la superficie del Proyecto tanto por la generación de empleos como por el uso del territorio para actividades más productivas que las que actualmente hay en el sitio.

Todos los componentes ambientales presentan diferente fragilidad ante cualquier actividad antrópica que se desarrolle en su mismo espacio, esto depende de las características de las actividades

que se desarrollen y el impacto que genere a dichos componentes. A continuación, se describe un escenario a futuro (E1) con implementación del Proyecto y sin aplicación de medidas:

- Entre los componentes catalogados de mayor importancia y al mismo tiempo valorado con mayor afectación se encuentra la vegetación; la implementación del Proyecto contempla la eliminación total de la cobertura vegetal en dicha superficie, lo cual generará disminución de los servicios que presta este componente, tales como, captura de carbono, generación de oxígeno y protección al recurso suelo.

- La eliminación de la protección al recurso suelo ante los factores físicos que se presenten, tales como el agua, provocará la erosión, degradación y sedimentación de éste; como efecto secundario en los sitios contiguos, se contempla exista ligera erosión del suelo, sin distribuirse más allá de esta superficie.

- Las actividades antrópicas provocarán el ahuyentamiento de la fauna, teniendo mayor relevancia en la superficie del Proyecto, reduciéndose gradualmente en la Área de Influencia. De igual forma se contempla la reducción del hábitat disponible para los animales, tanto de alimentación como de reproducción.

- Por su parte, la hidrología se verá disminuida en la superficie del Proyecto, el agua escurrirá y tendrá la capacidad de infiltrarse o evaporarse en zonas bajas a ésta superficie aunque reduciendo considerablemente su potencial de infiltración y escurrimiento en la Zona; la atmósfera, las partículas suspendidas tendrán mayor relevancia en la superficie del Proyecto por la naturaleza en si del sitio y de las obras mineras y disminuyendo gradualmente a los extremos del Área de Influencia

- El paisaje perderá calidad en cierta medida en su calidad y continuidad paisajística, permitiendo que cualquier actividad desarrollada por el Proyecto sea perceptible visual y auditivamente en áreas aledañas al Proyecto Gran Potencial La Herradura.

En términos generales, como ya se ha mencionado con anterioridad, la implementación del Proyecto y sin la aplicación de medidas conllevará a la afectación de los componentes ambientales que se encuentra puntualmente en dicha superficie, una reducción considerable a lo largo de la vida útil del Proyecto Gran Potencial La Herradura.

En la siguiente Figura se presenta el Escenario con Proyeto sin medidas (Escenario E1), en el que se muestra la modificación en la Calidad Ambiental respecto al Escenario E0 a un plazo de 25 años (vida útil del Proyecto Gran Potencial).

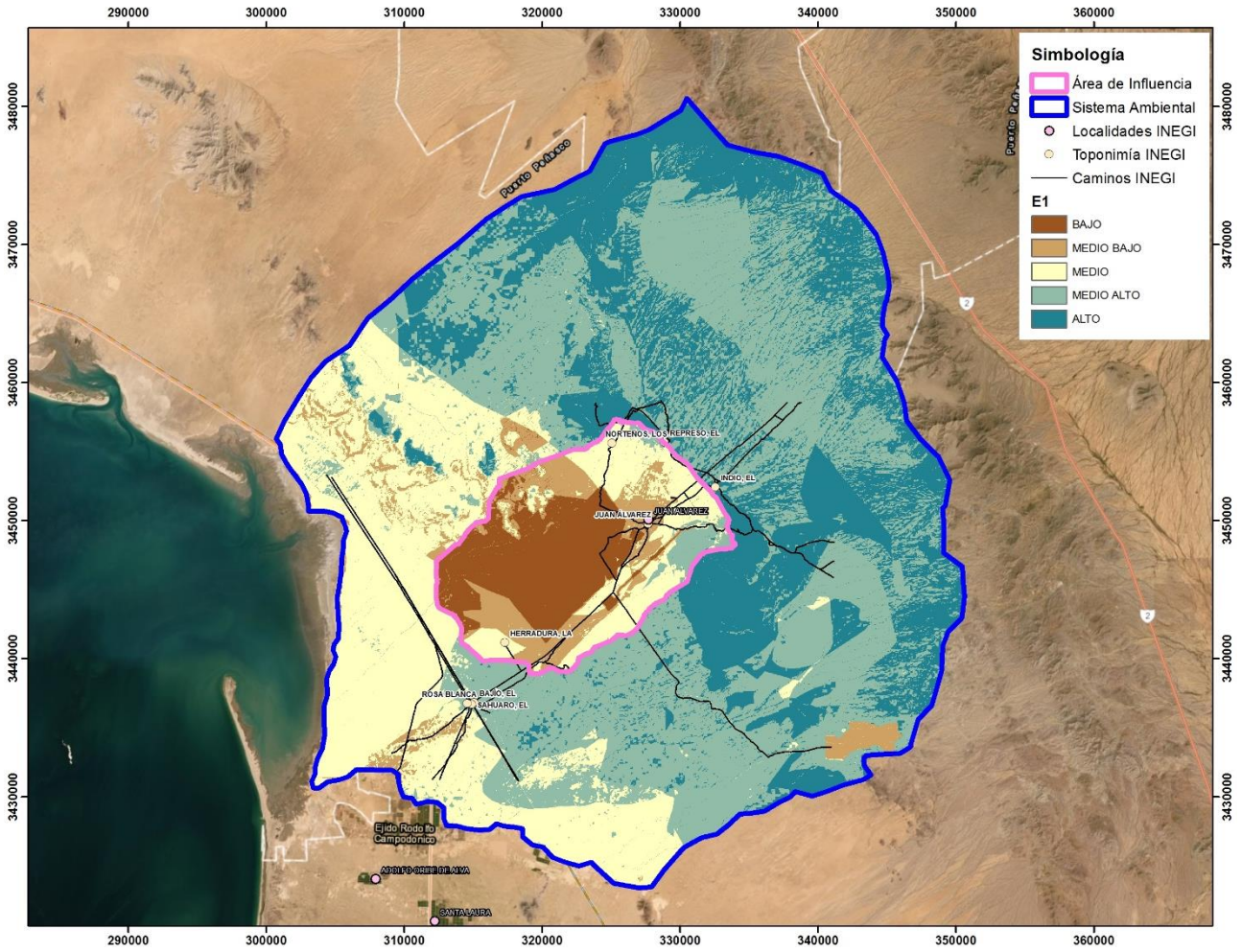



**Figura 7.2. Escenario de impactos (E1 – SA con Proyecto, sin medidas)**

## *VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación y/o compensación*

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 para la prevención y mitigación de los impactos. Como tal, se está haciendo la estimación del escenario hacia el final de la vida útil (25 años), para incluir la efectiva aplicación de la medida que conlleva el cierre y abandono de la UM y del Proyecto, así como la restitución del sitio, ya que esta es una de las principales medidas de mitigación y compensación a ejecutar, además de que se considera la Matriza de implementación de medidas descrita en el Capítulo VI del presente documento, en la cual se estima la efectividad de cada una de las medidas propuestas.

En la Tabla 7.3 se muestran los valores estimados de disminución de la calidad de cada componente.

**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)**

| | Valor de disminución % | | | Valor en la escala del DA-I (%) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Componente | Huella del proyecto | Área de Influencia por componente | Peso Ponderado | Huella del proyecto | Área de Influencia por componente |
| Atmósfera | 20% | 5% | 14.4 | 2.9 | 0.7 |
| Suelo | 15% | 0% | 11 | 1.7 | 0.0 |
| Hidrología | 15% | 0% | 19.4 | 2.9 | 0.0 |
| Vegetación | 15% | 0% | 19.3 | 2.9 | 0.0 |
| Fauna | 25% | 5% | 18.9 | 4.7 | 0.9 |
| Paisaje y geoformas | 75% | 30% | 9.8 | 7.4 | 2.9 |
| Socioeconomía y Cul. | -100% | 0% | 7.1 | -7.1 | 0.0 |
| **TOTAL** | | | | **15%** | **5%** |

Conforme a la Tabla anterior, se estima que con la correcta aplicación de las medidas de prevención, Mitigación y compensación propuestas se tenga una disminución considerable de los efectos adversos conforme al desarrollo de las obras del Proyecto Gran Potencial respecto al Escenario E1, ya que en este Escenario E2 se estima que en la huella del Proyecto se presente solamente una disminución del 15% en la Calidad Ambiental y por su parte, la sumatoria de degradación por Área de Influencia por componente Ambiental seasolamente del 5% durante la vida útil del Proyecto (25 años).

Bajo este esquema, en el escenario futuro previsto con el desarrollo del Proyecto y con la ejecución de las medidas, las áreas del Proyecto seguirían categorizadas en el rango de calidad Baja, pero a nivel del AI habrá algunas áreas que muestran relativa mejoría respecto al E1, alcanzando un nivel de calidad Media y Media Alta, conforme a las consideraciones y evaluaciones realizadas. El modelo del escenario de medidas o impactos residuales E2, mantendrá una condición muy aproximada al escenario sin proyecto o E0; lo que se interpreta como un balance positivo para el Proyecto en lo respectivo al AI.

Al considerar las medidas ejecutadas adecuadamente en consideración a la ejecución del Proyecto se pronostica en dicho escenario (E2) que las condiciones al medio ambiente permanezcan en las condiciones óptimas o lo mejor posible de acuerdo a las catalogadas en el escenario sin proyecto (E0). Sin duda alguna los cambios existentes serán ligeramente perceptibles, pero no tendrán gran efecto que modifique el entorno inmediato del Proyecto o SA (Figura 7.3 y Anexo 7.3).

De manera general, el sitio donde se pretende realizar el Proyecto Gran Potencial La Herradura mantendrá su categoría de calidad Baja en consideración al E0 y E1, sin embargo, existe un cambio benéfico en el AI respecto al E1 con la debida aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el Capítulo VI y desglosadas en lo particular en el Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental.

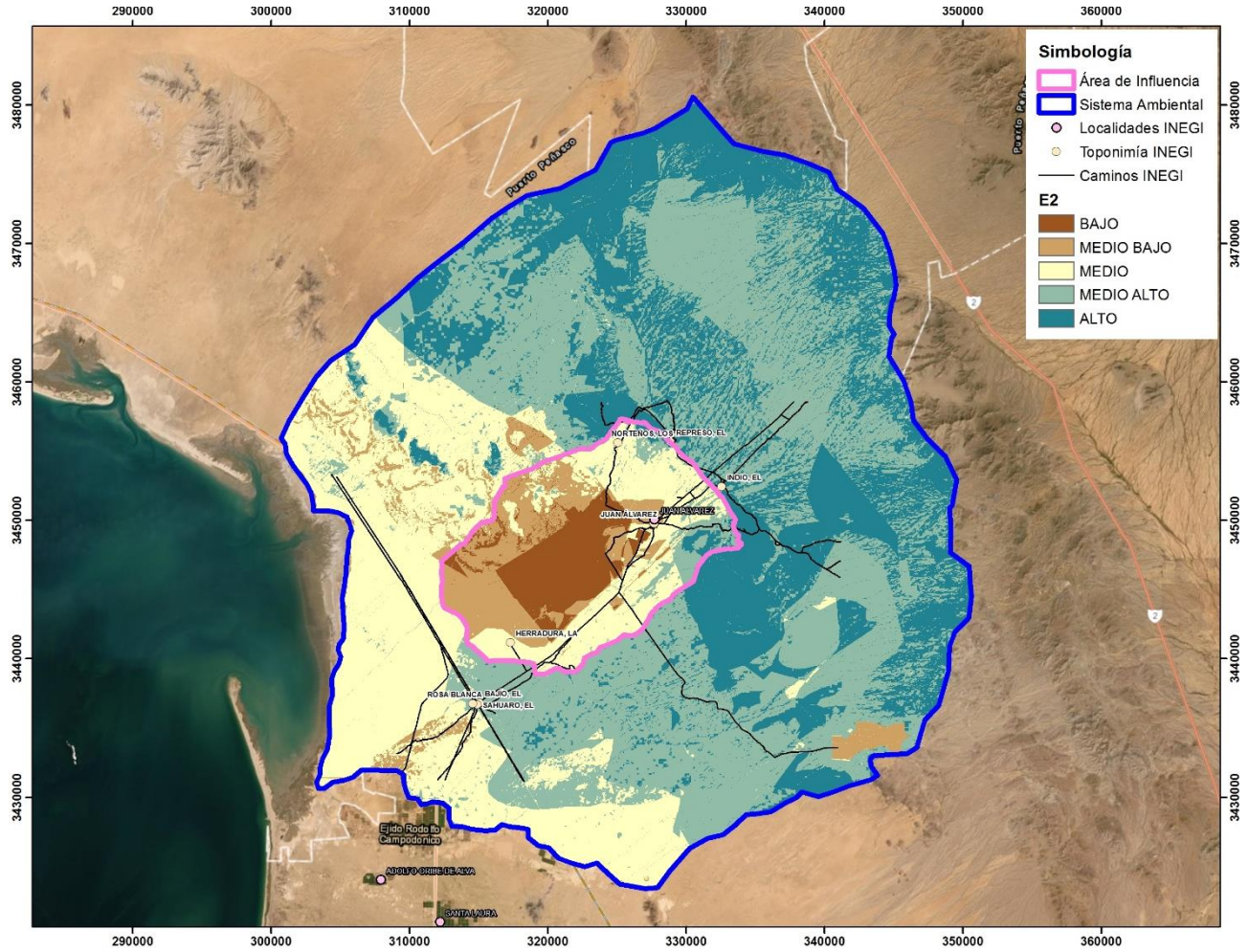



**Figura 7.3. Escenario de medidas (E2 – SA con Proyecto y con medidas)**

## *VII.4 Conclusiones del Pronóstico Ambiental*

Con la finalidad de facilitar un análisis comparativo de los escenarios pronosticados, en la Figura 7.4 se muestra un mosaico de los tres escenarios modelados, enmarcados en el Área de Influencia del Proyecto, e incluyendo el modelo que muestra las condiciones estimadas actuales (diagnóstico ambiental integrado).

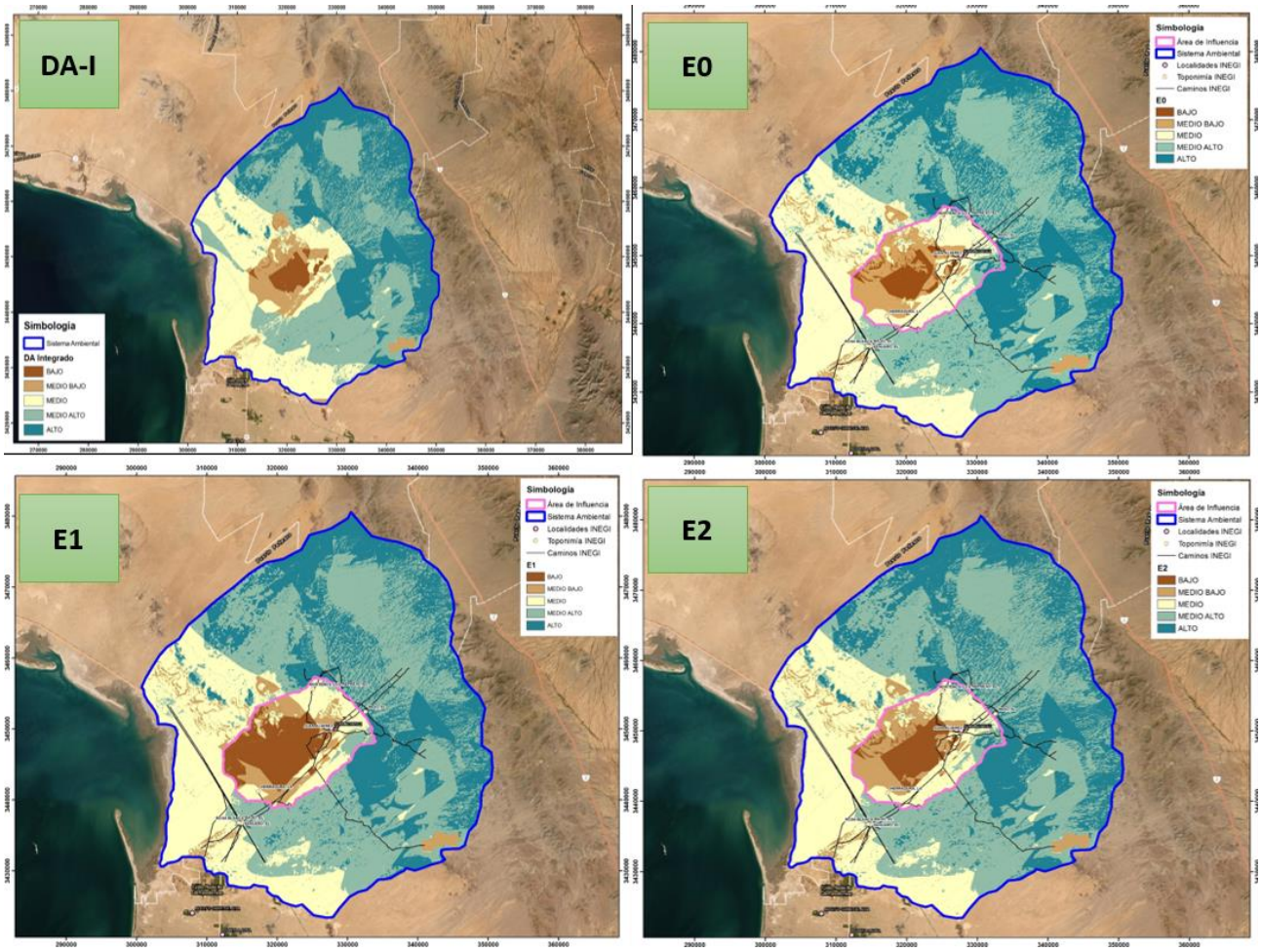



**Figura 7.4. Análisis comparativo del DA-1, E0, E1 y E2**

A partir de la comparación, y entendiendo el contexto espacial y temporal en el que pretende desarrollarse el Proyecto, así como la naturaleza de los impactos ambientales identificados, aun con la aplicación de las medidas propuestas se espera un decremento puntual de la calidad ambiental sobre la superficie del Proyecto, aunque éste será ligeramente de menor magnitud que el decremento esperado para el escenario E1 (sin medidas).

En consideración a la interpretación resultado del consenso del grupo de especialistas que trabajaron en el presente Proyecto y análisis plasmado en la Figura 7.4, a continuación, se presenta el siguiente pronóstico:

- De acuerdo al Diagnóstico Ambiental Integrado la mayor parte del SA, AI y área del Proyecto posee de forma generalizada una calidad Medio Alta y Alta, con áreas marcadas con calidad Media Baja; así como sitios donde se alcanzan los menores niveles de calidad ambiental del SA. Considerando la evaluación realizada para el Diagnóstico Ambiental Integrado, el modelo resultante evidencia claramente el deterioro de la calidad ambiental puntualmente en zonas donde se realizan actividades antrópicas, que a lo largo de los años han transformado radicalmente las condiciones naturales del ecosistema.

- La calidad ambiental pronosticada en el escenario sin Proyecto (E0), demuestra un ligero decremento a futuro de la calidad ambiental de 9.1% a la calidad catalogada en la actualidad, presentada en el DA-I, casi imperceptible a escala global. El resultado considerado se debe al constante e inminente crecimiento de la población y de las actividades antrópicas dando como resultado mayor demanda de recursos naturales, tales como; suelos, vegetación, agua, entre otros. Entre las principales actividades que se desarrollan se encuentra la ganadería y áreas mineras, las cuales se distribuyen en todas la zonas de fácil accesibilidad humana; con tendencia al desarrollo, crecimiento y necesidad de mayor superficie para el desarrollo de dichas actividades; contemplando en cierta medida el mal uso del suelo, puede permitir la degradación física por compactación del recurso suelo y al mismo tiempo la degradación química por declinación de la fertilidad y deducción del contenido de materia orgánica, como se presenta en la actualidad en algunas zonas de agricultura de acuerdo a información de INEGI.

- La calidad ambiental pronosticada en el escenario con Proyecto y sin medidas (E1), considera que la afectación del Proyecto tendrá mayor relevancia en esta superficie, disminuyendo gradualmente en la superficie del Área de Influencia determinada por componentes. Entre los componentes catalogados de mayor importancia y al mismo tiempo valorado con mayor afectación se encuentra: la vegetación; la implementación del Proyecto contempla la eliminación de la cobertura vegetal en una parte del Proyecto, lo cual generará disminución de los servicios que presta este componente, tales como, captura de carbono, generación de oxígeno y protección al recurso suelo. Las actividades antrópicas provocarán el ahuyentamiento de la fauna, teniendo mayor relevancia en la superficie del Proyecto, sumado al impacto al componente hidrológico que disminuirá su superficie de infiltración y de escorrentía. La degradación más evidente, además de la huella del Proyecto, corresponde a la porción Oeste del AI, ya que es donde se podrá presentar la mayor interración del Proyecto con sus impactos ambientales, degradando el área de calidad Media Baja a Baja.

- La calidad ambiental pronosticada en el escenario con Proyecto e implementación de medidas de mitigación (E2) contempla una mejoría en dicha superficie, equivalente al 15% de su calidad ambiental global (incluye todos los componentes y sus áreas de influencia) respecto al Escenario de impactos E1; es decir, que en vez de disminuir un 72% la calidad actual con la realización del proyecto sin medidas, se estima una disminución aproximada al 57% de la calidad actual estimada a partir de la aplicación de las medidas propuestas. Si bien este valor podría no representar una diferencia sustancial, no debe interpretarse que las medidas son de baja eficacia contra la prevención y mitigación de los impactos, ya que el análisis se hace directamente sobre la superficie del Proyecto que invariablemente será ocupada por las obras y actividades, por lo que se refleja en este modelo principalmente la residualidad de los impactos identificados. En dicho escenario se contempla de igual forma una mejora de la calidad ambiental en su Área de Influencia.

En el escenario futuro, en caso de ejecutarse el Proyecto tal como está contemplado, incluyendo las medidas de prevención, control, mitigación y compensación, el Proyecto se presentará como un desarrollo productivo sustentable, responsable de las actividades que realiza, de su compromiso con las comunidades aledañas a sus proyectos y el medio ambiente que los rodea, generando mayor crecimiento y estabilización económica en la región donde se establece y con una derrama económica a través de la creación de empleos y las necesidades de servicios.

Finalmente, la realización del Proyecto Gran Potencial La Herradura corresponde a un proceso de responsabilidad y madurez ambienta en el cual, Minera Penmont, reconoce que cuenta con una dinámica de crecimiento acelerada y que con el correcto ordenamiento del uso de suelo podrán evaluarse mejor los impactos ambientales generados, para con esto, continuar e implementar las medidas de mitigación y control necesarias y a la altura de los cambios y crecimientos de la Unidad.

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

Para la caracterización del medio físico, biótico, social y económico, así como para evaluar la información ambiental del Sistema Ambiental del Proyecto Gran Potencial La Herradura, se desarrollaron las siguientes acciones:

A) Recopilación bibliográfica de información

Se colectó información del medio físico y biótico de estudios ambientales históricos proporcionados por Minera Penmont. S. de R. L. de C. V. y Servicios Administrativos Peñoles S.A. de C.V. (SAPSA). La información incluye historia natural regional, hidrología, listados de especies de flora y fauna, entre otros temas.

Se consultaron fuentes oficiales y se recopiló la información relevante para la descripción del medio biótico, físico y socioeconómico. Algunas de las fuentes oficiales consultadas fueron el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), entre otros.

B) Trabajo de campo

Como parte de los trabajos de investigación y evaluación de las características ambientales naturales del sitio, se llevaron a cabo recorridos de campo, durante los cuales se levantó información del medio biótico, físico y socioeconómico del área de estudio.

C) Elaboración de un Sistema de Información Geográfica

Uno de los principales problemas a afrontar en la elaboración de una Manifestación de Impacto Ambiental, es la escasez de información reciente y de escala adecuada de la cartografía del medio físico del área de estudio; generalmente únicamente se dispone de información a gran escala y con coberturas temáticas de los años 70's; por lo tanto, con la finalidad de asegurar el apropiado análisis de la situación ambiental actual, en el área donde pretende desarrollarse el proyecto, se elaboró un Sistema de Información Geográfica (SIG) con base a los siguientes fases:

- Estructuración funcional del sistema

La estructura del sistema se diseño con base a las características específicas del proyecto, definiéndose escalas máximas, proyecciones geográficas aplicables, zona geográfica limitada, unidades de medida y atributos, y características de la topología del sistema. Con la estructura se crearon las bases para la estandarización de la información que fue vertida al sistema.

- Recopilación de información de fuentes oficiales

Se recopiló información de fuentes oficiales y del proyecto en formatos digitales. 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 |
|---|---|---|---|
| Imagen Satelital Quickbird DigitalGlobe | Archivo Raster | Área del proyecto | Fecha de la imagen 2018 |
| Curvas de Nivel, INEGI | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Climas, INEGI | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Iso-líneas de temperatura, CONABIO | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Precipitación, CONABIO | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Geología, INEGI | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Fisiografía CONABIO | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Edafología, INEGI | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Usos de suelo y vegetación, INEGI | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Hidrogeología, CONABIO | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Hidrología superficial, CONABIO | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Subcuencas hidrológicas, CONAGUA | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Área de conservación prioritaria de Aves, CONABIO | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Provincias herpetofaunísticas, CONABIO | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Vías de transportación, INEGI | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Límite municipal, INEGI | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |
| Red de estaciones meteorológicas cercanas al proyecto, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |

| Nombre | Tipo de información | Cobertura | Observaciones |
|---|---|---|---|
| Red hidrológica, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Tipos de vegetación según Rzedowski | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Usos de suelo y vegetación, SERIE VI | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Usos de suelo y vegetación, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Temperatura media anual, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Cuencas, Instituto Nacional de Geografía | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Cuencas, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Cuencas, CONAGUA | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Cuencas, CNA | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Región terrestre prioritaria, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Precipitación total anual, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Precipitación media anual, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Escurrimiento medio anual, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Edafología, CONABIO | Vectorial temática nacional CONABIO | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional INEGI |
| Topoformas, INEGI | Vectorial temática nacional | Nacional | Ortofotocorregidos en base a red geodésica nacional |

- Estandarización de formatos digitales y bases de datos

Se unificaron los formatos tanto de la información obtenida de fuentes oficiales, como de la información obtenida con trabajos de campo llevados a cabo por Clifton Associates Ltd ® - Natural Environment S. C.; con la finalidad de que toda la información fuera compatible.

Punto 4. Creación de nuevas capas de información temática

Utilizando la información topográfica y de los trabajos de campo, se generó nueva información temática (modelos digitales); la cual se enlista en la Tabla 8.2.

**Tabla 8.2. Información temática generada**

| Nombre | Tipo de información | Observaciones |
|---|---|---|
| Modelo de niveles de ruido | Generado a partir de las mediciones de intensidad sonora registrados en campo | Generados mediante Spatial Analysis |
| Modelo hidrológico | Generado a partir de curvas de nivel INEGI cada 20 m y curvas de detalle cada 2 m. | Generados mediante Spatial Analysis por proceso de Tin interpolación de curvas de nivel para su posterior conversión a grid (malla) |

Punto 5. Presentación general del sistema en plataforma de ArcMap

Una vez armado el sistema se presentó en formato de proyecto con la plataforma ArcMap. Dicha información se estructuró por capas ligadas a un macro.

La elaboración del SIG permitió la generación de cartografía a una escala apropiada para el proyecto, la cual fue empleada para elaborar un gran número de 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* e 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 del presente documento se presenta el listado de anexos de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular del Proyecto Gran Potencial La Herradura, en el que se incluyen los planos definitivos, mapas, documentos y anexos fotográficos.

## *VIII.1 Glosario de términos*

*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.

*Especies de baja movilidad*: Especies 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.

*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 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 ambiental significativo o relevante:* 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.

*Impacto ambiental residual:* El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

*Medidas de prevención:* Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

*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.

Impactos al Medio Físico

*Impacto crítico:* Deterioro en la calidad del aire, agua o suelo en donde los estándares u objetivos ambientales serán excedidos la mayor parte del tiempo o una pérdida permanente o alteración de un componente físico.

*Impacto severo:* Un deterioro temporal en la calidad del aire, agua o suelo con una violación ocasional (una pequeña proporción del tiempo) de los parámetros u objetivos ambientales.

*Impacto moderado:* Un deterioro temporal en la calidad del aire, agua o suelo en donde los estándares u objetivos ambientales serán excedidos o una fluctuación fuera de los niveles de variación temporal normales.

*Impacto compatible:* Un deterioro temporal en la calidad del aire, agua o suelo indistinguible de fluctuaciones normales en las condiciones naturales históricas o una variación que ocurre dentro de las variaciones temporales normales.

*No impacto:* Significa que no hay alteración entre el proyecto y la calidad del aire, agua o suelo o que la interacción no tiene efecto.

*Impacto residual:* El que permanece después de que termina el proyecto, pero que no ha sido o no puede ser mitigado por acciones deliberadas.

Con respecto a los impactos en la comunidad biológica

*Impacto crítico:* Aquel que afecta una población entera o especies en magnitud suficiente para causar una disminución en su abundancia y/o cambios en la distribución más allá del cual el reclutamiento (reproducción, inmigración) no retornaría esa población de especies, o cualquier población dependiente de ésta, a su nivel anterior después de varias generaciones.

*Impacto severo:* Aquel que afecta una porción de la población que puede resultar en un cambio en la abundancia y/o distribución sobre una o más generaciones de esa porción de la población dependiente de ésta, pero que no cambia la integridad de cualquier población en su totalidad. Puede ser localizado.

*Impacto moderado:* Aquel que afecta a un grupo específico de individuos en una población en un área localizada y/o por un corto período de tiempo (una generación o menos), pero sin afectar otros niveles tróficos o la integridad de la población en sí.

*Impacto compatible:* Aquel que afecta la población o un grupo específico en un área localizada y/o por un período corto de tiempo con un efecto similar a pequeños cambios al azar en la población debido a variaciones ambientales, pero sin tener un efecto medible en la población en su totalidad.

*No impacto:* Significa que no hay interacción entre el proyecto y la población o que la interacción no tiene efectos.

*Impacto residual:* Aquel que permanece después de que el proyecto ha terminado, pero el cual no ha sido o no puede ser mitigado mediante acciones deliberadas.

### *VIII.2 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.

Calderón de Rzedowski, G. (1985). Familias. Flora fanerogámica del valle de México, 2, 77-85.

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.

Chapa, Bezanilla, D., Sosa, Ramírez, J., & Alba, Ávila, A. (2008). Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. Madera y Bosques , 37-51.

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.

Balleza, Cadengo, J. J. (2000). Flora del cerro de piñones, Juchipila, Zacatecas, México. México, DF.: Facultad de Agronomía.

Caballero, Deloya, M. (1977). Técnicas de muestreo usadas en México en Inventarios forestales, Desarrollo histórico. Ciencia Forestal, 3-30.

Castillo-Sánchez, C., Turk-Boyer, P. J., Venegas-Cardoso, R. F., Paz-Moreno, F., Villalpando-Canchola, E., & Valentine, C. F. (1994). Programa de Manejo Reserva de La Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar Municipios de Plutarco Elías Calles, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado, Sonora, México. Sonora: Sistema de Áreas Naturales Protegidas.

Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K., & Shen, T. J. (2005). A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. Ecology Letters, 148-159.

Comisión Nacional Forestal. (2015). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Procedimientos de muestreo. Guadalajara, Jal, México.: CONAFOR.

Gómez, López, A. M., & Williams, Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 7-15.

Imaña, Encinas, J., Jiménez, Pérez, J., & Valeria, Rezende, A. (2014). Conceptos dasométricos en los inventarios fitosociológicos. Brasilia, Brasil / Linares, México: Universidad de Brasilia / Universidad Autónoma de Nuevo León.

INEGI. (2012). Guía para la interpretación de cartografía; Uso de Suelo y Vegetación: Escala 1:250, 000 Serie V. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI, (. (2017). Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250, 000: serie VI. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Jiménez, Sierra, C. L., & Sosa, Ramírez, J. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes., 16-22.

Lara, Raimers, E. A. (2011). Estructura y diversidad de la vegetación en una porción de la sierra El Mascarón, en el Norte de Zacatecas. Saltillo, Coahuila, México.: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Lot, A., & Chiang, F. (1986). Manual de herbario. México: UNAM.

Molina, F. E. (2010). Diversidad Biológica de Sonora. México, D.F: Mora- Caantúa.

Moreno Ortega, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Pachuca, Hidalgo: UAEH.
Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia: El País.

Orozco, L., & Brumér, C. (2002). Inventarios forestales para bosques de latifoliados en américa central.

Turrialba, Costa Rica: CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Refaeilzadeh-P, T. L. (2009). Cross-validation. Boston: Springer.

Sánchez, Mejía, Z. M., Serrano-Grijalva, L., Peñuelas-Rubio, O., & Pérez, E. R. (2007). Composición florística y estructura de la comunidad vegetal del límite del desierto de Sonora y la selva baja caducifolia (Noroeste de México). Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 74-83.

SEMARNAT. (2010). 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. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre.

SEMARNAT. (2016). Guía para la Elaboración de Estudio Técnicos Justificativos. México: SEMARNAT.

Shoji-Sánchez, D. (2005). Adecuación del Índice de Integridad Ecológica para la evaluación del Matorral Desértico Micrófilo en dos localidades del Valle de Cuatro ciénegas. Monterrey, N.L: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Sivinski, R. C. (1998). The genus Cryptantha (Boraginaceae) in New Mexico. Botanist, 8.

Villareal, H., Álvarez, M., Cordoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. M. (2004).

Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia.: Instituto de Investigación de Recursos Biologicos Alexnader von Humboldt.

Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 559-902.

Yang, K.-C., & Pulkki, R. E. (2002). Sample Size Determination and Probability Level Estimation. Taiwan J For Sci, 135-41.

Espinosa, Organista, D., & Ocegueda, Cruz, S. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. Capital natural de México, I, 33-65.

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

González, Villarreal, L. M. (1986). Contribución al conocimiento del género Quercus (Fagaceae) en el estado de Jalisco. . Guadalajara, Jal.: Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara.

H. Lamprecht.(1990). Silvicultura en los trópicos. Ed. GTZ

Herrera Arrieta, Y. (2010). Guia de Pastos de Zacatecas. Zacatecas, México: Instituto Politécnico Nacional - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

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.

INEGI. (2012). Guía para la interpretación de cartografía : uso del suelo y vegetación : escala 1:250, 000 : serie V. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

López, C., Chanfón, S. & Segura, G. (2005) La Riqueza de los Bosques Mexicanos: Más Allá de la Madera. Experiencias en Comunidades Rurales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 199 p.

Lot, A. y Chiang F. (Compiladores). (1986). Manual de Herbario. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C., México, D. F.

Magaña, P. (2002). La flora de México ¿Se podrá conocer completamente? Ciencias, 24-26.

Martin, P. S., D. Yetman, M. Fishbein, P. Jenkins, T. R. Van Devender y R. K. Wilson. (1998). Gentry´s Río Mayo plants: The tropical deciduous forest and environs of Northwest Mexico. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA. 558 pp.

Martínez–Gordillo, M., Jiménez, J., Ramírez, R. C., Durán, E. J., Arriaga, R. G., Cervantes, A., & Mejía, R. Hernández. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. In Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Bot (Vol. 73, pp. 155-281).

McVaugh, R. (1974). Flora novo-galiciana (Vol. 12). University Herbarium, University of Michigan.

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.

Pérez-García, E. A., Meave, J. A., & Cevallos-Ferriz, S. R. (2012). Flora y vegetación de los trópicos estacionalmente secos en México: origen e implicaciones biogeográficas. Acta botánica mexicana, (100), 149-193.

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

Rzedowski, J. (1994). Vegetción de México (Sexta reimpresión ed.). D.F. México: Limusa.

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1a. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504pp.

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/#

SMN (2010). Servicio Meteorológico Nacional. CONAGUA, en: http://smn.conagua.gob.mx

Standley, P. C. (1920). Trees and Shrubs of México (Vol. 23). US Government Printing Office.

Vibrans, H. (2009). Malezas de México. Recuperado el 10 de 05 de 2016, de http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico

Villaseñor , J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico . Revista Mexicana de Biodiversidad , 559-902.

# IX. LISTA DE ANEXOS

Anexo Digital – Coordenadas y superficies del Proyecto Gran Potencial La Herradura y Archivos Shape (shp) del Proyecto.

**Capítulo I**

Anexo 1.1. Localización regional y local del Proyecto Gran Potencial La Herradura
Anexo 1.2. Documentos probatorios de la propiedad del terreno
Anexo 1.3. Acta constitutiva de la promovente Minera Penmont, S. de R. L. de C. V.
Anexo 1.4. Registro federal de contribuyentes de la promovente Minera Penmont, S. de R. L. de C. V.
Anexo 1.5. Copia de la identificación oficial del representante legal de la promovente
Anexo 1.6. Poder del representante legal de la promovente Minera Penmont, S. de R. L. de C. V.
Anexo 1.7. Cedula profesional del responsable técnico de la MIA-P del Proyecto Gran Potencial La Herradura

**Capítulo II**

Anexo 2.1. Polígono del Proyecto Gran Potencial La Herradura
Anexo 2.2. Ubicación local del Proyecto Gran Potencial La Herradura
Anexo 2.3. Zonas del Proyecto Gran Potencial La Herradura
Anexo 2.4. Obras que comprenden el Proyecto Gran Potencial La Herradura
Anexo 2.5. Crecimiento máximo proyectado para el Tajo Megacentauro
Anexo 2.6. Proyección de extracción en el Tajo Megacentauro
Anexo 2.7. Reporte fotográfico de las condiciones actuales del sitio
Anexo 2.8. Crecimiento máximo contemplado para la nueva tepetatera
Anexo 2.9. Análisis geotécnico de estabilidad del talud
Anexo 2.10. Especificaciones técnicas para las etapas 2 y 3 del nuevo depósito de jales
Anexo 2.11. Características de construcción de obras
Anexo 2.12. Plan de restitución y cierre actualizado de la UM La Herradura (portada)
Anexo 2.13. Plan de manejos de residuos de la UM La Herradura

**Capítulo IV**

Anexo 4.1. Plano del SA delimitado para el Proyecto
Anexo 4.2. Localización de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto
Anexo 4.3. Reporte fotográfico de suelos en el SA
Anexo 4.4. Descripción edafológica de perfiles de suelos dentro del SA
Anexo 4.5. Modelo de riesgo a la erosión en la superficie del Sistema Ambiental
Anexo 4.6. Sitios de muestreo de Vegetación
Anexo 4.7. Reporte fotográfico de los tipos de Vegetación presentes en las áreas de análisis del Proyecto
Anexo 4.8. Áreas de muestreo faunístico y localización de cámaras trampa
Anexo 4.9. Reporte fotográfico de fauna silvestre dentro del SA

Anexo 4.10. Programa de conservación del berrendo (*Antilocapra americana sonoriensis*) y su hábitat
Anexo 4.11. Reporte fotográfico del Paisaje
Anexo 4.12. Valoración de la fragilidad visual de las unidades de Paisaje
Anexo 4.13. Unidades de Paisaje
Anexo 4.14. Valoración de la calidad visual de las unidades de Paisaje
Anexo 4.15. Modelo de calidad visual del Paisaje
Anexo 4.16. Modelo de la fragilidad visual del Paisaje
Anexo 4.17. Metodología AHP para determinación de la ponderación global de los componentes ambientales en el SA
Anexo 4.18. Diagnóstico Individual para el componente Atmósfera
Anexo 4.19. Diagnóstico Individual para el componente Suelo
Anexo 4.20. Diagnóstico Individual para el componente Hidrología
Anexo 4.21. Diagnóstico Individual para el componente Fauna
Anexo 4.22. Diagnóstico Individual para el componente Paisaje
Anexo 4.23. Diagnóstico Individual para el componente Socioeconomía y Cultura
Anexo 4.24. Diagnóstico Ambiental Integrado para el Sistema Ambiental
Anexo 4.25. Acercamiento del Área de Influencia sobre el Diagnóstico Ambiental Integrado

**Capítulo V**

Anexo 5.1. Matriz de determinación de importancia de impactos, Fase 1
Anexo 5.2. Matriz de determinación de importancia de impactos, Fase 2
Anexo 5.3. Matriz de determinación de importancia de impactos, Fase 3
Anexo 5.4. Matriz de valoración de impactos con ponderación de factores ambientales

**Capítulo VI**

Anexo 6.1. Programa de Manejo y Vigilancia Ambiental (PMVA)
Anexo 6.2. Matriz de eficacia de medidas en la Fase 1
Anexo 6.3. Matriz de eficacia de medidas en la Fase 2
Anexo 6.4. Matriz de eficacia de medidas en la Fase 3

**Capítulo VII**

Anexo 7.1. Pronósticos del escenario sin proyecto E0
Anexo 7.2. Pronóstico del Escenario de Impactos (E1)
Anexo 7.3. Pronóstico del Escenario de Medidas (E2)