Capítulo I

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. 2
I.1 Datos generales del proyecto 2
I.1.1 Nombre del proyecto 2
I.1.2 Ubicación del proyecto 2
I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto 3
I.1.4 Presentación de la documentación legal 4
I.2 Promovente 4
I.2.1 Nombre o razón social 4
I.2.2 Registro Federal de Causantes 4
I.2.3 Representante legal 4
I.2.4 Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones 4
I.3 Responsable de la elaboración de estudio de Impacto Ambiental 4
I.3.1 Nombre o razón social 4
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes (RFC) 4
I.3.3 Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio 4
I.3.4 Dirección del responsable del estudio 4

Índice de Figuras

Figura I. 1. Ubicación Geopolítica del Área del Proyecto 2

Índice de Tablas

Tabla I. 1. Cronograma de actividades del proyecto 3
Tabla I. 2. Datos para oír o recibir notificaciones 4
Tabla I. 3. Dirección del responsable del estudio 4

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

I.1 Datos generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

Proyecto Minero "Planta y Depósito de Jal Filtrado"

I.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en terrenos de la comunidad de San José de Gracia, mismo que ha cedido los derechos para su uso a Don David Gold México, S. A. de C.V., por el Ejido San Pedro Totolápam a través de asamblea general y convenio de uso y usufructo en tierras de uso común. El proyecto se ubica aproximadamente a 117 kilómetros al sureste de la capital del Estado de Oaxaca, muy cercano a la comunidad de San José de Gracia del Municipio de San Pedro Totolápam. Para llegar al área del proyecto se toma la carretera federal 190, denominada Oaxaca-Istmo, la cual se recorre hasta llegar al kilómetro 115, en donde se toma la desviación hacia el poblado de San José de Gracia, de este se continua por la primera calle a mano izquierda, siguiendo al noreste, por una distancia aproximada de 3 kilómetros, hasta llegar al área del proyecto.

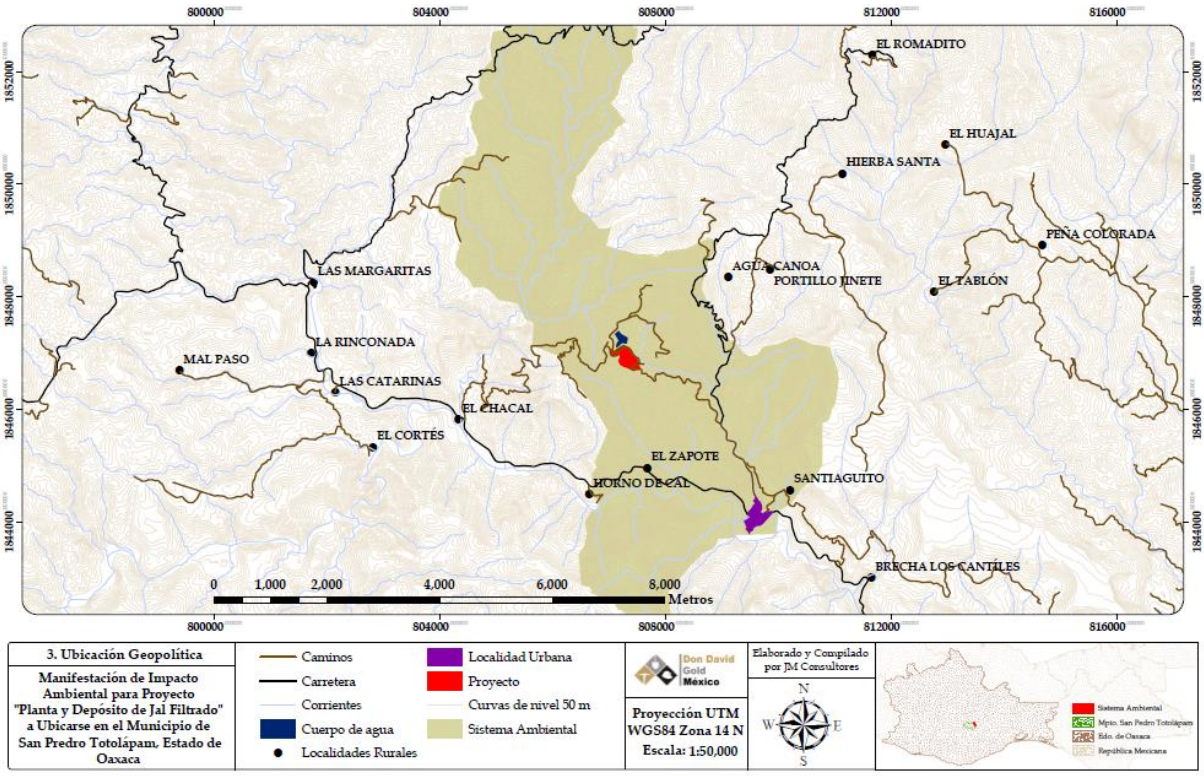


Figura I. 1. Ubicación Geopolítica del Área del Proyecto

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

El tiempo de vida útil del proyecto será de 9 años, como se muestra en la tabla I.1.

Tabla I. 1. Cronograma de actividades del proyecto

Etapa	Actividades	Años								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Preparación del sitio	Preparación									
	Despeje									
Construcción	Transporte de material y equipo									
	Excavación, Relleno y nivelación									
	Preparación de subrasante en área de depósito de jal filtrado									
	Revestimiento de geomembrana en pileta de colección									
	Construcción de planta de jal filtrado									
Operación	Operación de las instalaciones									
	Mantenimiento de las instalaciones									
Cierre	Neutralización y estabilización									
	Reconformación									
	Reforestación									

I.1.4 Presentación de la documentación legal
Ver Anexo, "Documentación Legal"

I.2 Promovente

I.2.1 Nombre o razón social
Don David Gold México S.A. de C.V.

I.2.2 Registro Federal de Causantes
DDG970919675

I.2.3 Representante legal
Lic. Aída Ivonne Valles Chávez

[redacted]

I.3 Responsable de la elaboración de estudio de Impacto Ambiental

I.3.1 Nombre o razón social
Jiménez Mejorado Consultores S. C.

[redacted]

I.3.3 Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio
Lic. Omar G. Jiménez Corral

[redacted]

Lo testado corresponde al domicilio, correo electrónico, teléfono y RFC, datos personales con Fundamento en el Artículo 116, párrafo primero de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LGTAIP) y 113, fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LFTAIP).

Capítulo II

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 3
II.1 Información general del Proyecto 3
II.1.1. Naturaleza del Proyecto 4
II.1.2 Selección del sitio 7
II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización 14
II.1.4 Inversión requerida 24
II.1.5 Dimensiones del proyecto 24
II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos 25
II.2 Características particulares del proyecto 26
II.2.1 Programa general de trabajo 47
II.2.2 Preparación del sitio 48
II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto 48
II.2.4 Etapa de construcción 49
II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento 66
II.2.6 Descripción de obras asociadas al proyecto 72
II. 2.7 Personal 72
II.2.8 Etapa de abandono del sitio 72
II.2.9 Utilización de explosivos 75
II.2.10 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos, peligrosos y emisiones a la atmósfera 75
II.2.11 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos 76

Índice de Figuras

Figura II. 1. Obras del proyecto 3
Figura II. 2. Polígonos y obras del proyecto 4
Figura II. 3. Planta de Jal Filtrado 5
Figura II. 4. Depósito de Jal Filtrado 6
Figura II. 5. Pileta de colección 7
Figura II. 6. Aceleración de referencia 9
Figura II. 7. Resultados de conductividad hidráulica para BH-02 y BH-03 13
Figura II. 8. Ubicación geopolítica del proyecto 14
Figura II. 9. Proyecto 19
Figura II. 10. Polígono planta de jal filtrado 20
Figura II. 11. Polígono Depósito de Jal Filtrado 20
Figura II. 12. Polígono Pileta de Contención 21
Figura II. 13. Vértices del proyecto 21
Figura II. 14. Vértices polígono 1 22
Figura II. 15. Vértices polígono 2 22

Figura II. 16. Vértices polígono 3 23
Figura II. 17. Predio de ocupación 23
Figura II. 18. Señalización de segmentos de cunetas..... 29
Figura II. 19. Detalle de cunetas 30
Figura II. 20. Berma de contención 32
Figura II. 21. Berma y pileta de contención 33
Figura II. 22. Vista en planta de las secciones A y B..... 38
Figura II. 23. Sección típica para el análisis de estabilidad. 40
Figura II. 24. Resultados análisis de estabilidad 41
Figura II. 25. Resultados de análisis de estabilidad..... 42
Figura II. 26. Resultados de análisis de estabilidad..... 43
Figura II. 27. Resultados de análisis de estabilidad..... 44
Figura II. 28. Ubicación y diseño de pileta de contención..... 46
Figura II. 29. Diagrama de operación (parte 1) 67
Figura II. 30. Diagrama de operación (parte 2) 69
Figura II. 31. Diseño de plan de cubierta 74

Índice de Tablas

Tabla II. 1. Aceleración pico del terreno en Mina El Águila contra el periodo de retorno estimado por PRODISIS. 9
Tabla II. 2. Espectro de aceleración para el SEE y el OBE para el Águila de acuerdo con PRODISIS..... 11
Tabla II. 3. Características de barrenos..... 12
Tabla II. 4. Coordenadas del polígono 1 Planta de Jal Filtrado del proyecto 15
Tabla II. 5. Coordenadas del polígono 2 Depósito de Jal Filtrado del proyecto 16
Tabla II. 6. Coordenadas del polígono 3 Pileta de Colección del proyecto..... 18
Tabla II. 7. Superficies por comunidad vegetal y/o uso de suelo..... 24
Tabla II. 8. Superficies..... 25
Tabla II. 9. Colindancias 25
Tabla II. 10. Requerimientos de servicios del proyecto. 26
Tabla II. 11. Balance de masas de insumos 26
Tabla II. 12. Consumo de agua fresca 27
Tabla II. 13. Propiedades de los materiales utilizados para los análisis de estabilidad. 40
Tabla II. 14. Resultados de análisis de estabilidad 40
Tabla II. 15. Cronograma de Actividades 47
Tabla II. 16. Pruebas de frecuencia de material de campo 56

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general del Proyecto

El proyecto Planta y Depósito de Jal Filtrado (PYDJF) está ubicado en la Mina El Águila, propiedad de la empresa Don David Gold México, S.A. de C.V. (DDG), subsidiaria de Gold Resource Corporation; mismo que se ubica cercano a la comunidad de San José de Gracia, en el municipio de San Pedro Totolápam, en el estado de Oaxaca. En la unidad minera El Águila, se benefician minerales para obtener valores de oro y plata principalmente, las reservas se han incrementado se han incrementado (ello indica la continuidad de la operación minera al mismo ritmo de producción), por lo que es necesario el uso de tecnologías que permitan hacer más eficiente la producción de jales con menor riesgo e impacto al medio ambiente y por supuesto crear un depósito de jales, a fin de dar abasto al incremento de la generación de los mismos; para lo cual se instalará una planta para procesar y generar jal filtrado, este jal filtrado se depositará en el actual Tajo el Águila, el cual terminará su operación en 2020. Este proyecto será conformado con la construcción de una planta para procesar el jal y filtrarlo, un depósito de jal filtrado y una pileta de colección. El proyecto ocupa una superficie de 11.413383 hectáreas, como se muestra en Figura II.1.

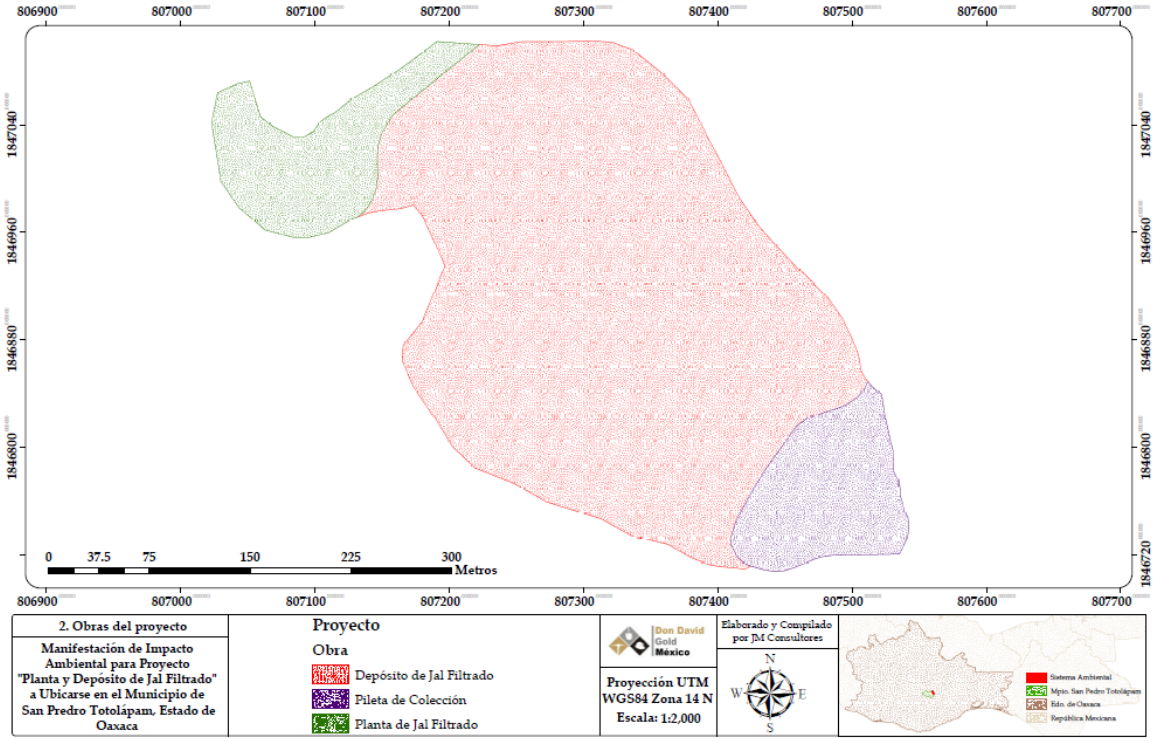


Figura II. 1. Obras del proyecto

II.1.1. Naturaleza del Proyecto

El proyecto estará integrado por 3 polígonos que componen un conjunto de obras, mismas que se señalan en la figura siguiente (Figura II.2). El proyecto ocupa una superficie de 11.413383 hectáreas, de las cuales 10.718362 hectáreas se encuentran en una superficie que ha sido previamente afectada por actividades mineras, mientras que el resto de la superficie, 0.695021 hectáreas presentan vegetación de selva baja caducifolia.

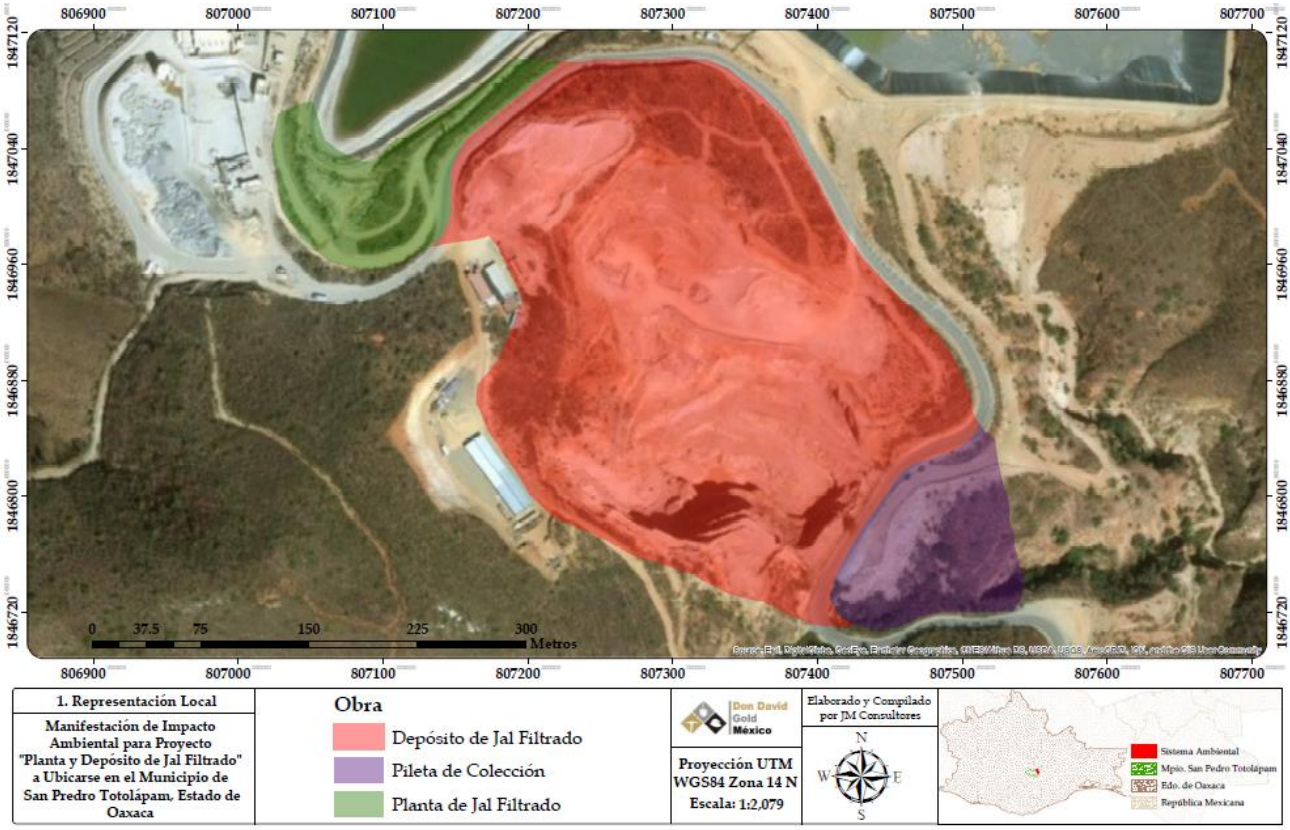


Figura II. 2. Polígonos y obras del proyecto

Planta de Jal Filtrado (PJF)

La planta para procesar el jal filtrado tiene como objetivo lograr la máxima extracción de volumen de agua de los jales de proceso de beneficio mineral. Los jales serán tomados del espesador de colas existente en planta de beneficio y serán transportados mediante un sistema de bombeo a un tanque alimentador en la zona de planta de filtrado; en este punto, mediante el uso de filtros prensa se realizará el proceso de extracción de líquidos mediante la aplicación de altas presiones, hasta conseguir una mezcla seca. La planta de procesamiento de jal filtrado ocupara una superficie de 1.045632 hectáreas.

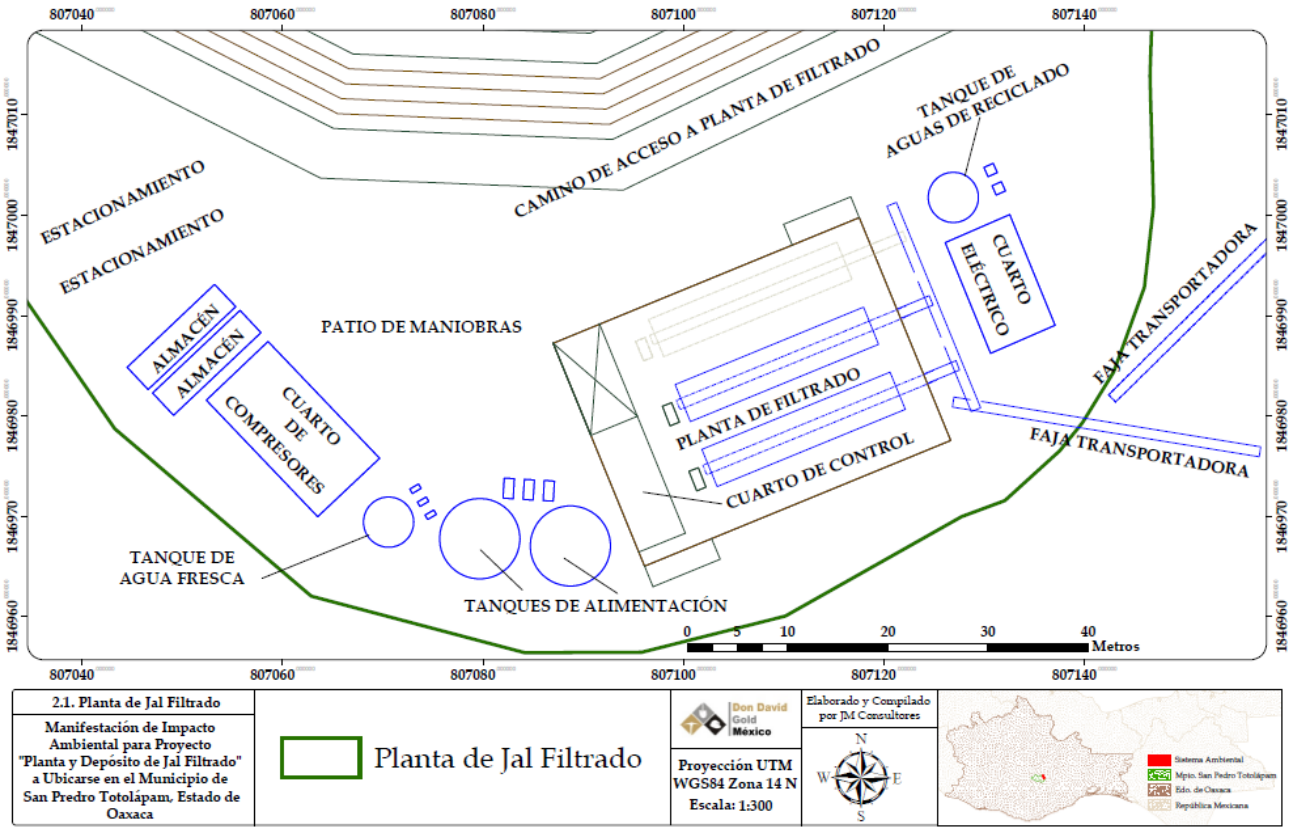


Figura II. 3. Planta de Jal Filtrado

Depósito de Jal Filtrado (DJF)

Una vez que los jales se encuentran en sitio, estos serán dispersados y compactados en capas delgadas a un mínimo 90% de compactación Proctor estándar, esto de acuerdo con lo obtenido en las pruebas de compactación preliminares.

El plan general para depósito será transportar los jales filtrados por un sistema de bandas transportadoras (diseño por Paterson & Cooke) hacia el área de DJF, iniciando su depósito desde la berma al pie del DJF, donde equipos bulldozers y vibrocompactadores dispersarán y compactarán los jales filtrados en levantes de 5 a 8 metros para ajustar el ángulo de reposo. El ancho de los bancos dependerá del ángulo de reposo de los jales filtrados, siendo tal que permita que las pendientes externas finales sean de 2. 5H:1V, que coinciden con la pendiente final del cierre.

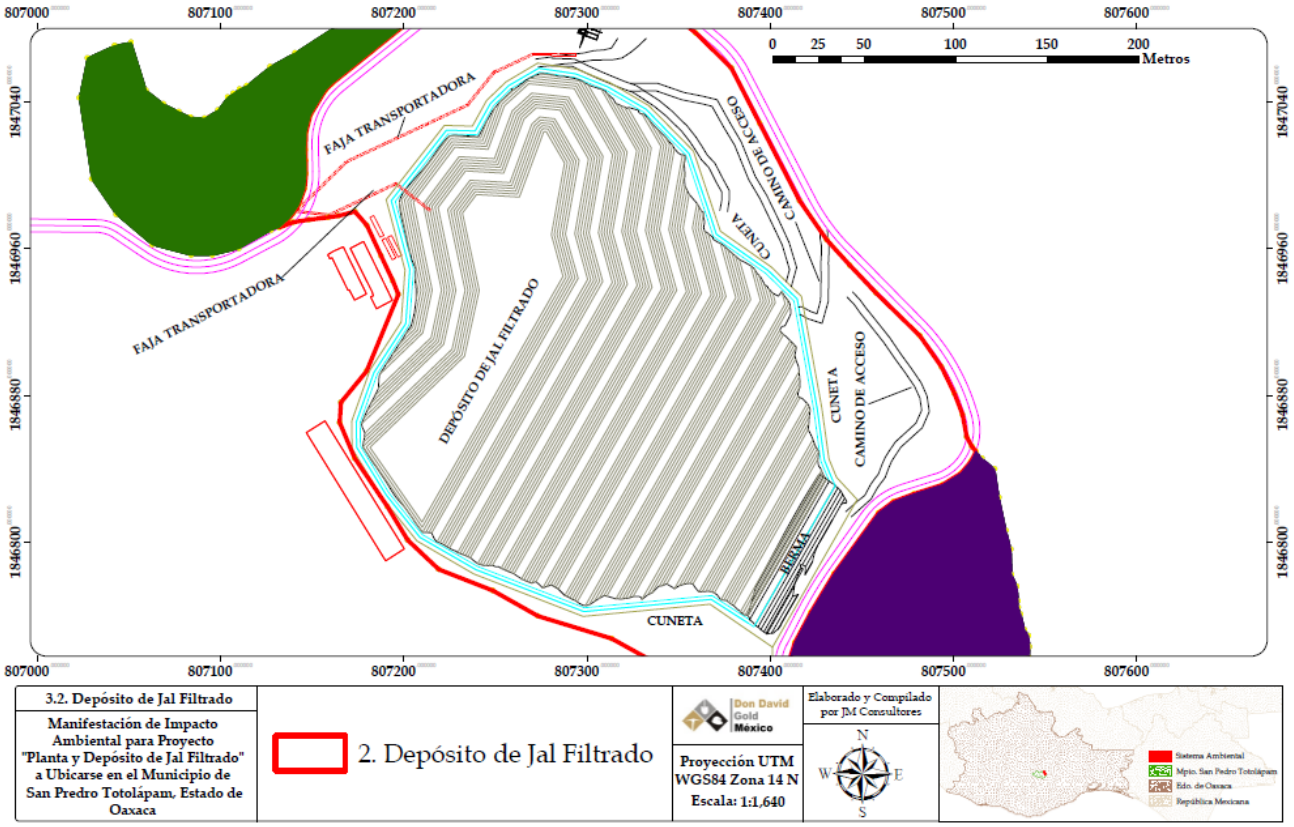


Figura II. 4. Depósito de Jal Filtrado

Pileta de Colección

La pileta de colección de agua está diseñada para un evento de tormenta de 100 años considerando un depósito de jales filtrados con un coeficiente de escorrentía de 0.2. El tamaño calculado requerido para la pileta de colección es de aproximadamente de 1,100 m^3 el cual incluye 1 metro de bordo libre.

La pileta se localizará aguas abajo del depósito de jal (actual tajo) y tiene como finalidad la captación de las escorrentías del jal y su recirculación al depósito, (está ubicada directamente cruzando el camino de acceso pavimentado al pie del DJF). Una berma de contención de 8m de altura y 5m de ancho, con una pendiente positiva de 2H:1V y una pendiente negativa de 2. 5H:1V, será requerida para almacenar el volumen requerido.

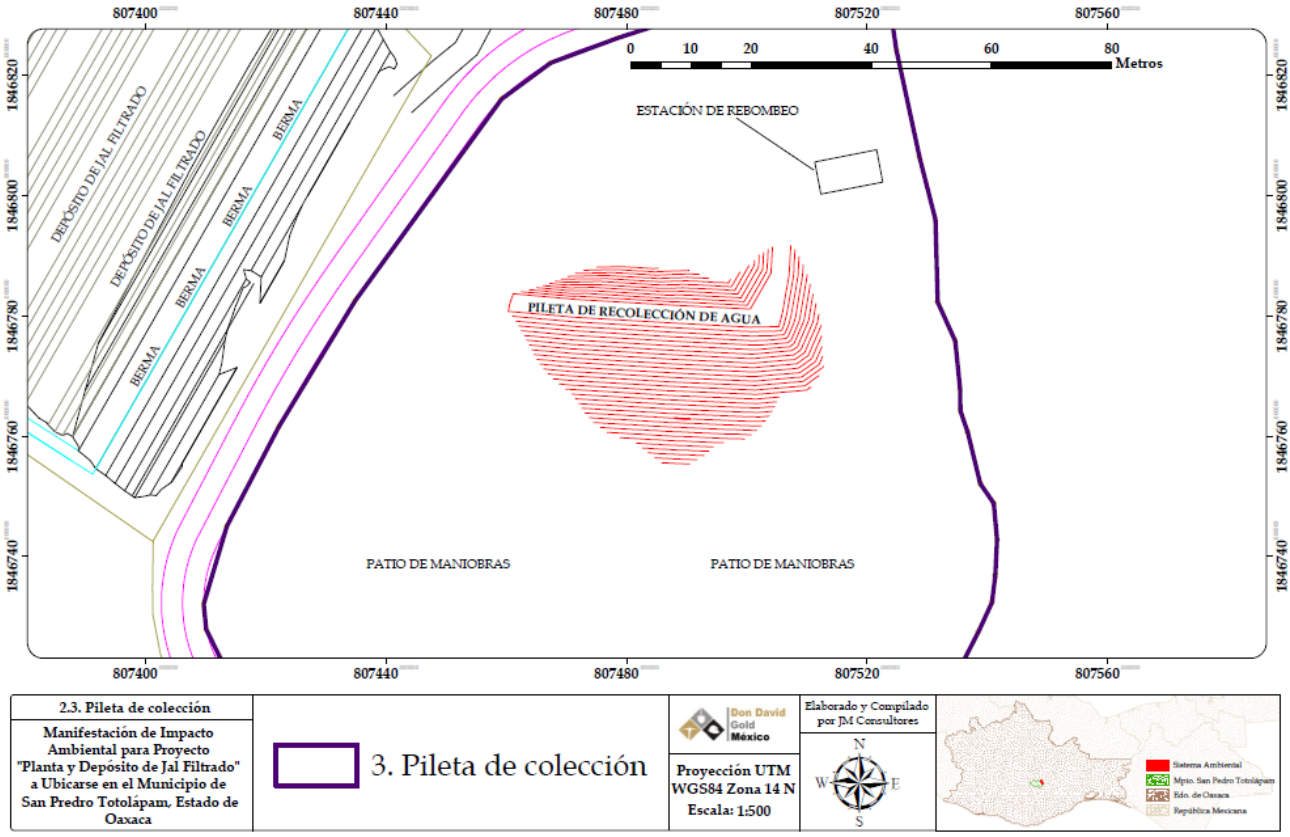


Figura II. 5. Pileta de colección

II.1.2 Selección del sitio

Para la selección del sitio se consideraron varios aspectos, técnicos, ambientales, entre otros; mismos que se explican a continuación:

Topografía: La topografía del área puede ser categorizada como montañosa debido a sus pendientes naturales, con alturas que van desde los 1,100 msnm y los 1,180 msnm, con una diferencia altitudinal de 80 metros. La topografía local muestra pendientes que oscilan entre 10 a 30 por ciento en las elevaciones bajas a pendientes nativas que oscilan entre 0 a 5 por ciento por las crestas y pendientes del valle.

El uso de suelo: el uso de suelo en la zona es industrial.

Tipo de vegetación: La vegetación por todo el lugar consiste en pastos nativos, cactus, y especies representativas de la selva baja caducifolia.

Otra información que se analizó fueron las regiones prioritarias y su importancia ecológica a nivel nacional, así como la incidencia del proyecto en las mismas. Esto se describe en mayor manera dentro del Capítulo III del presente documento.

Datos meteorológicos: La mina El Águila se sitúa en una región donde el tipo de clima se clasifica predominante como BS1(h')w(w) por el Instituto Nacional de Estadísticas y Geología (INEGI). Este tipo de clima es Semiseco muy cálido, temperatura media anual mayor de 22ºC, con temperatura del mes más frío mayor de 18º, con lluvias en verano y el % de lluvia invernal, respecto al total anual entre 5 y 10.2%. El lugar recibe una precipitación anual promedio de aproximadamente 438.19 mm. El clima tiene una temperatura anual promedio que oscila entre 23.16ºC y 28.11ºC. La empresa realizó cálculos de balance de agua a fin de determinar la capacidad de almacenamiento necesaria en caso de un evento de lluvias intensas, dado que, de acuerdo al plano de zonas de inundación, en el área del proyecto no existe información disponible, sin embargo, se han presentado inundaciones cercanas al área.

Sismicidad: El mapa de riesgo sísmico para México ubica al proyecto El Águila dentro de la zona sísmica D, donde grandes sismos históricos han sido reportados. Los eventos sísmicos son frecuentes y los valores de PGA se encuentran arriba del 70% de la aceleración de la gravedad (0.70 g). Varios estudios de riesgo sísmico de tipo probabilístico han sido desarrollados para México, estos fueron utilizados para definir el riesgo sísmico en el sitio de proyecto. El Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) en 1996 publicó mapas de riesgo sísmico para América Central esto también en conjunto con el Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) y el United Nations International Decade for Natural Disaster Reduction. Estos mapas indican que una aceleración pico de terreno (PGA) de 5.67 m/s^2 (aproximadamente 0.58 g) para 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (475 años periodo de retorno) para el sitio del proyecto.

Tanner y Shedlock (2004) presentan una actualización para los mapas de riesgo sísmico del GSHAP para México, el Caribe y América Central y del Sur utilizando información adicional de sismos y relaciones de atenuación revisadas. Para el DJF – Águila, este trabajo indica una PGA de 0.20-0.25 g para un 50% de probabilidad de excedencia en 50 años (periodo de retorno de 73 años), un valor de PGA de 0.4 a 0.6 g para un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (periodo de retorno de 475 años) y 0.8 a 1.2 g para un 2% de probabilidad de excedencia en 50 años (periodo de retorno de 2,475 años).

La Figura II.3 presenta la aceleración de referencia (a^r_0) para El Águila de acuerdo con el CDS-MDOC 2015. La aceleración de referencia es definida como la aceleración máxima en un terreno rocoso, asociado con coeficientes de diseño que son óptimos para el estado de colapso de estructuras del Grupo B (estructuras convencionales). La aplicación PRODISIS puede ser también utilizada para desarrollar un espectro de respuesta uniforme de riesgo para varios periodos de retorno contra ordenadas espectrales correspondientes al 5% de atenuación critica estructural.

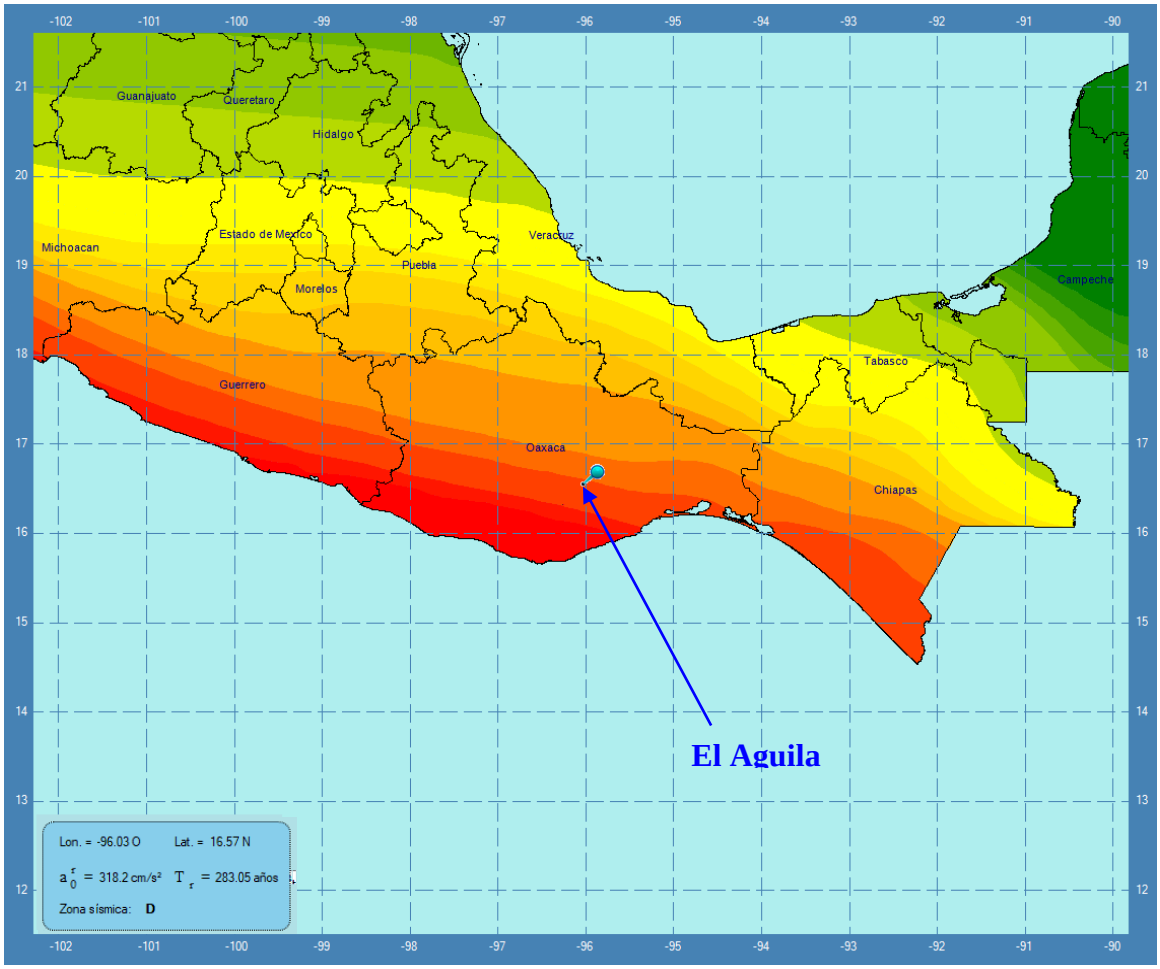


Figura II. 6. Aceleración de referencia

Tabla II. 1. Aceleración pico del terreno en Mina El Águila contra el periodo de retorno estimado por PRODISIS.

Periodo de retorno (años)	PGA	
	cm/seg²	g
30,000	1465.74	1.495
10,000	1093.39	1.115

Periodo de retorno (años)	PGA	
	cm/seg^2	g
5,000	894.21	0.912
2,475	717.90	0.732
1,000	525.79	0.536
475	395.34	0.403
283.05 (a^r_0)	318.18	0.324
145	233.93	0.239
100	194.44	0.198

Para estructuras del tipo del DJF – Águila, que no son cubiertas por la NOM-141 y no representan un riesgo significativo de pérdida de vidas o daños al ambiente, el SEE o nivel máximo de movimiento del terreno para el cual la estructura debe ser diseñada puede ser caracterizado por los requerimientos de CFE 2015. La estructura debe ser capaz de resistir los desplazamientos del sismo de evaluación de seguridad sin alguna perdida de material de tipo catastrófica; sin embargo, algún daño a la estructura puede ocurrir de manera aceptable.

De acuerdo con el CDS-MDOC15 los requerimientos de CFE para el diseño sísmico de estructuras relacionadas con los sectores energéticos o industriales se clasifican dentro de las estructuras del grupo A1. Para estructuras A1 el espectro de diseño del SEE corresponderá a una envolvente limitada por:

1. Espectro determinístico del MCE
2. Espectro Probabilístico para un periodo de retorno de 2,475 años x 1.0
3. Espectro de referencia probabilístico ER x 1.5.

Utilizando esta aproximación de envolvente el SEE de evento de diseño resulta en un valor de PGA de 0.487g y el espectro de respuesta a la aceleración indicada en la tabla II.1. De modo similar, el OBE o Sismo de Operación en El Águila está definido por una PGA de 0.09g y el espectro de respuesta a la aceleración está indicado en la tabla II.2.

Tabla II. 2. Espectro de aceleración para el SEE y el OBE para el Águila de acuerdo con PRODISIS

Periodo (seg)	Aceleración espectral (g)	
	OBE	SEE
0.01	0.487	0.088
0.15	1.178	0.214
0.3	0.888	0.161
0.5	0.651	0.118
1	0.321	0.058
2	0.148	0.027
3	0.084	0.015
5	0.044	0.008

Hidrología subterránea: Basado en información obtenida de monitoreo hidrológico en la mina hecho por SRK en 2015, se estima que el agua subterránea se encuentra debajo de los 400m de profundidad. Basado en el Anexo Normativo 2 en la NOM-141-SEMARNAT-2003, que determina el índice de vulnerabilidad de un acuífero de acuerdo con la siguiente expresión:

$V_{aq}=(G)(O)(D)$

Donde:

Vaq = índice de vulnerabilidad del acuífero
G = Confinamiento hidráulico del agua subterránea
O = Granulometría y litología encajonante
D = Profundidad del agua subterránea

Para el DJF – Águila, los valores asignados son:

G= 0.4 (Semi-confinado)
O= 0.8 (Lavas recientes)
D = 0.6 (mayor que 50m)

El valor estimado para el índice de vulnerabilidad del acuífero es:

Vaq = (0.4) (0.8) (0.6)
Vaq = 0.192

Debido a que 0.192 es menor que 0.25, el acuífero es considerado **no vulnerable**.

Geoquímica: La NOM-141-SEMARNAT-2003 define a un desecho como no generador de ácido cuando su potencial de neutralización es de al menos tres veces mayor que el potencial acido. El análisis geoquímico de 70 muestras, proporcionado por DDG, revela un promedio de potencial acido de 39.3 T/kT CaCO3 y un promedio de potencial de neutralización de 33.6 T/kT CaCO3. En adición, la presencia del 5% de pirita (FeS_2) indica que los jales tienen un exceso de potencial acido, lo que significa que los jales tienen un riesgo de producción de drenaje acido (ARD). El presente diseño para el DJF – Águila 1 considera el control de producción potencial de ARD.

Hidrogeología: Para este diseño conceptual, la investigación de campo consistió en un estudio hidrogeológico en el tajo existente. Un total de 7 barrenos fueron localizados para capturar las características de drenaje del piso, paredes del tajo, la falla identificada en la zona suroeste del tajo y el material de relleno. Pruebas de slug fueron realizadas para cada uno de los barrenos y los resultados se resumen en esta sección. La ubicación y características de cada barreno se enlistan en la tabla II.3.

Tabla II. 3. Características de barrenos

Barreno	Norte	Este	Elevación (m)	Profundidad (m)	Criterio de selección
BH-01	1846784.970	807316.267	1120.157	24.7*	Cercano a falla de talud
BH-02	1846775.214	807372.662	1117.264	13.9	Intersecta falla
BH-03	1846818.588	807433.586	1114.293	12.6	Cerca de camino y estructura
BH-04	1846871.514	807281.828	1112.225	10.5	
BH-05	1846995.290	807299.566	1125.629	14.2	Rampa de acceso
BH-06	1846887.483	807305.702	1112.224	10.6	Se añade durante labor de campo
BH-07	1846891.015	807334.255	1112.511	10.5	Se añade durante labor de campo

*La información obtenida del BH-01 no se encuentra factorizado debido a que intercepta con un barreno de exploración.

La evaluación preliminar de los resultados de caída de potencial hidráulico muestra que una condición cercana a una contención geológica natural existe. Por ejemplo, la perforación BH-02, que intercepta la zona de falla, tiene una conductividad de aproximadamente 3.4×10^{-7} cm/s; el barreno BH-03, el cual intercepta la veta de cuarzo tiene aproximadamente una conductividad de $1.21.2 \times 10^{-7}$ cm/s; y el barreno BH-05 excede 1.0×10^{-8} cm/s (el barreno tiene una conductividad muy baja para la resolución de la prueba slug). Como punto de comparación, la arcilla compactada típicamente se diseña para tener una conductividad de 1.0×10^{-6} cm/s; adicionalmente la NOM-57-SEMARNAT-

1993 (SEMARNAT, 1993) recomienda permeabilidad en el orden de 1.0 $x10^{-7}$ cm/s. La figura II.4 muestra los resultados de conductividad hidráulica de los BH-02 y BH-03.

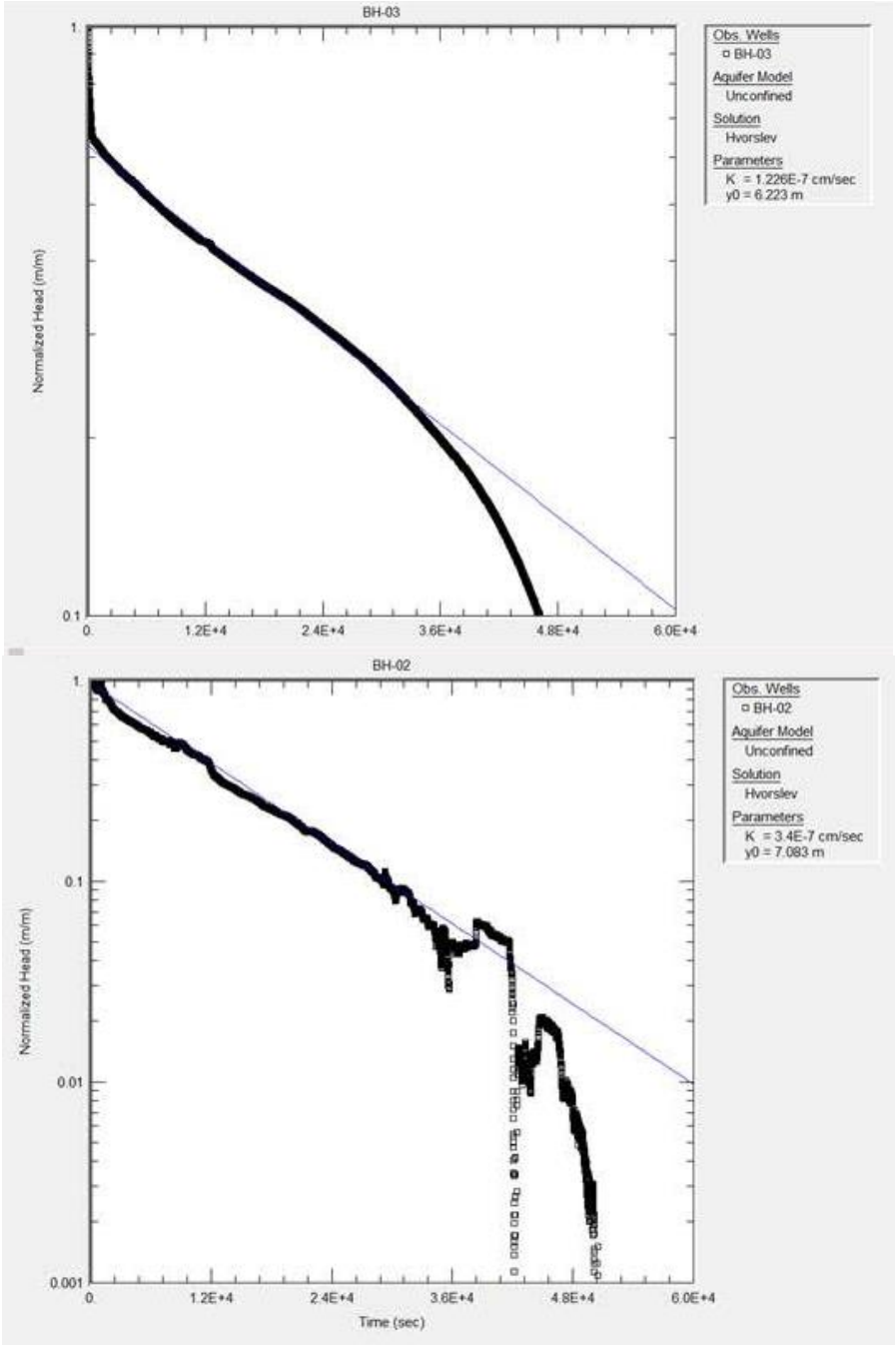


Figura II. 7. Resultados de conductividad hidráulica para BH-02 y BH-03

II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización

El proyecto se ubica en el terreno del ejido San José de Gracia, mismo que ha sido arrendado a Don David Gold México, S. A. de C.V., y se ubica en el municipio de San Pedro Totolápam, en el estado de Oaxaca. El proyecto se ubica aproximadamente a 117 kilómetros al sureste de la capital del Estado de Oaxaca, muy cercano a la comunidad de San José de Gracia del Municipio de San Pedro Totolápam. Para llegar al área del proyecto se toma la carretera federal 190, denominada Oaxaca-Istmo, la cual se recorre hasta llegar al kilómetro 115, en donde se toma la desviación hacia el poblado de San José de Gracia, de este se continua por la primera calle a mano izquierda, siguiendo al noreste, por una distancia aproximada de 3 kilómetros, hasta llegar al área del proyecto.

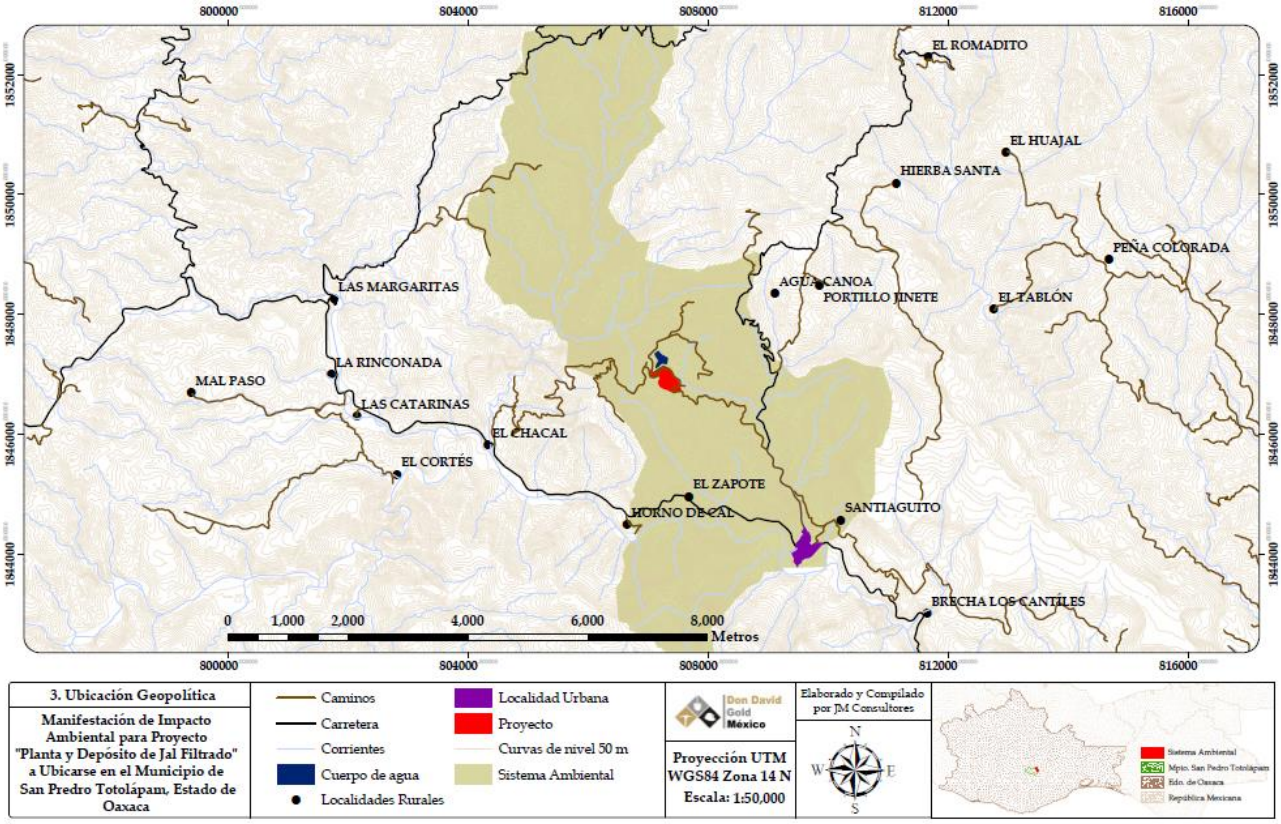


Figura II. 8. Ubicación geopolítica del proyecto

A continuación, se presentan las coordenadas de ubicación del proyecto, en WGS84-Z14N en las tablas II.4, II.5 y II.6.

Tabla II. 4. Coordenadas del polígono 1 Planta de Jal Filtrado del proyecto

Polígono	Vértice	X	Y
1	1	807027.53	1847063.97
1	2	807023.10	1847042.19
1	3	807029.92	1846997.99
1	4	807043.25	1846978.72
1	5	807062.87	1846962.04
1	6	807084.18	1846956.39
1	7	807095.85	1846956.43
1	8	807110.16	1846960.06
1	9	807127.73	1846969.94
1	10	807132.06	1846971.56
1	11	807137.52	1846976.51
1	12	807139.81	1846979.33
1	13	807142.90	1846984.34
1	14	807145.97	1846992.80
1	15	807146.88	1847000.92
1	16	807146.70	1847008.21
1	17	807146.54	1847013.88
1	18	807146.86	1847023.63
1	19	807149.21	1847032.90
1	20	807157.20	1847046.29
1	21	807160.75	1847049.90
1	22	807210.86	1847090.25
1	23	807222.86	1847099.63
1	24	807191.15	1847101.73
1	25	807163.34	1847081.28
1	26	807140.89	1847066.84
1	27	807127.31	1847059.28
1	28	807114.48	1847048.95
1	29	807110.63	1847047.13
1	30	807107.20	1847044.78
1	31	807104.15	1847042.69
1	32	807098.87	1847035.54
1	33	807091.53	1847031.16
1	34	807083.68	1847031.69
1	35	807077.40	1847034.80
1	36	807068.89	1847039.11
1	37	807059.62	1847046.34
1	38	807051.38	1847072.55

Polígono	Vértice	X	Y
1	39	807042.38	1847070.82

Tabla II. 5. Coordenadas del polígono 2 Depósito de Jal Filtrado del proyecto

Polígono	Vértice	X	Y
2	1	807132.06	1846971.56
2	2	807139.80	1846974.44
2	3	807148.33	1846975.86
2	4	807158.77	1846977.08
2	5	807164.43	1846977.94
2	6	807173.49	1846980.29
2	7	807179.91	1846972.77
2	8	807187.79	1846956.11
2	9	807194.15	1846942.53
2	10	807197.10	1846935.06
2	11	807179.85	1846893.24
2	12	807165.84	1846876.06
2	13	807165.10	1846865.15
2	14	807173.33	1846845.81
2	15	807191.23	1846819.31
2	16	807202.26	1846801.01
2	17	807219.22	1846784.97
2	18	807248.59	1846773.45
2	19	807273.46	1846759.52
2	20	807313.50	1846747.31
2	21	807338.35	1846733.63
2	22	807363.41	1846727.74
2	23	807379.81	1846718.44
2	24	807394.36	1846712.39
2	25	807402.62	1846711.16
2	26	807412.95	1846710.40
2	27	807420.27	1846709.45
2	28	807425.16	1846711.68
2	29	807421.01	1846713.37
2	30	807414.86	1846718.31
2	31	807410.12	1846727.92
2	32	807409.67	1846732.09
2	33	807413.55	1846745.04
2	34	807422.20	1846761.63
2	35	807434.87	1846782.50

Polígono	Vértice	X	Y
2	36	807459.22	1846815.99
2	37	807467.39	1846822.02
2	38	807478.59	1846826.18
2	39	807494.03	1846831.15
2	40	807504.28	1846837.58
2	41	807509.59	1846844.01
2	42	807512.31	1846849.42
2	43	807510.15	1846851.99
2	44	807507.24	1846857.44
2	45	807505.02	1846869.51
2	46	807500.51	1846880.96
2	47	807493.56	1846895.52
2	48	807481.70	1846912.45
2	49	807457.66	1846935.95
2	50	807443.46	1846951.02
2	51	807430.94	1846964.76
2	52	807416.10	1846986.09
2	53	807394.24	1847028.46
2	54	807378.79	1847058.67
2	55	807359.53	1847077.63
2	56	807337.36	1847095.41
2	57	807321.64	1847101.32
2	58	807305.49	1847102.32
2	59	807283.61	1847101.57
2	60	807253.72	1847101.65
2	61	807235.64	1847098.78
2	62	807222.86	1847099.63
2	63	807210.86	1847090.25
2	64	807160.75	1847049.90
2	65	807157.20	1847046.29
2	66	807149.21	1847032.90
2	67	807146.86	1847023.63
2	68	807146.54	1847013.88
2	69	807146.70	1847008.21
2	70	807146.88	1847000.92
2	71	807145.97	1846992.80
2	72	807142.90	1846984.34
2	73	807139.81	1846979.33
2	74	807137.52	1846976.51

Tabla II. 6. Coordenadas del polígono 3 Pileta de Colección del proyecto

Polígono	Vértice	X	Y
3	1	807409.67	1846732.09
3	2	807410.12	1846727.92
3	3	807414.86	1846718.31
3	4	807421.01	1846713.37
3	5	807425.16	1846711.68
3	6	807434.18	1846709.05
3	7	807442.16	1846707.72
3	8	807449.77	1846708.19
3	9	807457.70	1846710.56
3	10	807464.89	1846713.69
3	11	807472.22	1846716.85
3	12	807477.03	1846718.42
3	13	807486.46	1846719.76
3	14	807492.54	1846719.84
3	15	807497.23	1846719.91
3	16	807510.44	1846720.09
3	17	807528.86	1846720.34
3	18	807534.87	1846720.43
3	19	807538.49	1846727.51
3	20	807540.77	1846732.39
3	21	807541.30	1846736.84
3	22	807541.59	1846742.86
3	23	807541.05	1846748.84
3	24	807538.78	1846752.10
3	25	807536.71	1846760.64
3	26	807535.48	1846764.22
3	27	807535.45	1846767.75
3	28	807534.65	1846775.78
3	29	807531.72	1846782.27
3	30	807531.35	1846795.96
3	31	807528.72	1846806.25
3	32	807524.83	1846824.26
3	33	807522.53	1846839.80
3	34	807515.51	1846845.59
3	35	807512.31	1846849.42
3	36	807509.59	1846844.01
3	37	807504.28	1846837.58
3	38	807494.03	1846831.15

Polígono	Vértice	X	Y
3	39	807478.59	1846826.18
3	40	807467.39	1846822.02
3	41	807459.22	1846815.99
3	42	807434.87	1846782.50
3	43	807422.20	1846761.63
3	44	807413.55	1846745.04

A continuación, se presenta en la Figura II.9 el área del proyecto, mismo que será sometido en su totalidad en cambio de uso de suelo, pudiéndose apreciar la imagen satelital.

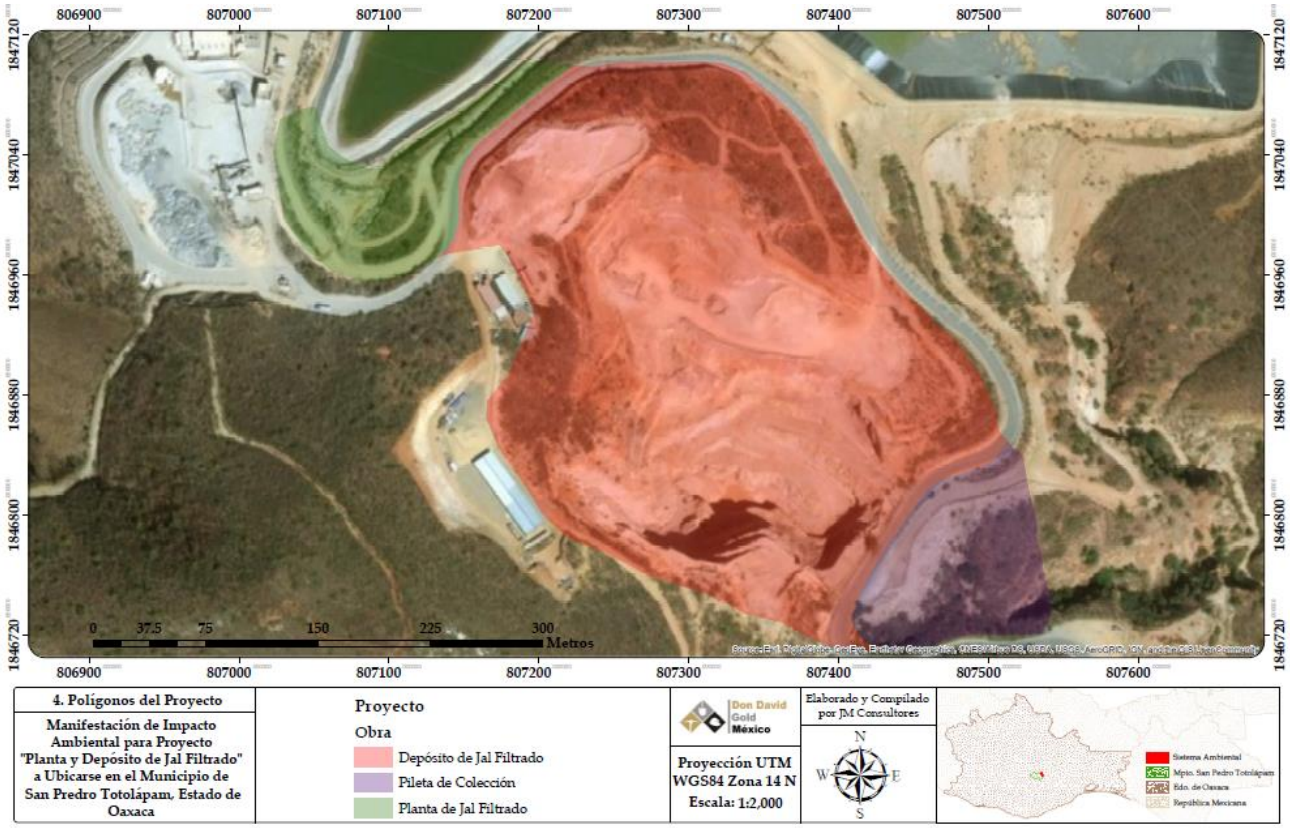


Figura II. 9. Proyecto



Figura II. 10. Polígono planta de jal filtrado

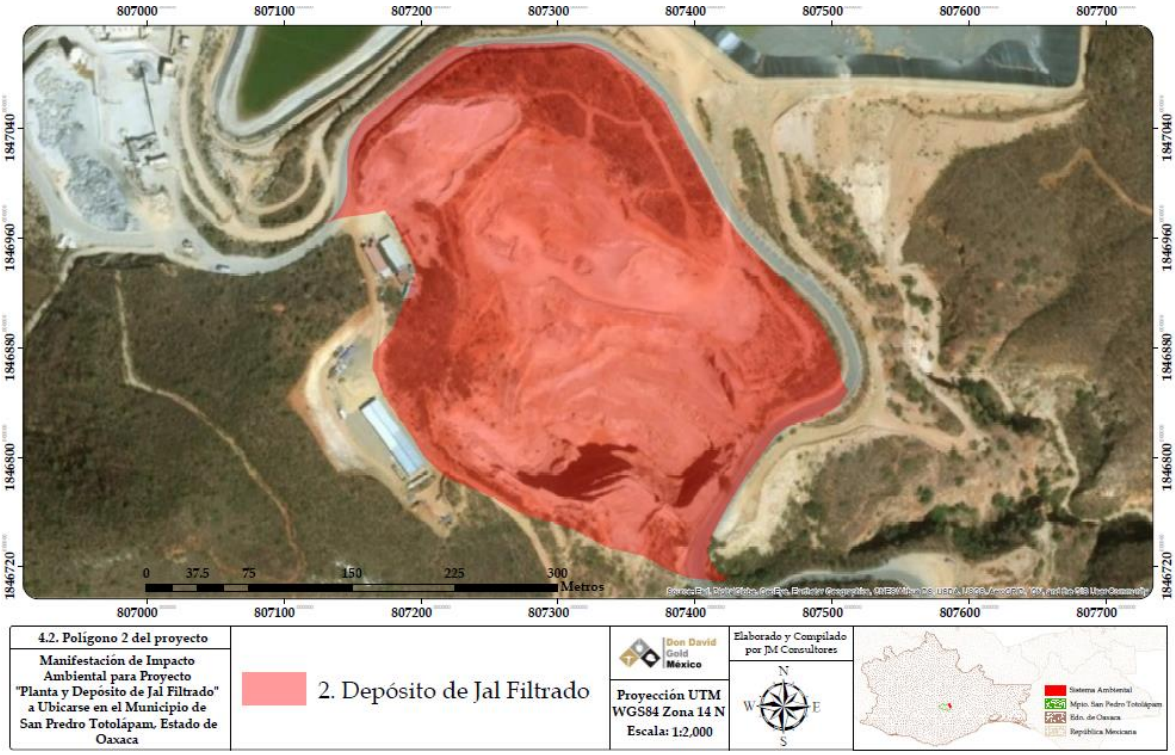


Figura II. 11. Polígono Depósito de Jal Filtrado

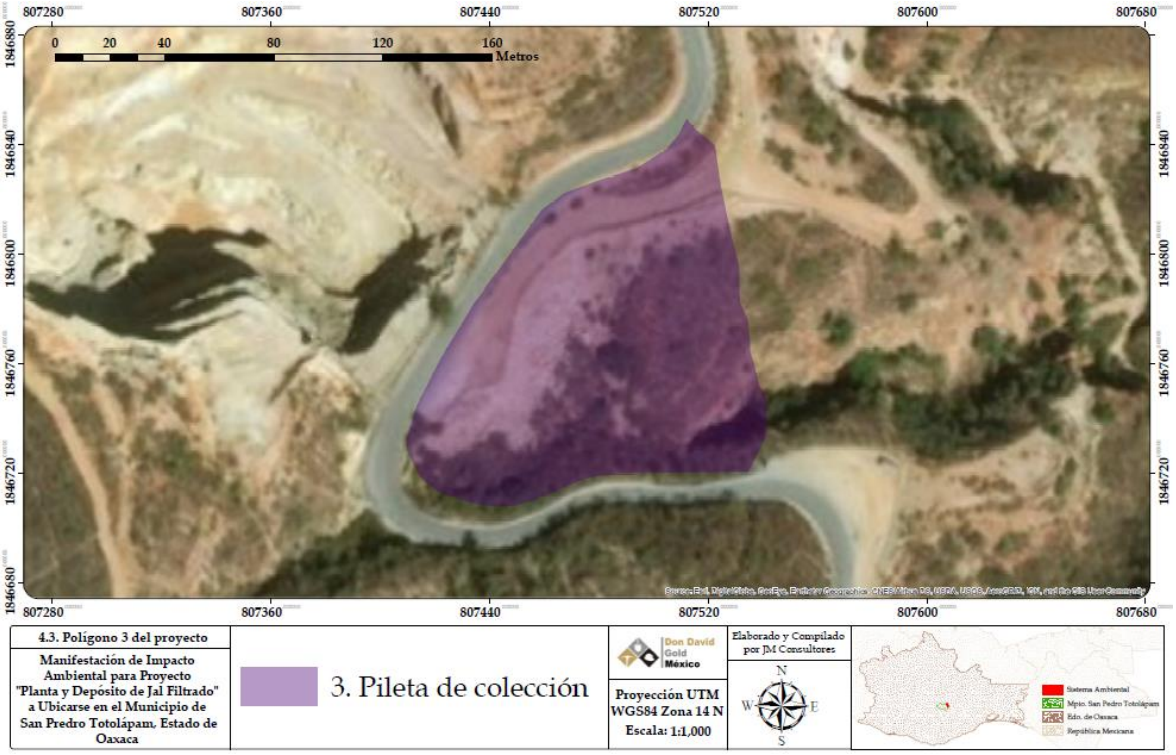


Figura II. 12. Polígono Pileta de Contención

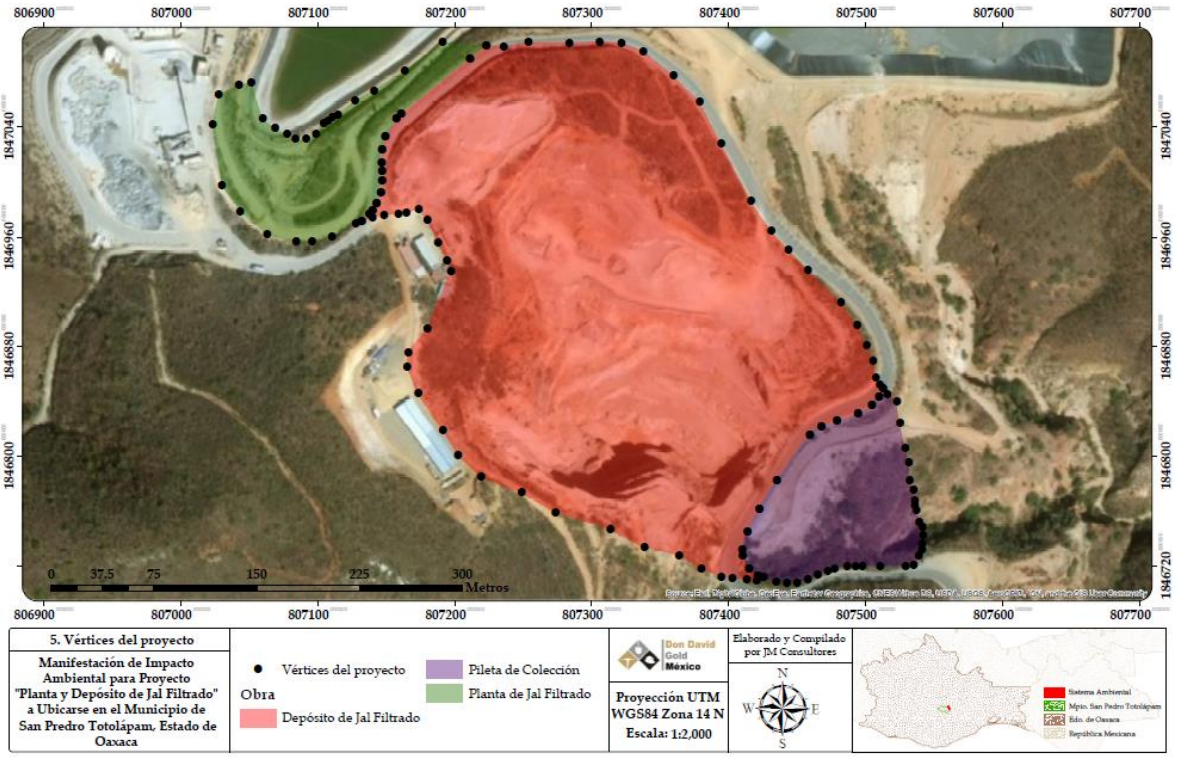


Figura II. 13. Vértices del proyecto



Figura II. 14. Vértices polígono 1

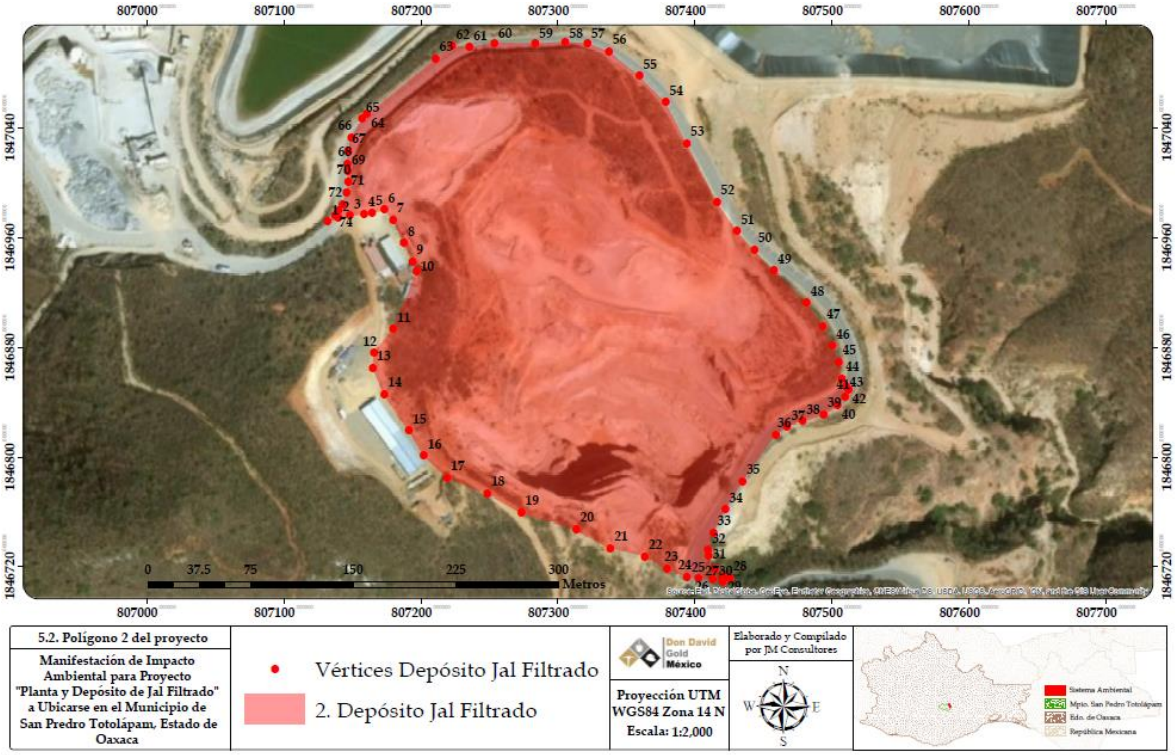


Figura II. 15. Vértices polígono 2



Figura II. 16. Vértices polígono 3

A continuación, en la Figura II.17 se observa la ubicación del proyecto con respecto al ejido.

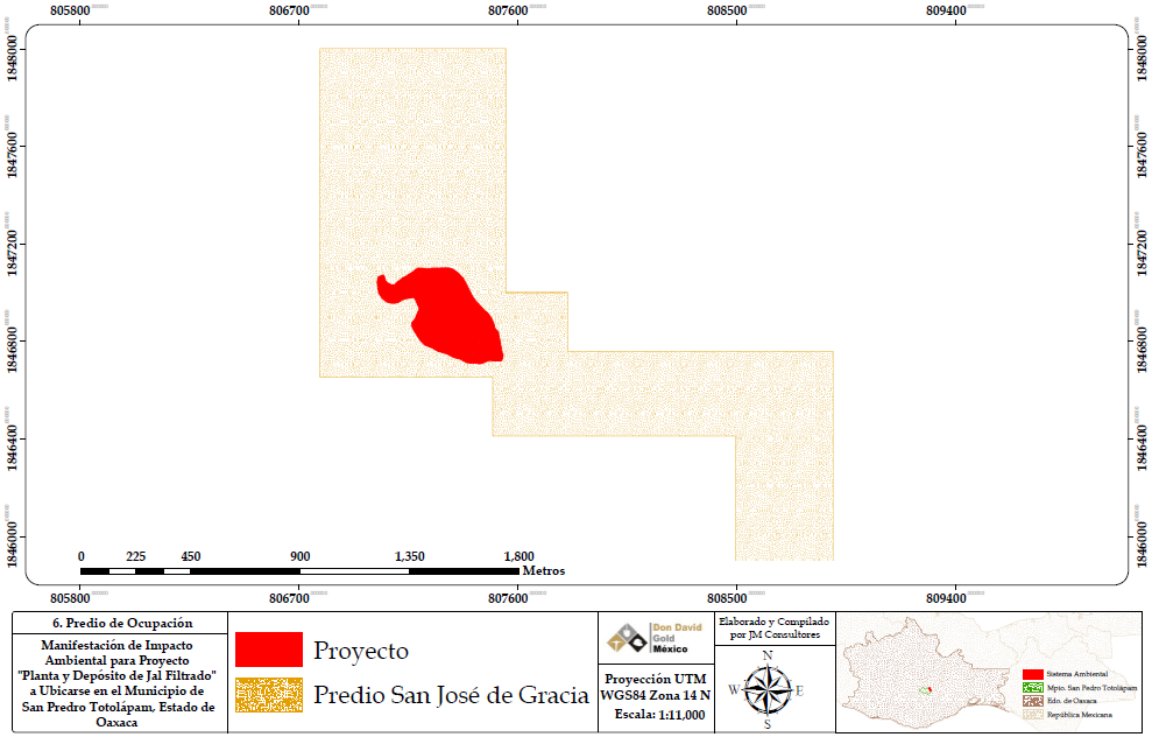


Figura II. 17. Predio de ocupación

II.1.4 Inversión requerida

La inversión requerida para este proyecto será de $ 12, 500, 000 USD incluyendo estudios necesarios, medidas de prevención y mitigación, medidas de seguridad, construcción, empleos directos e indirectos.

Período de recuperación del capital: La inversión no tiene una tasa de retorno definida, sin embargo, se incluye como activo fijo de la empresa, cuyo retorno o beneficio financiero se considera conjuntamente con el resto de las instalaciones incluyendo sus costos de mantenimiento y cierre.

Costos necesarios para aplicar las medidas de prevención y mitigación: De acuerdo a la serie de acciones propuestas para la prevención y mitigación, como parte del proyecto, se estima que el costo total de las mismas será de $ 14, 000,000.00 pesos, que incluyen los 9 años en todas las etapas del proyecto.

II.1.5 Dimensiones del proyecto

Superficie a afectar (en m²) con respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto

El proyecto ocupará una superficie de 11.413383 hectáreas, de las cuales 10.718362 hectáreas presentan un uso actual minero, es decir que esta superficie ya ha sido afectada por actividades mineras y 0.695021 hectáreas, presentan vegetación forestal.

Tabla II. 7. Superficies por comunidad vegetal y/o uso de suelo

Tipo de vegetación y/o uso de suelo	Superficie de afectación		
	m²	ha	% a total del proyecto
Uso Minero	107,183.62	10.718362	93.91%
Selva baja caducifolia	6950.21	0.695021	6.09%

A continuación, se presentan las superficies de los polígonos que componen el proyecto.

Tabla II. 8. Superficies

Polígono	Obra	m2	ha
1	Planta de Jal Filtrado	11,809.73	1.180973
2	Depósito de Jal Filtrado	90,551.75	9.055175
3	Pileta de Contención	11,772.35	1.177235
		114,133.83	11.413383

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

Uso de Suelo

Don David Gold cuenta con los derechos de la superficie en el área de El Águila, que es sustancialmente más grande que el área seleccionada para el desarrollo del proyecto. Por tanto, el uso de suelo en la zona es minero.

Uso de cuerpos de agua

Dentro del polígono donde se establecerá el proyecto, no se registran cuerpos de agua.

A continuación, en la Tabla II.9 se presentan las colindancias del terreno con respecto a su ubicación.

Tabla II. 9. Colindancias

Dirección	Colindancia
Norte	Unidad Minera El Águila
Este	Oficinas de geología de unidad minera El Águila
Sur	Terreno Forestal
Oeste	Camino de Acarreo y Terreno Forestal

II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

Los servicios básicos los provee el complejo minero, mismo que cuenta con una sola vía de acceso a la carretera, agua potable, energía eléctrica, drenaje, líneas telefónicas, oficinas, consultorios médicos y estación de combustibles.

Tabla II. 10. Requerimientos de servicios del proyecto.

Servicio	Requerimientos del proyecto
Agua	El agua que se usará para el desarrollo del proyecto solamente corresponderá a las necesidades del personal de desarrollar el mismo, por lo que la empresa minera proveerá la misma durante las etapas de preparación y construcción del sitio. Para la etapa de construcción y operación, la compañía tiene disponible más de 3 mil metros cúbicos por día de agua de laboreo para uso industrial, con lo cual se subsanará la demanda de agua para el proyecto.
Combus-tibles	El combustible a utilizar por la maquinaria para realizar el desmonte, despalme y transporte del material de préstamo considera un estimado de aproximadamente 9,000 litros para toda la etapa de desarrollo.

II.2 Características particulares del proyecto

Obras Principales

El objetivo de la planta de filtrado es lograr la máxima extracción de volumen de agua de los jales de proceso de beneficio mineral. Los jales serán tomados del espesador de colas existente en planta de beneficio y serán transportados mediante un sistema de bombeo a un tanque receptor en la zona de planta de filtrado; en este punto, mediante el uso de filtros prensa se realizará el proceso de extracción de líquidos mediante la aplicación de altas presiones.

Los elementos principales para este proceso son los jales y el agua de proceso, el filtrado por presión de los jales no implica el uso de ningún aditivo o floculante. El agua producto de esta separación será reutilizada tanto en los procesos de la misma planta de filtrado como en la planta de beneficio. Con esto se evita cualquier residuo de agua de proceso. El balance de masas que muestra los insumos (Jales espesados) y productos (agua reciclada y jales filtrados) se muestran en la tabla siguiente.

Tabla II. 11. Balance de masas de insumos

DESCRIPCIÓN	-	Jales espesados	Jales Filtrados	Agua Reciclada
Densidad de sólidos	**t/m³**	2.72	2.72	2.72
Densidad de líquidos	**t/m³**	1.00	1.00	1.00
Flujo de masa solida	**t/h**	75.00	75.00	0.17
Flujo de masa liquida	**t/h**	75.00	15.36	59.64

DESCRIPCIÓN	-	Jales espesados	Jales Filtrados	Agua Reciclada
Flujo de mezcla volumétrico	**m^3/h**	102.59	42.96	59.70
Densidad de mezcla	**t/m^3**	1.46	2.10	1.00
Concentración de sólidos en volumen	**%v**	26.9%	64.2%	0.1061%
Concentración de sólidos en masa	**%m**	50.0%	83.0%	0.29%

Consumo de agua fresca

Los dos mayores consumidores de agua fresca son el sistema de agua de sellos para las bombas de alimentación de los filtros prensa, y el sistema de lavado de telas de filtro prensa. A continuación, se cuantifican los consumos de agua fresca.

Tabla II. 12. Consumo de agua fresca

Consumo de agua fresca estimado				
	Consumo		Consumo	
Bomba de alimentación de agua de sellos filtro prensa 1	0.96	m^3/h	23.0	$m^3/día$
Bomba de alimentación de agua de sellos filtro prensa 2	0.96	m^3/h	23.0	$m^3/día$
Agua de sellos bomba de agua de retorno	0.03	m^3/h	0.72	$m^3/día$
Agua de sellos bomba de limpieza	0.03	m^3/h	0.72	$m^3/día$
Lavado de telas para filtros (2 filtros, una vez al día)	1.25	m^3/h	30	$m^3/día$
Mínimo	**3.23**	**m^3/h**	**77.5**	**$m^3/día$**
Máximo	**3.86**	**m^3/h**	**92.5**	**$m^3/día$**

Diseño de depósito de jales filtrados

Esta sección provee las descripciones del diseño de los componentes para el DJF – Águila 1, incluye el arreglo general, plan de drenaje, configuración del depósito, y detalles.

Sistemas de desviación de aguas

Cunetas para desviación de escorrentías serán construidas alrededor del DJF – Águila 1 para dirigir la escorrentía de las áreas de captación circundantes hacia los drenajes naturales. En adición, una pileta de colección será construida al pie del relleno de roca existente para colectar cualquier flujo desde el depósito que pudiese permear a través de este. Este flujo será desviado al noreste por el vertedero subterráneo que drenará hacia la pileta de colección de agua.

Las alineaciones generales de las bermas de desviación y segmentos se muestran en figura II.19. Las alineaciones finales serán determinadas por DDG para minimizar los volúmenes

de excavación y mantener el ángulo mínimo de la pendiente. Los detalles de las cunetas de desviación se muestran en figura II.20. La extensión de las cunetas de desviación más allá de los límites del DJF – Águila 1 y los detalles de descarga serán determinados durante la fase de diseño de detalle como parte del plan de manejo de aguas superficiales para el DJF – Águila 1.

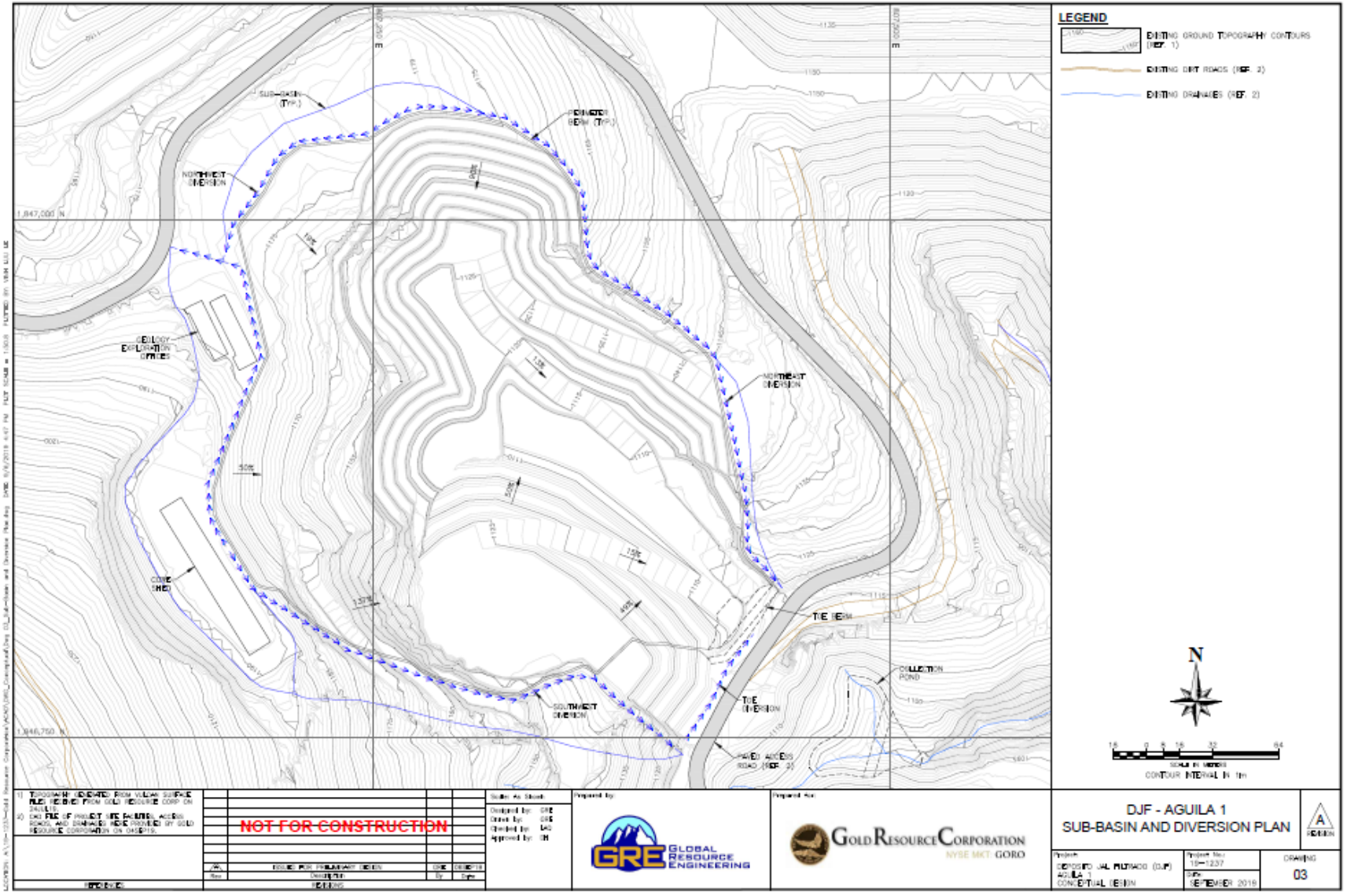


Figura II. 18. Señalización de segmentos de cunetas

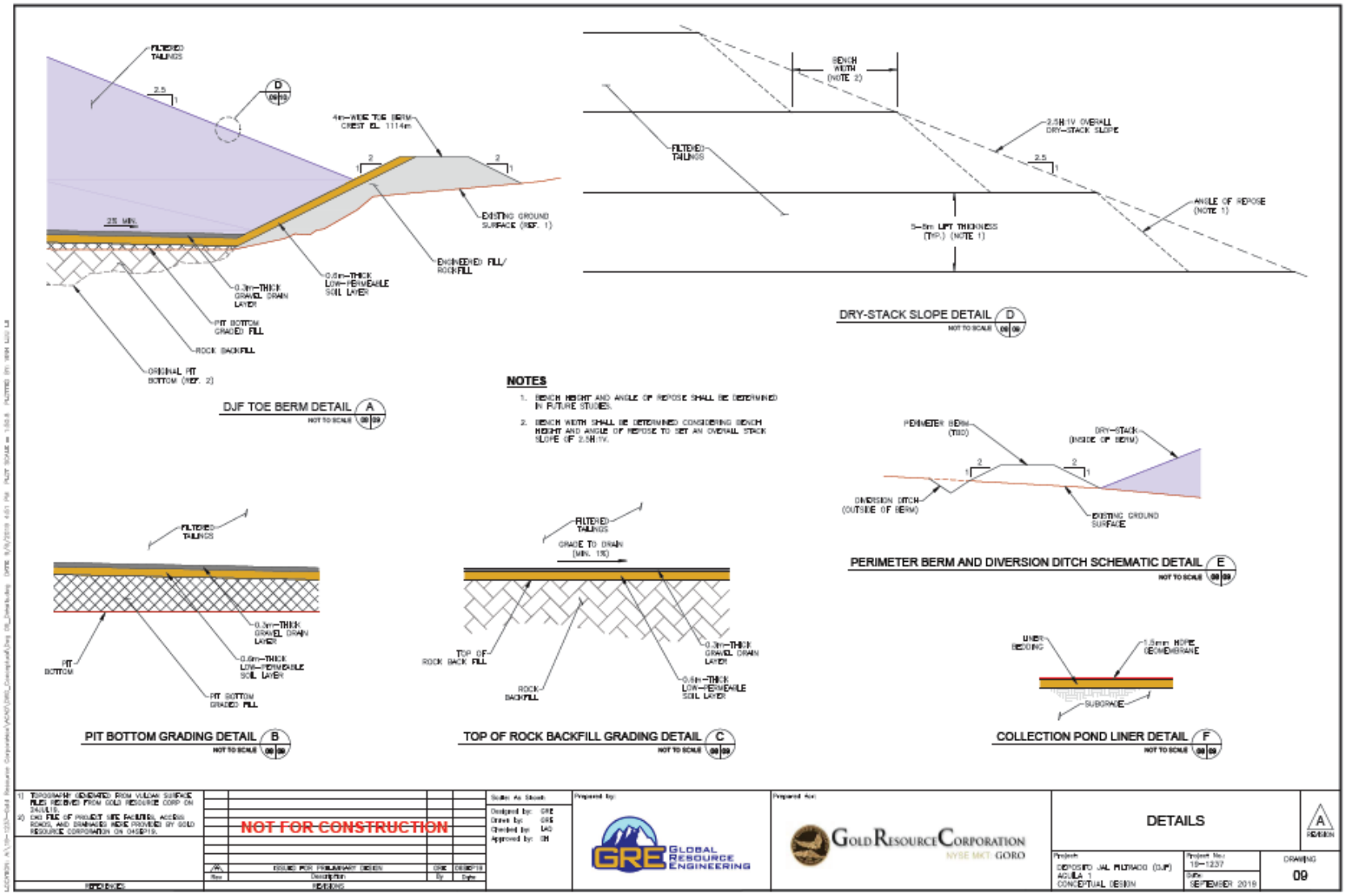


Figura II. 19. Detalle de cunetas

Bermas

Las cunetas de desviación perimetrales incluirán una berma de mínimo 1.5 m de altura para prevenir el rebalse en las cunetas debido a escorrentías que después pudieran entrar en el tajo. Adicionalmente, el pie del DJF – Águila 1 será contenido por una berma de 2m de altura para prevenir el flujo interno de cualquier rebalse del DJF. El volumen estimado de relleno de la berma al pie del DJF es de aproximadamente 1,100 m^3. La ubicación y arreglo de la berma se muestra en figuras II.21 y II.22 y secciones típicas de berma se muestran en figura II.23.

Nivelación del sitio

El tajo ha sido parcialmente relleno con tepetate compactado para estabilizar sus paredes. Este relleno y el piso del tajo existente serán nivelados para favorecer el drenaje interno hacia la berma al pie del DJF. El punto más bajo del DJF – Águila 1 será en el lado interno de la berma al pie del DJF a la elevación 1113m; desde este punto, el fondo del tajo será rellenado para tener una pendiente del 2% en sentido perpendicular y partiendo de la berma al pie del DJF, esto hasta terminar en la pared del tajo. El volumen estimado requerido para completar esto es de aproximadamente 4,850 m^3 de relleno. No será necesario un banco de préstamo adicional, todo el material usado para nivelaciones y relleno provendrá del material ya disponible en el tajo.

El área superficial del relleno de tepetate en la esquina suroeste del tajo será nivelada para permitir el drenaje a través del límite noreste del relleno y pueda drenar por la pendiente hacia el fondo del tajo. El gradiente mínimo será determinado por DDG para minimizar volúmenes y costo.

El flujo en la berma al pie del DJF será canalizado por una alcantarilla que cruzará bajo el camino de acceso pavimentado y descargará por gravedad en una pileta de colección que se ubicará aguas abajo del valle. Esta pileta será cubierta con una membrana adecuada para el fin de colección. Para este nivel de estudio, las dimensiones de la obra de canalización no han sido determinadas. Sin embargo, el canal deberá contar con una pendiente adecuada para la descarga por gravedad y requerirá como estimado una excavación de máximo 5 metros de profundidad debajo del camino de acceso. Diseño en detalle del canal será completado en las siguientes fases de estudio, esto incluirá diseños del drenaje de grava, canales o drenes. El plan de nivelación se detalla en figura II.21.

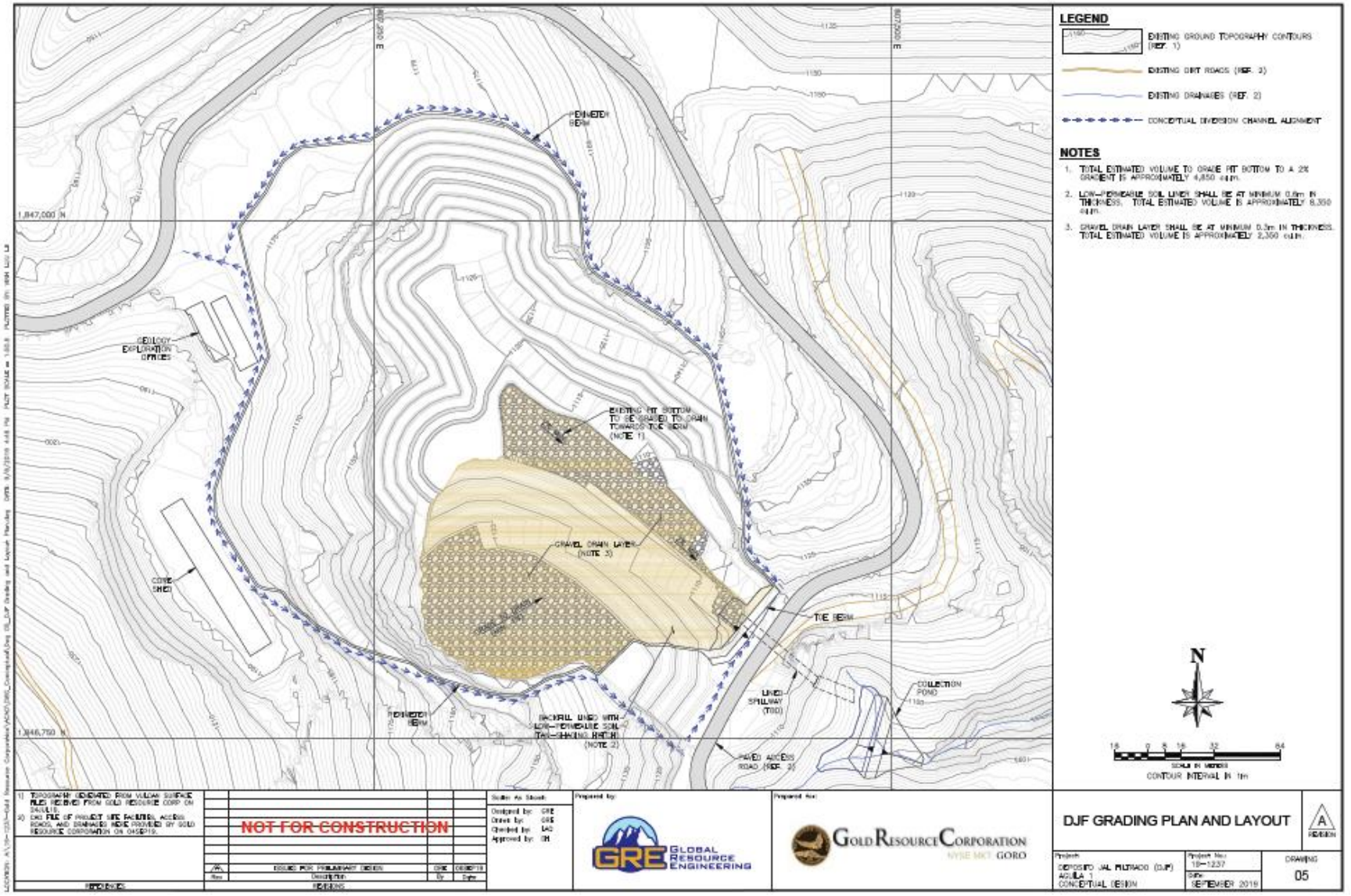


Figura II. 20. Berma de contención

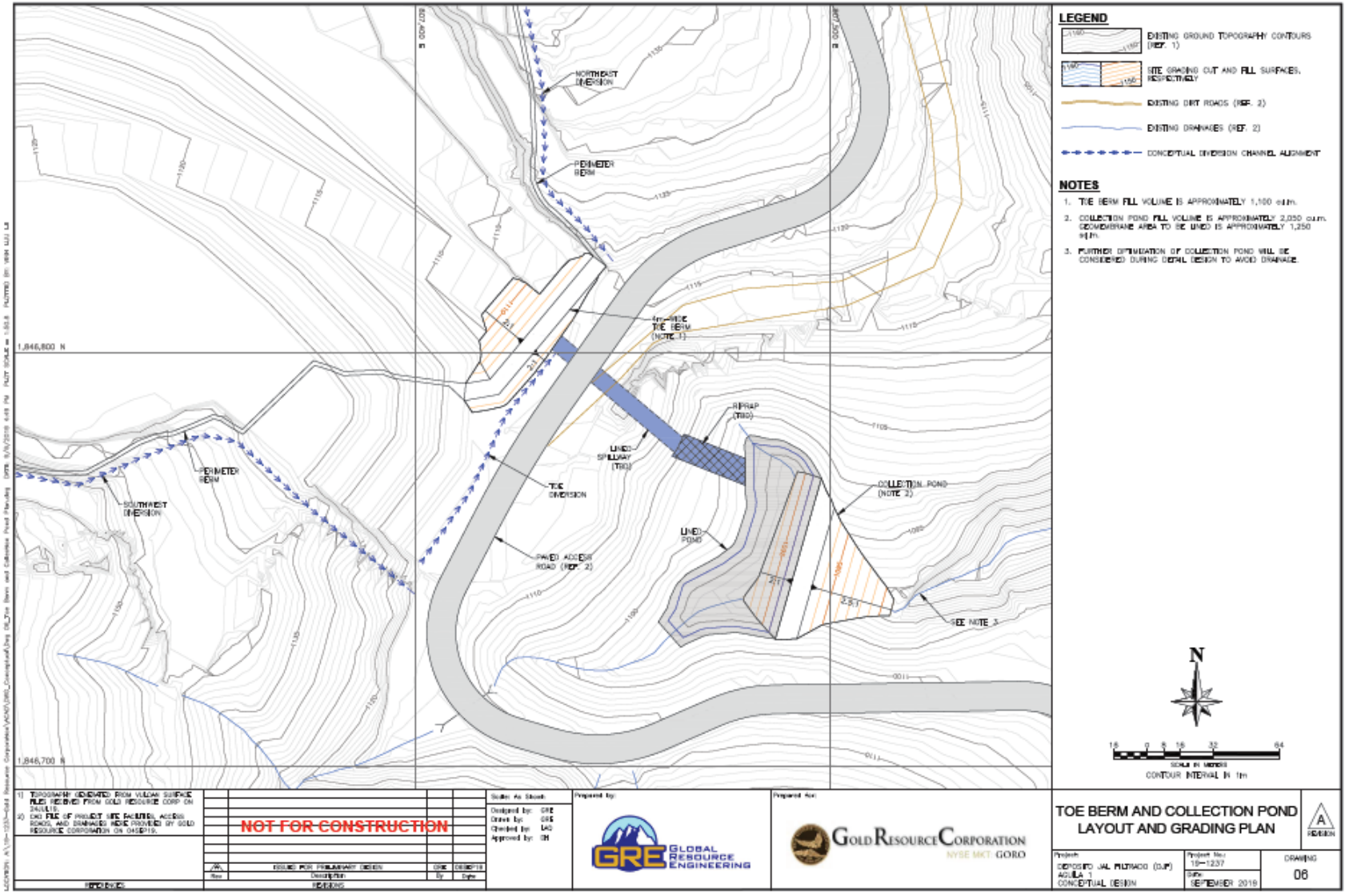


Figura II. 21. Berma y pileta de contención

Drenaje

El drenaje a lo largo de la pared del tajo fluirá rápidamente al fondo del tajo debido a la baja conductividad de la roca formando las paredes, gracias a esto, ningún sistema de drenaje o geomembrana será necesario en las paredes. Sin embargo, un sistema de drenaje será requerido en el fondo de roca expuesta y relleno del tajo, una vez que esté nivelado, para acelerar el drenaje en estas áreas y se cualquier fluido pueda ser conducido al sistema de colección de agua. El sistema de drenaje consistirá en una capa de 0.6m de suelo de baja permeabilidad cubierto por una capa de 0.3m de grava granular nivelada y que permita el libre drenaje. Los volúmenes totales estimados son de aproximadamente 8,350 m^3 de suelo de baja permeabilidad y 2, 350 m^3 de grava requeridos para este diseño.

A lo largo del límite perimetral del relleno que se encuentra contra las paredes del tajo, ingeniería de detalle adicional será requerida para asegurar que el flujo desde las paredes del tajo pueda ser desviado hasta el sistema de drenaje en el fondo del tajo y limitar la infiltración hacia el relleno de tepetate existente. Como mínimo, este detalle sería un corte menor como sistema de drenaje en las paredes.

Pileta de recolección de agua

La pileta de colección de agua está diseñada para un evento de tormenta de 100 años considerando un depósito de jales filtrados con un coeficiente de escorrentía de 0.2. El tamaño calculado requerido para la pileta de colección es de aproximadamente de 1,100 m^3 el cual incluye 1 metro de bordo libre.

La pileta se localizará en el valle directamente cruzando el camino de acceso pavimentado al pie del DJF – Águila 1. Una berma de contención de 8m de altura y 5m de ancho, con una pendiente positiva de 2H:1V y una pendiente negativa de 2.5H:1V, será requerida para almacenar el volumen requerido. La pileta para contención será recubierta con una geomembrana suave de alta densidad (HDPE), se estiman aproximadamente 1,250 m^2 de geomembrana necesaria para cubrir el área. La pileta de recuperación tendrá un sistema de bombeo de doble vía o redundancia para la recuperación del agua hacia el sistema y así mantener el bordo libre de forma continua. El diseño conceptual se muestra en figura II.22.

Depósito de Jales Filtrados (DJF)

El plan general para depósito será transportar los jales filtrados por un sistema de bandas transportadoras (diseño por Paterson & Cooke) hacia el área de DJF – Águila 1, iniciando su depósito desde la berma al pie del DJF, donde excavadoras dispersarán y compactarán

los jales filtrados en levantes de 5 a 8 metros para ajustar el ángulo de reposo. El ancho de los bancos dependerá del ángulo de reposo de los jales filtrados siendo tal que permita que las pendientes externas finales sean de 2.5H:1V. Conceptualmente, el DJF puede alcanzar la elevación de 1,190 msnm con un área superficial de 75,000 m^2. Esta configuración resulta en una capacidad total de almacenamiento de 2.5 millones de toneladas (Mt), considerando una densidad ya en sitio de 1.7 T/m^3. Se espera un procesamiento de 1260 ton/día de jal, para completar la capacidad de 2.5 millones en casi 6 años. Si las reservas continúan reponiéndose y la operación es factible, el procesamiento de filtración de jal continuaría. La altura máxima del DJF será aproximadamente de 70 metros medidos desde la base del tajo, con una longitud sobre la pendiente de 190 metros.

Una vez que los jales se encuentran en sitio, estos serán dispersados y compactados en capas delgadas a un mínimo 90% de compactación Proctor estándar, esto de acuerdo con lo obtenido en las pruebas de compactación preliminares. Detalles adicionales acerca de fases, compactación, secuencia de operación y medidas de seguridad serán necesarias. Una combinación de múltiples planes de depósito puede ser decididos en lugar de un plan en específico.

Análisis de ingeniería

Los análisis de ingeniería realizados para el diseño del DJF – Águila 1 están enfocados en las consideraciones del sistema de drenaje, asentamiento del depósito, análisis de estabilidad de taludes y dimensionamiento de pileta de colección de líquidos. Las propuestas, análisis y sus resultados son resumidos en las siguientes secciones.

Consideraciones en Sistema de drenaje del DJF – Águila 1

Para reducir la infiltración hacia el relleno de tepetate existente, las porciones planas del tajo existente serán niveladas para drenar hacia la berma del pie del DJF. Las porciones niveladas del tajo serán cubiertas de un suelo con baja permeabilidad de 0.6m de espesor mínimo, y será recubierto por un relleno mínimo de 0.3m de espesor, sin compactar, y que permita el drenaje. Se requiere que este material sea de menos de 25 mm en su granulometría, bien gradado y granular. El relleno suelto deberá mantener mínimo un orden de magnitud mayor en su permeabilidad comparado con la de los jales filtrados. Diseño de detalle y especificaciones requeridas para el relleno drenante se considerarán en los diseños de detalle e incluirá aspectos como: Forma de partícula, espesor, permeabilidad, constructibilidad y durabilidad durante la colocación y tendido.

El material de relleno drenante puede ser provisto por una fuente de tepetate, material de desecho de roca, o una fuente de préstamo natural; puede ser triturado o cribado. Si los estudios programados muestran que los jales filtrados son altamente conductivos, el material drenante puede ser omitido, y los jales filtrados pueden ser colocados directamente sobre la capa de suelo de baja permeabilidad ya nivelado.

Consideraciones para el asentamiento

Basado en las características geotécnicas proporcionadas, la base del tajo existente y sobre el cual se asentará el DJF; consiste en modo general de roca volcánica, rellenada con tepetate rocoso. El tajo fue rellenado en capas y compactado para nivelar el fondo del tajo a la actual elevación de 1,108 msnm, siendo esta la elevación mínima de la superficie del tajo actual. El relleno de tepetate actual para la zona suroeste tiene una elevación de 1,126 msnm. La roca volcánica encajonante es incompresible bajo las cargas del DJF final y no se debería experimentar algún asentamiento apreciable. La mayoría del relleno de roca en el área está depositado a una elevación superior de la propuesta para la base drenante al fondo del DJF y este diseño de drenaje continuará funcionando a través de la ruta propuesta aun con asentamientos menores. La base drenante propuesta al fondo del DJF se deberá colocar en la superficie del relleno rocoso nivelado y debido a que el espesor del relleno es limitado el asentamiento sería muy limitado. Considerando estos factores, el asentamiento total y diferencial de la base bajo la carga total del DJF debería ser mínima y no afectar el diseño del DJF – Águila.

Análisis de estabilidad

Análisis de estabilidad de taludes bidimensionales fueron realizados en dos secciones para la configuración final del DJF – Águila 1 de acuerdo con el Anexo Normativo 3 de la NOM-141-SEMARNAT- 2003. Los procedimientos y resultados detallados se resumen a continuación.

Metodología

La sección crítica es la sección con el Factor de Seguridad más bajo (FOS), esta sería, la sección con una fuerza actuante mayor que la resistente. Esta sección de más bajo FOS es la de mayor altura, mayor ángulo de inclinación en talud y en la capa de material base nivelada. Para el DJF – Águila, dos secciones críticas fueron identificadas y seleccionadas para su análisis; ambas se ubican perpendicularmente hacia el talud frontal del DJF. Una de las secciones se ubica directamente sobre la base del DJF nivelado (Sección A) y la otra

sobre el relleno de roca en la esquina al suroeste del tajo (Sección B). La figura II.23 muestra la vista en planta de las secciones descritas.

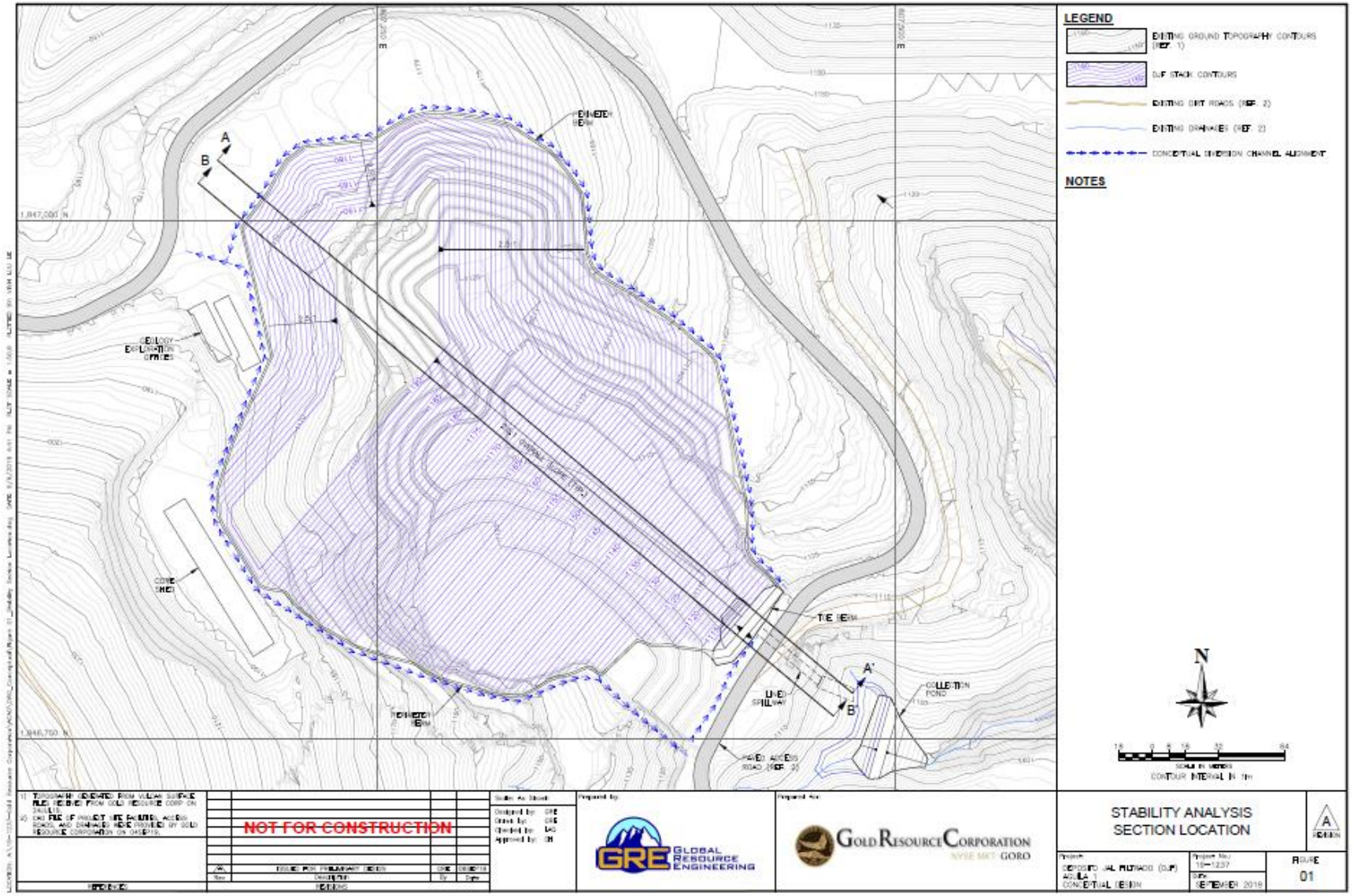


Figura II. 22. Vista en planta de las secciones A y B

Las dos secciones fueron analizadas utilizando el software para análisis de estabilidad de taludes SLOPE/W por Geostudio, versión 2019. SLOPE/W es un software numérico de análisis de equilibrio limite capaz de realizar cálculos del factor de seguridad (FOS) en modelos de taludes en 2D. El método Morgenstern-Price fue utilizado como base para el cálculo debido a que este método satisface ambos equilibrios fuerza y momento. La presión de poro esperada en el DJF – Águila fue modelado como un nivel freático sobre la capa de material en la base del DJF que fue nivelada. Debido a que no existen lineamientos para la estabilidad de los depósitos de jales filtrados en México, análisis estáticos y pseudo-estáticos fueron desarrollados siguiendo las mejores prácticas en la industria para jales convencionales, lo que sugiere:

- FOS estático mínimo a largo plazo de 1.5, y
- FOS pseudo-estático mínimo de 1.0

Las condiciones estáticas consideran valores de resistencia pico drenados para todos los materiales modelados. Análisis pseudo-estaticos siguieron la recomendación conservadora de Hynes-Griffin y Franklin (Hynes-Griffin, et al., 1984). Se aplicó el PGA al 50% y se redujo por un 20% la resistencia de los materiales con expectativa de debilitarse durante un evento sísmico.

Propiedades del DJF

Las propiedades de los materiales fueron estimadas utilizando el modelo de Mohr-Coulomb basado en la experiencia de GRE en proyectos similares y referencias generales en la literatura. Las propiedades modeladas se resumen en la tabla II.13 y la Figura II.24 muestra secciones típicas de los materiales.

La evaluación preliminar de riesgo sísmico sugiere un evento de diseño de 0.487g para el Sismo de Evaluación de Seguridad (SEE), el nivel máximo de movimiento de terreno para el cual la estructura deberá ser analizada. Una aceleración pseudo-estática de 0.2435 (50% del OBE) fue aplicada en el análisis de estabilidad para esta condición a largo plazo. Las condiciones del Sismo Base de Operación (OBE) de corto plazo no fue evaluado debido a que la vida del DJF es relativamente corta sin limitaciones operativas en el evento OBE.

Tabla II. 13. Propiedades de los materiales utilizados para los análisis de estabilidad.

Material	Modelo	Peso Unitario (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (deg)	Referencia
Base rocosa	Impenetrable				
Jales Filtrados	Mohr-Coulomb	18	0	35	Literatura (Tailings and Mine Waste, 2014) Pruebas en proceso
Recubrimiento de arcilla	Mohr-Coulomb	18	0	24	Experiencia en proyectos similares (Pruebas en proceso)
Relleno rocoso	Shear/Normal Fn.	21	Leps' Lower Bound (Leps, 1970)		

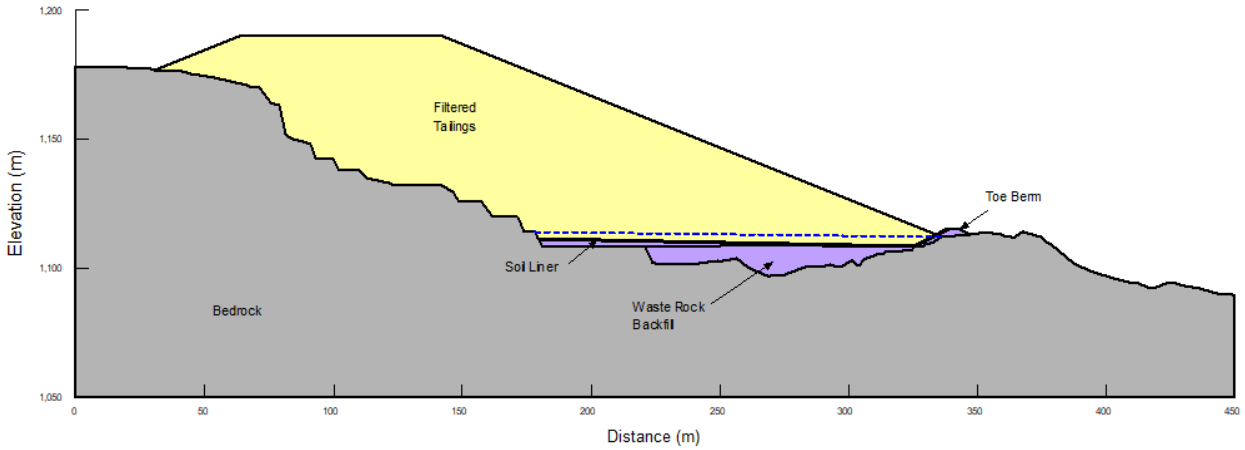


Figura II. 23. Sección típica para el análisis de estabilidad.

Resultados

Los resultados de los análisis de estabilidad se resumen en la tabla II.14 y se muestran en las figuras II.25 a la II.28. Ambas secciones analizadas resultaron en superficies criticas de deslizamiento similares; consecuentemente similares FOS. Los resultados son aceptables para ambos casos.

Tabla II. 14. Resultados de análisis de estabilidad

Sección	FOS estático	FOS Pseudoestático
Sección A	1.9	1.1
Sección B	1.9	1.1

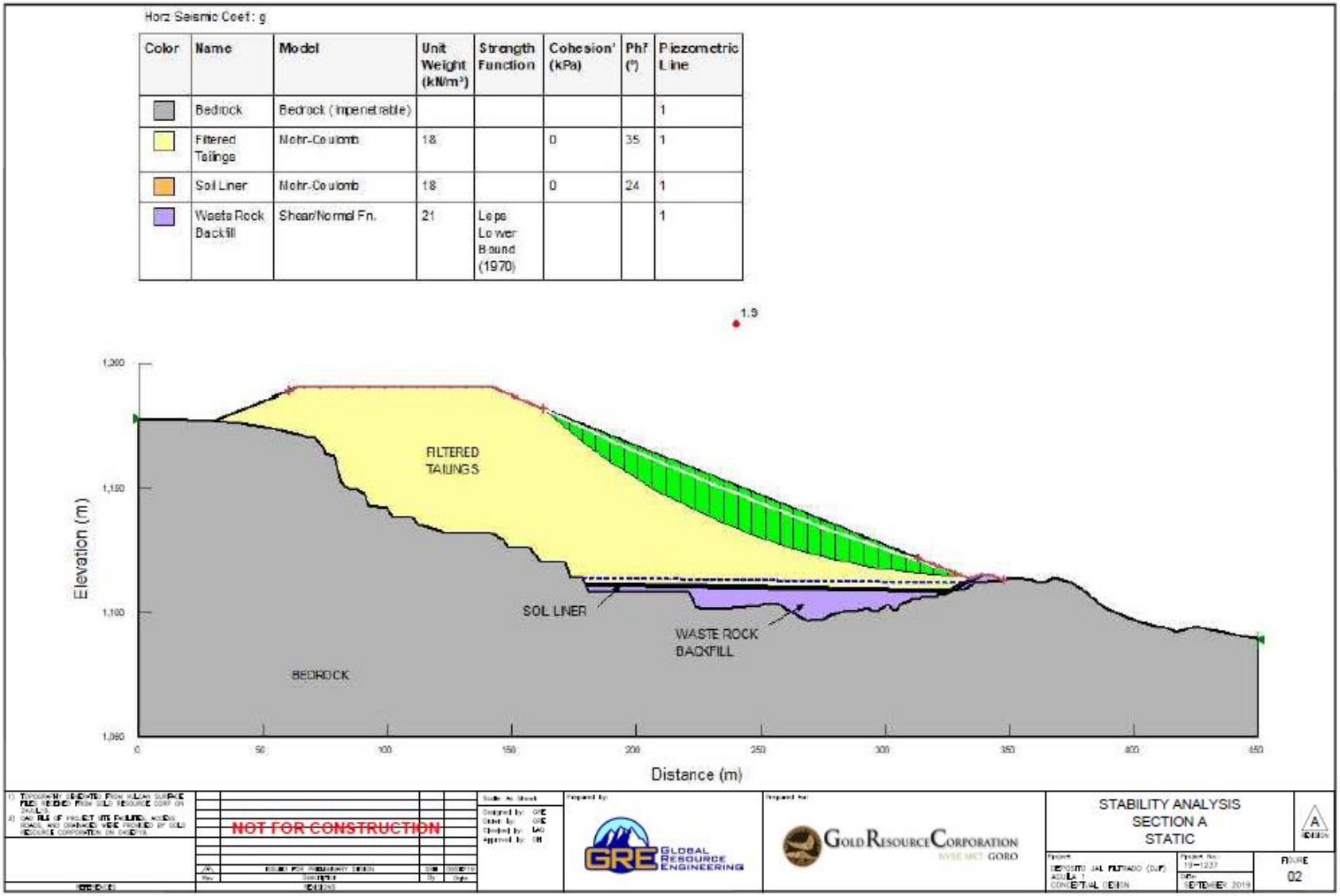


Figura II. 24. Resultados análisis de estabilidad

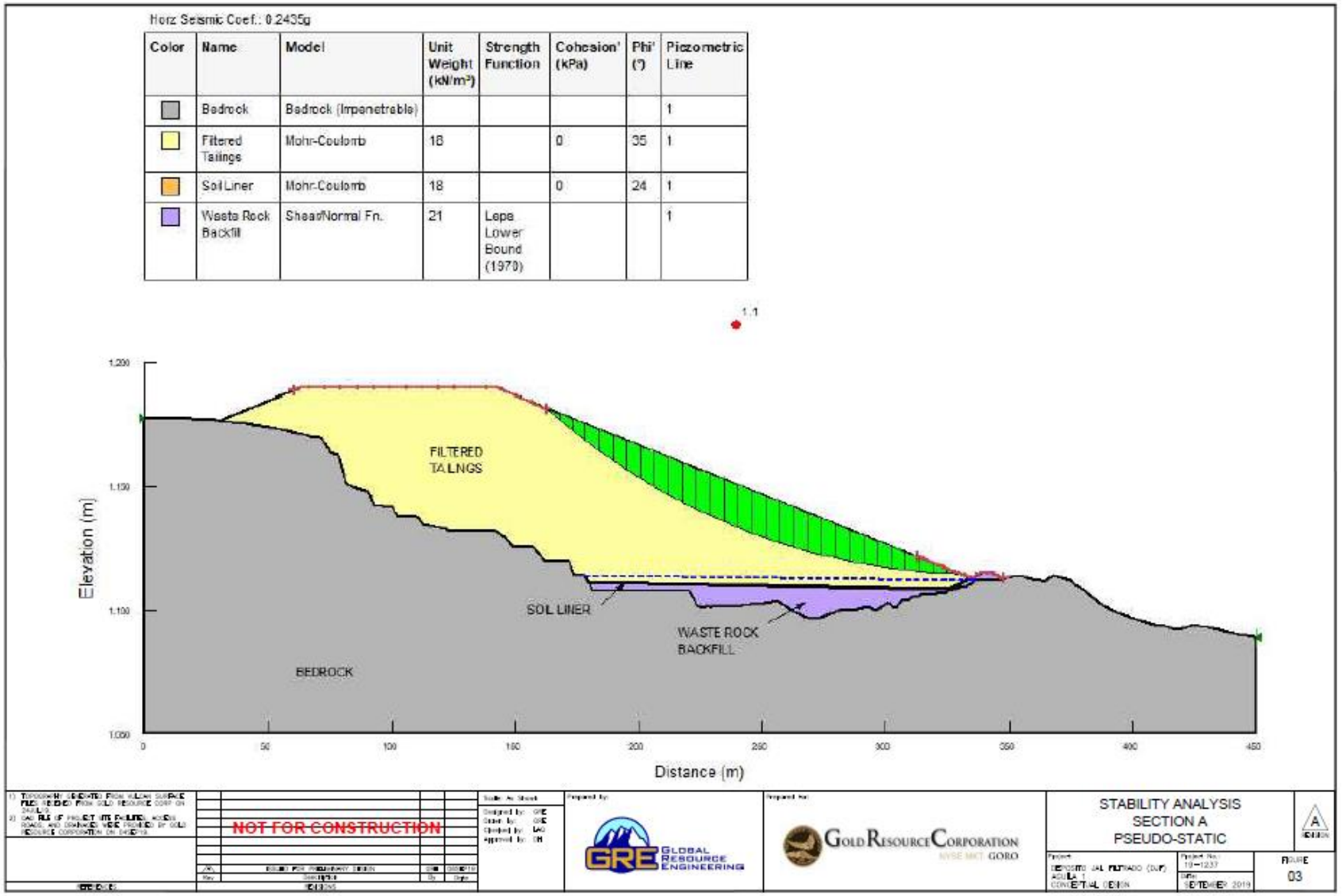


Figura II. 25. Resultados de análisis de estabilidad

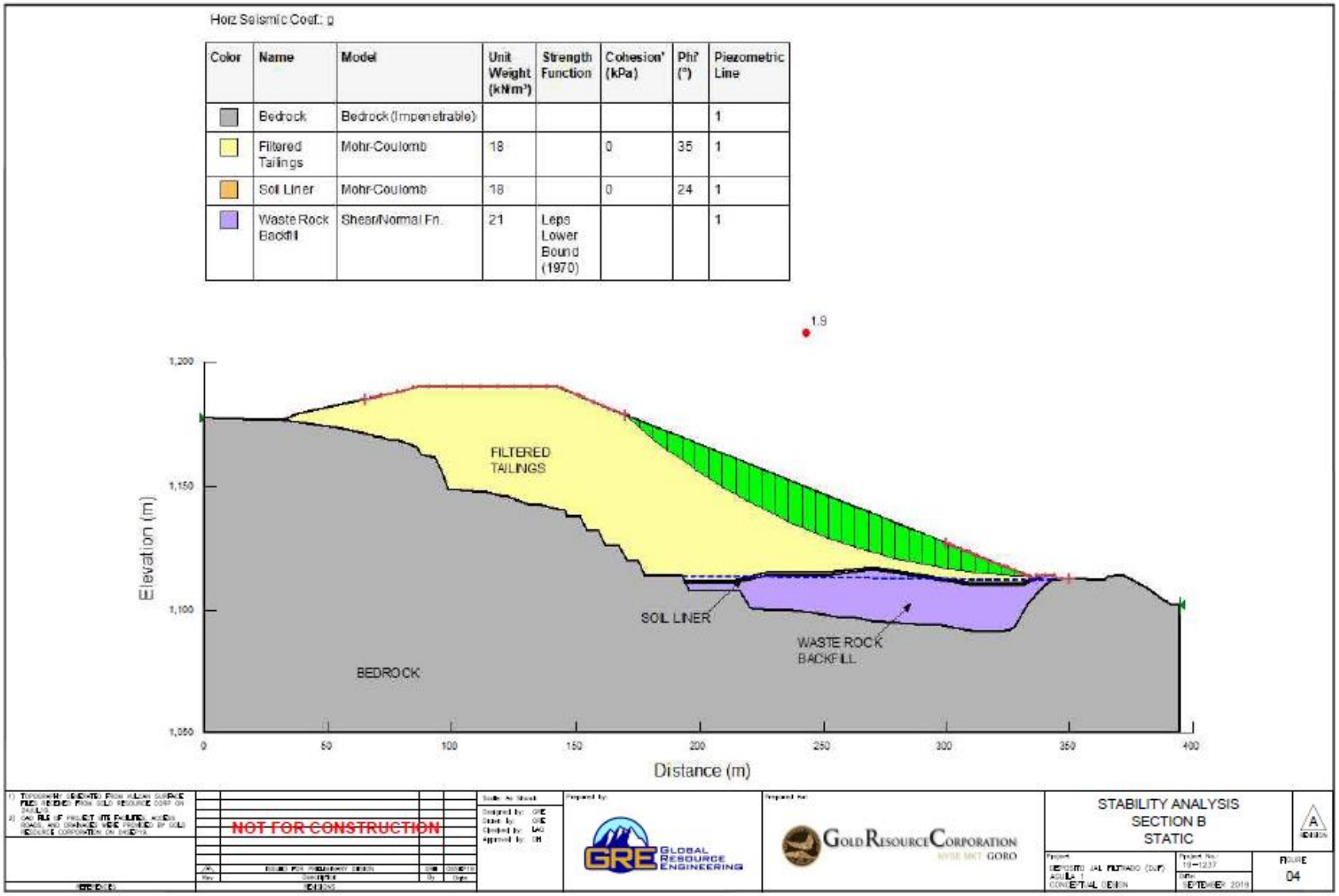


Figura II. 26. Resultados de análisis de estabilidad

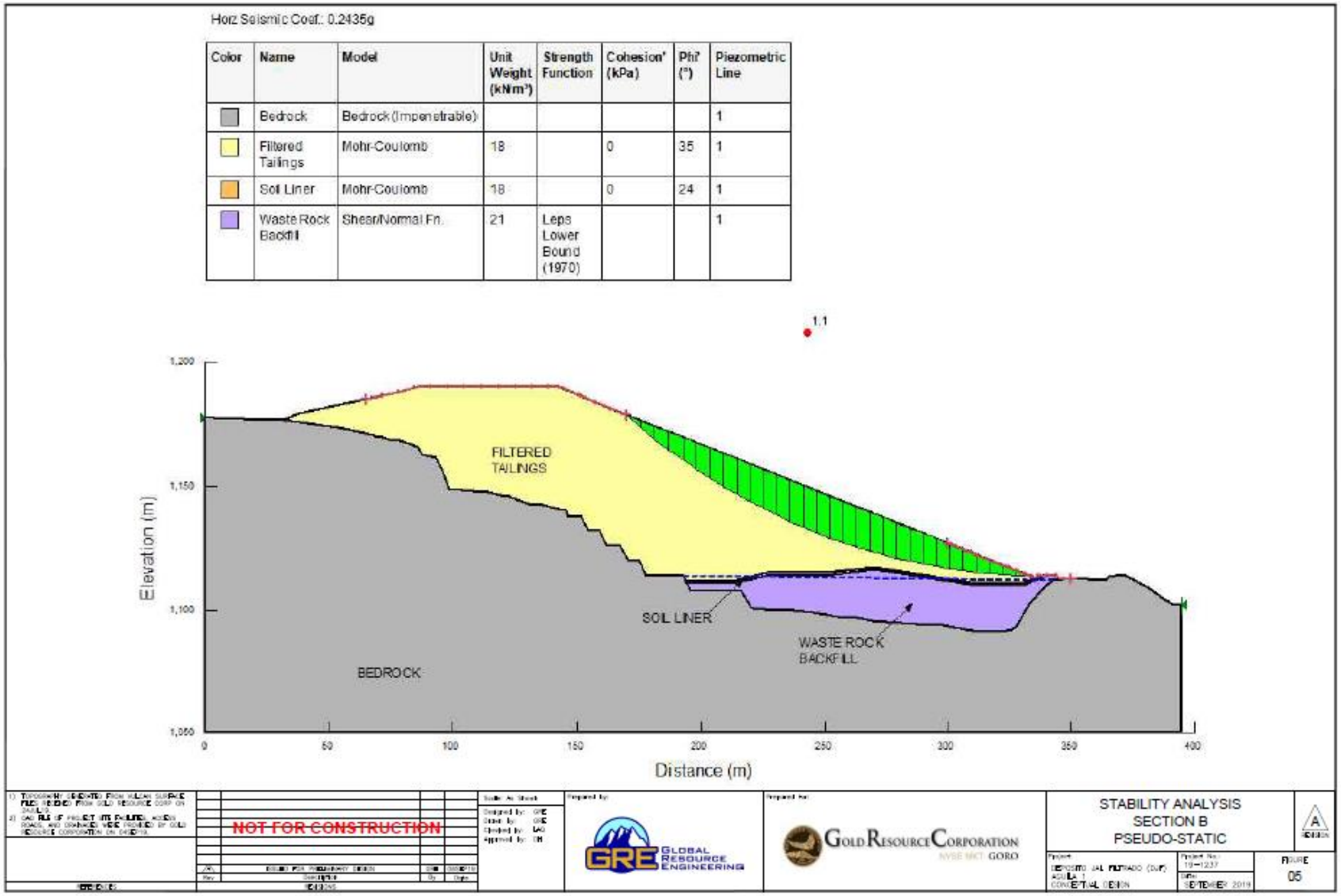


Figura II. 27. Resultados de análisis de estabilidad

Dimensionamiento de Pileta de Colección

La pileta de colección es diseñada con una capacidad de contener un evento de tormenta de 100 años, además de considerar 1 metro de bordo libre. El análisis tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Evento de tormenta de 100 años de 81.665mm;
- Área de superficie en 2D de 55,000 m^2 del DJF;
- Desviación de la escorrentía del terreno no modificado aguas arriba del DJF;
- Coeficiente de escorrentía de 0.2 para jales filtrados; y,
- Precipitación directa en la superficie de la pileta durante el evento de tormenta.

Los cálculos dan como resultado un volumen de 1,100 m^3 para la pileta de contención, que deberá ser ubicada al pie del DJF, esto es mostrado en la siguiente figura.

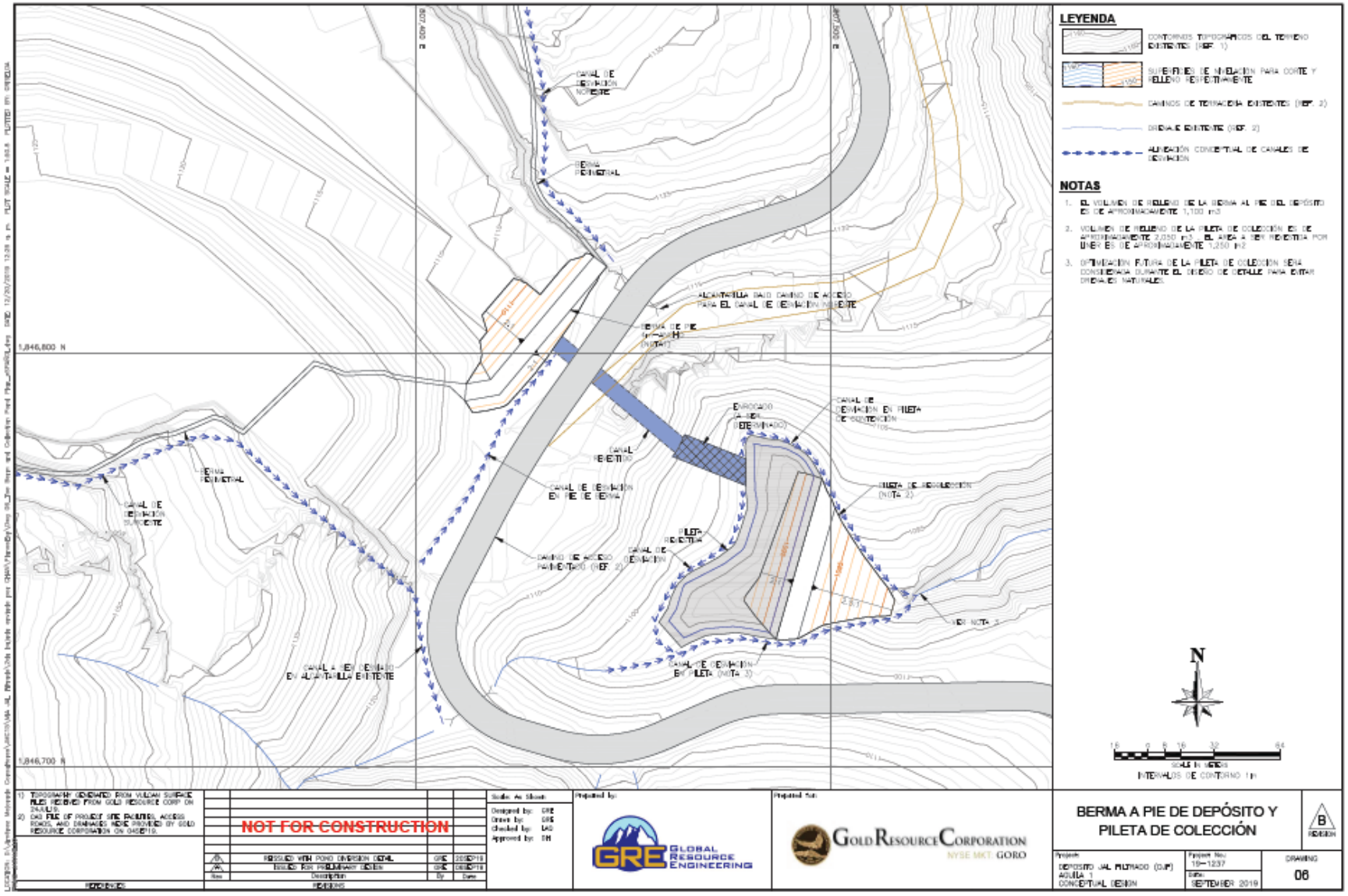


Figura II. 28. Ubicación y diseño de pileta de contención

II.2.1 Programa general de trabajo

A continuación, se presenta el cronograma de actividades para el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto en la Tabla II.15. Se contempla un periodo de vida útil de nueve años, contemplando que la fase de preparación del sitio tenga una duración de un año, la etapa de construcción dos años y la operación seis años, comenzando esta desde el segundo año, es decir que las etapas se yuxtaponen. El cierre comenzará a partir del tercer año y será progresivo, finalizando con dos años de monitoreo del mismo.

Tabla II. 15. Cronograma de Actividades

Etapa	Actividades	Años								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Preparación del sitio	Preparación	■								
	Despeje	■								
Construcción	Transporte de material y equipo	■	■							
	Excavación, Relleno y nivelación	■	■							
	Preparación de subrasante en área de depósito de jal filtrado	■	■							
	Revestimiento de geomembrana en pileta de colección	■	■							
	Construcción de planta de jal filtrado	■	■							
Operación	Operación de las instalaciones		■	■	■	■	■	■		
	Mantenimiento de las instalaciones		■	■	■	■	■	■		

Etapa	Actividades	Años								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cierre	Neutralización y estabilización									
	Reconformación									
	Reforestación									

II.2.2 Preparación del sitio

Preparación

- Examinar el área de construcción para verificar que las condiciones físicas y ambientales actuales sean adecuadas para el inicio de la construcción.
- Identificar y marcar los límites del terreno para el Trabajo.
- Proteger el crecimiento de las plantas y todos los elementos restantes como paisaje final.
- Localizar, identificar y proteger los servicios, como agua, electricidad, etc. que permanezcan sin daños.
- Proteger de daños o desplazamiento los puntos topográficos de referencia, estacas topográficas y el trabajo existente.

Despeje

- Alterar o remover vegetación superficial, varas y raíces solamente donde se indique, o donde sea necesario para completar el trabajo del proyecto, a menos que se indique lo contrario.
- Remover del área del proyecto los escombros, maquinaria desechada o escombros que existan en las áreas de trabajo.
- Toda la maleza, vegetación, desperdicios, suelos orgánicos y otros restos de las operaciones de despeje y deshierbe deben desecharse de acuerdo a los requerimientos del proyecto y según las leyes, normas y reglamentos aplicables.

II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Dentro de las actividades provisionales para el proyecto se contemplan las siguientes:

Ahuyentamiento de fauna
Se realizarán recorridos previos al desmonte con la finalidad de ahuyentar la fauna que pueda encontrarse en el área de afectación y zonas aledañas, tratando de asegurar el desplazamiento de los individuos a áreas que no serán afectadas.

De igual manera se realizará el rescate de aquellas especies que no se hayan desplazado por medio del ahuyentamiento, haciendo énfasis en aquellas que se puedan encontrar en madrigueras y nidos, asimismo en las especies que se encuentran en protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Las especies que sean rescatadas serán reubicadas en zonas aledañas que presenten características similares a las del lugar donde fueron encontradas.

Rescate de flora
Una vez delimitada el área que será afectada por la remoción de la vegetación, se efectuará un rescate de los renuevos y cactáceas presentes en el área, (individuos factibles de rescatar). Los mismos serán reubicados en zonas aledañas al área de afectación.

II.2.4 Etapa de construcción

Transporte de material y equipo
Consiste principalmente en llevar todo el material y equipo que se utilizará para desarrollar la obra, al área del proyecto.

Excavación, Nivelación y Relleno

<u>Excavación</u>

- Toda excavación requerida para alcanzar pendientes y curvas de nivel planeadas; y
- Toda excavación requerida para instalar los componentes propuestos para el proyecto.
- Todas las excavaciones deberán construirse dentro de una tolerancia de más o menos tres centímetros (±3), excepto donde las dimensiones o niveles sean especificados como mínimos o máximos. Todas las nivelaciones deberán realizarse de manera que las pendientes y drenajes se mantengan como se indica en diseño del proyecto.
- Será responsabilidad exclusiva del CONTRATISTA investigar y estimar el tipo y cantidad de materiales y las condiciones del agua subterránea que se encontrarán al momento de la construcción.

- El CONTRATISTA podrá llegar a acuerdos con el PROPIETARIO para obtener permiso para realizar estudios adicionales del subsuelo en caso de que sea necesario verificar las condiciones existentes.
- El CONTRATISTA deberá ser exclusivamente responsable de hacer todas las excavaciones de manera segura. Desarrollar medidas apropiadas para retener los taludes laterales de la excavación para asegurar que las personas trabajando en/o cerca de la excavación estén protegidas.
- Excavar la capa vegetal del suelo de las áreas designadas para la nivelación o construcción del proyecto. Adicionalmente, excavar la capa vegetal del suelo de las áreas designadas para ser usadas como sitios para depositar desechos o material de tierra de subsuelo.
- Remover terrones de tierra, material vegetal, y fragmentos rocosos de la capa vegetal del suelo excavado para que sean apilados.
- Apilar, de estar disponible, suficiente material orgánico en el sitio para cubrir completamente toda el área con vegetación de un espesor mínimo suficiente de capa vegetal del suelo. Proteger el apilado de erosión.
- Excavar el subsuelo según el plan de nivelación y con lo necesario para completar la construcción.
- Permitir espacio de trabajo, roca para drenaje, etc., como se muestre o sea necesario. No realizar excavaciones más profundas que la elevación mostrada. Excavaciones realizadas por debajo de las líneas de nivel mostradas o establecidas por el diseño deberán ser reparadas según lo especifique el diseño.
- Se deben tomar todas las precauciones necesarias para preservar el material por debajo y más allá de las líneas establecidas de todas las excavaciones en las mejores condiciones posibles.
- La excavación deberá desarrollarse en seco.
- Los límites de excavación para realizar el trabajo de una manera segura serán determinados por el diseño del proyecto. Cualquier límite mínimo de excavación es con el propósito de únicamente identificar el material y no necesariamente representa límites seguros. Todas las excavaciones deben estar libres de salientes y las paredes laterales deberán mantenerse libres de material suelto.
- Como mínimo, se deberá realizar todas las excavaciones con pendientes para prevenir estas condiciones.

Relleno y Nivelación

- Todos los rellenos deben construirse con tolerancias de más o menos tres centímetros (±3), excepto donde las dimensiones o declives sean mostrados o especificados como mínimo o máximo.
- Todas las nivelaciones deben desarrollarse de modo que se mantengan las pendientes y drenajes como sea indicado.
- El Relleno puede obtenerse de áreas de préstamo aprobadas dentro de área de la propiedad.
- El Relleno podrá consistir de arena limosa, arena arcillosa, y grava bien granulada (designación USCS SM, SC, SW-SM, SM-SC, SW-SC, GW-GM, GC-GM, GW-GC), de tepetate inerte de trabajos subterráneos que no sea generador de drenaje ácido.
- El Relleno deberá estar libre de raíces, vegetación leñosa, materia orgánica y otros materiales perjudiciales, según lo determine el diseño.

Cama de revestimiento

- La Cama de Revestimiento y baja permeabilidad deberá consistir de arena limosa, arena arcillosa y grava bien graduadas (designación de USCS; ML, SC, SM, SM-SC). La Cama de Revestimiento deberá ser obtenida de fuentes de préstamo aprobadas dentro del área de la propiedad o bancos de material aprobados.
- La Cama de Revestimiento deberá estar libre de raíces, vegetación leñosa, materia orgánica, partículas mayores a 25 milímetros de diámetro y otros materiales perjudiciales, según lo determine el diseño.
- La Cama de Revestimiento deberá estar libre de roca más grande de 100 milímetros.
- La Cama de Revestimiento deberá ser colocada entre 150 y 300 milímetros de grueso sobre el terreno compactado, dependiendo en las condiciones de campo. El Ingeniero de campo determinará el grosor de la capa.

Roca de desecho (tepetate inerte)

- El Relleno de Roca de Desecho deberá consistir en partículas de roca no-ácida o mezclada con material neutralizador, duro y durable. El Relleno de Roca de Desecho deberá obtenerse de áreas designadas por el diseño y deberán ser aprobadas para su uso.
- El Relleno de Roca de Desecho deberá estar libre de raíces, vegetación leñosa, materia orgánica, partículas mayores a 600 milímetros de diámetro y otro material perjudicial, según lo determine el diseño.

- Encargado deberá realizar la inspección visual.

Relleno de drenaje

- El Relleno de Drenaje deberá consistir de arenas limpias obtenida del sitio indicado por el diseño.
- El Relleno de Drenaje deberá estar libre de raíces, vegetación leñosa, materia orgánica y otro material perjudicial, según lo determine el diseño.

Preparación de subrasante

- La superficie de la cimentación deberá estar libre de áreas blandas, irregularidades en la superficie y deberá proveer una cimentación firme sobre la cual se pueda colocar el material de relleno. La aceptación de la superficie de cimentación estará a discreción única del diseño.
- Excavar áreas inadecuadas de la subrasante según se autorice y remplazarlas con materiales de relleno aprobados. Compactar a una densidad que cubra los requerimientos para material de relleno subsecuente.
- Si la subrasante tiene contenido de humedad del tres (3) por ciento mayor al contenido de humedad óptimo, según el Ensayo Próctor Estándar (ASTM D698), el área deberá ser escarificada entre 225 milímetros y 300 milímetros y permitir que seque a la humedad requerida.
- Los 30 centímetros o más de la superficie deberán ser escarificados, humedecidos (según sea necesario) y compactados a por lo menos el 95 por ciento de la densidad seca máxima, según el Ensayo Próctor Estándar (ASTM D698), de modo que el material de relleno se adhiera firmemente a la superficie de la excavación. Remover el agua estancada antes de colocar todo el material de relleno.
- Si el área de revestimiento está sobre roca, deberá ser removido por métodos aprobados. Deberán colocarse unos 30 centímetros de material de revestimiento sobre la roca.
- Proteger la cimentación de la resequedad, congelación y ablandamiento debido a humedad excesiva hasta que las capas de material de relleno sean colocadas y compactadas.
- Antes de colocar el relleno en o contra la superficie preparada de tierra o la superficie de tierra y roca, la superficie deberá ser probada manejando equipo pesado sobre la superficie para examinar el cimiento respecto a ablandamientos o condiciones inaceptables de la cimentación. La determinación de condiciones inaceptables de cimentación estará a discreción del diseño. La cimentación deberá

ser probada usando equipo para movimiento de tierra cargado u otro método aprobado.

- Obtener la aprobación de la superficie de cimentación preparada antes de colocar capas de material de relleno.

Construcción de relleno

- Completar el relleno hasta las líneas y declives para las zonas a ser trabajadas.
- Proteger de daños las estructuras y tubos en todo momento. Seleccionar equipo de compactación que no dañe tuberías o estructuras.
- Manipular y colocar materiales de tal manera que se evite la segregación de materiales.
- Ningún material deberá colocarse sobre material demasiado blando, suave, húmedo, seco o que haya sido dañado por secado, grietas, congelamiento, escorrentía o actividades de construcción. Previo a terminar porciones de la subrasante que sean consideradas inadecuadas para la construcción, deberán ser reparadas.
- No se colocará en el material de relleno ningún resto orgánico, raíces, césped u otros materiales perecederos o inadecuados.
- Se deberá mantener los rellenos construidos incluyendo la pendiente de las superficies para drenaje, prevención o reparación de depresiones, y mantenimiento de superficies libres de maleza u otra vegetación.
- La distribución y nivelación del relleno deberá hacerse de forma que el material esté libre de lentes, bolsillos, rayas, vacíos o capas de material que difieran substancialmente en textura, gradación o contenido de agua respecto al material circundante.
- Las operaciones combinadas de excavación, apilamiento (si es necesario) y colocación se deben hacer de forma que los materiales de relleno, cuando se coloquen, se combinen suficientemente para asegurar un alto grado de uniformidad. La colocación de materiales incluye descarga, esparcido, humedecimiento o secado auxiliar, mezclado, nivelado y cualquier otra operación necesaria para mezclar los materiales y formar capas homogéneas, como sea posible antes de la compactación.
- Deberán hacerse descargas sucesivas de material y esparcirse de modo que se obtenga una distribución uniforme del material.
- Hasta donde sea posible, el material de relleno deberá llevarse al área de relleno con un contenido de humedad específico. Después de descargar y esparcir una capa, ésta deberá ser arada con disco según se requiera para romper y mezclar los

materiales. Las superficies lisas, duras y surcos profundos en la superficie de material colocado anteriormente como resultado del paso de equipos de construcción durante las operaciones de colocación, deberán ser removidas o trabajadas nuevamente mediante arado de disco o escarificación antes de colocar el siguiente material.

- Las superficies de pendientes cortadas deberán excavarse con bancos para así exponer las superficies firmes, húmedas, densas para adhesión con nuevo material de relleno justo antes de colocar la siguiente capa.
- El arado de disco deberá realizarse con una paleta de disco pesada hasta la profundidad total de la capa no compactada, y dentro de la superficie de la capa inferior como sea necesario para formar una buena adhesión entre las capas. Remover piezas de mayor tamaño que no se rompan.
- Los materiales de relleno deberán ser nivelados antes de ser trabajados con el disco y ser compactados, de forma que las capas no excedan el grosor suelto especificado antes utilizar el disco, y la capa inferior no deberá interrumpirse a más de cinco centímetros después del trabajado de disco.

Control de humedad

- Antes y durante todas las operaciones de compactación, mantener el contenido de humedad dentro de los límites aquí especificados. Mantener el contenido de humedad uniforme en toda la capa. En la medida que sea práctico, añadir agua a los materiales que estén demasiado secos en el sitio de excavación. Complementar, si es necesario, rociando y mezclando el agua en el material de relleno antes de compactar.

Espesor de las capas, compactación y requerimientos de humedad

- Compactar todos los materiales por medios mecánicos. No se permitirán inundaciones o chorros.
- Si las pruebas indican que la compactación o el contenido de humedad no cumplen con lo especificado, la colocación del material deberá detenerse y se deberán tomar acciones correctivas antes de continuar con la colocación.
- Los requerimientos para el espesor de las capas, la compactación y la humedad para los materiales de relleno utilizados en el Trabajo son los siguientes:

1. Cama de Revestimiento – Entre 15 y 30 centímetros de capas sueltas, compactadas hasta una densidad mínima de 95 por ciento de la máxima densidad seca de Próctor Estándar, con una humedad entre más/menos tres por ciento (± 3%) de la óptima.

2. Relleno de Tepetate – Máximo 200 centímetros de capas sueltas.

- Deberá crearse y aprobarse una especificación de método para monitorear la compactación del material. Se requiere la construcción de un área de pruebas para desarrollar esta especificación de método.
- Todo el material debe compactarse usando un equipo de compactación aprobado.

Nivelación del sitio

- Hacer el relleno hasta las líneas y declives como se muestra y/o como los establezca el INGENIERO, con espacio suficiente para tratamientos de superficie (capa de suelo vegetal, etc.) donde se especifique o muestre. Hacer pendientes libres de todas las raíces expuestas o piedras que excedan los 75 milímetros de diámetro donde se requiera. Combinar con cuidado toda la nueva nivelación dentro del terreno existente circundante. La nivelación final del sitio debe ser aprobada.

Control de calidad de campo

- Las pruebas de laboratorio deberán incluir compactación, distribución de tamaño del grano, pruebas de índice (pruebas Atterberg), y pruebas de campo de humedad y densidad.
- Las pruebas de compactación en laboratorio se realizarán de acuerdo con la ASTM D698. Las pruebas de Distribución de Tamaño del Grano serán determinados con el método ASTM D422; las pruebas de índice se determinarán mediante el método ASTM D4318, la densidad y contenido de humedad de campo se determinarán por el método ASTM D2922, u otros métodos aceptables.
- Realizar las pruebas de densidad y humedad en un sitio representativo, para cada componente de construcción, o cuanto sea necesario para confirmar la proyección del diseño en cumplimiento con los requerimientos de esta Especificación.
- El material que no cumpla con los requerimientos de compactación y humedad especificados, según lo determinen las pruebas, deberá ser removido y remplazado, o a opción, deberá ser trabajado nuevamente mediante discado, aireación, humedecimiento y/o recompactación, hasta que el material esté en conformidad con las Especificaciones.
- El material deberá ser sometido a pruebas con las siguientes frecuencias:

Tabla II. 16. Pruebas de frecuencia de material de campo

Material	Prueba Mínima	Frecuencia de Prueba[2]
		Cantidad de Prueba
Área de Préstamo o Material Suministrado[1]- MQC		
Cama de Revestimiento	Distribución de Tamaño del Grano	10,000 m^3
	Contenido de Humedad	10,000 m^3
	Límites Atterberg	10,000 m^3
	Próctor Estándar	10,000 m^3
Piedra de Desecho	Distribución de Tamaño del Grano	Visual
Material en el Sitio-Ensayos QA		
Subrasante	Distribución de Tamaño del Grano	10 pruebas mínimo
	Contenido de Humedad	
	Próctor	5 pruebas mínimo
	Pruebas de Campo de Humedad-Densidad	10 pruebas mínimo
	Permeabilidad en el lugar	1 cada 4 ha (3 mínimo)
Material de Relleno		
Cama de Revestimiento	Distribución de Tamaño del Grano	5,000 m^3
	Límites Atterberg	5,000 m^3
	Contenido de Humedad	5,000 m^3
	Próctor Estándar	5,000 m^3
	Pruebas de Humedad de Terreno-Densidad	5,000 m^3
Roca de Drenaje	Distribución de Tamaño del Grano	1 por fuente de préstamo
Roca de Desecho	Distribución de Tamaño del Grano	Visual
	Ensayos de Campo de Humedad-Densidad	Especificaciones del Método
	Prueba de NAGpH (por cliente)	10,000 toneladas
	ABA (por el laboratorio de terceros)	Cuando NAGpH<4.5

Preparación de subrasante en área de depósito de jal filtrado

Preparación de subrasante

Movimiento de tierra

- Cualquier superficie de suelo sobre la cual el Revestimiento esté instalado deberá ser preparada y compactada de acuerdo a los diseños del proyecto. La superficie debe ser lisa, firme, inflexible y libre de:

1. Vegetación
2. Escombros de construcción
3. Palos
4. Piedras filosas

5. Oquedades
6. Cambios bruscos en elevación
7. Agua estancada
8. Grietas que sean mayores de seis milímetros de ancho
9. Cualquier otro material ajeno que pueda tener contacto con el Revestimiento

- Las superficies de la subrasante que consistan de tierra granulada o grava no serán aceptables debido a gran potencial de roturas, rajaduras y/o hendiduras.
- Inmediatamente antes del despliegue del Revestimiento, la subrasante debe ser nivelada una vez más para llenar todos los vacíos o grietas, y luego debe ser ligeramente aplanada para proporcionar la mejor superficie práctica para el Revestimiento. Al finalizar esta actividad, ningún surco de rueda, huellas, ni otras irregularidades deberán existir en el subrasante. Además, todas las salientes que se extienden a más de 12 milímetros de la superficie deben ser retiradas, aplastados o emparejados con la superficie utilizando una compactadora lisa.
- En una base continua, se deberá certificar la aceptación de la subrasante antes de la colocación del Revestimiento.
- Será responsabilidad del instalador de indicar cualquier cambio en la condición de la subrasante, ya que cualquier cambio podría causar que la subrasante esté fuera de conformidad con cualquiera de los requisitos listados en esta Sección
- En la parte superior de las áreas inclinadas en el lugar de trabajo, deberá construirse una trinchera de anclaje para el Revestimiento. Cualquier desviación de la zanja de anclaje requiere revisión y aprobación. Ninguna tierra suelta será permitida en el fondo de la zanja, ni tampoco deberán existir esquinas filosas ni protuberancias en ningún lugar de la zanja.

Control de humedad

- Antes y durante todas las operaciones de compactación, debe mantenerse el contenido de humedad dentro de los límites especificados, en cada una de las capas. En la medida que sea posible, añadir agua a los materiales que estén demasiado secos en el sitio de excavación. Complementar, si es necesario, rociando y revolviendo el material de relleno antes de la compactación.
- No intentar compactar el material de relleno que contenga humedad excesiva. De ser necesario, airear el material con un ventilador, arador, rastreador u otros métodos para secar el material y llegar a un contenido de humedad aceptable.

Requerimientos de compactación y humedad

- Compactar todos los materiales por medios mecánicos. No se permitirá la inundación o chorro de agua para compactar los materiales. Si las pruebas indican que ya sea el contenido de humedad o la compactación no es como se ha especificado, se detendrá la colocación del material y se tomarán acciones correctivas.
- Los requerimientos de compactación y humedad para el relleno de materiales usados en el Trabajo deben cumplir los requisitos indicados en secciones anteriores.

Nivelación del sitio

- Realizar todo el relleno y nivelación final a las líneas como lo establezca el INGENIERO, con tratamientos apropiados y permitidos de la superficie donde se especifique o muestre. Retirar todas las raíces o piedras expuestas que excedan los 75 milímetros de diámetro de las pendientes.
- Combinar eficientemente la nueva nivelación con los alrededores y terrenos existentes.
- La nivelación del sitio terminado debe ser aceptada.

Revestimiento de geomembrana en pileta de colección

- Las preparaciones de las superficies a ser revestidas deben ser completadas por otros, pero el Instalador será responsable de inspeccionar que las superficies preparadas sean aceptables para el revestimiento y libre de piedras, palos, irregularidades en la superficie o desechos que puedan dañar el revestimiento. Cualquier área en la superficie u otras condiciones que requieran correcciones deberán ser comunicadas.
- Una vez notificado de la liberación de área o áreas para la instalación, se verificará por escrito que la superficie en el cual el revestimiento será instalado es aceptable. El inicio de la instalación indica la aceptación de condiciones existentes.

Despliegue

- Asignar a cada panel un código de identificación simple y lógico. El sistema de código estará sujeto a aprobación y será determinado en el Sitio de Trabajo.
- Inspeccionar visualmente las imperfecciones del revestimiento durante el despliegue y marcar las áreas defectuosas o sospechosas.
- El despliegue de paneles de revestimiento será ejecutado de manera que se ajuste a las siguientes directrices:

1. Desenrollar el revestimiento usando métodos que no causen daños al revestimiento y que proteja la superficie subyacente de daños (barra de esparcido, carcaza protectora del equipo).
2. Colocar balastro (comúnmente bolsas de arena) sobre el revestimiento, el cual no dañe el forro, para prevenir el levantamiento causado por el viento.
3. El personal que camina sobre el forro no deberá participar en actividades o usar zapatos que puedan dañar el revestimiento. Fumar no será permitido en el revestimiento.
4. No permitir tráfico vehicular pesado sobre el revestimiento. Vehículos de todo terreno (ATV por sus siglas en inglés) de llantas de goma y camionetas son aceptables mientras que el contacto de la rueda sea menos de seis libras por pulgada cuadrada.
5. Proteger el revestimiento en áreas de tráfico pesado poniendo una cubierta protectora sobre el revestimiento como lo apruebe el consultor.

- Suficiente material (suelto) será provisto para permitir la expansión termal y contracción del material. Esta práctica será utilizada para prevenir que se desarrolle una tensión excesiva (trampolines).

Soldadura en el campo

- Las soldaduras deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. En la máxima medida posible, orientar la soldadura paralela a la línea de la pendiente, por ejemplo, hacia abajo y no cruzando la pendiente.
2. Minimizar el número de soldaduras de campo en esquinas, ubicaciones geométricamente desiguales y esquinas exteriores.
3. Usar un sistema para numerar soldadura que sea compatible con el sistema numérico del panel que concuerde con el consultor.

- Durante las operaciones de soldadura

1. Suministrar por lo menos un especialista en soldaduras quien pueda supervisar directamente a los demás soldadores según sea necesario.

- Soldadura de Extrusión

1. Remache con aire caliente de las piezas adyacentes usando procedimientos que no dañen el revestimiento.

2. Limpiar las superficies del revestimiento usando esmeril de disco o material equivalente. Usar papel de lija número 80.
3. El lijado no deberá reducir el grosor del forro más de un milímetro.
4. Purgar el aparato de soldadura del calor de extruido degradado antes de soldar.
5. La soldadura de extrusión será considerada como un medio secundario de soldadura y será usado para reparaciones con la aprobación previa.

- Soldadura de Cuña Caliente

1. El aparato de soldadura será un dispositivo autopropulsado equipado con un controlador electrónico que muestre las temperaturas aplicables.
2. Limpiar inmediatamente el polvo, barro, humedad y escombros del área de soldadura delante del soldador de cuña caliente.
3. Proteger las hojas del revestimiento contra la acumulación de humedad entre ellas.
4. La soldadura de cuña caliente será considerado el método primario de la soldadura y será utilizado para la soldadura de paneles, a menos que otro método sea aprobado.

Pruebas de Soldadura

- Ejecutar soldaduras de prueba en muestras de revestimiento para verificar que el equipo de soldar esté funcionando adecuadamente.
- Hacer soldaduras de prueba bajo la misma superficie y las mismas condiciones ambientales que las soldaduras de producción. Por ejemplo, en contacto con la subrasante y temperaturas ambiente similares.
- Unos mínimos de dos soldaduras de prueba serán requeridos por día y por aparato de soldar.
- Uno realizado antes del inicio del Trabajo y uno a mitad de turno. Las soldaduras de prueba adicionales serán requeridas después de las reparaciones de los aparatos.
- Cortar seis tiras de prueba de 2.54 centímetros de ancho, por 15.24 centímetros de largo para la soldadura de prueba.
- Probar cuantitativamente tres especímenes para la adherencia, y después tres especímenes para la resistencia al corte.
- Las pruebas de los especímenes pasarán cuando se logren los resultados de pruebas de adherencia y de corte.
- La rotura en la prueba de adherencia ocurre en el mismo material del revestimiento, no por medio de separación de adherencia (ruptura del Enlace de Rasgado de Película FTB (por sus siglas en inglés)).

- La rotura es dúctil.
- Una prueba será considerada un fracaso si un espécimen no cumple con los requerimientos de las pruebas de adherencia y/o corte, o si no logra una ruptura FTB.
- Repetir la soldadura de prueba, en su totalidad, cuando unas de las muestras de prueba fallen en cualquiera de los dos, adherencia o corte.
- No se permitirá que ningún equipo de soldadura o soldador ejecute soldaduras de producción hasta que el equipo y los soldadores hayan completado exitosamente dos soldaduras de prueba adicionales.
- Las actividades de soldadura no continuarán cuando la temperatura del ambiente o condiciones climáticas adversas arriesguen la integridad de la instalación del revestimiento. Se deberá demostrar que las actividades de soldaduras aceptables pueden ser realizadas completando soldaduras de prueba aceptables.
- Ningún material de geomembrana será desenrollado y desplegado si las temperaturas del ambiente son inferiores a los 0º C, a menos que lo contrario sea aprobado.
- Las soldaduras en el campo a temperaturas menores de 0º C hasta los -15º C requieren de procedimientos especiales. Se deberá seguir el Método de Prueba GM9 del Geosynthethic Research Institute (GRI) "Soldaduras de geomembranas en climas fríos".
- Ningún material de geomembrana deberá ser soldado cuando la temperatura del material esté por encima de los 75º C, medido por un termómetro infrarrojo o algún método aprobado. Se podrá continuar con las obras de instalación si es aprobado. Esta aprobación se basará en las recomendaciones del fabricante y en una demostración en el campo por parte del contratista usando soldaduras de precalificación de prueba para demostrar que las soldaduras cumplen con las especificaciones.
- Examinar si hay defectos, orificios, protuberancias, materia prima no dispersada y cualquier signo de contaminación por material ajeno en todas las áreas soldadas y no soldadas del revestimiento.
- Reparar y hacer una prueba no destructiva en cada ubicación sospechosa de áreas soldadas y no soldadas. No cubrir el revestimiento en lugares que han sido reparados hasta que los resultados del ensayo con valores aprobados se encuentren disponibles.

Aseguramiento de calidad en el campo

- El fabricante y el contratista participarán y cumplirán con todos los términos y requisitos del programa de aseguramiento de calidad.
- Los requerimientos de aseguramiento de calidad son especificados en esta Sección y en el Manual de CQA.

Pruebas de campo

- Las pruebas no destructivas deberán ser llevadas a cabo mientras la soldadura progrese, no a la culminación de toda la soldadura en el campo.

a. Prueba al Vacío

i. Debe ser llevado a cabo en todas las soldaduras de extrusión realizadas durante la instalación y de acuerdo con la norma ASTM D 5641.

ii. El ensamblaje de la cámara de vacío deberá consistir en lo siguiente:

- Envoltura rígida;
- Ventana de inspección transparente;
- Junta de goma suave unida al fondo de la envoltura;
- Ensamblaje de Portilla o válvula;
- Medidor de vacío; y
- Una bomba de vacío capaz de producir un mínimo de 55 pulgadas de mercurio (27 psi) de vacío.

iii. Durante el ensayo en vacío, el instalador deberá:

- Recortar con cuidado todo el material sobrepuesto utilizando un instrumento de cortar aprobado. El método de "jalar-romper" para la eliminación de solapas no será aceptado;
- Limpiar ventanas, superficie de junta e inspeccionar si existen fugas;
- Mojar una tira del revestimiento de aproximadamente 30 centímetros por 76 centímetros (longitud de la caja) con una solución jabonosa;
- Colocar la cámara de vacío encima del área mojada;
- Asegurarse que se cree un sello libre de fugas;
- Aplicar una presión de vacío mínimo de 10 pulgadas de mercurio (5 psi);
- Por un periodo de no menos de 15 segundos, examinar la longitud de la soldadura a través de la ventana buscando señales de presencia de burbujas de jabón;
- Si después de 15 segundos no aparece ninguna burbuja, mover la caja de vacío sobre la siguiente área colindante, con un mínimo de 8 centímetros de solapa y repetir el proceso;

- Las áreas donde aparecen las burbujas de jabón serán marcadas, reparadas y probadas nuevamente;
- La prueba en vacío será ejecutada de acuerdo a la norma ASTM D5641; y
- Todas las pruebas en vacío serán documentados por el Técnico QC del contratista y entregados al Proveedor de CQA al terminar cada turno de Trabajo. El revestimiento será marcado indeleblemente cerca de la soldadura para indicar los resultados de aprobación o desaprobación después de la prueba.

b. Prueba de Presión de Aire

i. Será realizada en todas las soldaduras de cuña caliente ejecutadas durante la instalación y de acuerdo con la norma ASTM D 5820;

ii. El equipo para la prueba de presión incluirá lo siguiente:

- Bombas de aire equipadas con un indicador de presión capaz de generar y sostener una presión de 207kPa; y
- Agujas huecas y agudas, u otros dispositivos de presión aprobados por el Proveedor de CQA. El revestimiento será marcado de forma indeleble cerca del área probada para indicar los resultados de aprobación o desaprobación después del ensayo.

iii. Para realizar la prueba de presión de aire, el Técnico de QC del instalador deberá:

- Hacer pasar aire por medio del canal para garantizar una vía limpia;
- Sellar ambos lados finales de la soldadura a ser examinada;
- Insertar una aguja u otra herramienta aprobada de alimentación de presión dentro del túnel creado por soldadura doble de cuña caliente;
- Energizar la bomba de aire a 207kPa;
- Cerrar la válvula mientras se mantiene la presión de aire y permitir que el aire alcance la temperatura ambiente del revestimiento;
- Leer el indicador de presión;
- Mantener el ensayo unos cinco minutos como mínimo y re-leer el indicador de presión;
- Si la pérdida de presión excede 20kPa después de un periodo de dos minutos o si no se estabiliza, las áreas defectuosas serán ubicadas y reparadas. Después de realizar el ensayo, las herramientas de alimentación de presión deberán ser removidas y los puntos de inserción deberán ser sellados; y
- Toda prueba de presión será documentada por el Técnico de QC del contratista y entregada al ingeniero al final de cada turno de Trabajo. El revestimiento será marcado de forma indeleble cerca de la soldadura para indicar los resultados de aprobación o desaprobación después de la prueba.

c. Otros métodos alternativos de pruebas que no sean pruebas de vacío o presión podrán ser propuestos por el contratista los cuales estarán sujetos a la aprobación del ingeniero antes de su uso.

d. En lugares donde la soldadura no pueda ser examinada con pruebas no destructivas, el CONTRATISTA deberá:
i. Cubrir las soldaduras con tiras del mismo revestimiento si es posible; y
ii. Si la soldadura es accesible a equipos de prueba antes de la instalación final, evaluar la soldadura con métodos no destructivos antes de la instalación final.

e. La soldadura y operaciones para cubrir con tiras serán observadas por el Proveedor de CQA para uniformidad y concluir el trabajo.

Pruebas Destructivas (realizadas por un Consultor de CQA con la asistencia del contratista)

a. Ubicación y Frecuencia de Pruebas
i. Recoger muestras de pruebas destructivas a una frecuencia de uno cada 250 metros lineales de largo de soldadura por maquinaria utilizada.
ii. Las localizaciones de las pruebas serán determinadas después de la soldadura.
iii. Ejercitar el Método de Atributos descrito por GRI GM-14 para minimizar las muestras tomadas para las pruebas.

b. Los procedimientos de Muestreo serán ejecutados como sigue:
i. El contratista deberá cortar muestras en lugares designados por el Proveedor de CQA a medida que la soldadura avance para obtener resultados de pruebas de laboratorio de campo antes que el revestimiento sea cubierto.
ii. El Proveedor de CQA enumerará cada muestra y la ubicación será anotada sobre la instalación conforme se construya.
iii. Las muestras deberán ser de 30 centímetros de ancho por 90 centímetros de largo con la soldadura centrada longitudinalmente (la longitud puede variar para minimizar los cortes del revestimiento).
iv. Cortar 10 retazos de cada parte final de las muestras ya examinadas para la prueba de campo que sean 2.5 centímetros de ancho por 15 centímetros de largo.
v. Las muestras sobrantes deberán ser distribuidas de la siguiente manera:

- Una parte para el contratista, 30 por 30 centímetros

- Una parte para un Laboratorio de tercerías, 30 por 45 centímetros
- Muestras adicionales pueden ser archivadas si se requiere.

vi. El contratista reparará todos los orificios en el revestimiento que hayan resultado de hacer las muestras destructivas.
vii. Reparar y examinar la continuidad de la reparación de acuerdo con estas especificaciones.

c. Procedimientos de pruebas destructivas
i. Las pruebas destructivas serán realizadas de acuerdo con la norma ASTM D6392.
ii. Evaluar cuantitativamente cinco especímenes mediante la adherencia, y luego cinco especímenes mediante resistencia al corte. iii. Especímenes de pruebas destructivas deberán pasar cuando los resultados alcancen resultados necesarios en ambas pruebas de adherencia y corte.
iv. La ruptura, cuando se haga la prueba de adherencia, ocurre en el mismo material de revestimiento, no mediante la separación de adherencia (FTB por sus siglas en inglés).
v. La ruptura es dúctil.
vi. Se considerará una falla si un espécimen en cualquiera de pruebas de adherencia o de corte no cumplen con los requerimientos descritos o no alcanza una ruptura FTB.

Procedimiento para Soldaduras Fallidas
a. Si la soldadura falla, el contratista deberá seguir una de dos opciones:
i. Reconstruir la soldadura entre cualquiera de los sitios que pasaron las pruebas.
ii. Trazar la soldadura en sitios intermedios por lo menos a 3 metros mínimo o donde la soldadura termine en ambas direcciones desde el sitio de prueba fallida. Si es necesario, la soldadura fallida será trazada a días previos de la soldadura para encontrar la máquina en particular.
iii. Todos los eventos de trazado deberán ser documentados por el Proveedor de CQA.

b. Se requiere una muestra adicional para las siguientes soldaduras hechas con el mismo aparato de soldar sin importar el largo de la siguiente soldadura.
c. Si la nueva muestra pasa, entonces la soldadura fallida será reconstruida o tapada entre las ubicaciones de las muestras de prueba.
d. Si cualquiera de las muestras falla, el proceso será repetido para establecer la zona en la cual la soldadura será reconstruida.

Construcción de peso de lastre

a. Se fabricarán pesos de lastre en el campo rellenando los tubos de tela de 150mm de diámetro con arena obtenida localmente que fluya libremente.

- Dejar suficiente largo de material del tubo sin llenar a ambos extremos para permitir que se amarren los extremos alrededor de un pedazo de madera tratada de 100mm x 100mm y se entierren en las zanjas de anclaje.
- Los tubos serán continuos sobre todo a lo largo de la pendiente

b. Colocar los pesos de lastre como se indique.

II.2.4 Construcción de obras asociadas o provisionales

No se considera la construcción de obras asociadas al proyecto. La unidad minera el Águila ya cuenta con instalaciones auxiliares para soportar las etapas de construcción, operación y cierre del proyecto.

II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento

Operación

En cuanto a las actividades propias de la etapa de Operación comprende desde el envío de pulpa de jales de los espesadores de la planta de beneficio hacia los filtros, para posteriormente pasar por medio de bandas transportadoras al depósito de jal filtrado. La recuperación de solución de la pulpa se lleva a cabo en los filtros de jales (17% de humedad) de donde es de inmediato enviada a proceso.

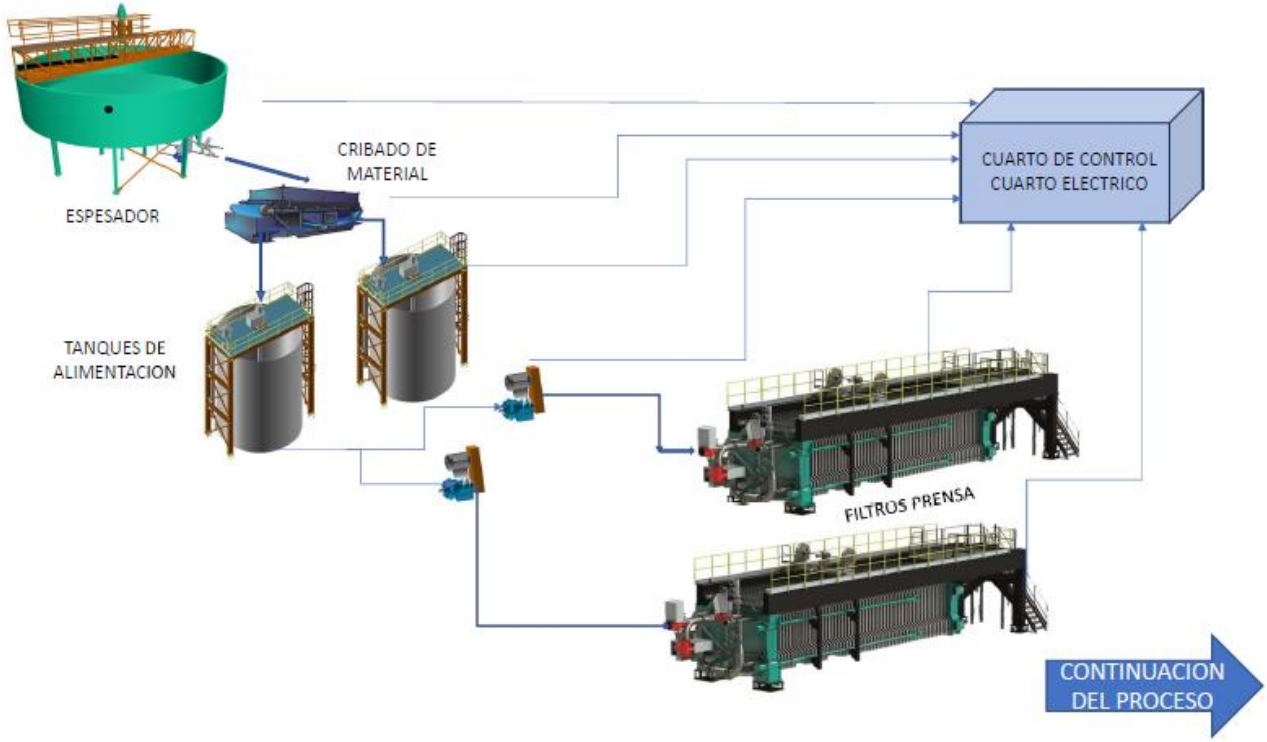


Figura II. 29. Diagrama de operación (parte 1)

Espesador
Es un tanque que permite realizar la separación de sólidos y líquidos, su forma cónica y la gravedad permite que los sólidos se sedimenten formando una pulpa (Jales Espesados), al mismo tiempo el agua clarifica a través de la corona en la parte superior interna del tanque (agua proveniente del efecto de clarificación es reutilizada en el proceso de molienda).

Criba de separación
Una vez sedimentado el material este será enviado a través de un sistema de bombeo a un sistema de cribado, el cual cumplirá la función de separar y descartar el material triturado que exceda los 4 mm de diámetro (rocas y cuarzo). El producto (jales espesados) que logre atravesar por el sistema de cribado, será posteriormente depositado en el tanque(s) de alimentación.

Tanques de alimentación
Son los tanques que recibirán la pulpa libre de agregados gruesos. Estos serán colocados sobre un piso firme de concreto con muros perimetrales para contener la pulpa en caso de

un derrame. Además, existirá un cárcamo y su respectiva bomba permitirá el rebombeo de material al tanque en caso de presentarse un evento.

Estos además contarán con agitador para la homogenización constante del producto. Estos se mantendrán en trabajo continuo.

Consecuentemente, estos tanques alimentarán la succión de las bombas ("bombas de alimentación") que proveen de material (jal espesado) a los filtros prensa.

Filtros prensa

El ciclo iniciará con el prensado de las placas a una presión de 3625 PSI aproximadamente, sucesivamente estos filtros serán alimentados por su respectiva bomba ("bomba de alimentación") a una presión 10 bares, esta presión permitirá que el filtro se sature con material (jal espesado) en cada una de las cámaras o placas, este prensado se logra a través de medios eléctricos, mecánicos e hidráulicos; una vez que el filtro se encuentre en su etapa de alimentación el agua de la pulpa será extraída por medio de lonas filtrantes instaladas en cada una de las placas de prensado, logrando así dejar atrapado el sólido entre placas formando una torta de 5 cm de espesor.

Una vez formada la torta se realizará un soplado con aire el cual permitirá que la torta se despegue de las placas, después el filtro se abrirá para dejar caer la torta sobre una tolva.

El agua producto del filtrado se depositará en un tanque de agua de recuperación que será reutilizada en el proceso de la molienda.

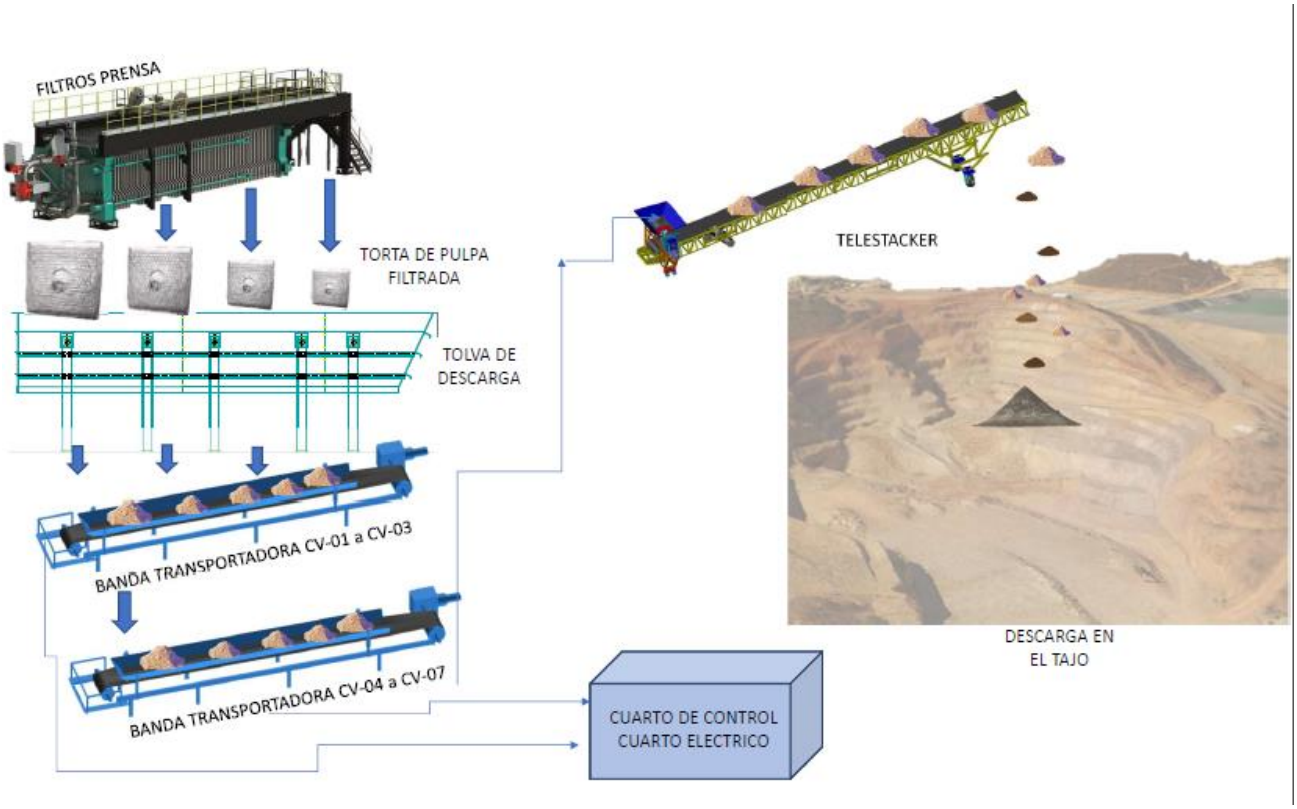


Figura II. 30. Diagrama de operación (parte 2)

Tolva de recepción

La torta caerá en la tolva, esta a su vez tendrá placas de corte en ambos sentidos, formando una cuadricula que permitirá cortar la torta para posteriormente caer en una banda transportadora.

Bandas transportadoras

El material una vez depositado en los transportadores, avanzaran de formar continua para alimentarse en cadena, para posteriormente depositar el material en un tele-stacker móvil, el cual podrá girar sobre su propio eje, y también con la capacidad sacar una extensión de banda a mayor longitud dejando caer el material en la parte baja del tajo.

Tajo

El jal filtrado se depositará en el tajo (parte baja), la operación del tele-stacker permitirá la acumulación del material en diferentes puntos que servirá para que no se acumule en un solo lugar, para que posteriormente pueda ser extendido a diferentes zonas para formar

capas de 30 cm con un tractor D7 y al 95% de la prueba Próctor con un vibro compactador de 12 ton.

Cuarto de control
Es el lugar donde se localizarán los HMI's (Interfaz Hombre Maquina) que permitirán al operador, la manipulación automática de las bombas, filtros, bandas y equipos auxiliares, en sí el control de la planta.

Cuarto de compresores
Es un espacio donde se colocarán compresores para la generación de aire comprimido que se utilizará principalmente para el funcionamiento correcto del filtro prensa. De igual forma se dispondrá de un compresor exclusivo para aire de instrumentos, el cual proporcionará la energía neumática para los equipos que lo demanden.

Cuarto eléctrico
Es un cuarto donde se instalarán los componentes eléctricos, como son: VFD (variadores de frecuencia), contactores, cajas registros de interruptores termomagnéticos, medidores de poder, gabinetes de red, etc. Estos equipos enviarán señales eléctricas de fuerza, control y comunicación para que el sistema trabaje en conjunto con el cuarto de control.

Mantenimiento y Monitoreo
El monitoreo inicial durante la construcción será realizado de acuerdo con las especificaciones y requerimientos técnicos establecidos en el diseño del DJF – Águila 1. Muestreo y pruebas de los materiales de construcción, jales, agua de contacto y cualquier otro aspecto necesario será llevado de acuerdo con los requerimientos técnicos de diseño y plan de monitoreo ambiental en acuerdo con la NOM-141-SEMARNAT-2003.

Mantenimientos periódicos y monitoreo de la cubierta del suelo superficial y cubierta vegetal puede ser necesarios, particularmente considerando a las emisiones de polvos y erosión. Monitoreo cualitativo de la rehabilitación progresiva será llevado a cabo. Los resultados de este monitoreo serán enviados para confirmar o actualizar los métodos utilizados durante la rehabilitación progresiva, considerando aspectos como métodos de control de polvos y sedimentos (de ser necesarios). Las áreas remanentes deberán ser monitoreadas de acuerdo con lo descrito en las secciones siguientes.

Control de Emisión de Polvo

Si la superficie del DJF se seca, la persona encargadas de su operación deberá llevar a cabo las actividades necesarias para controlar la generación de polvos, utilizando un agente supresor de polvos o reciclando el agua recuperada hacia la superficie del DJF.

Monitoreo

Un plan de operación, monitoreo e inspección deberá ser desarrollado para el DJF – Águila 1. El plan de monitoreo incluirá medidas para confirmar la condición no saturada del depósito y el desempeño del sistema de contención. Piezómetros de cuerda vibrante y monumentos de inspección deberán ser instalados en cada etapa de la construcción del DJF, esto para el continuo monitoreo de las condiciones de estabilidad y condiciones hidráulicas del DJF. En adición, monitoreo sísmico deberá programarse para el sitio. La instalación de estos instrumentos debe ser llevado a cabo de acuerdo con las recomendaciones del proveedor seleccionado.

En el evento de movimientos severos, un programa deberá ser implementado que incluya inspecciones visuales con mayor frecuencia, así como la lectura de los monumentos de movimiento. Dependiendo de los resultados de estas medidas, la instalación de otros instrumentos como inclinómetros pueden ser necesarias.

Programa de Monitoreo de Agua Subterránea

Para la caracterización del agua subterránea, se propone la instalación un pozo de monitoreo aguas arriba del DJF – Águila 1 y un segundo pozo aguas abajo. Esto permitirá el monitoreo de los niveles de agua y sus fluctuaciones, lo cual se recomienda registrar de modo mensual por al menos el periodo de 1 año. Los datos obtenidos serán utilizados para conocer y evaluar las fluctuaciones temporales de los niveles de agua subterránea. Después de este periodo recomendado, se puede reducir las mediciones a cada 6 meses como se indica en la NOM-141-SEMARNAT-2003 (Sección 5.8.1). Este procedimiento debe ser realizado por personal especializado y los datos serán almacenados en un archivo en las oficinas de la unidad. Estos pozos de monitoreo serán también utilizados para el análisis de la calidad del agua subterránea. Muestreo y análisis de la calidad del agua deberá ser semi-anual, y el objetivo es determinar el impacto del DJF – Águila 1 en la calidad del agua.

Programa de Monitoreo de Agua Superficial

Como mínimo, se deberá monitorear el agua superficial cada 6 meses. Debido a que los canales de desviación son para diferentes cuencas, al menos un punto de monitoreo aguas arriba y uno aguas abajo deben ser establecidos para cada canal, este debe realizarse posterior al cierre por un mínimo de 2 años. Además, se recomienda que varios puntos de monitoreo sean establecidos en los drenajes aguas abajo de la pileta de colección, y otros dos para el DJF, uno aguas arriba del DJF – Águila 1 y otras aguas abajo.

II.2.6 Descripción de obras asociadas al proyecto

Se considera la reposición de señalamiento preventivo, restrictivo e informativo del área de trabajo y operación.

II. 2.7 Personal

El proyecto al ser una extensión a las actividades existentes, generará 21 empleos (3 turnos de 7 horas) durante la operación, pero en cuanto a la construcción serían alrededor de 70 empleos durante aproximadamente 8 meses.

II.2.8 Etapa de abandono del sitio

Dada la naturaleza del DJF, este debe ser rehabilitado durante el desarrollo del depósito. El depósito de materiales para la reducción de la erosión del depósito, suelo vegetal y reforestación de las pendientes externas con pastos nativos y arbustos puede iniciarse tan pronto como la configuración del depósito alcance la altura necesaria donde los trabajos de rehabilitación puedan ser llevados a cabo de modo seguro y sin intervenir con las operaciones de depósito. Reforestación de la superficie del DJF – Águila 1 deberá realizarse al final, cuando la altura máxima del DJF sea alcanzada. El Programa de rehabilitación incluirá tres elementos básicos:

- Nivelación y cubierta final de las superficies del DJF – Águila 1;
- Protección contra erosión para el DJF y pendientes con rellenos; y,
- Reforestación de áreas alteradas.

La rehabilitación final del depósito será iniciada hacia el final de la vida de la mina. Agua de contacto residual dentro del sistema será acumulada y manejada siguiendo las mejores

prácticas. La meta final de esta rehabilitación será generar superficies estables que soporten la vegetación y que sea física y químicamente estable.

El espesor del suelo superficial que será colocado en el DJF – Águila 1 se espera que sea de aproximadamente 0.3m. Después de la aplicación de la cubierta de suelo el área deberá ser reforestada. Las características macro-topográficas deberán ser establecidas en las superficies de las pendientes previo a la nivelación del suelo superficial. Esto será alcanzado creando de forma aleatoria formas cóncavas y convexas en la última nivelación de los taludes. Previo a la colocación del suelo, y de ser necesario, una preparación de las superficies deberá ser llevada a cabo para reducir el desarrollo de superficies con potencial deslizamiento entre la superficie nivelada y el material bajo esta.

Las profundidades de la capa de suelo superficial serán monitoreadas colocando una estaca con una cuerda o listón alrededor del área rehabilitada indicando la profundidad requerida del nivel de suelo. Esto ayudará al operador, durante la colocación del suelo, para mantener la profundidad necesaria. Escorrentías del DJF pueden ser desviadas mediante canales construidos alrededor o sobre la superficie del DJF. Esta descarga deberá ser canalizada hacia los drenajes naturales existentes y descargada al ambiente. Las pendientes laterales del DJF serán cubiertas con roca resistente durante el periodo de producción para limitar la erosión. El detalle del plan de cubierta se muestra en figura II.31.

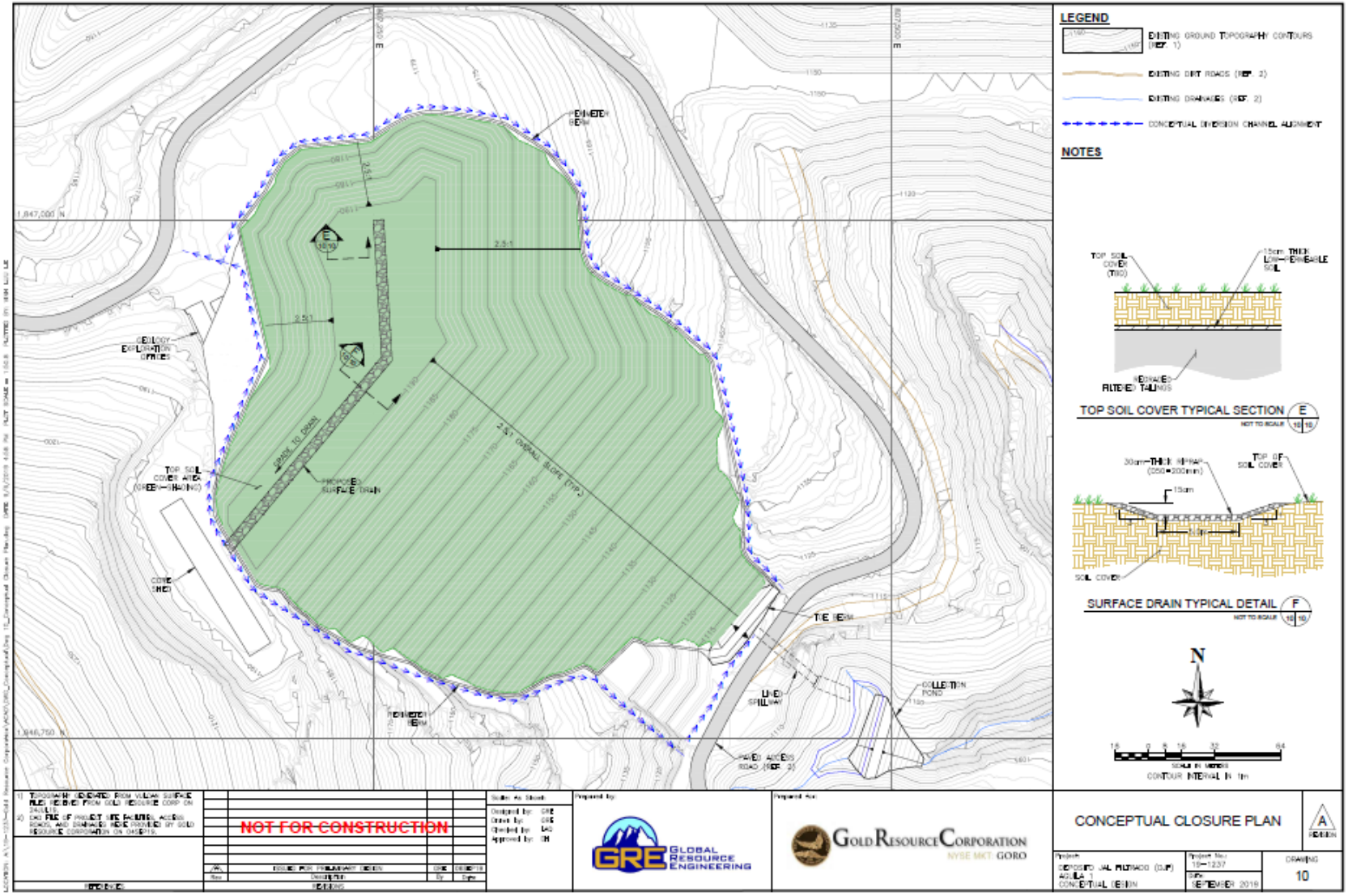


Figura II. 31. Diseño de plan de cubierta

II.2.9 Utilización de explosivos

No se utilizarán explosivos en el desarrollo del proyecto.

II.2.10 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos, peligrosos y emisiones a la atmósfera.

Residuos sólidos. El primer tipo de residuo de este tipo que se generará será el suelo y residuos vegetales como producto del desmonte y el despalme. La porción aprovechable de los arbustos desmontados (Trocería) será utilizada para construcción de presas filtrantes, el material sobrante será picado y revuelto con el suelo orgánico no aprovechable producto del despalme.

Residuos peligrosos.

Los residuos peligrosos generados por el Proyecto durante la etapa de construcción corresponderán a restos de aceites usados y grasas lubricantes, trapos y estopas producto del mantenimiento de equipos y maquinarias. Dichos residuos, serán dispuestos en contenedores cerrados (debidamente rotulados), para su posterior retiro y disposición final por parte de una empresa autorizada integrándose al manejo de residuos peligros activo de la empresa minera.

Durante la etapa de operación se generarán igualmente restos de estopas impregnadas de grasas, aceites y lubricantes; estos serán colectados en contenedores adecuados y debidamente rotulados.

La disposición de los residuos peligrosos de esta etapa deberá ser apoyada por empresas especializadas en el manejo de residuos peligrosos.

Emisiones a la Atmósfera

Para el control de emisiones se necesitarán afinaciones y que se verifiquen las unidades por lo menos al inicio de la obra. La maquinaria desprenderá las siguientes partículas:

- Partículas Suspendidas Totales (PTS)
- Bióxido de Azufre (SOX)

- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NOX)
- Hidrocarburos

El tránsito vehicular del proyecto implicará la emisión de dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas suspendidas. Las cantidades y concentraciones de las emisiones varían dependiendo de los siguientes factores:

- Densidad del flujo vehicular
- Tipo de combustible (gasolina o diésel)
- Calidad de combustible (gasolina o diésel)
- Cilindrada y estado de detalle de los motores
- Aceite quemado por el efecto de desperfectos mecánicos.

Los factores mencionados no pueden ser estandarizados a condiciones constantes, puesto que son características que oscilan entre un vehículo y otro. No obstante, si se consideran límites máximos permisibles de emisiones contaminantes, los cuales son los presentados en la NOM-041-SEMARNAT- 2006, que establece los límites máximos permisible de emisión de gases contaminantes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible; NOM-045-SEMARNAT- 2006, que establece la Protección ambiental. Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo del equipo de medición y la Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT- 1994 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos en circulación y su método de medición.

II.2.11 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Como se ha mencionado anteriormente se colocarán contenedores para residuos sólidos para la recolección de los residuos que puedan generar los trabajadores, de igual manera se colocarán contenedores herméticos y debidamente rotulados para la contención de los residuos peligrosos que se puedan generar. Los residuos que se pudieran generar a partir del material que será utilizado en la obra, serán removidos por los empleados de la misma y almacenados para darles destino final en el basurero municipal más cercano. Asimismo, se contratarán los servicios de una empresa que de destino final a los residuos sólidos peligrosos.

Capítulo III

III. EN SU CASO, LOS DEMAS REQUISITOS QUE ESPECIFIQUEN LAS DISPOSICIONES APLICABLES. 3

III.1. INTRODUCCIÓN 3
III.2. INFORMACIÓN SECTORIAL 3
III.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024 3
III.3. VINCULACIÓN CON LAS POLÍTICAS E INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO DE LA REGIÓN. 5
III.3.1. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 5
III.3.2. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO 6
III.3.3. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIONAL DEL TERRITORIO DEL ESTADO DE OAXACA 11
III.3.4. UBICACIÓN DEL PROYECTO EN ÁREAS DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA (ANP, TP, RHP, AICA'S) 17
III.3.4.1. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 17
III.3.4.2. ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES 18
III.3.4.3. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS 19
III.3.4.4. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS 20
III. 4 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS 22
III.4.1 Leyes 22
III.4.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 22
III.4.1.2 Ley Federal de Derechos. 23
III.4.1.3.- Ley General de Vida Silvestre. 24
III.4.1.4.- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento 24
III.4.1.5.- Ley Minera 25
III.4.1.6.- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 25
III.4.1.7.- Ley General de Cambio Climático 26
III.4.1.8.- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 26
III.4.2 REGLAMENTOS 27
III.4.2.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 27
III.4.2.2 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 28

Índice de Figuras

Figura III. 1. Ordenamiento Ecológico Territorial 6
Figura III. 2. Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca 15
Figura III. 3. Áreas Naturales Protegidas..... 17
Figura III. 4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 19
Figura III. 5. Regiones Terrestres Prioritarias..... 20
Figura III. 6. Regiones Hidrológicas Prioritarias 21

Índice de Tablas

Tabla III. 1. Vinculación de estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio con el proyecto "Planta y Depósito de Jal Filtrado" 9
Tabla III. 2. UGA..... 12
Tabla III. 3. Usos UGA No. 17..... 12
Tabla III. 4. Criterios de regulación 12
Tabla III. 5. Criterios de regulación 16
Tabla III. 6. Normas..... 31

III. EN SU CASO, LOS DEMAS REQUISITOS QUE ESPECIFIQUEN LAS DISPOSICIONES APLICABLES.

III.1. Introducción

III.2. Información sectorial

Para elaborar este capítulo, se analizaron diferentes fuentes de información de orden federal y estatal, correspondiendo a las políticas sectoriales guardar congruencia con las generales, para evitar favorecer artificialmente algunas actividades a costa de otras. Así las regulaciones en materia de planeación y desarrollo de políticas sectoriales pertinentes, son una de las grandes líneas de estrategia para promover el crecimiento económico de una región determinada.

III.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024

El plan nacional de desarrollo 2018-2024 se rige por 12 principios y se compone de ejes transversales y ejes generales. Dentro de los ejes transversales, el tercero, denominado "Territorio y Desarrollo Sostenible", nos habla de la importancia de que las políticas públicas se deberán crear buscando un desarrollo sostenible, es por ello que resulta necesario promover que las mismas contemplen un enfoque que articule el quehacer con el desarrollo basado en la sostenibilidad económica, social y ambiental sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras. Es fundamental considerar tanto la viabilidad financiera, fiscal y económica como el mantenimiento de la cohesión social y la conservación y protección de la biodiversidad y los ecosistemas mediante la planeación y el ordenamiento territorial.

Asimismo, uno de los ejes generales es el bienestar, que tiene como objetivo: Garantizar el ejercicio efectivo de los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales, con énfasis en la reducción de brechas de desigualdad y condiciones de vulnerabilidad y discriminación en poblaciones y territorios. Este objetivo lo conseguirá a través del cumplimiento de 11 objetivos, de los cuales resalta:

Objetivo 2.5 Garantizar el derecho a un medio ambiente sano con enfoque de sostenibilidad de los ecosistemas, la biodiversidad, el patrimonio y los paisajes bioculturales.

Para dar cumplimiento a este, una de las estrategias es la 2.5.8: Promover la gestión, regulación y vigilancia para prevenir y controlar la contaminación y la degradación ambiental.

La cual se vincula directamente con el presente proyecto, debido a que para llevarlo a cabo se solicitarán los permisos necesarios baja la legislación ambiental vigente, garantizando así la regulación y vigilancia del proyecto para prevenir los impactos ambientales nocivos, tal como se señala en la estrategia 2.5.8.

Por otra parte, el tercer eje general es "Desarrollo económico" y tiene como objetivo: Incrementar la productividad y promover un uso eficiente y responsable de los recursos para contribuir a un crecimiento económico equilibrado que garantice un desarrollo igualitario, incluyente, sostenible y a lo largo de todo el territorio y considera dentro de sus objetivos específicos el 3.3 Promover la innovación, la competencia, la integración en las cadenas de valor y la generación de un mayor valor agregado en todos los sectores productivos bajo un enfoque de sostenibilidad, para lo cual se llevará a cabo la estrategia 3.3.8, la cual consiste en potenciar las capacidades locales de producción y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y minerales, a través de la innovación, y fomentar la inversión en proyectos agropecuarios y mineros, en un marco de certidumbre y respeto a las comunidades y al medio ambiente.

Al ser un proyecto minero, se vincula directamente con esta estrategia, ya que la exploración minera es el previo para la localización de yacimientos minerales que al ser estudiados y sujetos a explotación, propician la inversión tanto nacional como extranjera, contribuyendo a la creación de empleos.

La vinculación del plan nacional con el desarrollo del presente proyecto es evidente, esto debido a que con la implementación del presente proyecto se han generado empleos directos e indirectos. Todo lo anterior, aplicando la normatividad ambiental vigente, que permita mantener el equilibrio ecológico y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

III.3. Vinculación con las Políticas e Instrumentos de Planeación y Desarrollo de la Región.

III.3.1. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022

El Gobierno del Estado de Oaxaca ha puesto las miras en alto para iniciar la ejecución de una nueva estrategia de desarrollo que en los próximos seis años logre transformar la condición social, económica y humana de nuestra entidad. El objetivo es mejorar de forma significativa la calidad de vida de las familias oaxaqueñas y heredar a sus nuevas generaciones una plataforma de impulso más sólida, con los elementos necesarios para asegurar un mayor progreso y un mejor porvenir.

El presente Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 (PED 2016-2022) es el resultado de un proceso de participación incluyente, que recoge las necesidades y las aspiraciones de las y los oaxaqueños a través de la amplia participación ciudadana reflejada en las propuestas y demandas expresadas en once foros sectoriales, ocho foros regionales y un foro virtual, que incluyó la colaboración de representantes de los sectores social, privado, académico y público. Este ejercicio de pluralidad ciudadana contó con la deliberación de cinco mil personas de las ocho regiones del estado, quienes presentaron más de 1,300 propuestas que fueron analizadas y aprovechadas por esta Administración para la integración del documento final. El PED 2016-2022 está estructurado en cinco ejes rectores:

1. Oaxaca incluyente con desarrollo social, que tiene por objetivo mejorar la calidad de vida y garantizar el acceso a los derechos sociales de toda la población.

2. Oaxaca moderno y transparente, que busca tener un estado fuerte, honesto, de principios y valores, cohesionado y competitivo.

3. Oaxaca seguro, que está enfocado en generar una sociedad segura, mediante la protección de su ciudadanía, la prevención del delito y el respeto de los derechos humanos.

4. Oaxaca productivo e innovador, cuyo fin es potenciar el desarrollo de todos los sectores económicos a través del empleo y la inversión nacional e internacional.

5. Oaxaca sustentable, que busca conservar y preservar las riquezas naturales y culturales de nuestra entidad.

El proyecto minero se vincula con los ejes 4 y 5 del Plan Estatal de Desarrollo 2016 – 2022 del estado de Oaxaca, es decir que se vincula directamente con la generación de empleos, inversión en la región y con la preservación de los recursos naturales haciendo uso de forma responsable de los recursos.

III.3.2. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

De acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, el proyecto se encuentra ubicado en la Unidad Ambiental Biofísica "Sierras Orientales de Oaxaca Norte" la cual cuenta con una superficie de 11,077 km². Esta unidad ambiental está calificada como medianamente inestable, no contiene superficie correspondiente a ANP's, la degradación de la vegetación está catalogada como alta y con baja degradación por desertificación, cuenta con disponibilidad de agua tanto superficial como subterránea, el uso de suelo es forestal y agrícola, con alta importancia de las actividades mineras y ganaderas, mientras que la agricultura es de subsistencia. La política ambiental de esta unidad ambiental biofísica es de restauración y aprovechamiento sustentable con prioridad media, sus rectores de desarrollo son el sector forestal, los coadyuvantes del desarrollo son la agricultura y preservación de flora y fauna, los asociados del desarrollo son la minería, ganadería poblacional y turismo.

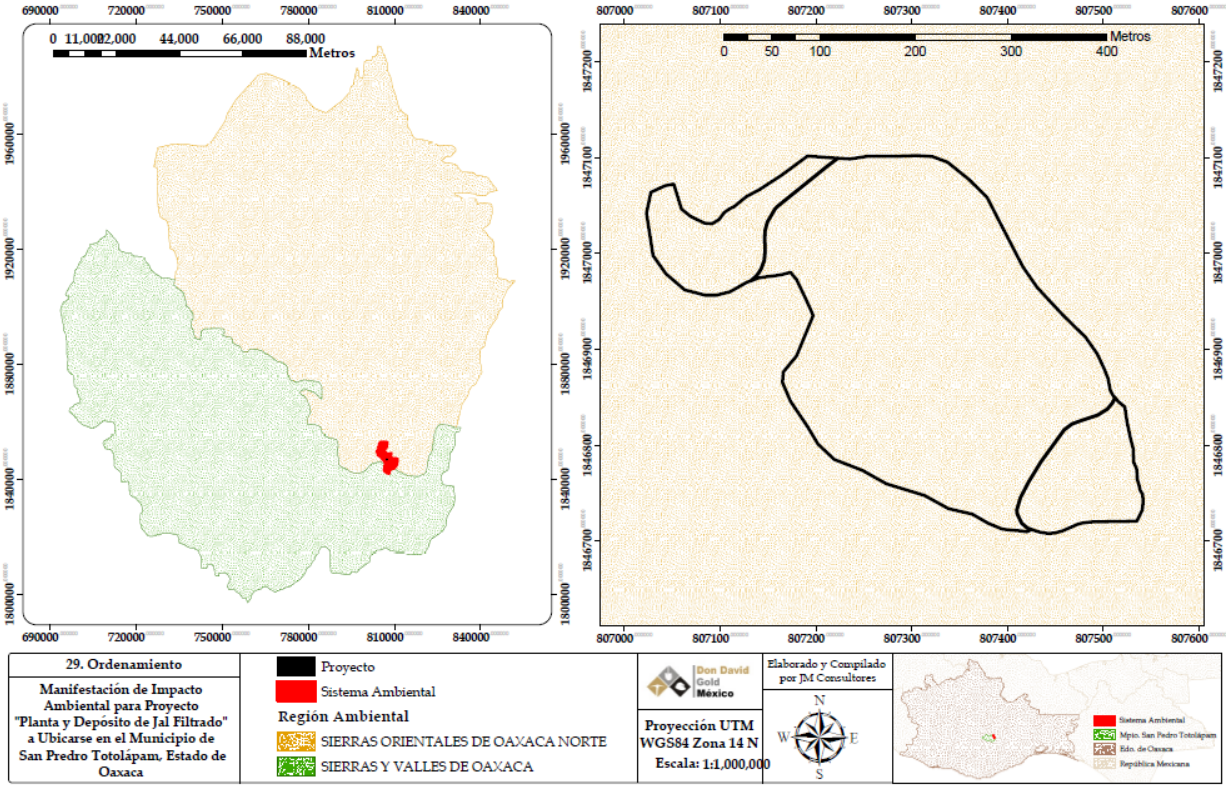


Figura III. 1. Ordenamiento Ecológico Territorial

Para atender cada una de las vertientes se ha diseñado una serie de estrategias, estas son las siguientes:

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio

A) Preservación
1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad
2. Recuperación de especies en riesgo
3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad

B) Aprovechamiento sustentable
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales
5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios
6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales
8. Valoración de los servicios ambientales

C) Protección de los recursos naturales
9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.
10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.
11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.
12. Protección de los ecosistemas
13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de bio fertilizantes

D) Restauración
14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas

E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios
15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables
15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable
21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo
22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional

23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).

Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana

A) Suelo Urbano y Vivienda
24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.

B) Zonas de Riesgo y prevención de contingencias
25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil.
26. Promover la reducción de la vulnerabilidad física.

C) Agua y Saneamiento
27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.
28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.
29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.

E) Desarrollo social
33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.
34. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza
35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos
36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza
37. Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas

38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza
40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación
41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad

Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional

A) Marco Jurídico
42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural

B) Planeación del Ordenamiento Territorial
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al Catastro Rural y la Información Agraria para impulsar proyectos productivos
44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

El proyecto "Planta y Depósito de Jal Filtrado", se desarrolló aplicando los siguientes criterios establecidos en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio:

Tabla III. 1. Vinculación de estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio con el proyecto "Planta y Depósito de Jal Filtrado"

Estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	**Vinculación con proyecto Planta y Depósito de Jal Filtrado**
Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
1.Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad	La empresa minera que promueve el proyecto ha reforestado varias zonas aledañas con especies nativas, asimismo actualmente reproduce dichas especies en los viveros de la empresa. La zona de ocupación del proyecto será restaurada al finalizar la vida útil del proyecto, por lo que

Estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	Vinculación con proyecto Planta y Depósito de Jal Filtrado
Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
	las especies presentes en la zona se conservarán.
2.Recuperación de especies en riesgo	Previo a los desmontes realizados se realiza el rescate de especies de flora, tanto de aquellas que se encuentran listadas en la NOM-159-SEMARNAT-2010 así como aquellas especies de lento crecimiento.
3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Con el levantamiento de datos de campo que se realiza para cada uno de los proyectos realizados, la empresa cuenta con una base de datos que permite el análisis y monitoreo de los ecosistemas.
7.Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales	Se realizaron estudios previos de diversidad y abundancia, con los cuales se demuestra que la remoción de la vegetación no afectará la diversidad del ecosistema. Se gestionan actualmente los permisos necesarios en materia de impacto ambiental para desarrollar el proyecto y hacer un uso sustentable de los recursos forestales.
8.Valoración de los servicios ambientales	Se realizaron distintos análisis para valorar los servicios ambientales que proporciona el ecosistema, de los resultados de dichos estudios se obtuvo que los servicios ambientales no se vieron afectados significativamente y la resiliencia del ecosistema permitirá la continuidad de los mismos, para los factores agua y suelo se diseñaron obras de conservación de suelo y agua que asegurarán su no afectación y compensar la afectación efectuada.

Estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	Vinculación con proyecto Planta y Depósito de Jal Filtrado
Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas	Se seleccionaron áreas en deterioro para el establecimiento de obras de conservación de suelo y agua, que permitirán la restauración del ecosistema.
15.BIS. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable	Don David Gold México, mantiene una política de sustentabilidad ambiental en el desarrollo de cada uno de sus proyectos, apegándose siempre a la normatividad vigente.
25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil.	Don David Gold México, cuenta con brigadas capacitadas para atender riesgos naturales y atender estos en coordinación con la sociedad civil.

El proyecto Planta y Depósito de Jal Filtrado, no va en contra de las estrategias de conservación de la unidad ambiental biofísica "Sierras Orientales de Oaxaca Norte".

III.3.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca

De acuerdo con el Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca, el proyecto se ubica en el UGA No.17, la cual tiene una política ambiental de aprovechamiento sustentable, con aptitud para el ecoturismo y turismo, esta UGA cuenta con una superficie de 124,661.07 hectáreas, las cuales tienen una biodiversidad alta, tiene un nivel de riesgo medio y una presión sobre el área baja.

Tabla III. 2. UGA

No. UGA	Política	Sectores Recomendados	Superficie (ha)	Biodiversidad	Nivel de Riesgo	Nivel de Presión
17	Aprovechamiento Sustentable	Ecoturismo y turismo	124,661.07	Alta	Medio	Bajo

Tabla III. 3. Usos UGA No. 17

Uso Recomendado	Uso Condicionado	Uso no recomendado	Sin aptitud
Ecoturismo y turismo	Industria	No tiene	Agrícola
	Apícola		Acuícola
	Minería		Asentamientos humanos
	Forestal		Ganadería
	Industria eólica		

Tabla III. 4. Criterios de regulación

Criterio de Regulación Ecológica de la UGA No. 17	Vinculación
C-013.-Será indispensable la preservación de las zonas riparias, para lo cual se deberán tomar las previsiones necesarias en las autorizaciones de actividades productivas sobre ellas, que sujeten la realización de cualquier actividad a la conservación de estos ecosistemas.	El proyecto no tiene incidencias en cauces.
C-014.-Se evitarán las actividades que impliquen la modificación de cauces naturales y/o los flujos de escurrimientos perennes y temporales y aquellos que modifiquen o destruyan las obras hidráulicas de regulación.	El proyecto no interferirá en los cauces cercanos al mismo.
C-015.-Mantener y conservar la vegetación riparia existente en los márgenes de los ríos y cañadas en una franja no menor de 50 m	Los cauces que se encuentran cercanos al proyecto no se verán afectados por el mismo.
C-016.-Toda actividad que se ejecute sobre las costas deberá mantener la estructura y función de las dunas presentes.	No es vinculante, el proyecto no se encuentra cercano a la costa.

Criterio de Regulación Ecológica de la UGA No. 17	Vinculación
C-017.-Las autoridades en materia de medio ambiente y ecología tanto estatales como municipales deberán desarrollar instrumentos legales y educativos que se orienten a desterrar la práctica de la quema doméstica y en depósitos de residuos sólidos.	La empresa lleva a cabo el manejo de residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos y de manejo especial en la unidad minera, además en su reglamente interno está prohibida la quema de cualquier residuo.
C-029.-Se evitará la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre áreas con vegetación nativa, ríos, lagunas, zonas inundables, cabeceras de cuenca y en zonas donde se afecte la dinámica hidrológica	La empresa cuenta con zonas de tepetatera, en donde se depositan los residuos de movimientos de tierra.
C-031.-Toda construcción realizada en zonas de alto riesgo determinadas en este ordenamiento, deberá cumplir con los criterios establecidos por Protección civil.	La empresa tiene estrictas políticas de seguridad de acuerdo a lo que establece la Coordinación Estatal de Protección Civil de Oaxaca, así como con un programa de prevención de accidentes, y brigadas para desarrollar los programas establecidos.
C-032.-En zonas de alto riesgo, principalmente donde exista la intersección de riesgos de deslizamientos e inundación (ver mapas de riesgos) no se recomienda la construcción de desarrollos habitacionales o turísticos.	El proyecto no contempla desarrollos habitacionales o turísticos.
C-033.-Toda obra de infraestructura en zonas con riesgo de inundación deberá diseñarse de forma que no altere los flujos hidrológicos, conservando en la medida de lo posible la vegetación natural (ver mapa de riesgos de inundación del POERTEO)	La topografía del área es principalmente pronunciada, por lo que no existe riesgo de inundación.
C-034.-Los apiarios deberán ubicarse a una distancia no menor a tres kilómetros de posibles fuentes de contaminación como basureros a cielo abierto, centros industriales, entre otros	No existen apiarios cercanos al área del proyecto.

Criterio de Regulación Ecológica de la UGA No. 17	Vinculación
C-035.-No se recomienda utilizar repelentes químicos para el manejo de abejas, insecticidas, así como productos químicos y/o derivados del petróleo para el control de plagas en apiarios.	No vinculante con el proyecto.
C-036.-En la utilización de ahumadores, éstos deberán usar como combustible productos orgánicos no contaminados por productos químicos, evitándose la utilización de hidrocarburos, plásticos y/o excretas de animales que pueden contaminar y/o alterar la miel.	No vinculante con el proyecto.
C-039.-La autoridad competente estatal deberá regular la explotación de encinos y otros productos maderables para la producción de carbón vegetal.	No vinculante con el proyecto.
C-045.-Se recomienda que el establecimiento de industrias que manejen desechos peligrosos sea a una distancia mínima de 5 km de desarrollos habitacionales o centros de población.	No vinculante con el proyecto.
C-046.-En caso de contaminación de suelos por residuos no peligrosos, las industrias responsables deberán implementar programas de restauración y recuperación de los suelos contaminados.	La empresa cuenta con una brigada la cual se encarga de registrar y dar seguimiento por cualquier derrame de aceite o grasas que pueda darse en el área del proyecto, así como darle seguimiento.
C-047.-Se deberán prevenir y en su caso reparar los efectos negativos causados por la instalación de generadores eólicos sobre la vida silvestre y su entorno.	No vinculante con el proyecto.

Criterio de Regulación Ecológica de la UGA No. 17	Vinculación
C-048.-Se recomienda solo otorgar permiso para el uso de explosivos en la actividad minera en áreas con política de aprovechamiento, o preferentemente se deberá remplazar el uso de explosivos por cemento expansivo o corte con hilo diamantado en la actividad minera, cuando se trate de rocas dimensionables.	La empresa cuenta con un permiso para el manejo de explosivos expedido por la SEDENA.

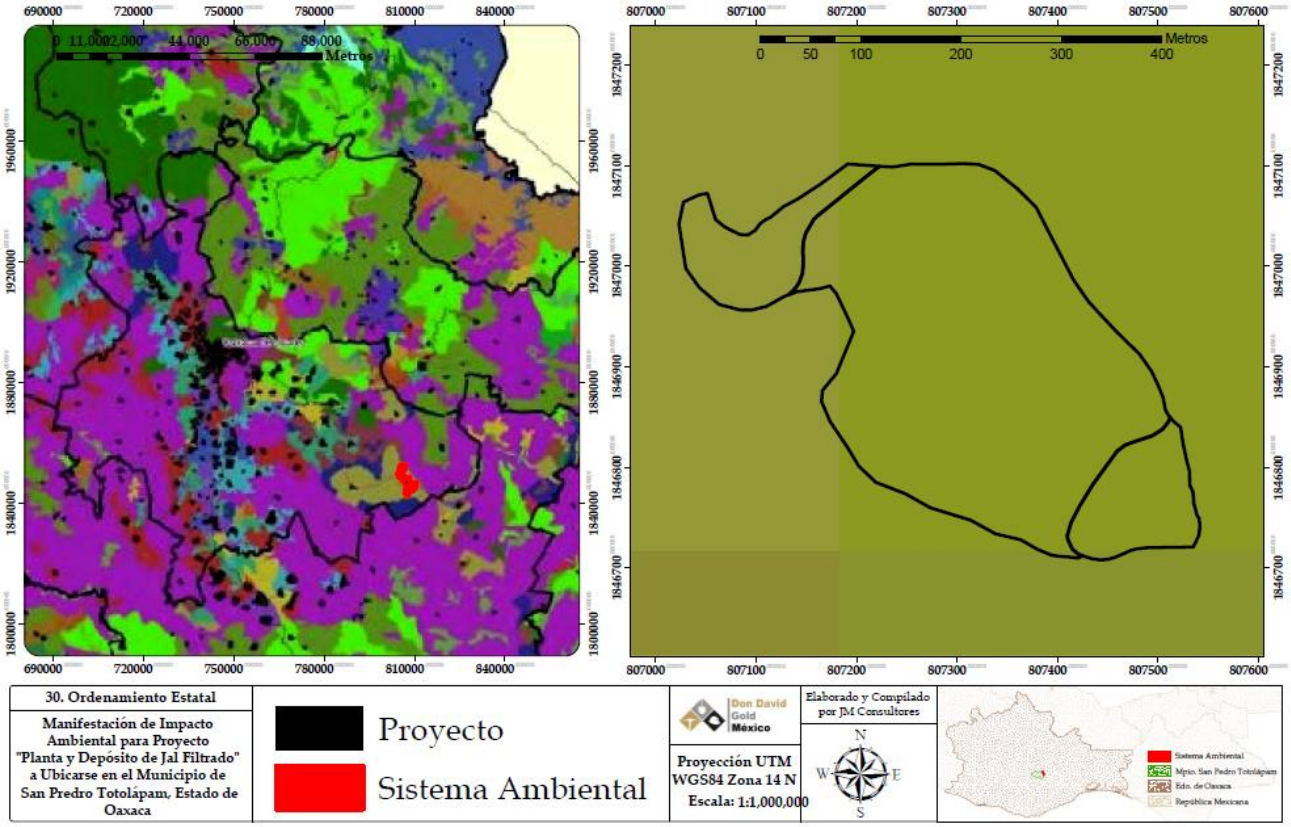


Figura III. 2. Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca

Tabla III. 5. Criterios de regulación

Políticas de Fomento		Vinculación
Todos los usos	Incentivar la inversión minera para impulsar el desarrollo en comunidades que cuenten con recursos minerales.	El proyecto contribuye a mantener activos los empleos que actualmente se encuentran activos en la unidad minera, asimismo contribuye a la economía local debido al consumo de bienes y servicios en las comunidades aledañas.
	Fomentar proyectos mineros con estricto apego a la normatividad en materia ambiental para lograr aprovechamiento sustentable.	El presente proyecto se llevará a cabo bajo la normatividad ambiental vigente.
Uso condicionado	Uso responsable y eficiente del agua	En la unidad minera se realiza el uso responsable y eficiente del agua, por ejemplo se realiza el mantenimiento constante y preventivo para evitar fugas en las instalaciones, se realizan riegos periódicos a los caminos con aguas recicladas, etc.
	Implementar medidas para evitar contaminación del agua subterránea provocada por la minería y de las aguas de los procesos para el beneficio de los minerales.	Debido al proyecto se establecen medidas de conservación de agua y para propiciar su infiltración y recargar el manto freático.
	Fomentar proyectos productivos conociendo los impactos al ambiente para implementar medidas preventivas y/o de mitigación.	Para el establecimiento de las obras de conservación de suelo y agua se contrata personal de las comunidades aledañas.
	Remediar los sitios contaminados	La empresa cuenta con una brigada que se encarga de atender incidencias, asimismo, la empresa cuenta con un programa de cierre y restauración para el área del proyecto, una vez que termine la vida útil del mismo.

III.3.4. Ubicación del proyecto en áreas de importancia ecológica (ANP, TP, RHP, AICA'S)

III.3.4.1. Áreas Naturales Protegidas

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), las ANP son zonas del territorio nacional sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren ser preservadas y restauradas. Las ANP se clasifican en: Reservas de la biósfera, Parques Nacionales, Monumentos naturales, Áreas de protección de recursos naturales, Áreas de protección de flora y fauna, Santuarios, Parques y Reservas Estatales y Zonas de preservación ecológica de los centros de población. El proyecto, no incide en ninguna modalidad de ANP, tal como se puede observar en la Figura III.3.

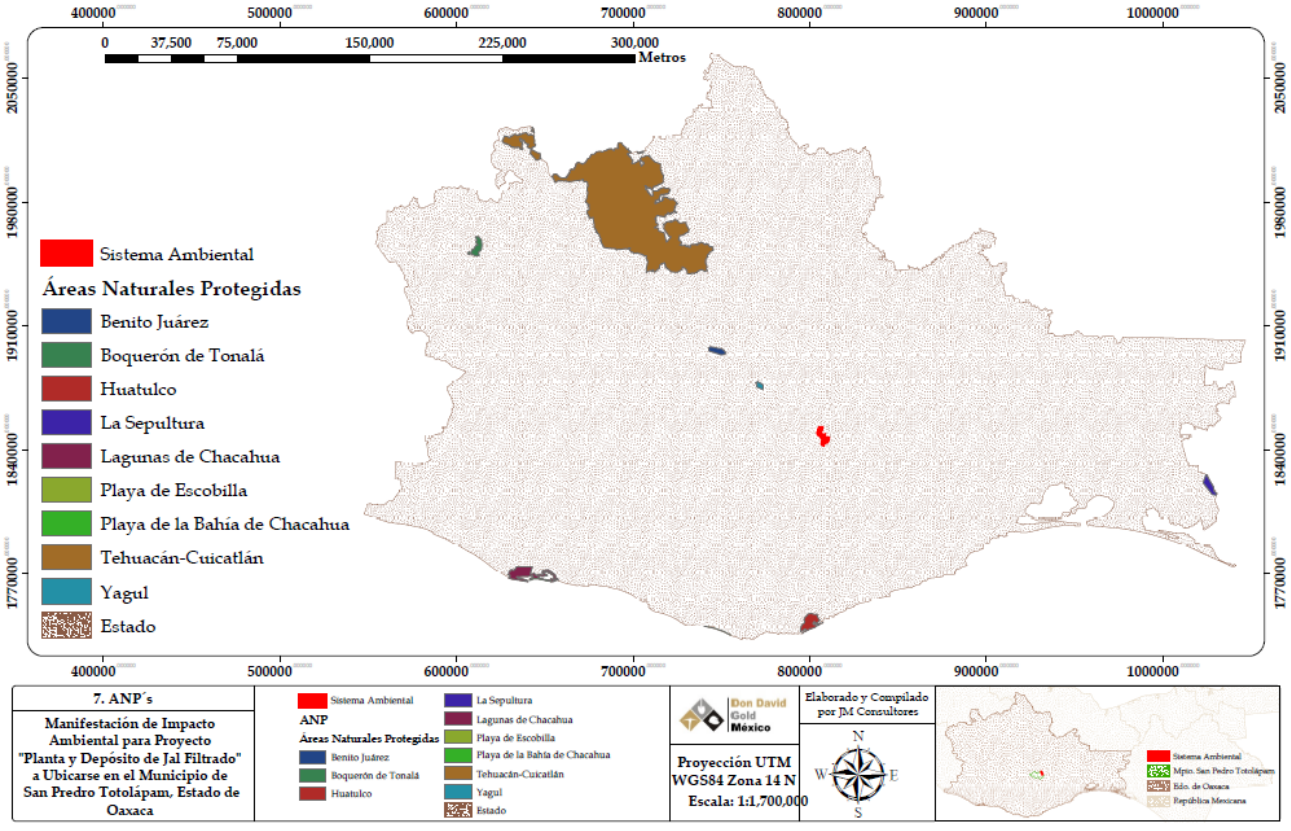


Figura III. 3. Áreas Naturales Protegidas

III.3.4.2. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

La conservación de la biodiversidad es decir de plantas, hongos y animales silvestres depende de la integridad de los ecosistemas o hábitats en donde se desarrollan y reproducen. Para poder conservarlos es necesario proteger y manejar sitios donde se asegure su sobrevivencia y la continuidad de los procesos e interacciones que se dan entre las especies.

A raíz de la creación de la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA), derivada de los acuerdos paralelos del Tratado de Libre Comercio (TLC), se decidió apoyar el desarrollo del proyecto Áreas de Importancia Para la Conservación de las Aves (AICAS) a escala subcontinental, de manera que incluya a los territorios de los Estados Unidos, Canadá y México.

Las AICAS no son sitios que necesariamente requieren protección legal, sino que son áreas explícitamente importantes de acuerdo con las características de las especies que albergan, sean éstas poblaciones, de comunidad, de distribución, de hábitat o por incluir especies endémicas o en alguna categoría de riesgo. Incluso pueden ser designadas por ser lugares importantes para la investigación científica.

El proyecto no incide en ninguna área de importancia para la conservación de las aves, como se observa en la Figura III.4.

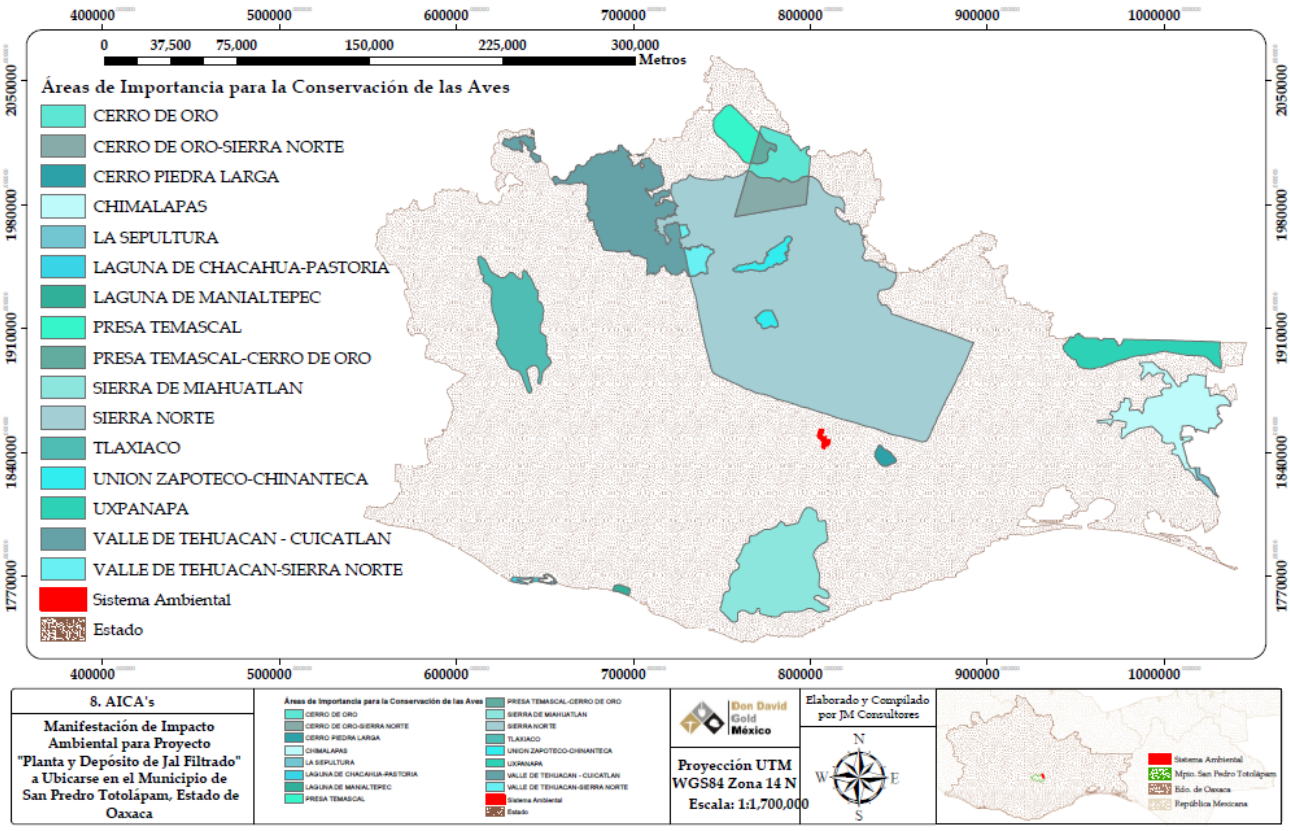


Figura III. 4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

III.3.4.3. Regiones Terrestres Prioritarias

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) tienen el objetivo general de determinar unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaque 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 proyecto no incide en alguna Región Terrestre Prioritaria tal como se puede observar en la Figura III.5.

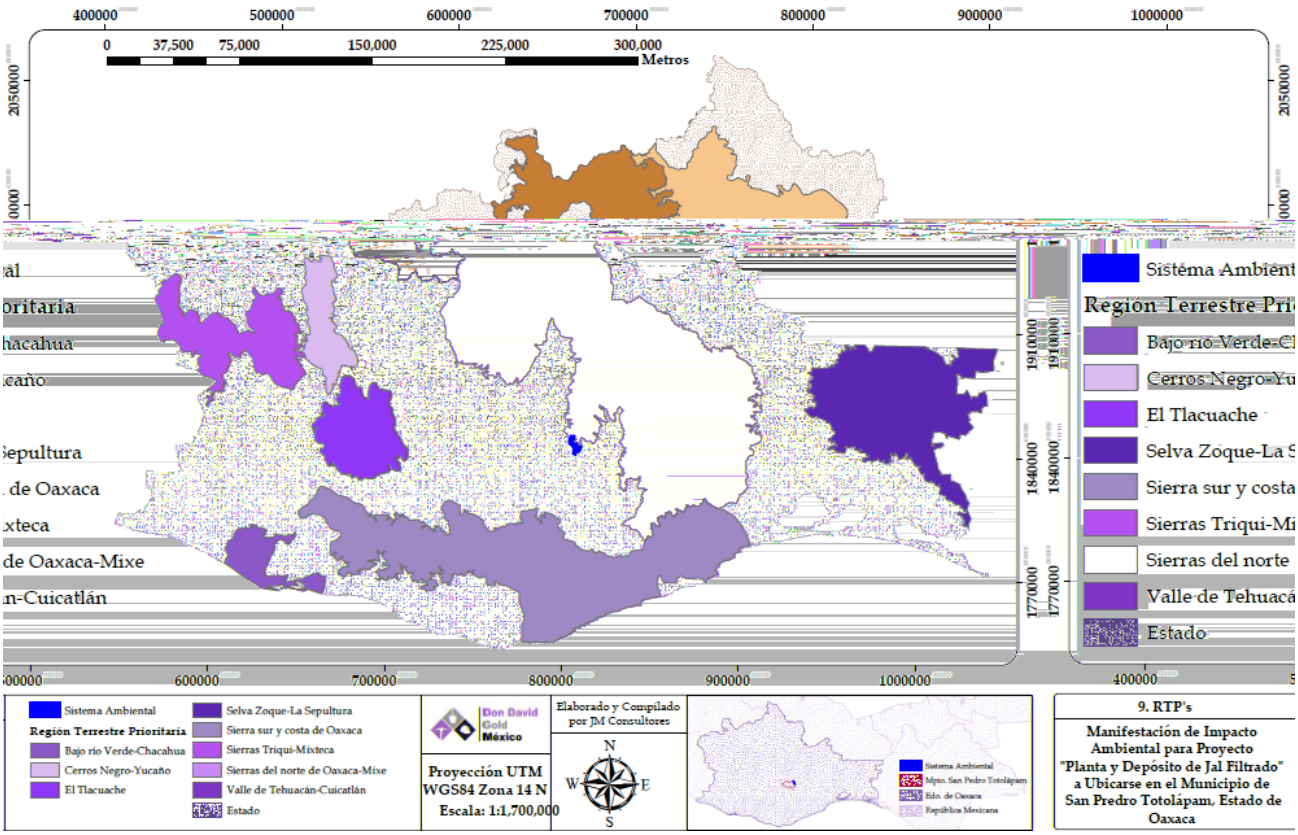


Figura III. 5. Regiones Terrestres Prioritarias

III.3.4.4. Regiones Hidrológicas Prioritarias

Las aguas epicontinentales incluyen una rica variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están física y biológicamente conectados o articulados por el flujo del agua y el movimiento de las especies. Estas conexiones son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, no sólo a niveles local y regional, sino nacional y global.

Los hábitats acuáticos epicontinentales son más variados en rasgos físicos y químicos que los del ambiente marino. Aparte de los pantanos, que tradicionalmente se agrupan como humedales continentales, los sistemas epicontinentales incluyen lagos, ríos, estanques, corrientes, aguas subterráneas, manantiales, cavernas sumergidas, planicies de inundación, charcos e incluso el agua acumulada en las cavidades de los árboles. Las diferencias en la química del agua, transparencia, velocidad o turbulencia de la corriente, así como de profundidad y morfometría del cuerpo acuático, contribuyen a la diversidad de los recursos biológicos que se presentan en las aguas epicontinentales. Asimismo, no es extraño el hecho

de que un organismo dado pueda requerir de más de un hábitat acuático durante su ciclo de vida. El área del proyecto no incide en alguna región hidrológica prioritaria, como se muestra en la Figura III.6.

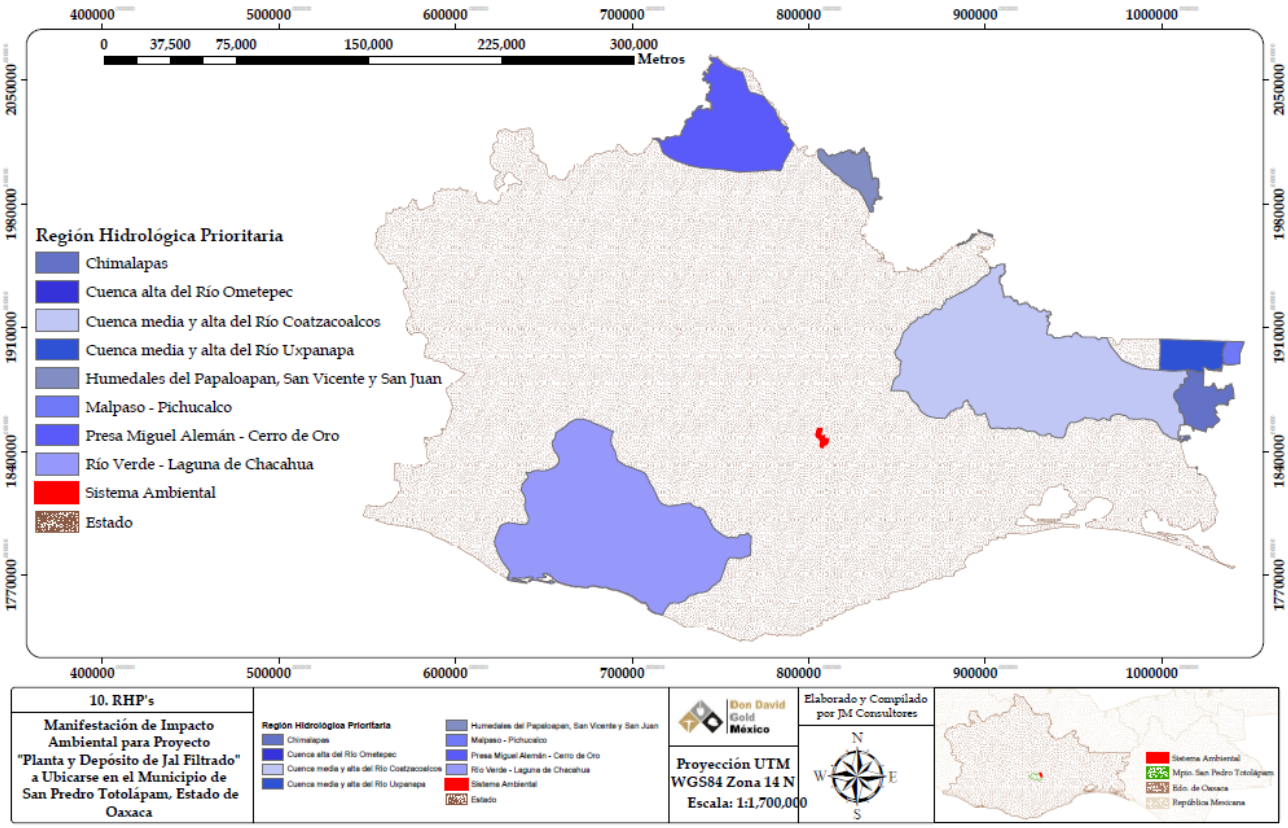


Figura III. 6. Regiones Hidrológicas Prioritarias

III. 4 Análisis de los instrumentos normativos

III.4.1 Leyes

III.4.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

ARTÍCULO 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;

II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;

III.- **Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;**

IV.- Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radiactivos;

V.- Aprovechamientos forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración;
VI. Se deroga.

VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;

VIII.- Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas;

IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;

X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;

XI. Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación; Fracción reformada DOF 23-02-2005

XII.- Actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la Preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas, y

XIII.- Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente.

ARTÍCULO 30.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

III.4.1.2 Ley Federal de Derechos.

Art. 194-H.- Por el otorgamiento de la autorización de los proyectos de obras o actividades cuya evaluación corresponde al Gobierno Federal, se pagará el derecho de impacto ambiental.

Art. 194-J.- Por los servicios de impacto ambiental se pagará el derecho de Impacto Ambiental.

III.4.1.3.- Ley General de Vida Silvestre.

Artículo 58.

a) En peligro de extinción, aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su habitad natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación entre otros.

b) Amenazadas, aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente a su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su habitad o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

c) Sujetas 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 o conservación de poblaciones de especies asociadas.

Artículo 59.

Los ejemplares confinados de las especies probablemente extintas en el medio silvestre serán destinados exclusivamente al desarrollo de proyectos de conservación, restauración, actividades de repoblación y reintroducción, así como de investigación y educación ambiental autorizados por la secretaría.

III.4.1.4.- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento

La región se caracteriza por ser fundamentalmente de vocación forestal, con índices de deforestación, aclareo y en general mal manejo de la actividad, por lo que se precisa instrumentar políticas de aprovechamiento, restauración y protección, de acuerdo a la problemática ambiental detectada, ello con base en el artículo 2o.- que declara de utilidad pública la conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales.

Esta Ley, aunada a las Normas Oficiales Mexicanas en la materia, fueron consideradas como apoyo sustantivo en la determinación de los criterios propuestos para cada política, para de esta manera, acceder a un manejo sustentable del recurso, así como los apoyos técnicos necesarios para ello, a través de las autoridades correspondientes.

En este sentido resulta importante señalar la reciente puesta en vigor de la Ley Forestal 2003, en la cual el manejo de las masas arboladas introduce el concepto de manejo de los ecosistemas forestales, no solo del potencial de aprovechamiento maderable y no maderable, sino del conjunto de bienes y servicios de estos ecosistemas, con un enfoque de conservación del potencial natural y equilibrio ecológico.

III.4.1.5.- Ley Minera

Artículo 27 constitucional en materia minera y sus disposiciones son de orden público y de observancia en todo el territorio nacional. Su aplicación lo sucesivo se le denominará la Secretaría.

La exploración y explotación de los minerales o sustancias a que se refiere el artículo 4, así como de las salinas formadas directamente por las aguas marinas provenientes de mares actuales, superficial o subterráneamente, de modo natural o artificial, y de las sales y subproductos de éstas, sólo podrá realizarse por personas físicas de nacionalidad mexicana, ejidos y comunidades agrarias, pueblos y comunidades indígenas a que se refiere el artículo 2o. Constitucional reconocidos como tales por las Constituciones y Leyes de las Entidades Federativas, y sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, mediante concesiones mineras otorgadas por la Secretaría.

III.4.1.6.- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

Ley que regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio

ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental. El régimen de responsabilidad ambiental reconoce que el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales. Reconoce que el desarrollo nacional sustentable debe considerar los valores económicos, sociales y ambientales.

III.4.1.7.- Ley General de Cambio Climático

Ley de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Entre su contenido gira las expectativas para orientar la política nacional a:

- La Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad
- Fortalecer los esquemas de manejo sustentable y la restauración de bosques, selvas, humedales y ecosistemas costero-marinos, en particular los manglares y los arrecifes de coral.

III.4.1.8.- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Entre sus disposiciones indica que:

- Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.

- Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos basado en la minimización de sus riesgos.
- La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.
- Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.
- Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven.

III.4.2 Reglamentos

III.4.2.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

En materia de impacto ambiental.

Referente a las obras o actividades que requieren autorización en materia de impacto ambiental y de las excepciones.

Establece en el 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:

Inciso O), referente a los cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.

De manera más específica en la fracción I, en lo relativo al cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal.

Artículo 20. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental de la obra o actividad de que se trate, presentada en la modalidad que corresponda, la secretaría formulará y comunicará a los interesados la resolución correspondiente en la que podrá:

I. Autorizar la realización de las obras o actividades en los términos y condiciones señalados en la manifestación correspondiente.
II. Autorizar la realización de la obra o actividad proyectada, de manera condicionada a la modificación o relocalización del proyecto, o
III. Negar dicha autorización.

III.4.2.2 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dicho ordenamiento indica que: Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberán cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular:

I. 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,

i) La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.

II. Condiciones para el almacenamiento en áreas abiertas, además de las precisadas en los puntos anteriores:

a) Estar localizadas en sitios cuya altura sea, como mínimo, el resultado de aplicar un factor de seguridad de 1.5; al nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona,

b) Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos, y de material anti derrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados;

c) En los casos de áreas abiertas no techadas, no deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados, y

d) En los casos de áreas no techadas, los residuos peligrosos deben estar cubiertos con algún material impermeable para evitar su dispersión por viento.

En caso de incompatibilidad de los residuos peligrosos, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar que se mezclen entre sí o con otros materiales.

Tabla III. 6. Normas

NORMA (RELACIONA CON EL PROYECTO)	CONTENIDO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-041-SEMARNAT-2015.	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible.	Se deberá realizar un mantenimiento periódico de la maquinaria y equipo a usar. También se deberán vigilar los niveles de emisiones por la maquinaria empleada, así como las plantas de energía que empleen gasolina como combustible durante la etapa de construcción del proyecto.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Referente al nivel máximo permisible de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan diésel como combustible.	
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características de los residuos peligrosos y el estado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	Se deberán extremar los cuidados a fin de evitar derrames o fugas de combustibles, grasa, aceites, disolventes y todo aquel material que se considera como de riesgo o peligroso para el ambiente, por lo que estos se deberán recolectar de conformidad con la normatividad ambiental vigente para ser dispuestos por prestadores de servicios autorizados para su confinamiento fuera de las áreas

NORMA (RELACIONA CON EL PROYECTO)	CONTENIDO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		de trabajo o bien su tratamiento o reciclaje según lo amerite el caso.
NOM-059- SEMARNAT-2010.	Establece las especificaciones de 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.	La vinculación específica de esta Norma Oficial Mexicana, resulta fundamental y de carácter prioritario para las distintas etapas del proyecto, en las que se preverá dar cumplimiento a lo establecido en la norma en comento. Para garantizar la protección y conservación a las especies se propondrán medidas específicas.
NOM-138-SEMARNAT-SSA-2013	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos las especificaciones para su caracterización y remediación.	Incide en el proyecto a efecto de tomar las precauciones y las medidas de seguridad para evitar el derrame de hidrocarburos, (gasolina, diésel, aceites, etcétera) al suelo.

NORMA (RELACIONA CON EL PROYECTO)	CONTENIDO	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-060-SEMARNAT-1994	Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal	Si bien, las materias primas forestales, no maderables, producto del desmonte, no se extraerán bajo algún programa de manejo forestal, se realizará el aprovechamiento de las mismas en una sola corta, de manera que las especificaciones de la presente norma oficial son aplicables al desarrollo del presente proyecto.
NOM-157-SEMARNAT-2009	Establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros	Con la finalidad de dar pleno cumplimiento a la presente Norma, se realizará e implementará un plan de manejo de residuos.

Queda abierto a que la autoridad adecúe, amplié o modifique las medidas de mitigación, prevención y restauración con la elasticidad o rigidez de las disposiciones legales aplicables para el efecto.

Capítulo IV

IV. 1. Metodología empleada para la delimitación del sistema ambiental del proyecto 5
IV. 1.1. Procedimiento 6
IV. 1.2. Delimitación y justificación del área de estudio para el proyecto en función del sistema ambiental. 6
IV. 2. Elementos físicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio sujeto a cambio de uso de suelo en terrenos forestales 8
IV. 2.1. Clima 8
IV.2.2. Fisiografía 15
IV.2.3. Geología y Geomorfología. 17
IV. 2.4. Topografía 22
IV. 2.4.1. Exposición 23
IV. 2.4.2. Pendientes 25
IV. 2.5. Suelo 26
IV. 2.5.1. Degradación y pérdida de suelo 30
IV. 2.6. Hidrología 42
IV. 3. Elementos biológicos 56
IV. 3.1. Vegetación y usos de suelo 57
IV. 3.2. Caracterización de la vegetación 58
IV. 3.3. Análisis de diversidad de la vegetación 103
IV. 3.3.1. Índices de diversidad de la vegetación 106
IV.3.5. Fauna 118
IV.4. Medio socioeconómico 153
IV.4.1. Factor demográfico 153
IV.4.2. Factor vivienda 154
IV.4.3. Factor económico 155
IV.5. Diagnóstico ambiental 156

Índice de Figuras

Figura IV. 1. Clima 9
Figura IV. 2. Gráfica de precipitación 10
Figura IV. 3. Gráfica de temperatura 11
Figura IV. 4. Probabilidad de Huracán 12
Figura IV. 5. Riesgo de ciclón 13
Figura IV. 6. Riesgo de Inundación 14
Figura IV. 7. Riesgo de Sequía 15
Figura IV. 8. Fisiografía 17
Figura IV. 9. Geología 18
Figura IV. 10. Regiones Sísmicas 20

Figura IV. 11. Riesgo de deslizamiento 21
Figura IV. 12. Topoforma 22
Figura IV. 13. Topografía 23
Figura IV. 14. Exposición 24
Figura IV. 15. Pendiente 26
Figura IV. 16. Tipo de suelo 29
Figura IV. 17. Ecuaciones de erosividad de la lluvia para regiones de México 32
Figura IV. 18. Valores de Factor K 33
Figura IV. 19. Valores de factor C 35
Figura IV. 20. Valores de CATEX 39
Figura IV. 21. Valores de CAUSO 40
Figura IV. 22. Rangos de clasificación para erosión eólica 41
Figura IV. 23. Ubicación Hidrológica 44
Figura IV. 24. Corrientes del área del sistema ambiental delimitado 45
Figura IV. 25. Fórmulas para calcular coeficiente de escurrimiento 48
Figura IV. 26. Valores para ponderar factor K 49
Figura IV. 27. Hidrología Subterránea 53
Figura IV. 28. Tipos de vegetación y usos de suelo 58
Figura IV. 29. Forma de los sitios de muestreo 64
Figura IV. 30. Sitios de muestreo 66
Figura IV. 31. Estimadores para estrato arbóreo 79
Figura IV. 32. Modelo de Clench para estrato arbustivo 85
Figura IV. 33. Estimadores para estrato arbustivo 88
Figura IV. 34. Modelo de Clench para estrato cactáceo 93
Figura IV. 35. Estimadores no paramétricos para estrato cactáceo 96
Figura IV. 36. Modelo de Clench para estrato herbáceo 100
Figura IV. 37. Estimadores para estrato herbáceo 103
Figura IV. 38. Comportamiento del crecimiento de la población 154
Figura IV. 39. Indicadores servicios básicos por hogar 155
Figura IV. 40. Ocupación por sector 156
Figura IV. 41. Matriz de comparación por pares genérica 158
Figura IV. 42. Procedimiento para la generación de diagnóstico ambiental integrado 167
Figura IV. 43. Diagnóstico Ambiental Integrado 167
Figura IV. 44. Calidad atmosférica 169
Figura IV. 45. Calidad del suelo 170
Figura IV. 46. Calidad del factor hidrología 171
Figura IV. 47. Diagnóstico del factor vegetación 172
Figura IV. 48. Diagnóstico del factor fauna 173
Figura IV. 49. Diagnóstico del factor ambiental paisaje y geoformas 174
Figura IV. 50. Diagnóstico sociocultural y socioeconómico 175

Índice de Tablas

Tabla IV. 1. Estación Totolápam 10
Tabla IV. 2. Estación Totolápam 11
Tabla IV. 3. Eventos meteorológicos extremos 12
Tabla IV. 4. Exposiciones para el sistema ambiental 23
Tabla IV. 5. Exposiciones en el área del proyecto 24
Tabla IV. 6. Clasificación de pendientes 25
Tabla IV. 7. Pendientes en el área del proyecto 25
Tabla IV. 8. Valores de factor K 33
Tabla IV. 9. Valores ponderados de factor K 34
Tabla IV. 10. Valores de C para los diferentes tipos de cobertura 35
Tabla IV. 11. Valores de LS para los diferentes tipos de cobertura 37
Tabla IV. 12. Resultados de la EUPS en el sistema ambiental previo a la afectación 37
Tabla IV. 13. Valores de CATEX para el sistema ambiental 39
Tabla IV. 14. Ponderación de valores de CAUSO 40
Tabla IV. 15. Valores de CAUSO para el sistema ambiental en condición antes de afectación 41
Tabla IV. 16. Cálculo de erosión eólica para el sistema ambiental en condición actual 42
Tabla IV. 17. Perdida de suelo total después de realizada la afectación por CUSTF 42
Tabla IV. 18. Cauces que tienen un nombre definido 45
Tabla IV. 19. Cuerpos de agua en el sistema ambiental 46
Tabla IV. 20. Volumen de agua precipitado 47
Tabla IV. 21. Evapotranspiración 47
Tabla IV. 22. Cálculo de K para el sistema ambiental 50
Tabla IV. 23. Balance hídrico para el sistema ambiental 52
Tabla IV. 24. Usos de Suelo y Vegetación de acuerdo a lo observado en campo 56
Tabla IV. 25. Estrato arbóreo 59
Tabla IV. 26. Estrato arbustivo 60
Tabla IV. 27. Estrato herbáceo 61
Tabla IV. 28. Estrato cactáceo 62
Tabla IV. 29. Coordenadas de Sitios de Muestreo 64
Tabla IV. 30. Datos para sitios y matriz ingresada a Estimates para estrato arbóreo del sistema ambiental 70
Tabla IV. 31. Valores para modelo de Clench del estrato arbóreo 76
Tabla IV. 32. Estimadores para estrato arbóreo 77
Tabla IV. 33. Sesgo y exactitud para estimadores no paramétricos del estrato arbóreo 79
Tabla IV. 34. Matriz de datos para estrato arbustivo de análisis para sistema ambiental 80
Tabla IV. 35. Valores del modelo de Clench para estrato arbustivo 85
Tabla IV. 36. Estimadores no paramétricos para estrato arbustivo 86
Tabla IV. 37. Cálculo de Sesgo y Exactitud para estrato arbustivo 88
Tabla IV. 38. Matriz de datos para estrato cactáceo del sistema ambiental 90

Tabla IV. 39. Valores para modelo de Clench de estrato Cactáceo 93
Tabla IV. 40. Estimadores no paramétricos para estrato cactáceo..... 94
Tabla IV. 41. Sesgo y Exactitud..... 96
Tabla IV. 42. Matriz de datos para análisis de la vegetación del sistema ambiental para estrato herbáceo 98
Tabla IV. 43. Valores para modelo de Clench 100
Tabla IV. 44. Estimadores para estrato herbáceo 101
Tabla IV. 45. Sesgo y Exactitud..... 103
Tabla IV. 46. Índices de diversidad del estrato arbóreo a nivel sistema ambiental..... 106
Tabla IV. 47. Índices de diversidad del estrato arbustivo a nivel sistema ambiental. (Índice de Shannon y Equitatividad de Pielou). 107
Tabla IV. 48. Índices de diversidad del estrato herbáceo a nivel sistema ambiental (Índice de Shannon y Equitatividad de Pielou). 109
Tabla IV. 49. Índices de diversidad del estrato cactáceo y agaváceo a nivel sistema ambiental (Índice de Shannon y Equitatividad de Pielou). 109
Tabla IV. 50. Índice de valor de importancia del estrato arbóreo. 111
Tabla IV. 51. Índice de valor de importancia del estrato arbustivo 113
Tabla IV. 52. Índice de valor de importancia del estrato herbáceo. 114
Tabla IV. 53. Índice de valor de importancia del estrato cactáceo y agaváceo..... 115
Tabla IV. 54. Coordenadas de ubicación de muestreo de fauna..... 119
Tabla IV. 55. Mamíferos..... 119
Tabla IV. 56. Aves..... 120
Tabla IV. 57. Reptiles..... 121
Tabla IV. 58. Especies de mamíferos..... 124
Tabla IV. 59. Especies de aves..... 131
Tabla IV. 60. Especies de reptiles 143
Tabla IV. 61. Características por especie del grupo taxonómico mamíferos 147
Tabla IV. 62. Características por especie del grupo taxonómico aves 148
Tabla IV. 63. Características por especie del grupo taxonómico reptiles..... 150
Tabla IV. 64. Índices de diversidad de mamíferos a nivel microcuenca 151
Tabla IV. 65. Índices de diversidad de aves a nivel microcuenca 152
Tabla IV. 66. Índices de diversidad de reptiles a nivel microcuenca..... 153
Tabla IV. 67. Distribución de la población por edades 154
Tabla IV. 68. Ocupación por sector económico 155
Tabla IV. 69. Escalas de comparación de Saaty..... 157
Tabla IV. 70. Ponderación de los componentes ambientales respecto a su relevancia en el SA..... 160
Tabla IV. 71. Criterios y factores indicativos para el análisis de cada componente ambiental 162

IV. DESCRIPCION DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGION

Para el desarrollo de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, primero se determinó realizar la delimitación del sistema ambiental, el cual debería ser acorde a las condiciones de campo y estar debidamente justificada; condición que permitirá obtener información puntual del área de trabajo, para posteriormente plasmarlo en el presente documento. Esta delimitación se realizó con el Modelo Digital de Elevación (MDE) y con el Sistema de Información Geográfica (Programa ArcGis 10.5).

El sistema ambiental se delimito como una cuenca hidrológico-forestal, debido a que la mayor parte del proyecto involucra el depósito de jal filtrado, considerando que uno de los factores ambientales que puede verse afectado es el hidrológico; éste se determinó en función de la influencia del predio con respecto al área drenada cuyo sistema de corrientes confluyen a partir del límite físico (parteaguas) que define la dirección de los escurrimientos hacia un punto de salida o boquilla y su interacción con el trazó del proyecto, obteniendo una superficie de estudio de 3,285.034 ha.

Posterior a la definición de la cuenca, se realizó un análisis comparativo del área seleccionada con la delimitación de cuencas hidrológicas de la Comisión Nacional del Agua, concluyendo que, el área del Proyecto:

- Se encuentra en la Región Hidrológica Tehuantepec, – RH22
- Se ubica en la cuenca Río Tehuantepec, - RH22B
- Se distribuye en la subcuenca Río Alto Tehuantepec- RH22Bc.

En el presente capítulo, se realizará la descripción de las características físicas y biológicas de la cuenca hidrológico-forestal en la que se desarrollará el Proyecto, así como la forma en que está fue definida.

IV. 1. Metodología empleada para la delimitación del sistema ambiental del proyecto

Para crear los límites de la cuenca hidrológico-forestal que será utilizada para sistema ambiental, a partir del conjunto de datos digitales que ofrece INEGI como la Red Hidrográfica escala 1: 50,000 y el Modelo Digital de Elevación escala 1: 50,000 para el

Estado de Oaxaca, se realizó una serie de análisis espaciales usando el software ArcMap 10.5 para el modelaje.

IV. 1.1. Procedimiento

Se estableció el ambiente de trabajo de ArcMap y se indicó el tamaño de Pixel del modelo digital de elevación. Se extrajo el Modelo Digital de Elevación de la Subcuenca donde se ubicó el predio y se procedió a aplicar la siguiente metodología con las herramientas de Hydrology del software ArcMap:

I. Crear un MDE sin depresiones con la herramienta *fill.*
II. Crear capa de *flow direction.*
III. Crear capa de *flow accumulation*
IV. Crear puntos de vertedero y luego usarlos en la herramienta *pour points.*
V. Crear sistema ambiental con la herramienta *watershed*

IV. 1.2. Delimitación y justificación del área de estudio para el proyecto en función del sistema ambiental.

El sistema ambiental es un ámbito geográfico, hidrológico, económico, social y ambiental lógico para cartografiar y planificar el uso y manejo de los recursos naturales en la búsqueda de la sostenibilidad de los sistemas de producción y los diferentes medios de vida. Es en este espacio donde ocurren las interacciones más fuertes entre el uso y manejo de los recursos naturales y el comportamiento de estos mismos recursos.

Otro aspecto importante a considerar cuando se delimita el sistema ambiental es el operativo ya que las acciones ligadas al uso y manejo del suelo que se realicen en el sistema ambiental presentan impactos medibles a corto o mediano plazo, ya sea positivo o negativo, lo que permite la valoración ambiental sobre la conservación o deterioro del suelo, el balance de biomasa y la cobertura vegetal, la cantidad y calidad del agua, la fauna, entre otras variables importantes para la sostenibilidad de los sistemas ambientales.

Se delimitó conforme a la metodología mencionada anteriormente y con el criterio de los procesos asociados al recurso agua, tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, intercambio de nutrientes. Se consideran las escorrentías más cercanas e influyentes en las que se concentra el agua en los eventos de precipitación, los cuales son los que transportan sedimentos y en algunos casos otros elementos que pudieran afectar el ecosistema.

A continuación, se presentan las características descriptivas del sistema ambiental:

a) Área: 32.85034 km^2
b) Perímetro: 35.382179 km.
c) El factor de forma se determinó con el coeficiente de compacidad: 1.74 (es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área equivalente) en este caso tiene un valor alto en cuanto a su alargamiento, es decir es alargada.

$K_c = 0.282 * P/\sqrt{A}$ dónde:
A= 32.85034 km^2
P= 35.382179 km

a) Longitud del cauce principal: 15.07836891 km.
b) Altura máxima: 1,560 msnm.
c) Altura mínima: 740 msnm.
d) Altura media: 1,114 msnm.
e) Forma y sistema de drenaje:

$D = \sum Li/A$

Donde:
D= Densidad de drenaje Km^{-1}
$\sum Li$= suma de las longitudes de los canales en Km
A= Superficie del sistema ambiental Km^2
La densidad de drenaje que presenta el sistema ambiental de estudio es la siguiente:
D=1.84 Km^{-1}, $\sum Li$=60.76398413 Km, A=32.85034 Km^2

El valor de D=2.21 nos indica que el sistema ambiental es medianamente drenada.

f) Distribución espacial de las obras y actividades del proyecto

El proyecto se encuentra al centro del sistema ambiental, con una altura media de 1,200 msnm.

g) Sinuosidad de la corriente

$$S = \frac{L}{L_v}$$

Donde;
S: sinuosidad de la corriente
L: longitud del río principal
Lv: longitud del valle medido en línea recta o curva

Entonces;

L= 15,078.36891 m
Lv= 9,726.3 m
S= 1.55 lo que indica sinuosidad media.

IV. 2. Elementos físicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio sujeto a cambio de uso de suelo en terrenos forestales

IV. 2.1. Clima

En el sistema ambiental de estudio se identifican tres tipos de clima, BS0h'w(w), Seco muy cálido, BS1h'w(w), Semiseco muy cálido y ACw0w Templado subhúmedo, mientras que en el área del proyecto se presenta solamente uno de los tres climas del sistema ambiental, estos son BS0(h') w(w), Seco muy cálido y BS1(h')w(w), Semiseco muy cálido, esto de acuerdo a la clasificación de Köppen (1936) modificada para la República Mexicana por Enriqueta García (1964). La descripción del tipo de clima que se presenta a continuación se toma con referencia al diccionario de climáticos de la Base de Datos Geográficos de INEGI.

Los climas de tipo B son los considerados como climas secos con temperaturas diversas, hay climas secos muy cálidos, hasta secos con temperaturas semifrías, con distintos regímenes de lluvia.

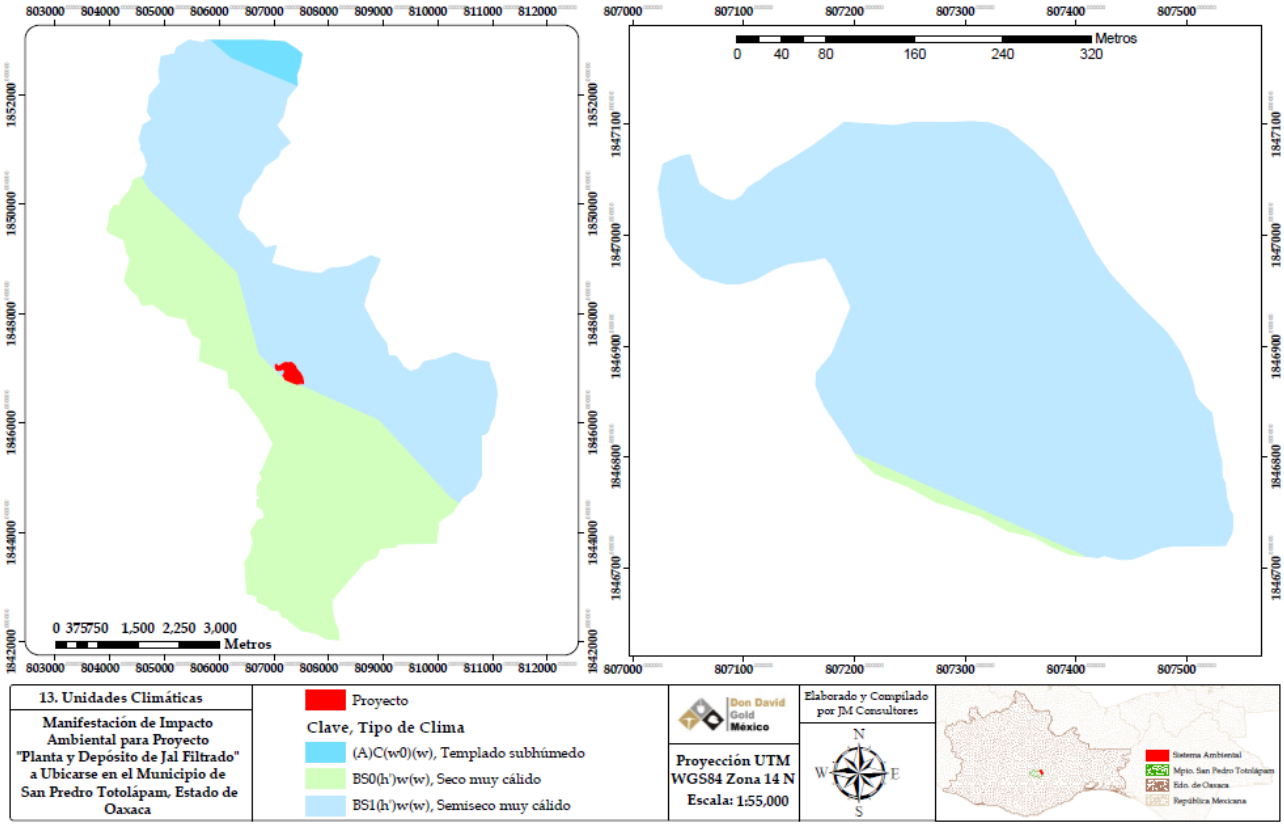


Figura IV. 1. Clima

a) BS0h'w(w), Seco muy cálido: temperatura media anual mayor de 22ºC, con temperatura del mes más frío mayor de 18º, con lluvias en verano y el % de lluvia invernal, respecto al total anual entre 5 y 10.2%.

b) BS1k'w (w), Semiseco muy cálido: temperatura media anual mayor de 22ºC, con temperatura del mes más frío mayor de 18º, con lluvias en verano y el % de lluvia invernal, respecto al total anual entre 5 y 10.2 %.

c) ACw0 (w), Templado subhúmedo: temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.

Los datos meteorológicos que se presentan a continuación, se obtuvieron de la estación meteorológica 20170 denominada Totolápam y ubicada en San Pedro Totolápam, en el estado de Oaxaca. La estación ha monitoreado un periodo de 57 años.

Tabla IV. 1. Estación Totolápam

Mes	P
Enero	1.57
Febrero	2.55
Marzo	6.07
Abril	20.41
Mayo	51.32
Junio	99.79
Julio	66.23
Agosto	69.51
Septiembre	84.65
Octubre	27.35
Noviembre	6.77
Diciembre	1.97
Total	**438.19**

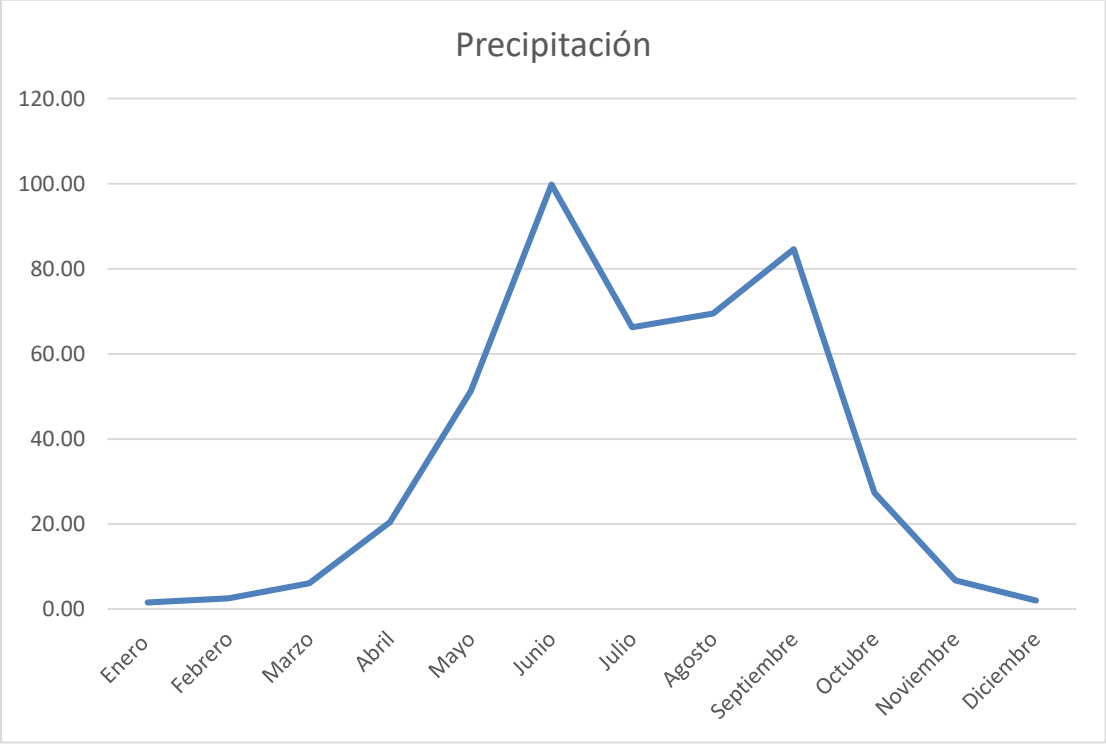


Figura IV. 2. Gráfica de precipitación

Como se observa en la figura y tablas anteriores, el periodo en que la precipitación es mayor, corresponde con la temporada de lluvias, en donde el día con más precipitación se da durante el mes de junio, mientras que el día más seco se da durante el mes de enero.

Tabla IV. 2. Estación Totolápam

Mes	T
Enero	23.16
Febrero	24.16
Marzo	26.48
Abril	28.03
Mayo	28.11
Junio	26.58
Julio	25.99
Agosto	26.12
Septiembre	26.00
Octubre	25.47
Noviembre	24.30
Diciembre	23.19
Total	**25.63**

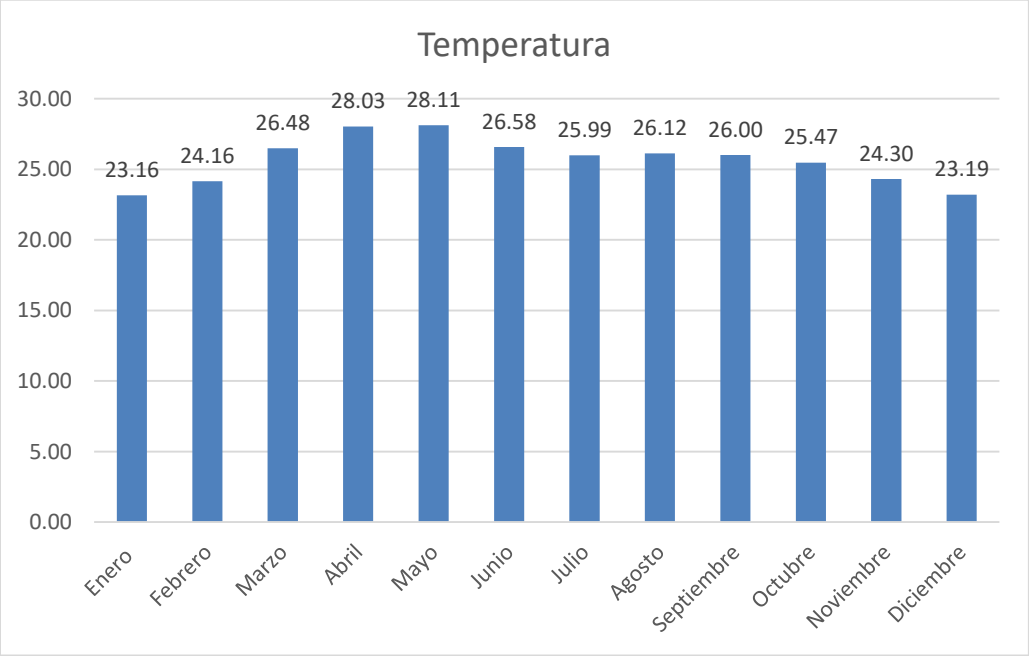


Figura IV. 3. Gráfica de temperatura

Tabla IV. 3. Eventos meteorológicos extremos

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Totales
DIAS CON GRANIZO	0	0	1	2	2	1	0	1	0	0	1	1	3
DIAS CON NIEBLA	0	0	0	0	0	1	7	0	1	0	0	0	7
DIAS CON TORMEN.	0	2	1	7	15	21	18	17	12	8	1	1	81
EVAPORACION MEN.	169.81	168.57	211.89	208.57	208.34	179.48	169.3	168.35	155.89	175.87	169.19	177.8	1717.6

Como se observa en la tabla anterior, se tienen 3 días con granizo, 7 días con niebla y 81 días con tormenta, mientras que la evapotranspiración se calcula en un acumulado anual de 1,717.6 mm.

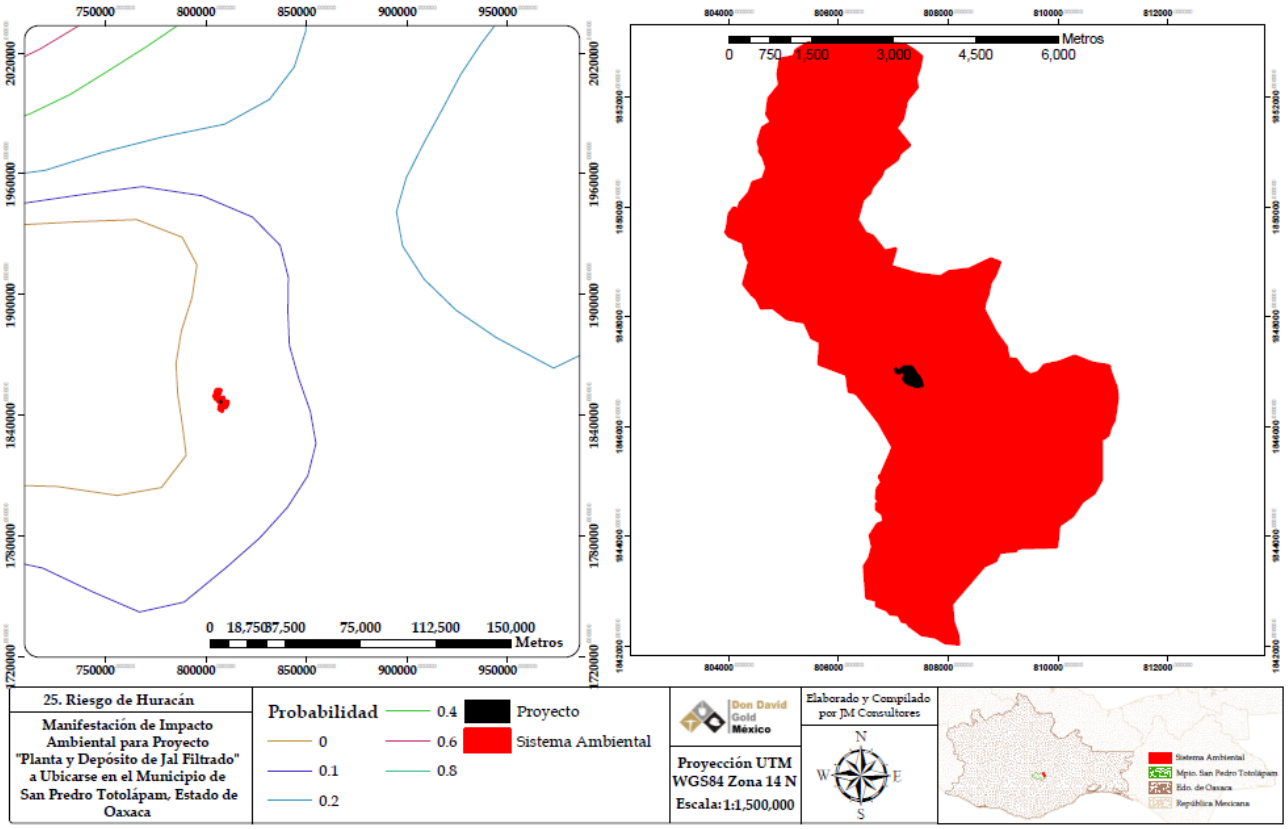


Figura IV. 4. Probabilidad de Huracán

Como se observa en la figura anterior el área del sistema ambiental se encuentra fuera de áreas de riesgo de huracán, en las zonas aledañas no existe probabilidad de huracán, sin embargo, si se presentara un huracán sería de categoría 1.

El riesgo de ciclón en el área de ocupación del sistema ambientales bajo; de acuerdo con CENAPRED (Centro Nacional de Desastres) en el año 2000 se declaró emergencia por el paso de la tormenta tropical Rosa (considerada un ciclón tropical) para el Municipio de San Pedro Totolápam, sin embargo, no se tienen registros de que se hayan presentado ciclones en el área del sistema ambiental.

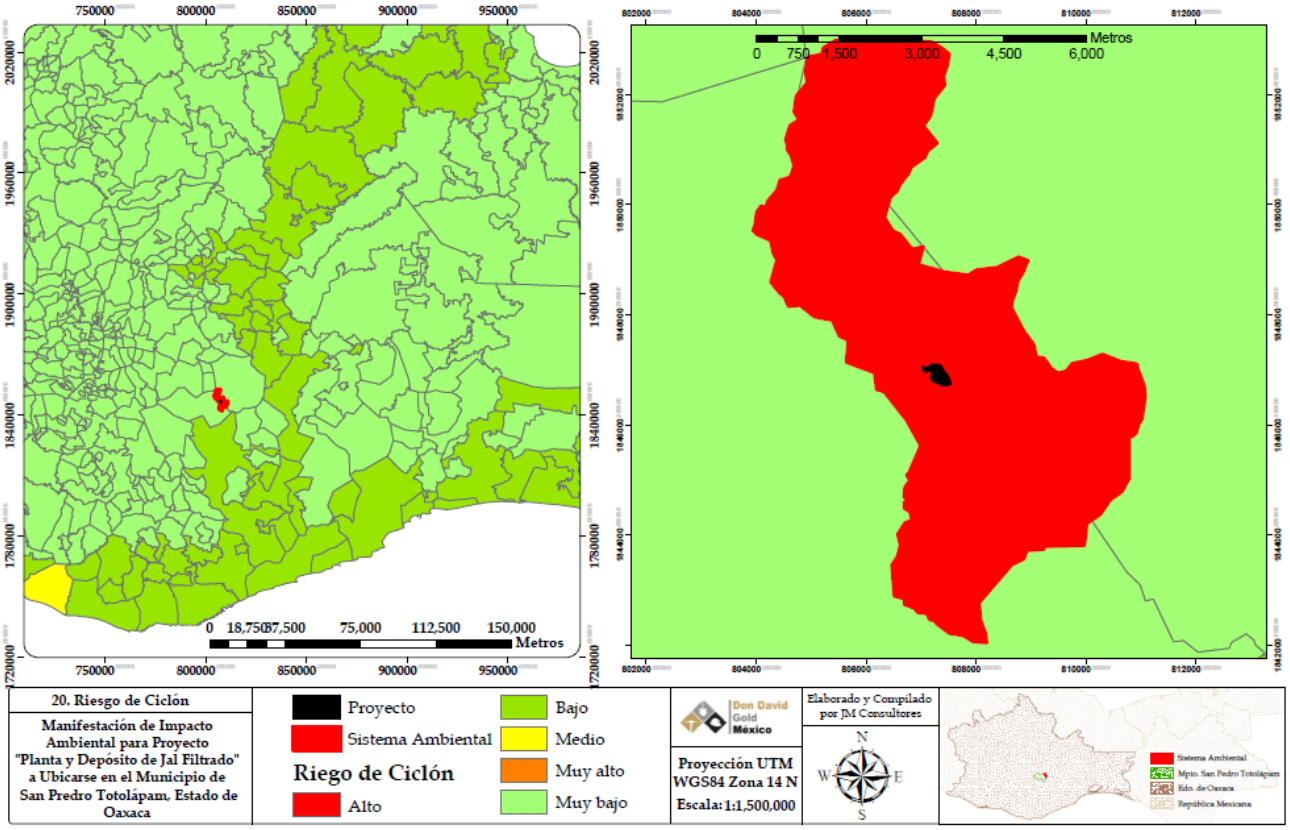


Figura IV. 5. Riesgo de ciclón

Para el Municipio de San Pedro Totolápam se han registrado de acuerdo con el CENAPRED una declaración de desastre por inundación en el 2017, la cual correspondió a la tormenta denominada Beatriz, la cual provoco el desprendimiento de la carpeta asfáltica de la carretera panamericana 190, a la altura de la comunidad de San José de Gracia. Para el área específica del sistema ambiental, no se tienen registros de inundaciones.

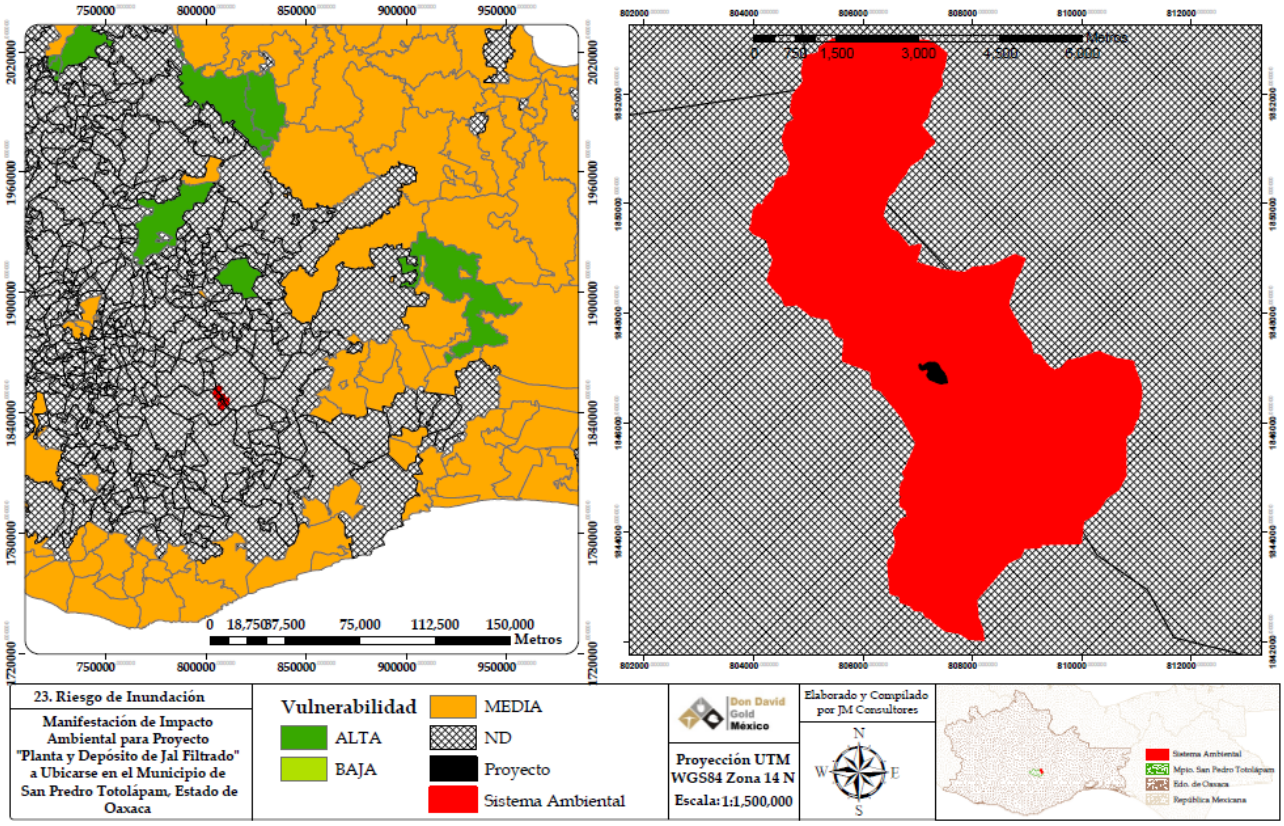


Figura IV. 6. Riesgo de Inundación

De acuerdo con la información disponible, el sistema ambiental se encuentra en zonas que presentan riesgo medio y alto de sequía, las áreas del proyecto se encuentran en un área de riesgo medio de sequía, históricamente, de acuerdo con el CENAPRED para el municipio de San Pedro Totolápam, se ha declarado en el año de 2002 un desastre por sequía atípica e impredecible, que se ha prolongado desde mayo a agosto del mismo año, posteriormente, en el año de 2008 se declaró contingencia por sequía atípica de mayo a septiembre y finalmente en el año 2010 se declaró contingencia por sequía atípica, impredecible y no recurrente de junio a septiembre.

De acuerdo con el Monitor de Sequía en México del Servicio Meteorológico Nacional, al 30 de septiembre de 2019, la zona del sistema ambiental presenta sequía clasificada como D1, la cual es considerada sequía moderada y se define como presencia de algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.

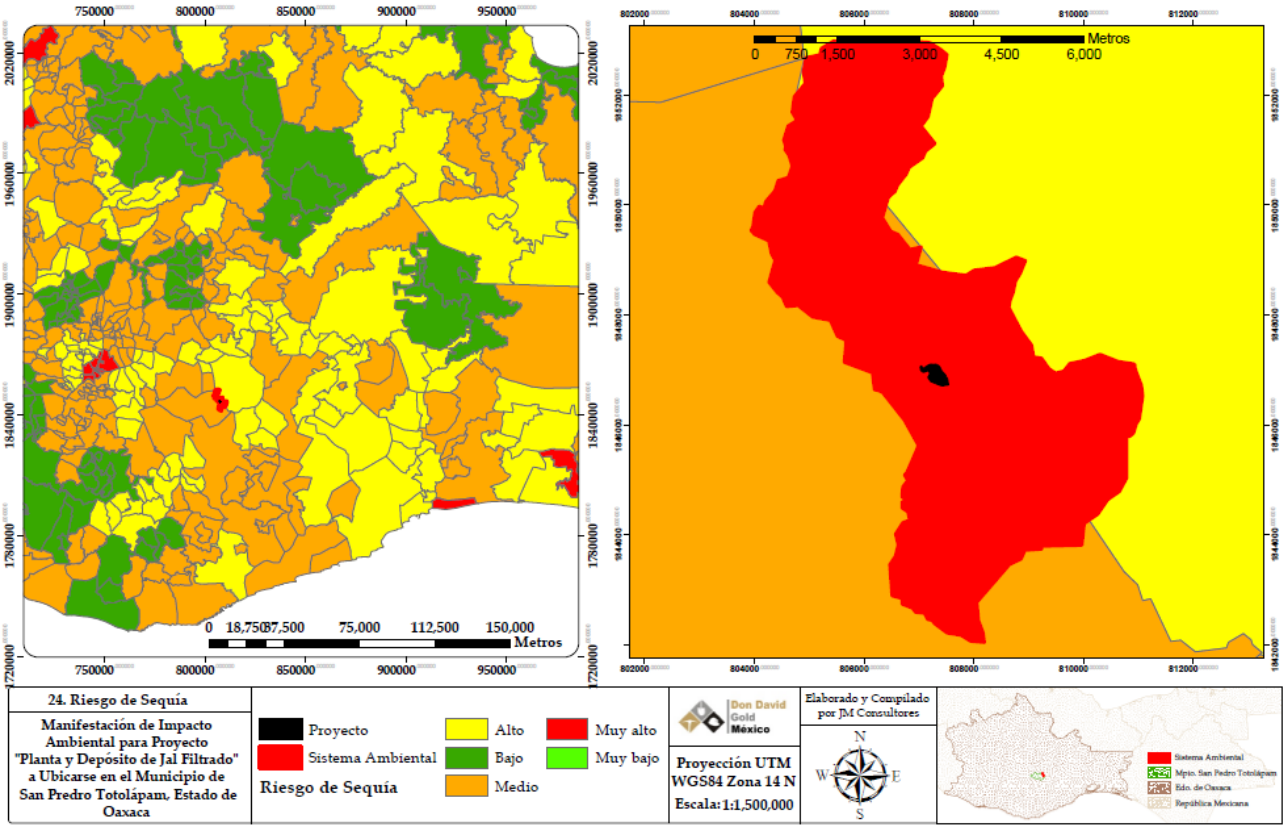


Figura IV. 7. Riesgo de Sequía

IV.2.2. Fisiografía

La Sierra Madre del Sur es la parte sur de la extensa cordillera montañosa Sierra Madre que se extiende por todo México. Si bien la región occidental es la que más presenta variedad tanto de habitantes como de fauna y flora, los bosques de la Sierra Madre del Sur son ricos en especies pequeñas y plantas exclusivas de la región. La Región fisiográfica Sierra Madre del Sur, es una cadena montañosa localizada en el sur de México. Delimitación: Limita al Norte con la Provincia del Eje Neovolcánico; al Este, tiene límites con la Provincia de la Llanura Costera del Golfo del Sur y la Provincia de la Cordillera Centroamericana; y en la porción Oeste y Sur, limita con el Océano Pacífico. Políticamente abarca territorio de los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla y Veracruz.

La provincia de la Sierra Madre del Sur se extiende a lo largo y muy cerca de la costa del Pacífico con una dirección general de noroeste a sureste. Se inicia al sureste de la Bahía de

Banderas, en el estado de Jalisco donde hace contacto con la Cordillera Neovolcánica, y continúa hasta el Istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca. Tiene una longitud de 1.200 kilómetros, una anchura promedio de 150 kilómetros y una altura media de 2.000 msnm.; su punto más alto es el cerro QuieYelaag a una altura de 3710 msnm, en el sur de Oaxaca.

La **Sierra Madre Sur** es la provincia de mayor complejidad geológica de México, y sus montañas están formadas por rocas de diversos tipos. Podemos encontrar rocas ígneas, sedimentarias y la mayor abundancia de rocas metamórficas del país. El choque de las placas tectónicas de Cocos y la placa norteamericana, provocó el levantamiento de esta Sierra y ha determinado en gran parte su complejidad.

La Subprovincia Sierras Orientales Esta subprovincia montañosa forma el extremo oriental de la provincia Sierra Madre del Sur y comprende parte de los estados de Puebla, Veracruz-Llave y Oaxaca; se extiende en dirección noroeste-sureste desde la región de Orizaba, Veracruz, hasta las proximidades de Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca, de donde se prolonga hacia el occidente a la población de Santa María Ozolotepec; es por tanto la parte sur la que está orientada en conformidad con los principales lineamientos estructurales de la provincia. Corresponde a la zona conocida regionalmente como Sierra Madre de Oaxaca, designada así porque gran parte se encuentra dentro de la entidad federativa mencionada.

Esta subprovincia (Sierras y Valles de Oaxaca) se localiza totalmente en Oaxaca, comprende 7.23% de la superficie del estado, en parte de los distritos de Etla, Centro, Tlacolula, Zimatlán, Ocotlán (todoeldistrito), Ejutla, Yautepec y Miahuatlán. Ocupa la parte centro-sur suroeste de la entidad y tiene una forma burdamente triangular; limita al norte, este y sureste con la subprovincia Sierras Orientales, al sur y suroeste con la Cordillera Costera del Sur, al oeste y noroeste con las Sierras Centrales de Oaxaca; está formada por un conjunto de sierras bajas respecto de las llanuras que las rodean. En el noreste, fuera del territorio de la subprovincia, se levanta la sierra Juárez de materiales metamórficos e ígneas extrusivas, al sureste de ella se ubica otra sierra de litología compleja, con calizas, algunas metamórficas y rocas volcánicas acidas; al oeste se encuentran sierras sobretodo de rocas metamórficas. Dentro de la subprovincia, las sierras se localizan del centro hacia el sur, sureste y este, en éstas predominan rocas ígneas extrusivas del Terciario, excepto en el oriente donde las rocas son sedimentarias del mismo periodo; en los valles y llanuras abundan los suelos del Cuaternario. Las sierras rodean a la

unidad llana aluvial de 1600 msnm conocida como Valles Centrales de Oaxaca, ésta unidad tiene tres brazos alargados y la ciudad de Oaxaca de Juárez en el punto central. Hacia el norte de la ciudad mencionada se extiende el brazo de Etla, hacia el sur el de Ocotlán y Ejutla y hacia el sureste el de Tlacolula, con indicios de régimen lacustre en la antigüedad.

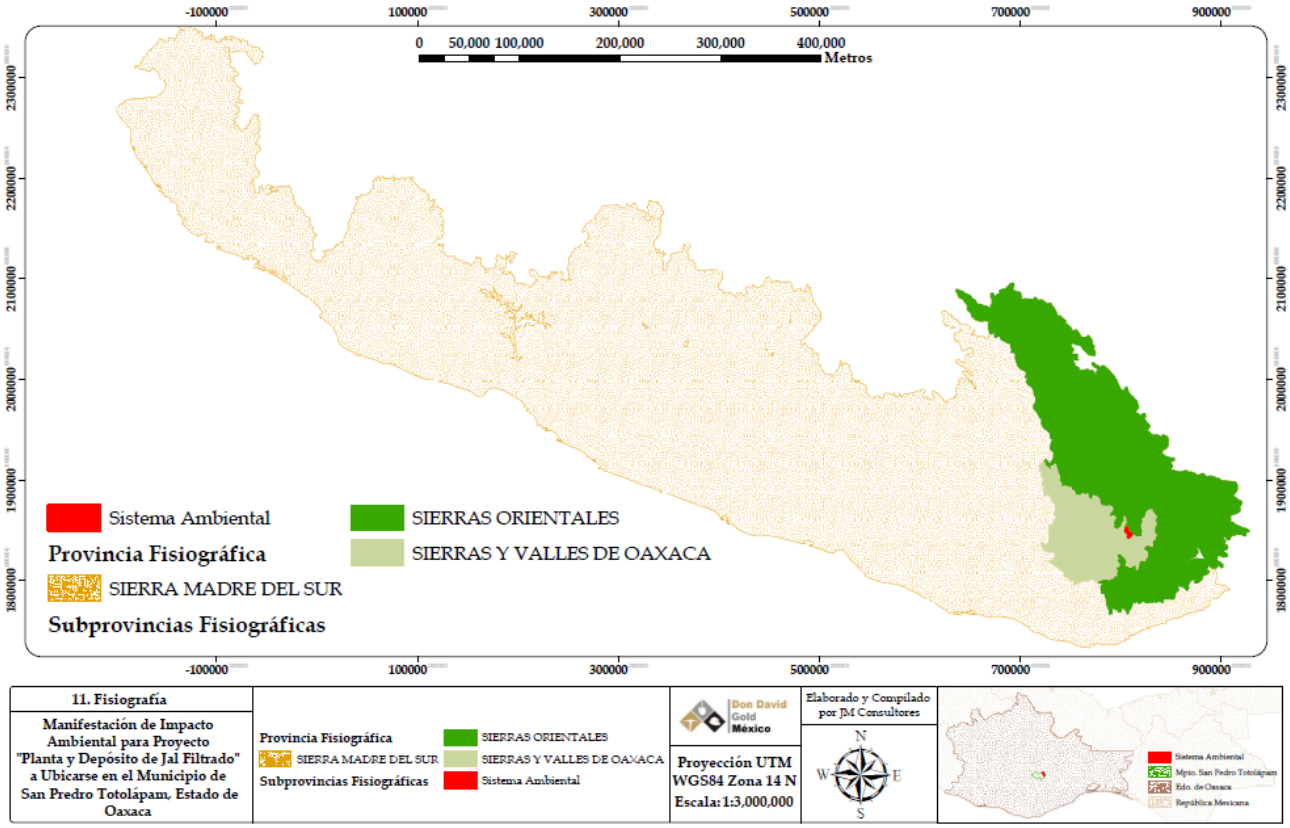


Figura IV. 8. Fisiografía

IV.2.3. Geología y Geomorfología.

IV. 2.3.1. Geología

De acuerdo con la carta temática de INEGI dentro del sistema ambiental de estudio se encuentran rocas del periodo cenozoico, destacando las ígneas extrusivas de tipo Riolita-Toba ácida.

Las rocas del periodo Cenozoico se consideran depósitos aluviales y de terrazas holocénicos constituidos de arenas, limos y arcillas. Se presentan principalmente en las riveras de las grandes llanuras.

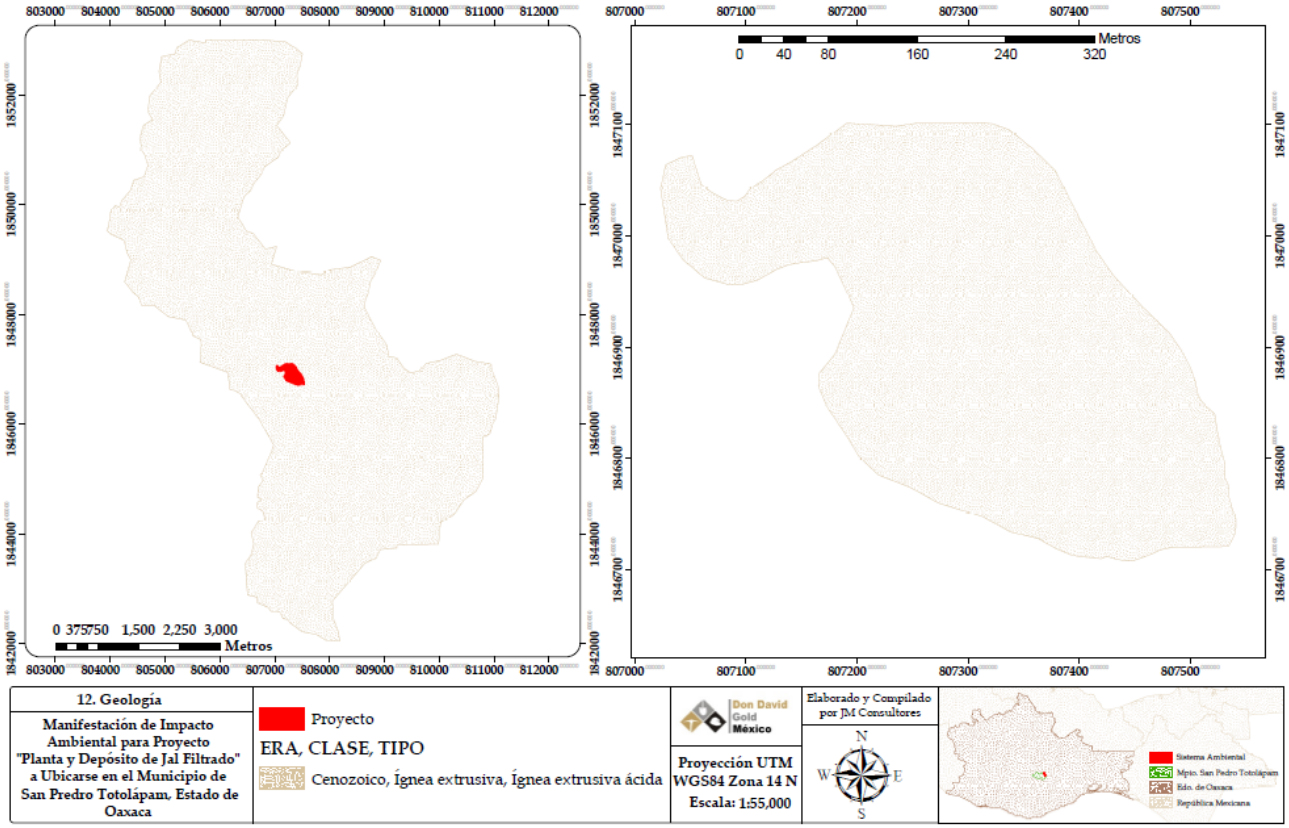


Figura IV. 9. Geología

Las rocas ígneas extrusivas: rocas volcánicas típicas, son formadas por el rápido enfriamiento de la lava y de fragmentos piroclásticos. Este proceso ocurre cuando el magma es expulsado por los aparatos volcánicos; ya en la superficie y al contacto con la temperatura ambiental, se enfría rápidamente desarrollando pequeños cristales que forman rocas de grano fino (no apreciables a simple vista) y rocas piroclásticas. Los piroclásticos (del griego pyro, fuego, y klastos, quebrado), son producto de las erupciones volcánicas explosivas y contienen fragmentos de roca de diferentes orígenes, pueden ser de muchas formas y tamaños.

Riolita-Toba ácida. - roca ígnea volcánica ácida de grano fino a vítreo. Mineralógicamente son similares a los granitos y microgranitos, aunque desde el punto de vista químico parecen ser algo más ricas en SiO2. A veces en las riolitas se reemplaza el cuarzo por formas beta de alta temperatura y muy raramente por tridimita o cristobalita (Grupo de minerales silíceos). La presencia de minerales ferromagnesianos está menos clara que en

las rocas plutónicas correspondientes. En sentido estricto, las riolitas se dividen en dos tipos, sódicas y potásicas, de acuerdo con el tipo de feldespato presente.

IV. 2.3.2. Geología histórica

La era Cenozoica es la era geológica que se inició hace unos 65,5 ±0,3 millones de años y que se extiende hasta la actualidad. Durante este período se destaca el plegamiento Andino-Alpino y una gran actividad volcánica. Este plegamiento dio origen a las cordilleras de los Andes en América del Sur, Rocallosas en América del Norte, Alpes y Apeninos en Europa, Atlas en África e Himalaya en Asia.

Tras el Paleozoico, el Mesozoico se extendió durante 180 millones de años: desde hace 251 millones de años (Ma) hasta el comienzo del Cenozoico hace 65 Ma. Esta franja de tiempo se divide en tres períodos geológicos:

- Período Triásico (251 Ma-199,6 Ma)
- Período Jurásico (199,6 Ma-145,5 Ma)
- Período Cretácico (145,5 Ma-65,5 Ma)

Después de una gran convergencia de las placas en el Paleozoico, la actividad tectónica del Mesozoico fue relativamente leve. Sin embargo, esta época contó con la separación del súpercontinente Pangea. Pangea se dividió gradualmente en un continente al norte, Laurasia; y un continente al sur, Gondwana. Esto provocó un gran margen continental que caracteriza gran parte de la costa atlántica (como la Costa Este de Estados Unidos) actual. AL final de la época, los continentes no estaban totalmente colocados en su forma actual. Laurasia se convirtió en Norteamérica, Asia y Europa; mientras que Gondwana se convirtió en Sudamérica, África, Australia, la Antártida y el subcontinente indio, que colisionó con la placa asiática durante el Cenozoico, lo que dio lugar a la Cordillera del Himalaya.

El municipio de San Pedro Totolápam se localiza en la Provincia Geológica XII Sierra Madre del Sur y Altiplano Oaxaqueño, la cual colinda con el litoral donde se presenta una falla en las placas tectónicas conocida como Trinchera Centro-Americana y que origina los movimientos telúricos. En las inmediaciones del municipio han ocurrido sismos, sin embargo, aunque el Sistema Ambiental ha recibido los efectos de éstos, no ha sido

epicentro de alguno, la fractura más cercana al sistema ambiental, se encuentra al este del mismo.

El área donde se delimitó el Sistema Ambiental se cataloga como de vulnerabilidad alta debido a que se ubica en la Zona D conforme a la regionalización sísmica propuesta por el Servicio Sismológico Nacional de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM; Figura IV.11). En esta zona ocurren frecuentemente sismos con aceleraciones del suelo que pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad, registrándose grandes eventos históricos (SGM, 2017). En este sentido, el área de estudio se determina como de riesgo sísmico alto, con movimientos telúricos de magnitud de 5° a 7° en la escala de Richter y con focos localizados por arriba de los 60 km de profundidad. De acuerdo al CENAPRED el 07 de septiembre de 2017 se declaró desastre por sismo de magnitud 8.2.

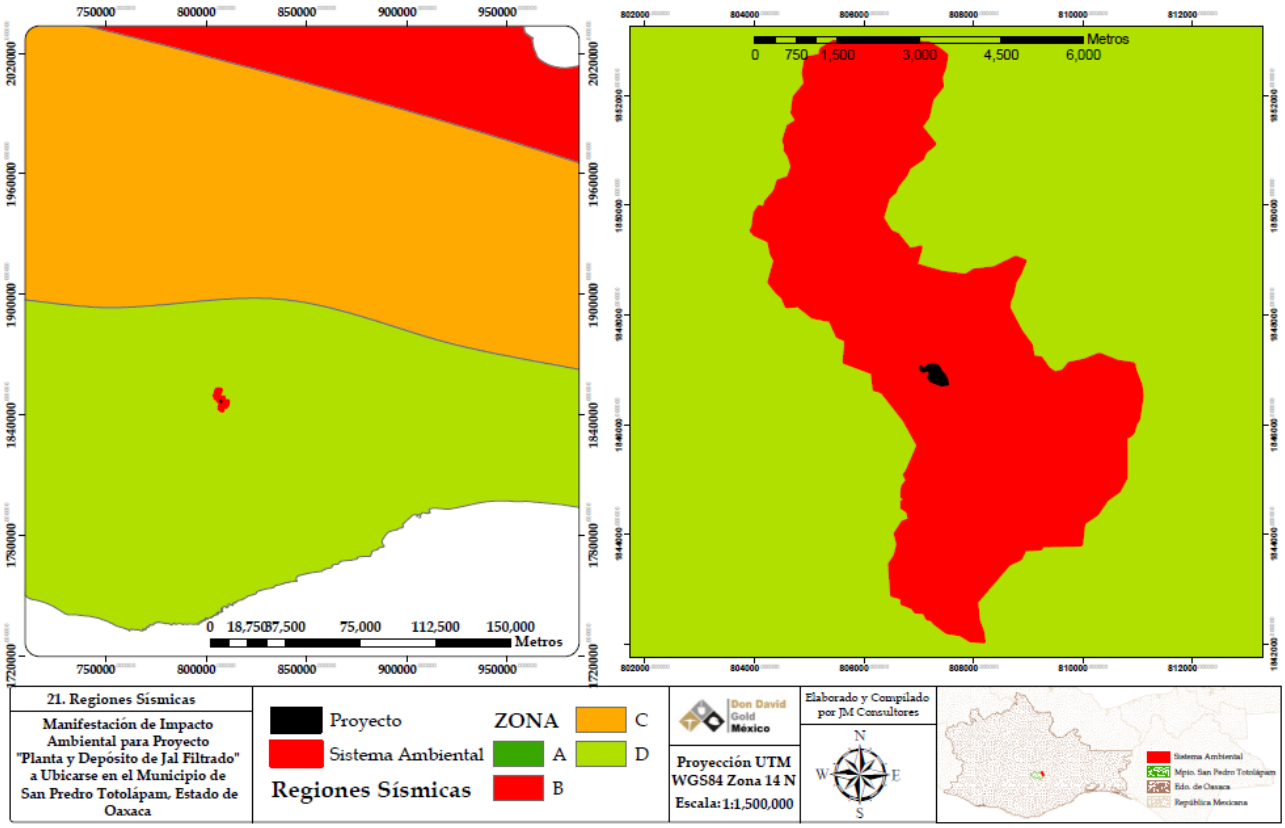


Figura IV. 10. Regiones Sísmicas

Al ubicarse el sistema ambiental en una zona que es propicia a las inundaciones y un área sísmica, se considera zona potencial de deslizamiento de laderas por lo que se puede

generar el desprendimiento de bloques en pendientes pronunciadas, discontinuidades desfavorables o cuñas, y tienen un gran efecto en suelos (especialmente los saturados), pudiendo desencadenar licuación, flujos de tierra y fallas de laderas (Devlin, 2016).

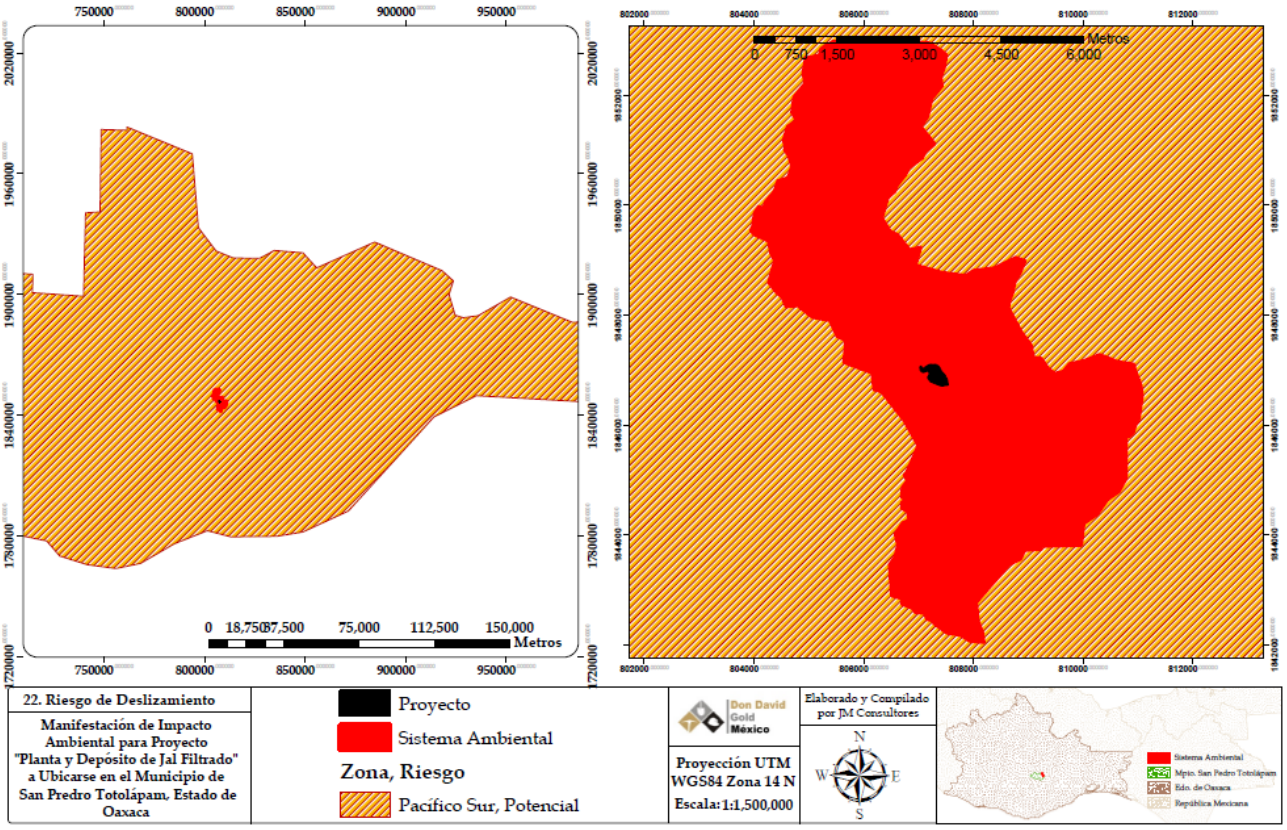


Figura IV. 11. Riesgo de deslizamiento

IV. 2.3.3. Geomorfología

La topoforma del sistema ambiental, es sierra alta compleja con 2264.547402 ha, sierra baja compleja con 798.450559 ha, valle de laderas escarpadas con lomerío 222.036126 ha, con una diferencia altitudinal de 820 metros entre el punto más alto del sistema ambiental y el más bajo.

Para el caso del área del proyecto, se ubica en la topoforma de sierra alta compleja, con una diferencia altitudinal de 349 metros.

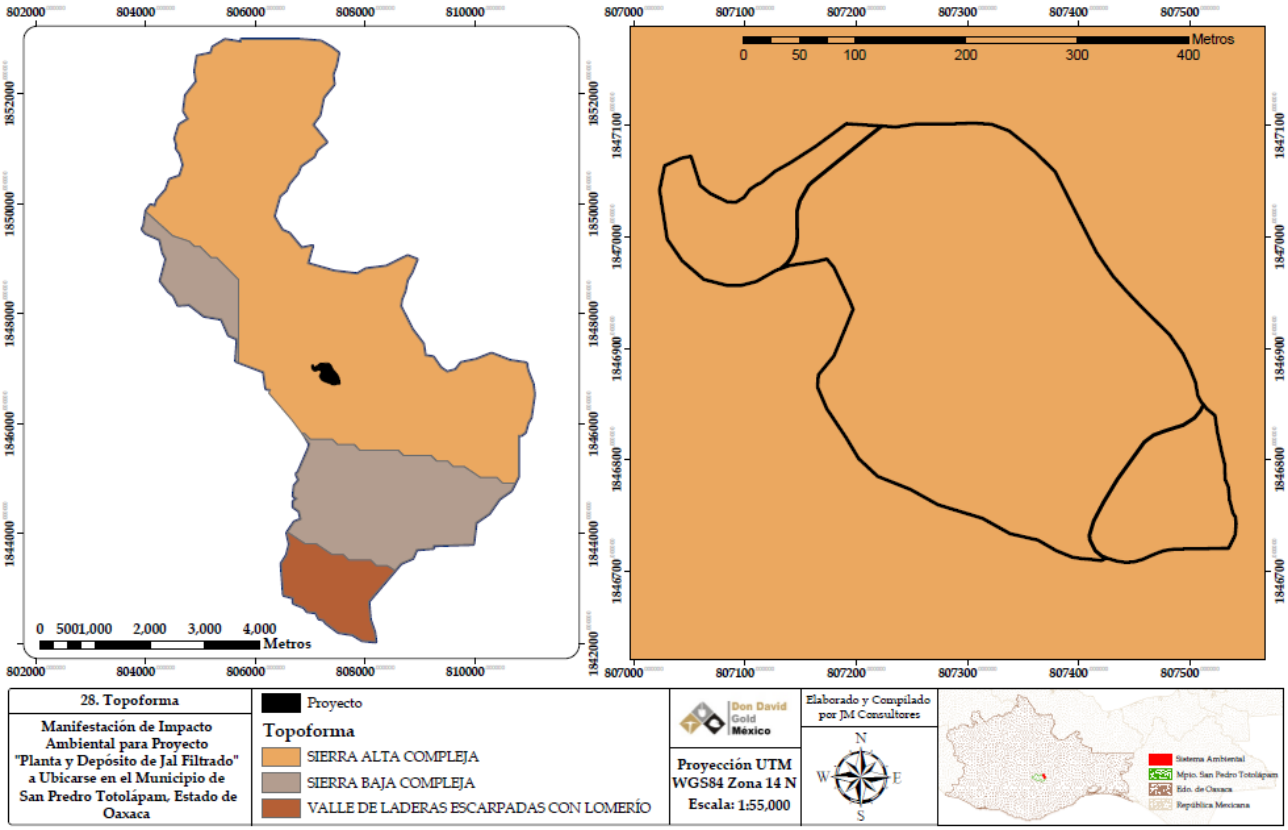


Figura IV. 12. Topoforma

IV. 2.4. Topografía

El sistema ambiental presenta rangos altitudinales que van desde 1,560 msnm hasta 740 msnm con una diferencia de altitud de 840 m en un área total de 32.85034 km², información a partir de la cual se define un grupo topográfico dado a partir de los valores altitudinales que varían como se ha mencionado en 840 metros, resultando en sierra principalmente, como se muestra en figura IV. 13.

Los rangos altitudinales en el área del proyecto van desde los 1,100 msnm a 1,180 msnm, con una diferencia altitudinal de 80 metros, como se observa en figura IV.13.

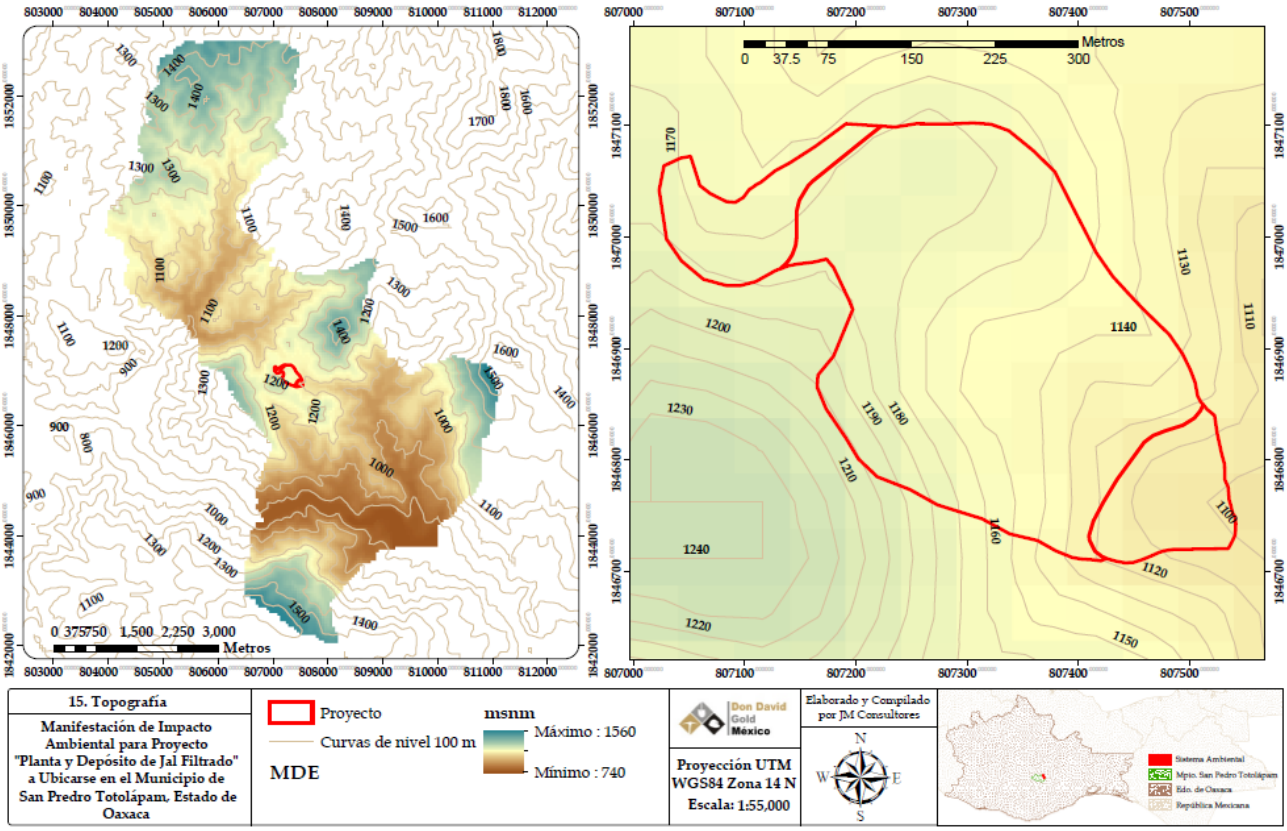


Figura IV. 13. Topografía

IV. 2.4.1. Exposición

En la tabla IV.4 se muestra el tipo de exposición, área y porcentaje respectivamente. La exposición es importante puesto que crea diversos microclimas con influencia directa sobre la flora, algunos factores que influyen en la creación de estos microclimas son: la temperatura, la humedad relativa del aire, la humedad del suelo, la evaporación. En el sistema ambiental se encuentran los siguientes valores de exposición.

Tabla IV. 4. Exposiciones para el sistema ambiental

Exposición	Superficie (ha)	Porcentaje
Cenital	610.855	18.595
Norte	711.709	21.665
Este	751.907	22.889
Sur	738.657	22.486
Oeste	471.906	14.365
Total general	**3285.034**	**100**

Las exposiciones Norte y Este (Figura IV.14) tienden a guardar más la humedad puesto que la temperatura se mantiene más baja en comparación a la Sur y Oeste lo que propicia el crecimiento de vegetación con mayor requerimiento de humedad. En este caso dominan las exposiciones Este y en menor proporción al Sur.

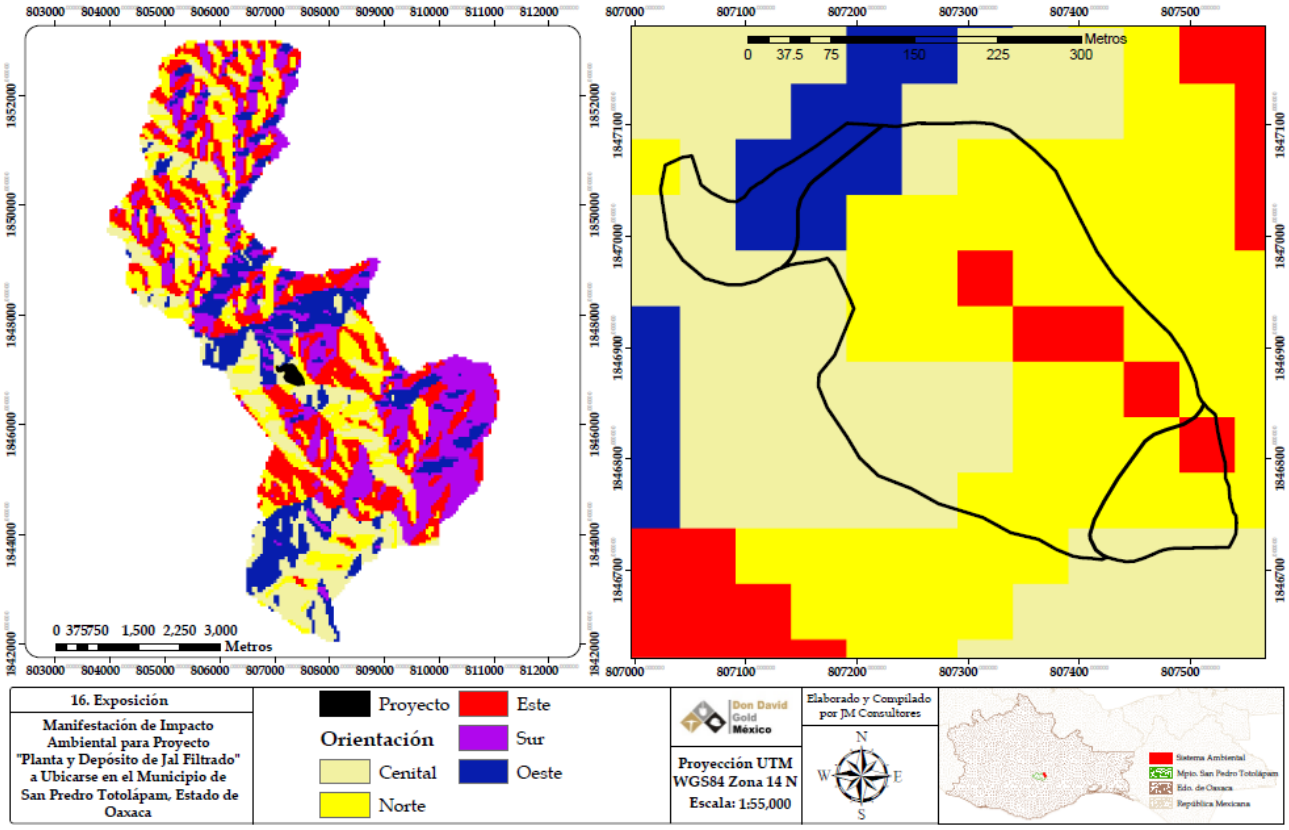


Figura IV. 14. Exposición

Las exposiciones en el área del proyecto se calcularon para los cuatro puntos cardinales (Norte, Este, Sur y Oeste). En la siguiente tabla se muestran las superficies para cada exposición dentro del área de afectación, encontrándose con exposiciones en el área del proyecto para las cuatro exposiciones Norte, Este, Sur y Oeste.

Tabla IV. 5. Exposiciones en el área del proyecto

Exposición	Superficie (ha)	Porcentaje
Cenital	4.552462	39.887
Norte	4.902883	42.957
Este	0.888482	7.785
Oeste	1.069556	9.371

Exposición	Superficie (ha)	Porcentaje
Total general	**11.413383**	**100**

Para el área del proyecto, la exposición predominante es la exposición Norte con un 42.957% de la superficie total del área del proyecto, seguida de la cenital con un 39.887%, la exposición Oeste con un 9.371%, y la exposición Este con un 7.785% del total de la superficie del área del proyecto, la exposición Sur no se encuentra presente.

IV. 2.4.2. Pendientes

En este apartado se realizará un análisis del parámetro pendiente (tabla IV.6 y IV.7 y figura IV.15) presentes en el sistema ambiental.

- Mínima: 0º
- Máxima: 52.03º
- Media: 20. 75º

Tabla IV. 6. Clasificación de pendientes

Pendiente sistema ambiental	Superficie (ha)	Porcentaje
0 a 5	124.919	3.803
5 a 10	274.184	8.346
10 a 30	2365.685	72.014
> 30	520.245	15.837
Total general	**3285.034**	100

Como se observa en la tabla anterior las pendientes dominantes en el sistema ambiental son las de los rangos 10 a 30, con una media de 20.75.

En cuanto a las pendientes presentes en el área del proyecto, están en un rango de 0° hasta 30° grados, predominando las pendientes de 10° a 30° con una superficie de 8.851719 ha con un 77.556% (Figura IV.15 y Tabla IV.7).

Tabla IV. 7. Pendientes en el área del proyecto

Pendiente sistema ambiental	Superficie (ha)	Porcentaje
0 a 5	0.5	4.381
5 a 10	2.061664	18.064
10 a 30	8.851719	77.556
Total general	**11.413383**	**100**

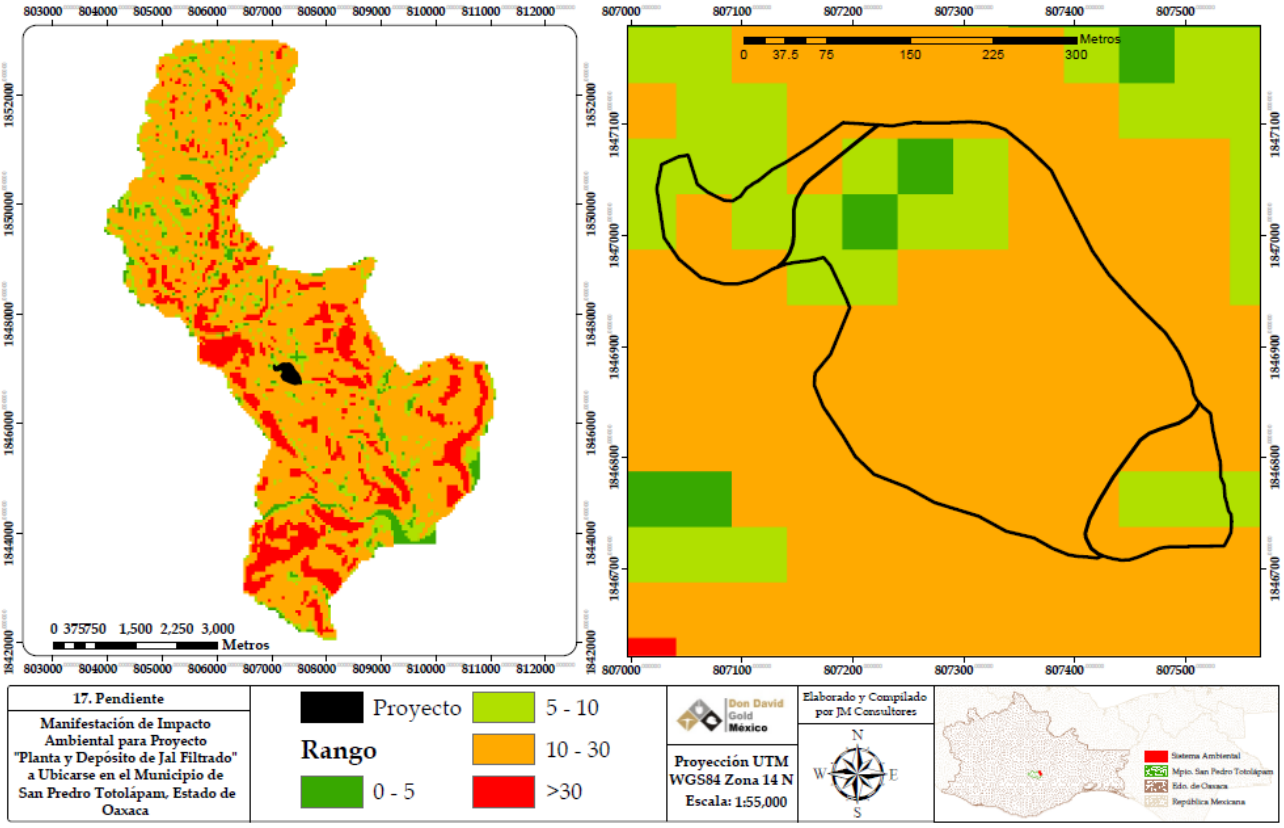


Figura IV. 15. Pendiente

IV. 2.5. Suelo

Como parte integral del factor ambiental, el recurso suelo está ligado sensiblemente a los procesos biológicos de su entorno, por lo tanto, el conocer las características físicas y químicas del mismo permite la clasificación de este cuerpo natural al tiempo que el análisis de su entorno, proporciona un panorama de su evolución, así como de los posibles alcances o factores que pueden alterar su comportamiento o formación.

Dentro del sistema ambiental, se pueden encontrar distintos tipos de suelos, Fluvisol, Leptosol, Phaeozem y Regosol, en el área de afectación se presenta solamente el tipo de suelo Leptosol, los mismos se mencionan a continuación:

Descripción resumida de Fluvisol

Los Fluvisol contienen suelos genéticamente jóvenes en depósitos fluviales, lacustres o marinos. A pesar de su nombre, los Fluvisol no se restringen a sedimentos fluviales; también aparecen en depósitos marinos y lacustres.

Connotación: Suelos desarrollados en depósitos fluviales; del latín fluvius, río.

Material parental: Predominantemente depósitos recientes fluviales, lacustres y marinos.

Medio ambiente: Llanuras de ríos y abanicos fluviales, valles, depresiones lacustres y marismas en todos los continentes y en todas las zonas climáticas; no hay agua freática ni alto contenido de sales en el suelo superficial; muchos Fluvisol en condiciones naturales se inundan periódicamente.

Desarrollo del perfil: Perfiles con evidencia de estratificación; débil diferenciación de horizontes, pero puede tener presente un horizonte superficial diferente.

Descripción resumida de Leptosoles

Los Leptosols comprenden suelos muy delgados sobre roca contínua y suelos que son extremadamente ricos en fragmentos gruesos. Son particularmente comunes en regiones montañosas. Los Leptosols incluyen a los Lithosols del Mapa de Suelos del Mundo (FAO-UNESCO, 1971-1981), subgrupos Lithic del orden Entisol (Estados Unidos de América), Leptic Rudosols o Tenosols (Australia), y Petrozems y Litozems (Rusia). En muchos sistemas nacionales y en el Mapa de Suelos del Mundo, los Leptosols sobre rocas calizas pertenecen a las Rendzinas y sobre otras rocas a los Rankers. La roca contínua en la superficie se considera no-suelo en muchos sistemas de clasificación de suelos.

Connotación: Suelos delgados; del griego leptos, delgado.

Material parental: Varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos del 20% (en volumen) de tierra fina.

Medio ambiente: Principalmente terrenos en elevada o mediana altitud y con fuerte pendiente topográfica. Los Leptosoles se encuentran en todas las zonas climáticas (muchos de ellos en zonas secas cálidas o frías), particularmente en áreas intensamente erosionadas.
Desarrollo del perfil: Los Leptosoles tienen roca continua en o muy cerca de la superficie o son extremadamente pedregosos. En material calcáreo meteorizado pueden tener un horizonte móllico.

Descripción resumida de Phaeozems

Este grupo integra suelos de praderas relativamente húmedos y regiones de bosque en climas moderadamente continentales. Los Phaeozems son muy parecidos a los Chernozems y Kastanozems pero están lixiviados de manera más intensa. En consecuencia, tienen un horizonte superficial oscuro, rico en humus que, en comparación con los Chernozems y Kastanozems, es menos rico en bases. Los Phaeozems están libres de carbonatos secundarios o los tienen sólo a mayores profundidades. Todos ellos tienen una alta saturación de bases en el metro superior del suelo. Nombres de uso común para muchos Phaeozems son Brunizems (Argentina y Francia), Suelos forestales gris oscuro y Chernozems podzolizados y lixiviados (antigua Unión Soviética), Tschernoseme (Alemania) y Chernossolos (Brasil). En el Mapa de Suelos del Mundo (FAO-UNESCO, 1971-1981) pertenecen a los Phaeozems y en parte a los Greyzems. Suelos de pradera rojo oscuro fue su nombre en los antiguos sistemas de clasificación de los Estados Unidos de América, donde la mayoría de ellos ahora pertenecen a Udolls y Albolls.

Connotación: Suelos oscuros, ricos en materia orgánica, del griego phaios, oscuro, y el ruso zemlya, tierra.

Material parental: Eólico (loess), till glaciar y otros no consolidados, predominantemente materiales básicos.

Medio ambiente: Cálido a frio (por ejemplo, las tierras altas tropicales) en regiones moderadamente continentales, con humedad suficiente para que exista, en la mayoría de los años, algo de percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se seque; terreno plano u ondulado; la vegetación natural es de praderas, como la estepa de pastos altos, y/o bosque.

Desarrollo del perfil: Un horizonte móllico o, menos común, un horizonte chérnico (más delgado y en muchos suelos menos oscuro que en los Chernozems), principalmente sobre un horizonte subsuperficial cámbico o árgico.

Descripción resumida de Regosoles

Los Regosol son suelos poco desarrollados en materiales no consolidados que carecen de un horizonte móllico o úmbrico, no son muy delgados o muy ricos en fragmentos gruesos (Leptosols), tampoco arenosos (Arenosols), ni con materiales flúvicos (Fluvisols). Los

Regosols son muy extensos en tierras erosionadas y zonas de acumulación, en particular en zonas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos.

Connotación: Suelos poco desarrollados en material no consolidado, del griego rhegos, manto.

Material parental: Material no consolidado, generalmente de grano fino.

Medio ambiente: En todas las zonas climáticas sin permafrost y a todas altitudes. Estos suelos son particularmente comunes en zonas áridas (incluyendo los trópicos secos) y en regiones montañosas.

Desarrollo del perfil: No hay horizontes de diagnóstico. El desarrollo del perfil es mínimo como una consecuencia de su corta edad y/o una formación del suelo muy lenta, por ejemplo, debido a la aridez.

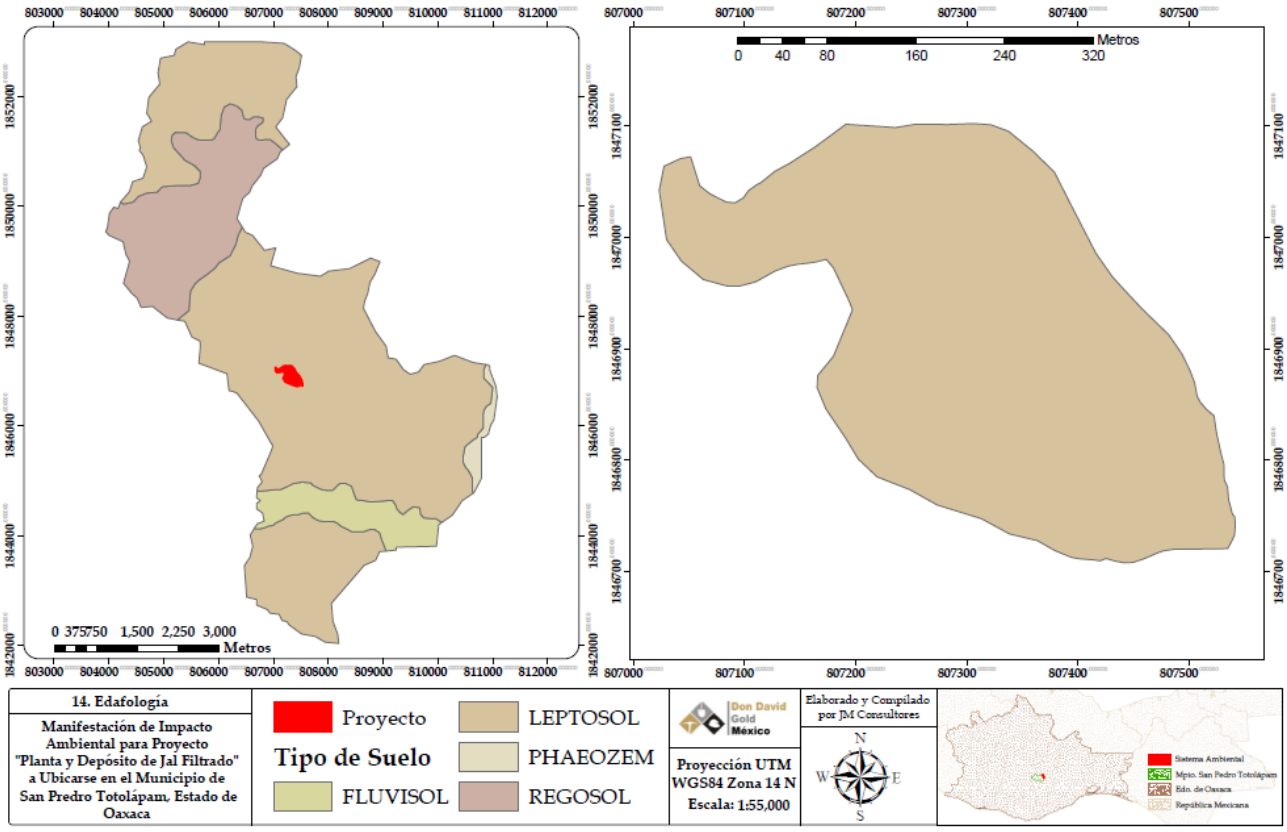


Figura IV. 16. Tipo de suelo

IV. 2.5.1. Degradación y pérdida de suelo

El sistema ambiental está sujeta a procesos naturales de erosión, propios de la orografía, relieve, y clima, es decir al interperismo propio del sitio, sin embargo, este proceso natural se ve modificado por la presencia de actividades antropogénicas. A continuación, se describe el panaroma de degradación y pérdida del suelo.

Para determinar el nivel de degradación se hizo un análisis de la pérdida de suelo, la siguiente ecuación involucra factores claves para hacer la valoración del impacto.

Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1978):

A= R K L S C P

Donde:

- **A=** Pérdida de suelo (ton/ha/año)
- **R=** Erosividad de la lluvia (MegaJoules mm/ha hr año)
- **K=** Erosionabilidad del suelo (ton/hr/MJ mm)
- **L=** Factor por longitud de pendiente (adimensional)
- **S=** Factor por grado de pendiente (adimensional)
- **C=** Factor por cubierta vegetal (adimensional)
- **P=** Factor por prácticas de manejo (adimensional)

La siguiente ecuación se realizó principalmente, utilizando como guía el libro Predicción de Riesgo a la Erosión hídrica publicado por el INIFAP en 2007, apoyándose en los datos Vectoriales de INEGI y se integró a un SIG usando como software ArcMap 10.5 de la siguiente manera:

Factor R

1. Para la obtención del factor R se tomaron los datos de temperatura y precipitación de la estación de Totolápam ubicada en el municipio de San Pedro Totolápam, en el estado de Oaxaca.

Se utilizó la fórmula de la región 5 obtenida del cuadro 3. Ecuaciones de erosividad de la lluvia para las diferentes zonas de México, INIFAP (2007), estos datos se ingresan a *Raster Calculator* de ArcMap 10.5 en donde se multiplica por la precipitación media del sistema ambiental que es 438.19 mm. La fórmula que se utilizó para el sistema ambiental que se delimitó fue la siguiente:

$$Y=3.48801x -0.000188x^2$$

Donde:

$3.48801x -0.000188x^2$ = valores indicados para la región 5 del cuadro de ecuaciones del manual de INIFAP

X= media de precipitación

Y=EI_{30}

La siguiente formula estima el factor R

$$R = \sum_{j=1}^{n} (EI_{30}\, j)$$

Donde:

R=erosividad de la lluvia

n= número de eventos durante el año

EI_{30}= Índice de erosividad de la lluvia por evento

El resultado de la formula fue **R= 1492.31313239 para** el sistema ambiental.

Cuadro 3: Ecuaciones de erosividad de la lluvia para las diferentes regiones de México.

REGIÓN	ECUACIONES $Y = EI_{30}$; x = lluvia anual	R^2
1	$Y = 1.20785x + 0.002276x^2$	0.92
2	$Y = 3.45552x + 0.006470x^2$	0.93
3	$Y = 3.67516x - 0.001720x^2$	0.94
4	$Y = 2.89594x + 0.002983x^2$	0.92
5	$Y = 3.48801x - 0.000188x^2$	0.94
6	$Y = 6.68471x + 0.001680x^2$	0.90
7	$Y = 0.03338x + 0.006661x^2$	0.98
8	$Y = 1.99671x + 0.003270x^2$	0.98
9	$Y = 7.04579x - 0.002096x^2$	0.97
10	$Y = 6.89375x + 0.000442x^2$	0.95
11	$Y = 3.77448x + 0.004540x^2$	0.98
12	$Y = 2.46190x + 0.006067x^2$	0.96
13	$Y = 10.74273x - 0.001008x^2$	0.97
14	$Y = 1.50046x + 0.002640x^2$	0.95

Fuente: Cortés, 1991

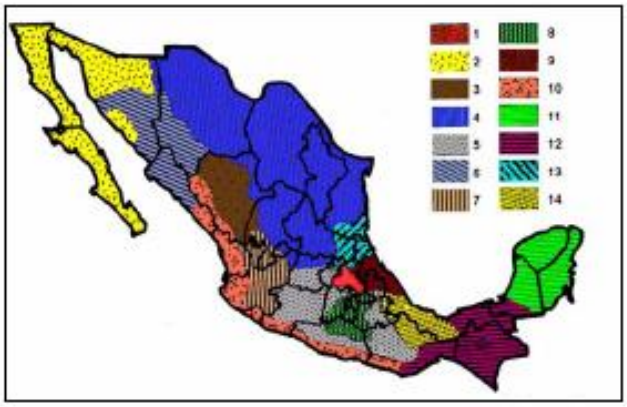


Figura 4. Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosividad
Fuente: www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/dictos_excel/01estim-erosion.xls

Figura IV. 17. Ecuaciones de erosividad de la lluvia para regiones de México

Factor K

El valor del factor K para los tipos de suelo se determinó bibliográficamente, se tomaron como referencia los valores establecidos en Cuadro 3. Factor K, de acuerdo al tipo de suelo de la clasificación desarrollada por la WRB del documento: Mapa nacional de erosión potencial, publicado por Ciencias del Agua, Volumen II. Número 1, del 2011.

Cuadro 3. Factor *K*, de acuerdo con el tipo de suelo de la clasificación desarrollada por la WRB.

Orden	Textura		
	G	M	F
AC	0.026	0.04	0.013
AL	0.026	0.04	0.013
AN	0.026	0.04	0.013
AR	0.013	0.02	0.007
CH	0.013	0.02	0.007
CL	0.053	0.079	0.026
CM	0.026	0.04	0.013
DU	0.053	0.079	0.026
FL	0.026	0.04	0.013
FR	0.013	0.02	0.007
GL	0.026	0.04	0.013
GY	0.053	0.079	0.026
HS	0.053	0.02	0.007
KS	0.026	0.04	0.013
LP	0.013	0.02	0.007
LV	0.026	0.04	0.013
LX	0.013	0.02	0.007
NT	0.013	0.02	0.007
PH	0.013	0.02	0.007
PL	0.053	0.079	0.026
PT	0.026	0.04	0.013
RG	0.026	0.04	0.013
SC	0.026	0.04	0.013
SN	0.053	0.079	0.026
UM	0.026	0.04	0.013
VR	0.053	0.079	0.026

Clasificación WRB	
Nombre	Símbolo
Acrisol	AC
Albeluvisol	AB
Alisol	AL
Andosol	AN
Anthrosol	AT
Arenosol	AR
Calcisol	CL
Cambisol	CM
Chernozem	CH
Cryosol	CR
Durisol	DU
Ferralsol	FR
Fluvisol	FL
Gleysol	GL
Gypsisol	GY
Histosol	HS
Kastanozem	KS
Leptosol	LP
Lixisol	LX
Luvisol	LV
Nitisol	NT
Phaeozem	PH
Planosol	PL
Plinthosol	PT
Podzol	PZ
Regosol	RG
Solonchak	SC
Solonetz	SN
Umbrisol	UM
Vertisol	VR

Figura IV. 18. Valores de Factor K

Posterior a determinar el valor del factor k para cada tipo de suelo se calculó el promedio del valor del factor k para la superficie del sistema ambiental y el área de CUSTF, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla IV. 8. Valores de factor K

Cálculo del factor de K			
Uso de suelo y vegetación	**Tipo de suelo**	**Área (Ha)**	**Factor K**
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	FLUVISOL	171.283742	0.026
	LEPTOSOL	379.675857	0.02
Total Agricultura de Temporal Anual y Permanente		**550.959599**	**0.023**

Cálculo del factor de K			
Pastizal Inducido	LEPTOSOL	19.399671	0.02
Total Pastizal Inducido		**19.399671**	**0.020**
Selva Baja Caducifolia	FLUVISOL	34.72	0.026
	LEPTOSOL	1682.01	0.02
	PHAEOZEM	40.47	0.02
	REGOSOL	368.84	0.04
Total Selva Baja Caducifolia		**2126.041505**	**0.027**
Uso Minero	FLUVISOL	0.150937	0.026
	LEPTOSOL	52.680106	0.02
Total Uso Minero		**52.831043**	**0.023**
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	LEPTOSOL	30.732179	0.02
	REGOSOL	203.785700	0.04
Total Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia		**234.517879**	**0.030**
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	LEPTOSOL	289.858509	0.02
	REGOSOL	0.012410	0.04
Total Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino		**289.870919**	**0.030**
Uso Minero Proyecto	LEPTOSOL	10.718362	**0.020**
Uso Minero Proyecto		**10.718362**	**0.020**
Selva Baja Caducifolia Proyecto	LEPTOSOL	0.695021	**0.020**
Selva Baja Caducifolia Proyecto		**0.695021**	**0.020**
TOTAL		**3285.034**	

Tabla IV. 9. Valores ponderados de factor K

Cálculo del factor de K		
Uso de suelo y vegetación	**Área (Ha)**	**Factor K**
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	550.959599	0.023
Pastizal Inducido	19.399671	0.020
Selva Baja Caducifolia	2126.041505	0.027
Uso Minero	52.831043	0.023
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	234.517879	0.030
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	289.870919	0.030
Uso Minero Proyecto	10.718362	0.020
Selva Baja Caducifolia Proyecto	0.695021	0.020
TOTAL	**3285.034**	

Factor C

Para determinar el Factor C se tomaron como referencia los valores establecidos en tabla de valores de Cobertura señalada en el cuadro 4 del documento Mapa nacional de erosión potencial, publicado por Ciencias del Agua, Volumen II. Número 1, del 2011. Se realizaron

2 factores de C, el de la condición con vegetación y el que considera el desmonte del sitio. El factor C que considera el desmonte es protocolario en el sentido que se tomó el valor de suelo desnudo (1), pero se sabe que este no va a ser así por mucho tiempo puesto que se realizará la obra, las actividades de preparación del sito y desmonte solo tendrán un periodo de duración de 6 meses. Los valores se observan en la tabla IV.10, obtenidos de la figura IV.19.

Cuadro 4. Factor para vegetación y/o uso de suelo.

Vegetación y/o uso de suelo	C
Bosque de ayarin	0.01
Bosque de cedro	0.01
Bosque de encino	0.10
Bosque de encino-pino	0.01
Bosque de galería	0.10
Bosque de oyamel	0.01
Bosque de pino	0.01
Bosque de pino-encino	0.01
Bosque de tascate	0.01
Bosque de mesofilo de montaña	0.01
Chaparral	0.65
Manglar	0.10
Matorral crasicaule	0.65
Matorral de coníferas	0.20
Matorral desértico microfilo	0.25
Matorral desértico roetofilo	0.25
Matorral espinoso tamaulipeco	0.45
Matorral rosetofilo costero	0.25
Matorral sarcocaule	0.25
Matorral sarco-crasicaule	0.25
Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.25
Matorral submontano	0.35
Matorral subtropical	0.12
Mezquital	0.65
Palmar inducido	0.75
Palmar natural	0.75

Vegetación y/o uso de suelo	C
Pastizal gipsofilo	0.25
Pastizal halofilo	0.25
Pastizal inducido	0.02
Pastizal natural	0.07
Popal	0.85
Pradera de alta montaña	0.05
Sabana	0.54
Sabanoide	0.54
Selva alta perennifolia	0.45
Selva alta subperennifolia	0.45
Selva baja caducifolia	0.50
Selva baja espinosa caducifolia	0.50
Selva baja espinosa subperennifolia	0.50
Selva mediana caducifolia	0.45
Selva mediana perennifolia	0.45
Selva mediana subcaducifolia	0.45
Tular	0.10
Vegetación de desiertos arenosos	0.85
Vegetación de dunas costeras	0.85
Vegetación de galería	0.85
Vegetación halófila	0.85
Zona urbana	0.005
Cuerpos de agua	1.0
Agricultura en riego	0.55
Agricultura de temporal	0.75
Agricultura de humedad	0.25

Figura IV. 19. Valores de factor C

Tabla IV. 10. Valores de C para los diferentes tipos de cobertura

Cálculo de factor C			
Uso de suelo y vegetación	**AREA**	**Factor C en condiciones previo a la afectación**	**Factor C en condiciones después de afectación**
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	550.959599	0.75	0.75
Pastizal Inducido	19.399671	0.02	0.02

Cálculo de factor C			
Uso de suelo y vegetación	**AREA**	**Factor C en condiciones previo a la afectación**	**Factor C en condiciones después de afectación**
Selva Baja Caducifolia	2126.041505	0.5	0.5
Uso Minero	52.831043	1	1
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	234.517879	0.5	0.5
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	289.870919	0.5	0.5
Uso Minero Proyecto	10.718362	1	1
Selva Baja Caducifolia Proyecto	0.695021	0.5	1
Total	**3285.034**		

Factores LS

Para la determinación de los Factores L y S se agrega el Modelo Digital de Elevación y se le da la función de slope que determina la pendiente, el tamaño del pixel se determinó en 30, luego en las herramientas de hidrología se utiliza la función de fill para eliminar depresiones, esa capa que se creó se utiliza para la función de flowdirection para determinar la dirección de flujo, luego se procede a determinar la acumulación de flujo con la función de flowaccumulation. Se le nombra flowacc y se deja en espera para análisis posterior. Con la capa de pendientes creada con anterioridad se procede a calcular el factor LS usando RasterCalculator, utilizando la siguiente fórmula:

Power("FlowAcc"*15/22.1,0.4) *Power (Sin (“Slope” *0.01745)) /0.09, 1.4) *1.4

El uso de la metodología es una aproximación que utiliza el modelo digital de elevación como base para su análisis en formato raster que consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, en este caso representa la altura en metros sobre el nivel del mar, como se puede observar no son parámetros ajenos a los indicados en la metodología tradicional, excepto “FlowAcc” y “Slope” estos son raster formados a través de la herramientas que ofrece el software, el primero trata de la acumulación de flujo la cual es de mucha utilidad para determinar escurrimientos entre otras cosas tales como la adaptación para calcular el factor de longitud de pendiente y la segunda es la pendiente en grados, es preciso señalar que el cálculo que se realiza le otorga valores a cada uno de los pixeles como ya se mencionó que es la forma en que está dispuesto el formato raster, así se reduce el tiempo de análisis, se aumenta la precisión y se logra un análisis efectivo y de

fácil comprensión, ya que de ahí se toma el valor de la media de cada uno de los factores en cuestión y también se encuentran los sitios más vulnerables a la erosión por longitud y grado de pendiente.

Tabla IV. 11. Valores de LS para los diferentes tipos de cobertura

Cálculo de factor LS		
Uso de suelo y vegetación	**AREA**	**LS**
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	550.959599	8.5497
Pastizal Inducido	19.399671	10.7876
Selva Baja Caducifolia	2126.041505	11.9571
Uso Minero	52.831043	2.4316
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	234.517879	8.5803
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	289.870919	8.3168
Uso Minero Proyecto	10.718362	3.3739
Selva Baja Caducifolia Proyecto	0.695021	1.3265
Total	**3285.034**	

Valor de A

Una vez obtenidos todos los factores se procede a realizar la ecuación, de la cual se extrajeron los siguientes resultados (Tabla IV.12) recordando que A= Pérdida de suelo (ton/Ha./año), así como el total de la perdida de suelo en el sistema ambiental(toneladas/año).

Tabla IV. 12. Resultados de la EUPS en el sistema ambiental previo a la afectación

Cálculo de pérdida de suelo							
Uso de suelo y vegetación	**AREA**	**Factor R**	**Factor K**	**LS**	**Factor C en condiciones actuales**	**Pérdida de suelo en Ton/ha/año**	**Pérdida de suelo Ton/año**
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	550.960	1492.31313239	0.023	8.5497	0.750	220.090	121,260.594
Pastizal Inducido	19.400		0.020	10.7876	0.020	6.439	124.922
Selva Baja Caducifolia	2126.042		0.027	11.9571	0.500	236.430	502,658.972
Uso Minero	52.831		0.023	2.4316	1.000	83.460	4,409.295
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	234.518		0.030	8.5803	0.500	192.067	45,043.243
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	289.871		0.030	8.3168	0.500	186.169	53,964.993
Uso Minero Proyecto	10.718		0.020	3.3739	1.000	100.698	1,079.321
Selva Baja Caducifolia Proyecto	0.695021		0.020	1.3265	0.500	19.796	13.758
Total	**3285.034**					1,045.149	728,555.098

Como se observa en la Tabla IV.12, actualmente para todo el sistema ambiental se pierden 1,045.149 ton/ha/año, resultando en una pérdida total para el sistema ambiental de 728,555.098 ton/año.

Erosión Eólica

Para calcular la erosión eólica se tomó como referencia la metodología propuesta en el ordenamiento ecológico del estado de Coahuila (UAAAN, 1999). Esta metodología se describe a continuación.

Como primer paso se determinó si el área presenta erosión eólica, para lo cual es necesario calcular el periodo de crecimiento (PECRE), es decir, el número de días con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de la vegetación. El PECRE se calcula con la siguiente fórmula:

$$PECRE = .2408\ (Precipitación) - .0000372\ (Precipitación)^2 - 33.1019$$

$$PECRE=0.2408\ (438.19) - 0.0000372\ (438.19)^2 -33.1019$$

$$PECRE = 65.27146229$$

Una vez obtenido el PECRE, se calcula el índice de agresividad del viento (IAVIE), mediante la siguiente fórmula:

$$IAVIE = 160.8252 - .766\ (PECRE)$$
$$IAVIE = 160.8252 - .766\ (65.27146229)$$

$$IAVIE= 110.827$$

Como regla de decisión se tiene que: si el valor de IAVIE es mayor de 20, se considera que el área de estudio es de influencia a la erosión laminar eólica, por tanto, el sistema ambiental presenta erosión eólica.

La obtención de las pérdidas potenciales de suelo en Ton/Ha/Año por erosión eólica (EROEO), se obtiene con la siguiente expresión:

$$EROEO = IAVIE * CATEX * CAUSO$$

Como se ha mencionado anteriormente se ha calculado ya el IAVIE, por lo tanto, como segundo paso se calcula el CATEX., que es el cálculo de textura y fase de los suelos presentes, tomando como referencia los valores que se presentan en la siguiente figura:

CATEX	Textura y Fase
0.2	1
0.3	2
0.1	3
0.5	Fase pedregosa o gravosa

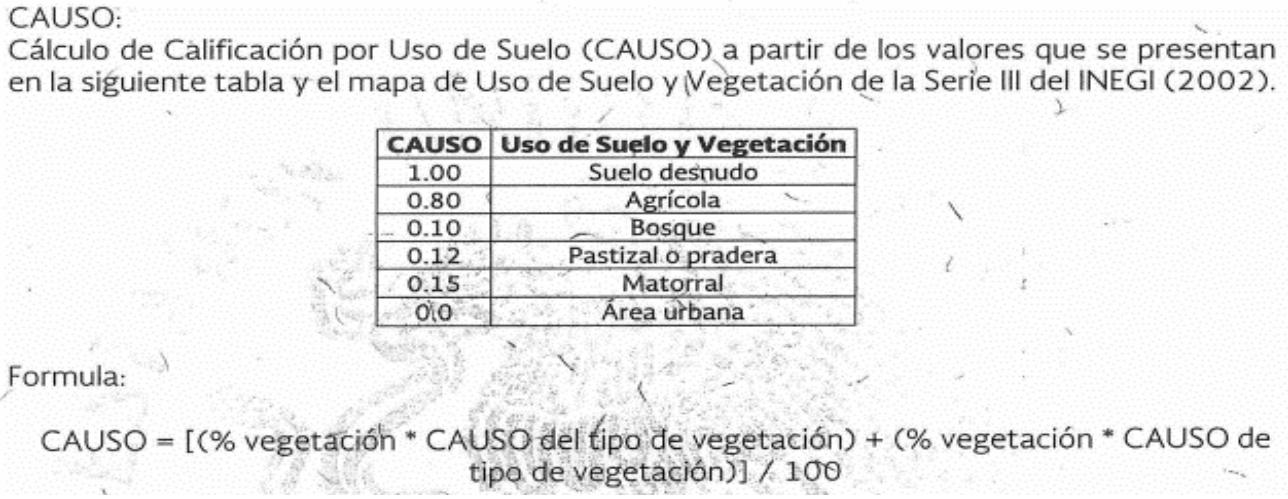
Figura IV. 20. Valores de CATEX

Debido a que en el sistema ambiental se presentan distintos tipos de suelo se presenta el valor de CATEX para cada uno de ellos, (la clase textural del suelo se tomó de la temática de edafología de INEGI) tal como se muestra en la tabla IV.13, a continuación:

Tabla IV. 13. Valores de CATEX para el sistema ambiental

TIPO DE SUELO	TEXTURA	CLASS_TEX	CATEX
FLUVISOL	GRUESA	1	0.2
LEPTOSOL	MEDIA	2	0.3
PHAEOZEM	MEDIA	2	0.3
REGOSOL	MEDIA	2	0.3

Posteriormente se calcula el CAUSO, que se refiere al cálculo del índice por efecto del uso de suelo, para lo cual se toma como referencia los valores de la imagen siguiente.



CAUSO:

Cálculo de Calificación por Uso de Suelo (CAUSO) a partir de los valores que se presentan en la siguiente tabla y el mapa de Uso de Suelo y Vegetación de la Serie III del INEGI (2002).

CAUSO	Uso de Suelo y Vegetación
1.00	Suelo desnudo
0.80	Agrícola
0.10	Bosque
0.12	Pastizal o pradera
0.15	Matorral
0.0	Área urbana

Formula:

CAUSO = [(% vegetación * CAUSO del tipo de vegetación) + (% vegetación * CAUSO de tipo de vegetación)] / 100

Figura IV. 21. Valores de CAUSO

Debido a que se calcula la erosión por tipo de suelo, se pondera el valor de CAUSO por tipo de vegetación y/o uso de suelo de acuerdo a la superficie que ocupan los distintos tipos de suelo presentes en el sistema ambiental, el cálculo de dichos valores se presenta en la tabla IV.14, que se presenta a continuación.

Tabla IV. 14. Ponderación de valores de CAUSO

Causo en condición actual	Suma de Área (Ha)	Suma de Factor K
FLUVISOL	**206.1585116**	0.63
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	171.283742	0.8
Selva Baja Caducifolia	34.72383251	0.1
Uso Minero	0.150937089	1
LEPTOSOL	**2454.352759**	0.37
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	379.675857	0.8
Pastizal Inducido	19.399671	0.12
Selva Baja Caducifolia	1682.006437	0.1
Uso Minero	52.680106	1
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	30.73217903	0.1
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	289.858509	0.1
PHAEOZEM	**40.47070571**	**0.1**
Selva Baja Caducifolia	40.47070571	0.1
REGOSOL	**572.6386401**	**0.1**
Selva Baja Caducifolia	368.8405302	0.1

Causo en condición actual	Suma de Área (Ha)	Suma de Factor K
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	203.7857	0.1
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	0.01241	0.1
LEPTOSOL PROYECTO CON VEGETACIÓN	**0.695021**	**0.1**
Selva Baja Caducifolia Proyecto	0.695021	0.1
LEPTOSOL PROYECTO SIN VEGETACIÓN	**10.718362**	**1**
Uso Minero Proyecto	10.718362	1

Tabla IV. 15. Valores de CAUSO para el sistema ambiental en condición antes de afectación

SUELO	CAUSO EN CONDICIÓN ACTUAL	SUPERFICIE
FLUVISOL	0.63	206.159
LEPTOSOL	0.37	2454.352759
PHAEOZEM	0.100	40.47070571
REGOSOL	0.100	572.6386401
LEPTOSOL PROYECTO CON VEGETACIÓN	0.100	0.695
LEPTOSOL PROYECTO SIN VEGETACIÓN	1.000	10.718

Finalmente, se desarrolla la fórmula con los valores obtenidos para cada variable para calcular la erosión eólica. Siendo las unidades de medida: ton/ha/año. Los valores de la Erosión eólica se clasifican en cuatro rangos como se muestra en la figura IV.22 que se presenta a continuación.

Rangos	Clasificación
Mayor de 200 ton/ha/año	Muy alta
De 100 a 200 ton/ha/año	Alta
De 50 a 100 ton/ha/año	Media
Menor de 12 a 50 ton/ha/año	Baja
Menor de 12 ton/ha/año	Sin erosión

Figura IV. 22. Rangos de clasificación para erosión eólica

Tabla IV. 16. Cálculo de erosión eólica para el sistema ambiental en condición actual

EROSION EOLICA EN CONDICIÓN ACTUAL								
TIPO DE SUELO	**PECRE**	**IAVIE**	**CATEX**	**CAUSO**	**Ton/ha/año**	**Superficie (ha)**	**Ton/año**	**VALORES DE EROSION**
FLUVISOL	65.27146229	110.82726	0.2	0.63	14.04	206.1585116	2894.077839	Erosión Baja
LEPTOSOL	65.27146229	110.82726	0.3	0.370	12.30	2454.352759	30193.02021	Erosión Baja
PHAEOZEM	65.27146229	110.82726	0.3	0.1	3.32	40.47070571	134.5577226	Sin Erosión
REGOSOL	65.27146229	110.82726	0.3	0.1	3.32	572.6386401	1903.919142	Sin Erosión
LEPTOSOL PROYECTO CON VEGETACIÓN	65.27146229	110.82726	0.3	0.1	3.32	0.695021	2.31081819	Sin Erosión
LEPTOSOL PROYECTO SIN VEGETACIÓN	65.27146229	110.82726	0.3	1	33.25	10.718362	356.3660073	Erosión Baja
					69.56	**3285.034**	**35,484.25**	

Como se observa en la tabla anterior para el sistema ambiental se pierden 69.56 ton/ha/año, esta pérdida de suelo se clasifica como baja, y da como resultado una pérdida total de 35,484.25 toneladas al año.

En resumen y al sumar la pérdida de suelo por erosión hídrica y erosión eólica, so obtiene que en el sistema ambiental se pierden 757,051.547 ton/año.

Tabla IV. 17. Perdida de suelo total después de realizada la afectación por CUSTF

Perdida de suelo por erosión eólica	35,484.25	**TON/AÑO**
Perdida de suelo por erosión hídrica	728,555.098	**TON/AÑO**
Total de pérdida de suelo	**764,039.348**	**TON/AÑO**

IV. 2.6. Hidrología

IV. 2.6.1. Hidrología Superficial

El área de estudio se localiza en la Región Hidrológica Número 22 Tehuantepec, específicamente en la cuenca Río Tehuantepec, subcuenca Río Alto Tehuantepec. Esta región está incluida totalmente dentro del estado, drena un área que representa 19.23% de territorio estatal, incluye gran parte de la región del Istmo de Tehuantepec y corresponde a la vertiente del Océano Pacífico; colinda al norte con las regiones hidrológicas Papaloapan (RH-28) y Coatzacoalcos (RH-29); al sur con la RH-21 Costa de Oaxaca (Puerto Ángel) y con el Golfo de Tehuantepec; al oeste con la RH-20 Costa Chica-Río Verde; mientras que al este con la Región Hidrológica Costa de Chiapas (RH-23), además de internarse al estado

de Chiapas. Se encuentra dividida en dos cuencas: Lagunas Superior e Inferior (A) y Río Tehuantepec (B), esta última enclavada en su totalidad en la entidad; la infraestructura civil desarrollada para la utilización del agua superficial consiste en la presa de almacenamiento Presidente Benito Juárez, 10 presas derivadoras y 32 plantas de bombeo.
En la cuenca del río Tehuantepec, este río es el de mayor importancia dentro de esta cuenca, está considerado como uno de los más caudalosos de la vertiente del Océano Pacífico dentro del estado de Oaxaca; drena un área de 10,374 km^2 y nace a más de 2,500 msnm en la Sierra Madre del Sur, al sureste de Miahuatlán de Porfirio Díaz, donde es conocido con el nombre de río Quiechapa, después se dirige al norte noroeste hasta San José del Peñasco, donde se flexiona hacia el norte noreste hasta llegar a San Pedro Totolápam, a partir de donde sigue un curso en general hacia el oriente; posteriormente, en la zona al norte de Nejapa de Madero, cambia su cauce a una dirección norte noreste, para después volver en general a dirigirse al este a la altura de la población Santo Domingo Narro, a continuación, sufre una deflexión para dirigirse en general al sureste, donde alimenta junto con el río Tequisistlán, el vaso de la presa Presidente Benito Juárez. El volumen medio anual transportado por este río, de acuerdo a la Estación Hidrométrica Río Hondo, se estima en 717.27 Mm^3. Dentro de esta cuenca se ubica la subcuenca río alto de Tehuantepec, dentro de la cual se delimito el sistema ambiental de estudio, en la cual se ubica el área del proyecto.

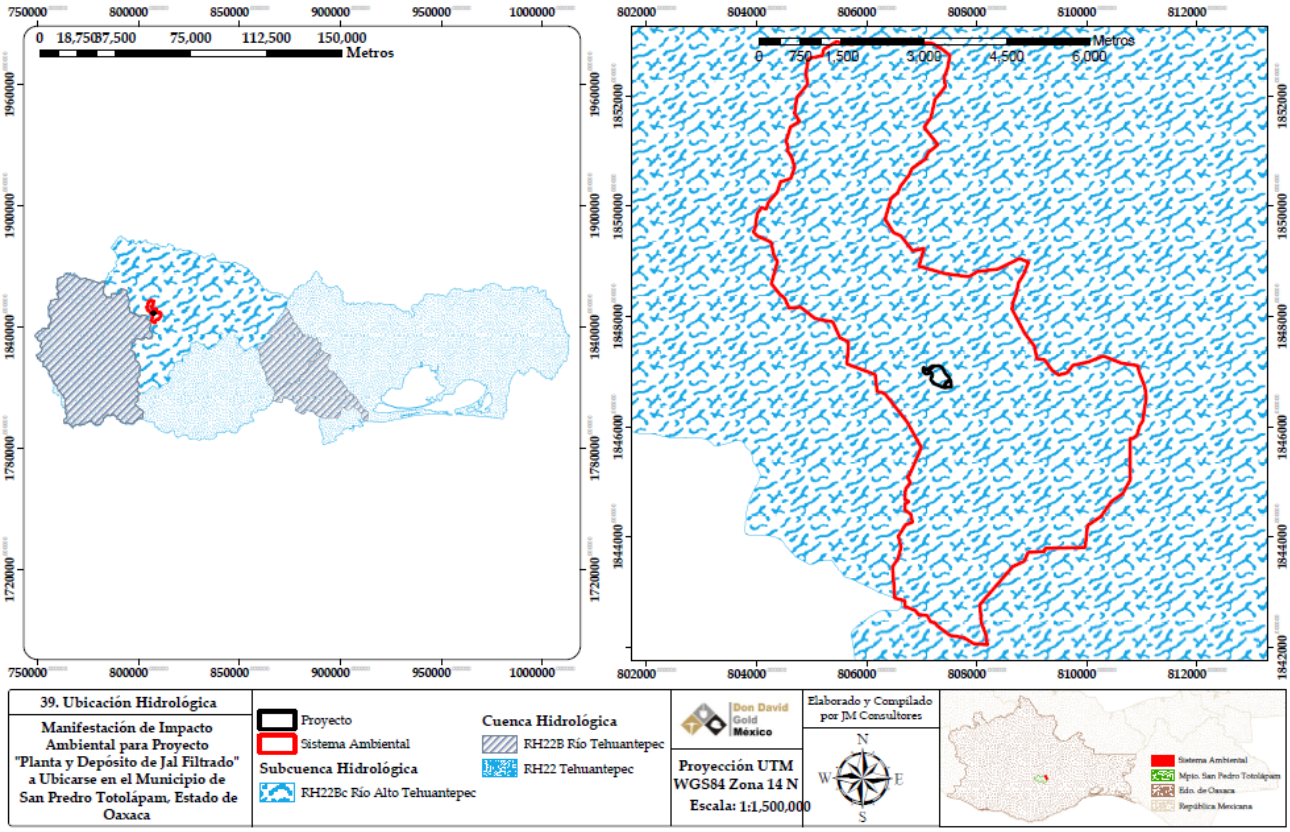


Figura IV. 23. Ubicación Hidrológica

IV. 2.6.2. Orden de corriente de la sistema ambiental

Se clasificó de acuerdo al método de Arthur Newell Strahler el cual propone una clasificación de cursos fluviales basada en la organización de los tributarios, en donde determina que un curso (figura IV.24) de orden 1 carece de tributarios, uno de orden 2 es formado por la confluencia de dos cursos de orden 1, uno de orden 3 es formado por la confluencia de dos de orden 2, y así sucesivamente en donde el orden de la cuenca es el mismo del cauce principal de salida, como se muestra en el plano. Teniendo en consideración el detalle de la red hidrográfica obtenida a través del modelo digital de elevación, escala 1: 50,000 el cual fue obtenido de la base de datos de INEGI en donde el procesamiento de dicha información fue empleando el software Arc MAP versión 10.5 en el módulo de Hidrología.

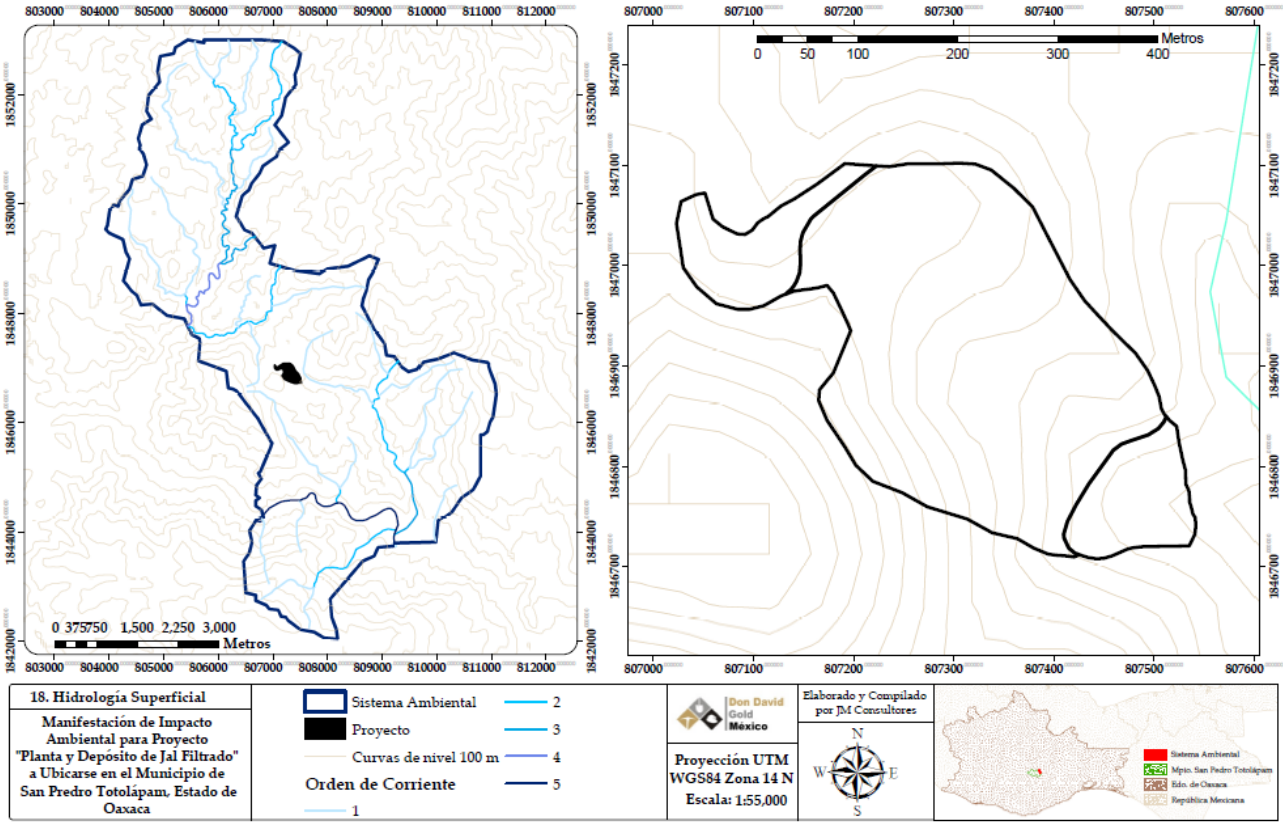


Figura IV. 24. Corrientes del área del sistema ambiental delimitado

Realizando la suma total de los cauces de distinto orden y jerarquía del sistema ambiental delimitado es de 52 corrientes; la densidad de drenaje es de 1.84 longitud de cauces/km². La longitud total de los cauces de distinto orden es de 61.15958 km. El índice de compacidad del sistema ambiental tiene un valor de 1.74, que la caracteriza con un valor medio de alargamiento. La sinuosidad de la corriente es 1.55 indicando que el sistema ambiental tiene una sinuosidad media, es decir medianamente drenada. Dentro del sistema ambiental como se ha mencionado anteriormente se encentran 52 corrientes, de las cuales 23 son de orden 1, 12 de orden 2, 5 de orden 3, 3 de orden 4 y 6 de orden 5. Los cauces que tienen nombre en el sistema ambiental se mencionan en las tablas IV.18 y IV.19. En el área del proyecto no incide ningún tipo de corriente.

Tabla IV. 18. Cauces que tienen un nombre definido

Nombre	Corrientes	Condición Intermitente	Condición Perenne	Total general
Arroyo Canoa	5	5	0	5
Río Grande	5	0	5	5

Nombre	Corrientes	Condición Intermitente	Condición Perenne	Total general
		5	5	10

Tabla IV. 19. Cuerpos de agua en el sistema ambiental

Número	Abrevadero	Nombre	Condición	Superficie (m2)	Superficie (ha)
1	Cuerpo De Agua	Ninguno	Intermitente	27,279.92270	2.7279

Una vez caracterizada el sistema ambiental se utilizaron las siguientes fórmulas para calcular la evapotranspiración, escurrimiento e infiltración del sistema ambiental donde se ubica el proyecto.

Para determinar la precipitación media anual a utilizar durante el cálculo se derivó del promedio estimado de temperaturas y precipitaciones, se tomó como base la estación 20170 denominada Totolápam y ubicada en San Pedro Totolápam.

La precipitación promedio fue calculada estadísticamente con base mensual de los datos climatológicos registrados en la estación, resultando una precipitación promedio anual de 438.19 mm y una temperatura promedio de 25.63 °C.

La fórmula que se utilizó para desarrollar el cálculo del balance hídrico del proyecto, es la siguiente:

$$\boldsymbol{BH = P - (Eva + Esc + Inf)}$$

Dónde:
BH= Balance Hídrico
P= Precipitación (volumen precipitado)
Eva= Evapotranspiración
Esc= Escurrimiento Superficial
Inf= Infiltración

Volumen de Agua Precipitado (P)
El volumen de agua que precipita en el sistema ambiental, se estima con la precipitación media anual y con la superficie de la misma, para lo cual se ha determinado que el valor de la precipitación corresponde a 14, 394,690.4846 de m^3 como se señala en la tabla IV.20.

Tabla IV. 20. Volumen de agua precipitado

Precipitación (mm)	Precipitación (m)	Área (ha)	Área (m2)	Precipitación (m^3)
438.2	0.4382	3,285.034	32,850,340.00	14,394,690.4846

Evapotranspiración (Eva)

La evapotranspiración es un componente fundamental del balance hídrico y un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera. Su cuantificación se hace precisa en contextos diferentes tales como la producción vegetal, la planificación y gestión de recursos hídricos o estudios ambientales y ecológicos (Becerra, 1999).

Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó el método COUTAGNE empleando la siguiente fórmula:

$$ETR = P - \chi P^2$$

Dónde:

ETR = Evapotranspiración m/año
P = precipitación en m/año
$\chi = 1/ (0.8+0.14\ t)$
t = temperatura media anual en °C

Tabla IV. 21. Evapotranspiración

Precipitación (m)	X	Temperatura °C	Evapotranspiración (m)	
0.4382	0.2279	25.63	0.3944	m/año
			12,957,186.6323	m^3/año

Se tiene un volumen de agua precipitado de 14,394,690.4846 m^3 y una evapotranspiración de 12, 957,186.6323 m^3, por lo que la evapotranspiración representa el 90% de la precipitación total.

Escurrimiento (Esc)

Para el cálculo del escurrimiento en el área considerada para el sistema ambiental se toma como referencia el método mencionado en la NOM-011-CONAGUA-2015 en el apartado A.1.2.1.2 en inciso B, en donde para calcular el coeficiente de escurrimiento se toman en consideración los tipos de vegetación y/o usos de suelo que sustenta la superficie del

sistema ambiental en combinación con los tipos de suelo que se encuentran en el área. Para desarrollar el cálculo se incluyen dos fórmulas y se define la fórmula que se usará de acuerdo con el valor ponderado para K.

- Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes:

K: PARÁMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DE SUELO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL (Ce)
Si K resulta menor o igual que 0,15	Ce = K (P-250) / 2000
Si K es mayor que 0,15	Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0,15) / 1.5

Figura IV. 25. Fórmulas para calcular coeficiente de escurrimiento

Para el caso del área del sistema ambiental el valor calculado para K es de 0.18, al ser mayor a 0.15 se utilizó la siguiente fórmula para calcular el coeficiente de escurrimiento.

$$Ce= K(P-250) /2000 + (K- 0.15) /1.5$$

Dónde

Ce= Coeficiente de escurrimiento
P= Precipitación (mm)
K= Valor ponderado de acuerdo a tipo de vegetación y/o uso de suelo y tipo de suelo

TABLA 1 VALORES DE K, EN FUNCIÓN DEL TIPO Y USO DE SUELO

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0,26	0,28	0,30
Cultivos:			
En Hilera	0,24	0,27	0,30
Legumbres o rotación de pradera	0,24	0,27	0,30
Granos pequeños	0,24	0,27	0,30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% - Poco -	0,14	0,20	0,28
Del 50 al 75% - Regular -	0,20	0,24	0,30
Menos del 50% - Excesivo -	0,24	0,28	0,30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0,07	0,16	0,24
Cubierto del 50 al 75%	0,12	0,22	0,26
Cubierto del 25 al 50%	0,17	0,26	0,28
Cubierto menos del 25%	0,22	0,28	0,30
Zonas urbanas	0,26	0,29	0,32
Caminos	0,27	0,30	0,33
Pradera permanente	0,18	0,24	0,30

Figura IV. 26. Valores para ponderar factor K

A continuación, en la tabla IV.22 y tabla IV.23 se presentan los valores de K para ponderar el valor final de K para el sistema ambiental en condiciones actuales, las cuales seguirán siendo las mismas puesto que el proyecto se ubicará en una zona que ha sido previamente afectada.

Tabla IV. 22. Cálculo de K para el sistema ambiental

Cálculo del factor de K				
Uso de suelo y vegetación	**Tipo de suelo**	**Área (Ha)**	**Factor K**	**Factor K Ponderado**
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	FLUVISOL	171.283742	0.24	0.01251375117925820
	LEPTOSOL	379.675857	0.27	0.03120591184701170
Total Agricultura de Temporal Anual y Permanente		**550.959599**		
Pastizal Inducido	LEPTOSOL	19.399671	0.24	0.00141731289274069
Total Pastizal Inducido		**19.399671**		
Selva Baja Caducifolia	FLUVISOL	34.72	0.07	0.00073992180178281
	LEPTOSOL	1682.01	0.16	0.08192336211225130
	PHAEOZEM	40.47	0.16	0.00197115552376877
	REGOSOL	368.84	0.16	0.01796464963336660
Total Selva Baja Caducifolia		**2126.041505**		
Uso Minero	FLUVISOL	0.150937	0.26	0.00001194619084208
	LEPTOSOL	52.680106	0.28	0.00449019087293820
Total Uso Minero		**52.831043**		
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	LEPTOSOL	30.732179	0.26	0.00243235429257188
	REGOSOL	203.785700	0.28	0.01736968202040320
Total Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia		**234.517879**		
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	LEPTOSOL	289.858509	0.16	0.01411777213049440
	REGOSOL	0.012410	0.16	0.00000060443816986
Total Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino		**289.870919**		
Uso Minero Proyecto	LEPTOSOL	10.718362	0.28	0.00091357999972983
Uso Minero Proyecto		**10.718362**		
Selva Baja Caducifolia Proyecto	LEPTOSOL	0.695021	0.16	0.00003385150961325
Selva Baja Caducifolia Proyecto		**0.695021**		
TOTAL		**3285.034**		**0.187106046444943**

Una vez obtenido el valor de K se pasa a calcular el coeficiente de escurrimiento.

Coeficiente de escurrimiento

Dónde: Ce= K(P-250) /2000 + (K- 0.15) /1.5
Ce= 0.187106046444943 (438.19-250) /2000 + (0.187106046444943 - 0.15) /1.5
Ce= 0.042343

Entonces;

Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural = P * At * Ce

Para condición actual:

P = Precipitación anual en metros = 0.4382 m.
Ce = Coeficiente de escurrimiento anual adimensional = 0.042343
At = Área total del sistema ambiental= 609,515.945799 m^2.

Por lo tanto, se obtiene un volumen de escurrimiento medio de 609,515.945799 m^3/año en condición actual para el sistema ambiental.

Infiltración (Inf)
La infiltración puede ser calculada a partir de la diferencia resultante entre la precipitación total menos el volumen medio de escurrimiento, menos la evapotranspiración.

Infiltración = P – ETR – Vm

Dónde:
P = Precipitación total (m^3)
ETR = Evapotranspiración (m^3)
Vm = Volumen de escurrimiento (m^3).

Entonces para condiciones previo al desmonte en el sistema ambiental se obtiene:

P= 14,394,690.8571
ETR= 12,957,186.6323
Vm= 609,515.9458

Infiltración = 827,988.2790 m^3

Balance hidrológico del sistema ambiental

El balance hidrológico representa el volumen y porcentaje de agua y su distribución, partiendo de la precipitación total hacia la cantidad que se convierte en escurrimiento superficial, evapotranspiración e infiltración, como se muestra en tabla IV.23.

Tabla IV. 23. Balance hídrico para el sistema ambiental

Balance hídrico del sistema ambiental (m^3)	
PRECIPITACIÓN	14,394,690.8571
INFILTRACION	827,988.2790
ESCURRIMIENTO	609,515.9458
EVAPOTRANSPIRACIÓN	12,957,186.6323

IV. 2.6.3. Acuíferos, tipos de acuíferos, condiciones de acuíferos, hidrogeología, impactos a los acuíferos

Se localiza al sureste del estado de Oaxaca, tiene un área aproximada de 14,000 km^2, limita al norte con los acuíferos de Coatzacoalcos y Tuxtepec, al oriente con Ostuta, al poniente con los acuíferos Valles Centrales, Río Verde-Ejutla y Miahuatlán y al sur con los acuíferos Huatulco, Santiago Astata y Morro Mazatán.

El acuífero se localiza dentro de dos Regiones Hidrológicas, al Poniente la Región Hidrológica No. 22 "Tehuantepec", y al Oriente la Región Hidrológica No. 23 "Costa de Chiapas". De forma muy alargada en el sentido este a oeste queda limitando por el norte con las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos; por el Oriente, con los orígenes del río Grijalva y otros ríos de poca importancia de la Región Hidrológica No. 23; por el sur con el Golfo de Tehuantepec y las cuencas de los ríos Copalita, Zimatlán y otros menos notables de la Región No. 2; y por el Oeste, con la cuenca del río Verde o Atoyac (Región No. 20).

La corriente principal, nace al sureste de Miahuatlán, a una altitud de 3200 msnm y en esta parte fluye hacia el norte con el nombre de río de La Ciénega. Después de un recorrido de 20 km desvía un poco su curso hacia el noreste hasta llegar a Totolápam, zona en la que recibe el nombre de río Mijangos. En Totolápam se desvía francamente hacia el este hasta Nejapa, y, en este punto, se inicia una amplia convexidad hacia el norte en la que, al principio, el río se llama Grande y ya en el tramo descendiente, que lleva un rumbo sureste y el cual conserva hasta la desembocadura, adquiere su denominación final de río Tehuantepec por pasar junto a esta ciudad, 20 km antes de dicha desembocadura en las cercanías de Salina Cruz. La longitud total aproximada de la corriente es de 240 km y como su nacimiento ocurre a una altitud de 3200 msnm, su pendiente media es de 1.333 por ciento que es significativa, en particular, en los tercios inicial y final de su recorrido. Los afluentes del río Tehuantepec son numerosos, pero, en

general, son más importantes los de la margen derecha. El primero es el río de la Virgen, que nace al sur de Yautepec, fluye de sur a norte y entra al río Grande, 37 kilómetros abajo de Totolápam. El otro afluente de mucha importancia es el río Tequisistlán, que sigue una dirección Noreste y entra a Tehuantepec 30 km aguas arriba de la ciudad de Tehuantepec. El Tequisistlán se llama en sus orígenes Amarillo, en su tramo medio Carrizal y Otates y aguas abajo de Tlacolulita, Tequisistlán. Los afluentes izquierdos del Tehuantepec son el río San Antonio, que nace en las cercanías de Taviche, baja hacia el sureste y entra en Mijangos 15 km aguas arriba de Totolápam.

También puede citarse el río Las Margaritas que nace en la zona de Tepuxtepec, baja directamente hacia el sur y entra al río Grande, 17 km aguas abajo de Totolapan. La cuenca del Tehuantepec abarca parcialmente varios distritos del estado de Oaxaca que son los de: Miahuatlán, Ejutla, Ocotlán, Tlacolula, Mixe, Yautepec y Tehuantepec. El régimen del río se mide en el cauce principal, en la estación hidrométrica llamada Boquilla No. 1, que está situada 7.5 km aguas abajo de Nejapa. En el mes de junio de 1961 empezó a almacenar la Presa Benito Juárez, construida de 1956 a 1961.

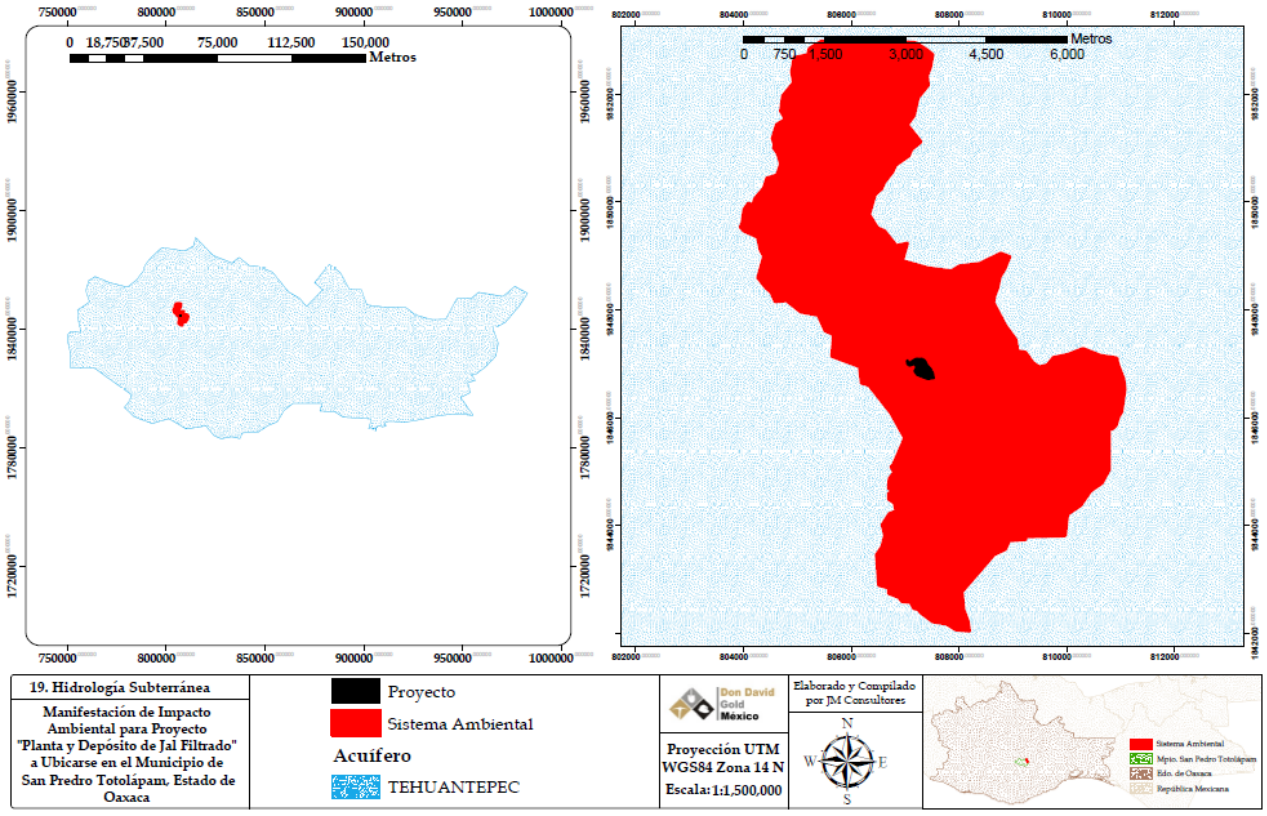


Figura IV. 27. Hidrología Subterránea

IV. 2.6.4. Hidrogeología

El acuífero está constituido por materiales aluviales de acarreo, como son arenas, limos y gravas, que rellenan la parte central del valle, por lo que se considera de tipo libre, los espesores pueden oscilar entre los 15 y 60 m. Este acuífero está limitado por rocas ígneas y metamórficas, siendo éstas las fronteras que funcionan como barreras laterales al flujo del agua subterránea. La concentración de sólidos totales disueltos varía de 300 ppm en las estribaciones de la sierra, hasta 4,000 ppm en la porción sur de la margen derecha del Río Tehuantepec.

Los sondeos geoeléctricos y cortes litológicos de los pozos construidos en el área, indican que el espesor de los sedimentos granulares es muy variable, pero en general reducido con excepción de alguna pequeña zona en que su espesor pudiera resultar en pozos de caudales mayores a los que se han obtenido. Los materiales de relleno forman el acuífero granular, siendo el de mayor permeabilidad en la zona y el principalmente explotado. Por lo que la disponibilidad de agua subterránea en la zona se reduce a la que es posible aprovechar en las zonas de inundación de los ríos y aquellas zonas en que es espesor de los rellenos proporcionarán cantidades significativas de agua. Los espesores pueden oscilar entre los 15 y 60 m; dicho acuífero los constituyen arenas, limos y gravas. A lo largo de la línea costera, se presentan materiales arenosos, testigos de la erosión llevada a cabo por las olas, presentando además un paisaje de ambiente litoral a lo largo de la misma. Otra fuente potencial de agua subterránea la constituye las formaciones calcáreas que afloran principalmente al norte del acuífero y que requieren la realización de actividades complementarias para conocer su extensión debajo de los materiales granulares del valle y que de acuerdo a los manantiales que afloran al norte de la zona puedan suministrar volúmenes considerables para incrementar el desarrollo.

IV. 2.6.5. Impacto al Acuífero

El acuífero (2007) "Tehuantepec" no se verá impactado de manera negativa debido a las obras que se pretenden realizar en el proyecto no interfieren directamente con el mismo; de igual manera la empresa minera cuenca con programas de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, con las que se da seguimiento a la condición del acuífero en la zona.

Esto debido a que las actividades que se llevarán a cabo en dicho proyecto no interfieren de manera directa con el acuífero, es decir, en la construcción de dichas obras no se pondrá en riesgo la cantidad ni calidad del agua subterránea ya que no se aplicarán pesticidas, pues se puede contaminar el agua superficial o subterránea, se tendrá cuidado extremo de no derramar aceites, grasas, solventes, combustibles, en caso que se generen éste tipo de residuos, se almacenarán temporalmente en tambos metálicos con tapón debidamente identificado con características CRETIB; los cuales se colocarán sobre tarimas anti-derrame, estos residuos se dispondrán en el almacén temporal de residuos peligrosos, para su posterior disposición.

El cambio de aceite de motores, engrasado y recargue de combustibles de maquinaria, vehículos y equipo, se realizará en el taller de mantenimiento de la empresa, cuya loza es impermeable, ubicado en el proyecto El Águila, fuera del área de trabajo quedará prohibido realizar alguna de las actividades antes mencionadas, para controlar derrames accidentales. Así pues, con estas medidas preventivas se pretende cuidar la calidad del agua subterránea.

Condiciones de equilibrio de los acuíferos

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la norma oficial mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece la expresión siguiente:

Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica	=	Recarga total media anual	-	Descarga natural comprometida	-	Volumen anual de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA

La disponibilidad de agua subterránea de acuerdo a la NOM 011 CNA 2000, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, es la siguiente:

Disponibilidad = Rt - DNC – Volumen Concesionado - 27 -

Disponibilidad = 103.3 – 43.0 – 40.659112 (valor al 31 de mayo del 2005) Disponibilidad = 20.217359 hm^3/año (Millones de metros cúbicos anuales).

La cifra indica que existe un volumen disponible de 19,640,888 m3/año para nuevas concesiones, en el acuífero denominado Tehuantepec, estado de Oaxaca.

IV. 3. Elementos biológicos

La vegetación presta servicios ambientales por su capacidad de capturar carbono y liberar oxígeno para conservar el equilibrio de gases atmosféricos este influye directamente en las temperaturas del planeta, así como la conservación de la biodiversidad. Estos servicios son proporcionados por el ecosistema de forma natural y contribuyen al mantenimiento de la vida de todos los seres vivos, en especial la de los seres humanos.

En el sistema ambiental de análisis se identifican cinco tipos de vegetación y uso de suelo de acuerdo a INEGI en su serie V, sin embargo, existe también ocupación por la unidad minera El Águila, existiendo entonces también el uso minero. En el caso del área del proyecto, se encuentra sobre zona de uso minero y una pequeña superficie de 0.149471 hectáreas de vegetación de selva baja caducifolia.

A continuación, en la siguiente tabla se indican la superficie y porcentaje de ocupación del tipo de vegetación y uso de suelo en el sistema ambiental.

Tabla IV. 24. Usos de Suelo y Vegetación de acuerdo a lo observado en campo

Uso de suelo y vegetación	AREA
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	550.960
Pastizal Inducido	19.400
Selva Baja Caducifolia	2126.042
Uso Minero	52.831
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia	234.518
Vegetación Secundaria Arbustiva de bosque de encino	289.871
Uso Minero Proyecto	10.718
Selva Baja Caducifolia Proyecto	0.695021
Total	**3285.034**

IV. 3.1. Vegetación y usos de suelo

A continuación, se describen los tipos de vegetación y uso de suelo que se presentan en el sistema ambiental.

Uso minero o desprovisto de vegetación. - aquellas zonas en que se ha cambiado su uso natural para transformarse en infraestructura para la explotación minera.

Selva Baja Caducifolia y Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC). - se desarrolla en condiciones en donde predominan los climas tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. Donde la precipitación media anual se aproxima a los 900 mm con un promedio de 63 días de lluvia al año, teniendo como mínimo a los 600mm con una temporada seca bien marcada, que puede durar hasta 7 u 8 meses y que es muy severa. Suele distribuirse desde el nivel del mar hasta los 1,700m, rara vez hasta 1,900 se le encuentra a este tipo de selva, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje. Esta comunidad presenta corta altura de sus componentes normalmente inferior a los 4 metros en esta región, alcanza una altura mayor y conforma un estrato arbóreo (mayor a 4m de altura) en sitios con suelo profundo y en áreas ribereñas en arroyos con agua permanente en la mayor parte del año, muy eventualmente de hasta 15m o un poco más.

Agricultura de temporal (AT). - Esta superficie agrícola se desarrolla en lo que era una zona de encinares. Este tipo de uso de suelo está muy extendido por la Sierra Tarahumara y muchos de éstos terrenos estuvieron ocupados por bosques templados y selva baja, los cuales en algunas décadas atrás fueron abiertos para mawechis o terrenos para la agricultura y muchos de ellos se siguen utilizando para tal fin, pequeñas porciones de terreno abierto para fines agrícolas los encontramos cercanos a poblados como son San Juan, El Frijolar, Desfiladeros. En ésta localidad habitan principalmente gente mestiza y pocos indígenas de la etnia guarojía y rarámuri, en general los pobladores locales tienen sistemas antiguos de labranza del suelo, los cuales han sufrido poca modificación, como lo es el uso de las bestias y en casos muy raros la utilización de maquinaria. En cuanto a tipos de cultivos, son los muy tradicionales como maíz, frijol, papa, haba y avena.

Pastizal Inducido (PI). - Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original o primaria, este pastizal apareció como consecuencia de desmonte de la selva baja caducifolia, bosque de encino y encino –pino principalmente en la parte media del sistema

ambiental, también se estableció en áreas agrícolas de temporal que fueron abiertas al cultivo donde había vegetación primaria y posteriormente abandonadas. Algunas de estas áreas que fueron encinares se están repoblando con vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino (VSa/BQ). - Se clasifica como vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, comunidad vegetal formada por diferentes especies de encinos o robles del género *Quercus;* estos bosques se encuentran como una zona de transición entre los bosques de coníferas y las selvas bajas caducifolias, conforman áreas arbustivas o chaparrales con una distribución espaciada o abierta.

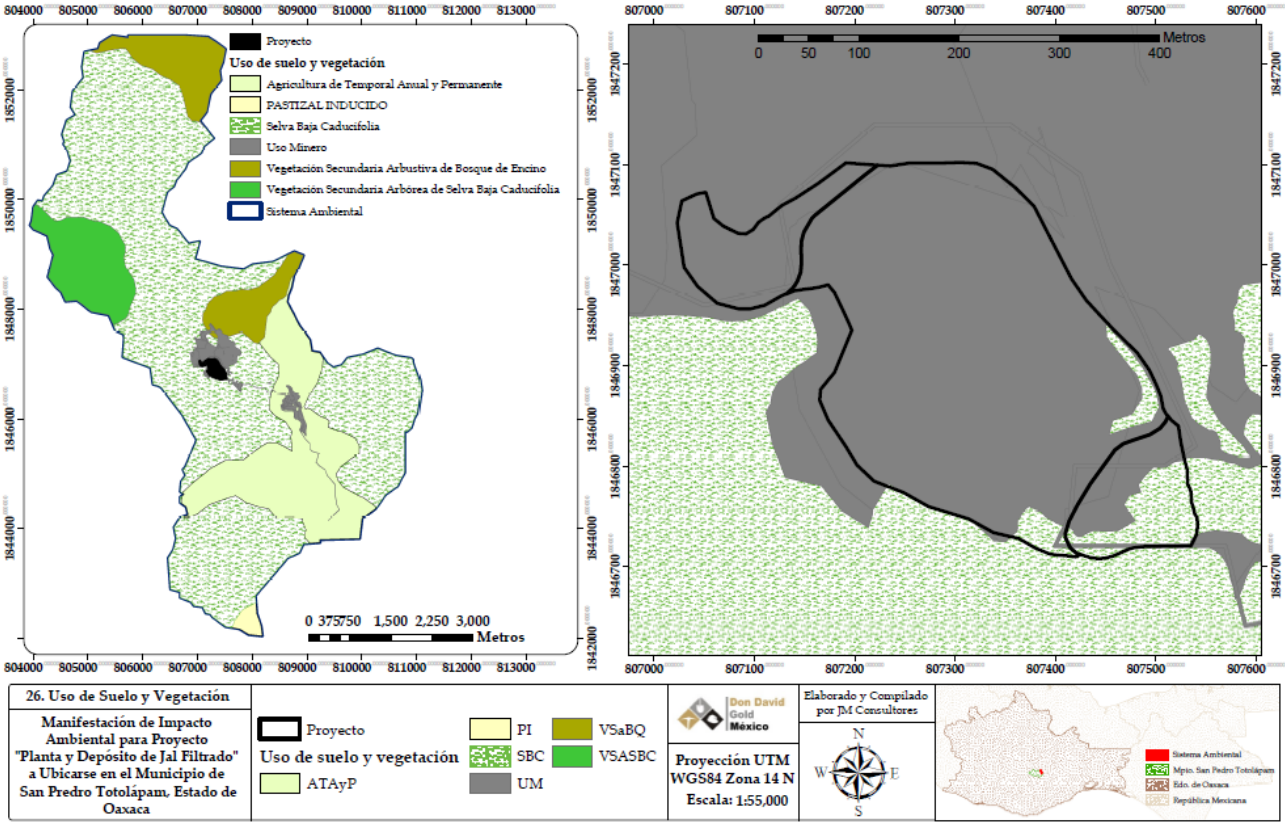


Figura IV. 28. Tipos de vegetación y usos de suelo

IV. 3.2. Caracterización de la vegetación

En las tablas IV.25 a IV.28, se presenta el listado de vegetación presente en el sistema ambiental obtenido de muestreo realizado en el área de estudio, para todos los tipos de vegetación.

Tabla IV. 25. Estrato arbóreo

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Anacardiaceae	Lincha huevos	*Pseudosmodingium andrieuxii*	Árbol		
Fabaceae	Palmillo	*Acacia angustissima*	Árbol		
Fabaceae	Beinillo	*Senna atomaria*	Árbol		
Boraginaceae	Manzanillo	*Bourreria rubra*	Árbol		
Fabaceae	Cucharito	*Acacia cochliacantha*	Árbol		
Malvaceae	Pochote	*Ceiba acuminata*	Árbol		
Anacardiaceae	Coachalalate	*Amphipterygium adstringens*	Árbol		
Convolvulaceae	Pájaro bobo	*Ipomoea wolcottiana*	Árbol		
Anacardiaceae	Jobo	*Spondias mombin*	Árbol		
Hernandiaceae	Trompillo	*Gyrocarpus mocinoi*	Árbol		
Burseraceae	Copal blanco	*Bursera heliae*	Árbol		
Burseraceae	Copal de aceite	*Bursera schlechtendalii*	Árbol		
Euphorbiaceae	Mala mujer macho	*Cnidoscolus megacanthus*	Árbol		
Burseraceae	Copal rojo	*Bursera galeottiana*	Árbol		
Burseraceae	Copal verde	*Bursera fragilis*	Árbol		
Burseraceae	Copal de perro	*Bursera glabrifolia*	Árbol		
Sin identificar	Rosa María	*No identificado*	Árbol		
Fabaceae	Tepehuaje	*Lysiloma microphyllum*	Árbol		
Capparaceae	Frijolito	*Capparis incana*	Árbol		
Burseraceae	Papelillo	*Bursera ariensis*	Árbol		
Burseraceae	Copal santo	*Bursera laurihuertae*	Árbol		
Fabaceae	Cucharito blanco	*Chloroleucon mangense*	Árbol		
Celastraceae	Palo de seda	*Wimmeria microphylla*	Árbol		
Burseraceae	Copal colorado	*Bursera grandifolia*	Árbol		
Apocynaceae	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	Árbol		
Fabaceae	Mezquite moro	*Prosopis laevigata*	Árbol		
Fabaceae	Quebracho	*Acacia pringlei*	Árbol		
Fabaceae	Mezquite	*Prosopis glandulosa*	Árbol		
Rubiaceae	Campanillo	*Hintonia latiflora*	Árbol		
Fabaceae	Negrito	*Poeppigia procera*	Árbol		
Celastraceae	Pal de piedro	*Wimeria confusa*	Árbol		
Fabaceae	Huizache	*Acacia farnesiana*	Árbol		

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Salicaceae	Palo de queso	*Casearia tremula*	Árbol		
Fabaceae	Cachitoro	*Acacia macracantha*	Árbol		
Erythroxylaceae	Palo de iguana	*Erythroxylum rotundifolium*	Árbol		
Anacardiaceae	Yagalan	*Rhus copallinum*	Árbol		
Pinaceae	Pino piñonero	*Pinus devoniana*	Árbol		
Fagaceae	Encino rojo (encino negro)	*Quercus aristata*	Árbol		
Malpighiaceae	Nanchal	*Byrsonima crassifolia*	Árbol		
Fagaceae	Encino bellotero (yeganiz)	*Quercus glaucoides*	Árbol		
Ochnaceae	Frijolillo	*Ouratea mexicana*	Árbol		
Zygophyllaceae	Yeguecan	*Guaiacum sanctum*	Árbol	A	No endémico
Fabaceae	Espina verde	*Cercidium plurifoliatum*	Árbol		

Tabla IV. 26. Estrato arbustivo

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Fabaceae	Ejotito	*Senna nicaraguensis*	Arbusto		
Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	Arbusto		
Fabaceae	Flor lila	*Bauhinia divaricata*	Arbusto		
Zygophyllaceae	arbusto hoja verde (flor morada)	*Guaiacum coulteri*	Arbusto	A	Endémica
Euphorbiaceae	Palo de leche	*Euphorbia schlechtendalii*	Arbusto		
Sapindaceae	Hoja roja	*Serjania mexicana*	Arbusto		
Fabaceae	Arbusto papelillo	*Coursetia glandulosa*	Arbusto		
Fabaceae	Uña de gato amarillo	*Lysiloma divaricatum*	Arbusto		
Fabaceae	Uña de gato cuerdudo	*Mimosa acantholoba*	Arbusto		
Fabaceae	Molito	*Senna holwayana*	Arbusto		
Malvaceae	Palo amargo	*Melochia tomentosa*	Arbusto		
Brassicaceae	Matorral	*Nasturtium officinale*	Arbusto		
Fabaceae	Cuatle	*Eysenhardtia polystachya*	Arbusto		
Fabaceae	Chorizo	*Aeschynomene compacta*	Arbusto		

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Fabaceae	Uña de gato	*Piptadenia flava*	Arbusto		
Malvaceae	Hoja larga	*Heliocarpus pallidus*	Arbusto		
Ericaceae	Chivito	*Gaultheria acuminata*	Arbusto		
Amaranthaceae	Palo de escoba	*Iresine Calea*	Arbusto		
Lamiaceae	Flor chiquita	*Salvia melissodora*	Arbusto		
Fabaceae	Huajito	*Diphysa humilis*	Arbusto		
Sapindaceae	Árbol de sangre	*Serjania brachycarpa*	Arbusto		
Rhamnaceae	Armadillo	*Ziziphus amole*	Arbusto		
Anacardiaceae	Yeguelacho	*Pseudosmodingium multifolium*	Arbusto		
Sapotaceae	Chicosapote	*Manilkara zapota*	Arbusto		
Sapindaceae	Jarilla	*Dodonaea viscosa*	Arbusto		
Asteraceae	Flor amarilla	*Viguiera dentata*	Arbusto		
Rhamnaceae	Chigolillo	*Colubrina elliptica*	Arbusto		
Anacardiaceae	Varilla	*Comocladia macrophylla*	Arbusto		
Rhamnaceae	Caca de gallina	*Karwinskia humboldtiana*	Arbusto		
Fabaceae	Pinto	*Haematoxylom brasiletto*	Arbusto		
Boraginaceae	Ocotillo	*Cordia elaeagnoides*	Arbusto		
Sin identificar	Palo de mecate	*Sin identificar*	Arbusto		
Fabaceae	Hoja rojita	*Poiretia punctata*	Arbusto		
Asteraceae	Flor diamante	*Eupatorium collinum*	Arbusto		
Compositae	Hoja brillosa	*Ageratum houstonianum*	Arbusto		
Capparidaceae	Chililllo	*Forchhammeria pallida*	Arbusto		
Fabaceae	Arbusto verde espinudo	*Chamaecrista diphylla*	Arbusto		
Malvaceae	Palo de algodón	*Luehea spp*	Arbusto		

Tabla IV. 27. Estrato herbáceo

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Malvaceae	Enredadera	*Boerhavia coccinea*	Herbácea		
Krameriaceae	Enredadera flor	*Krameria revoluta*	Herbácea		
Fabaceae	Terciopelo	*Dalea carthagenensis*	Herbácea		
Poaceae	Triguillo	*Cenchrus multiflorus*	Herbácea		
Poaceae	Zacate	*Hyparrhenia rufa*	Herbácea		
Verbenaceae	Romero	*Lippia graveolens*	Herbácea		

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Acanthaceae	Flor moradita	*Carlowrightia neesiana*	Herbácea		
Lamiaceae	Hierba flor amarilla	*Melampodium divaricatum*	Herbácea		
Lamiaceae	Hierba flor seca	*Leonotis nepetifolia*	Herbácea		

Tabla IV. 28. Estrato cactáceo

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Cactaceae	Lengua de vaca	*Nopalea auberi*	Cactácea		
Cactaceae	Pitaya	*Myrtillocactus geometrizans*	Cactácea		
Cactaceae	Choya	*Opuntia pubescens*	Cactácea		
Cactaceae	Viejito	*Cephalocereus chrysacanthus*	Cactácea		
Asparagaceae	Maguey	*Agave rhodacantha*	Cactácea		
Cactaceae	Chuega	*Escontria chiotilla*	Cactácea		
Cactaceae	Órgano	*Neobuxbaumia mezcalaensis*	Cactácea		
Agavaceae	Lechuguilla	*Agave vivipara*	Cactácea		
Cactaceae	Chilito	*Mammillaria carnea*	Cactácea		
Cactaceae	Biznaga	*Ferocactus robustus*	Cactácea		
Asparagaceae	Savila(maguey morado)	*Agave nizandensis*	Cactácea	P	Endémica
Asparagaceae	Maguey tepestate	*Agave marmorata*	Cactácea		
Cactaceae	Maicito	*Myrtillocactus schenckii*	Cactácea		
Asparagaceae	Maguey tobala	*Agave seemanniana*	Cactácea		
Asparagaceae	Maguey jabalí	*Agave kerchovei*	Cactácea		
Asparagaceae	Yucca	*Yucca elata*	Cactácea		
Cactaceae	Chilito en protección	*Mammillaria karwinskiana*	Cactácea	Pr	endémica
Cactaceae	Biznaga caca de perro	*Coryphantha elephantidens subsp. bumamma*	Cactácea		
Cactaceae	Nopal	*Opuntia velutina var. affinis*	Cactácea		
Cactaceae	cactus rojo	*Mammillaria lanata*	Cactácea		

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Cactaceae	Pitaya rastrera	*Nyctocereus oaxacensis*	Cactácea		
Cactaceae	Pitaya enredadera	*Acanthocereus horridus*	Cactácea		

Muestreo en el sistema ambiental
Se decidió realizar un muestreo de la vegetación en la superficie del sistema ambiental que es en la que se ubica el área del proyecto.

Justificación
El diseño del muestreo fue de manera aleatoria, esto con la finalidad de levantar sitios de muestreo en el tipo de vegetación que es aledaño al área del proyecto.

Diseño de muestreo
Este fue aleatorio sobre el tipo de vegetación que se encuentra aledaña al área del proyecto.

Intensidad de muestreo.
Resulta muy baja, esto debido a que la superficie del sistema ambiental, es considerable con respecto a la superficie muestreada. Sin embargo, es importante resaltar que el muestreo es representativo, pues permite obtener los índices de diversidad necesarios a nivel sistema ambiental, con la finalidad de caracterizar el sistema ambiental. Se realizaron 58 sitios de 1000 m^2.

Los sitios de muestreo se realizaron de 1000m^2 con un radio de 17.84m dentro de los cuales se contó el número total de individuos del estrato arbóreo, recabando de los mismos los datos dasométricos, tales como: altura, diámetro y copa. Para el estrato arbustivo y cactáceo se contó el total de individuos recabando su altura y cobertura aérea. Para el estrato herbáceo se contó el número de individuos en un metro cuadrado colocado en dirección norte a 3 metros del centro del sitio de muestreo, como se representa a continuación:

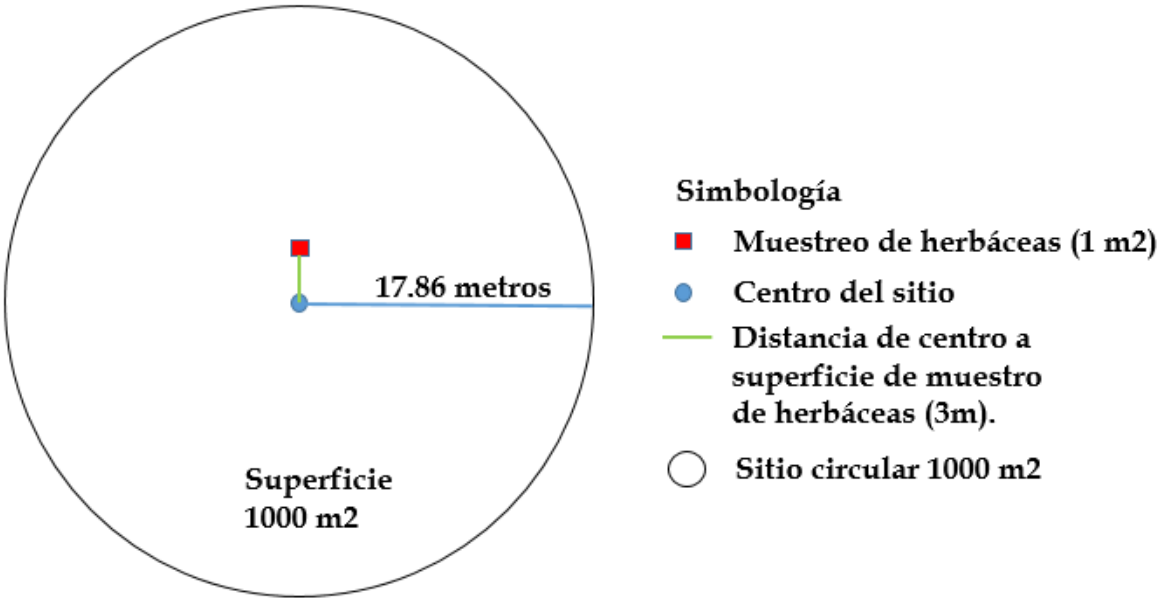


Figura IV. 29. Forma de los sitios de muestreo

A continuación, se presentan los datos recabados en campo para cada uno de los sitios de muestreo.

Tabla IV. 29. Coordenadas de Sitios de Muestreo

Sitio	X	Y
M1	805759	1847113
M2	805828	1847115
M3	806279	1847075
M4	806278	1846653
M5	806222	1846723
M6	806429	1846592
M7	806490	1846585
M9	809557	1844878
M10	807511	1846404
M11	807394	1846439
M13	806515	1847824
M14	806659	1847835
M15	806581	1847779
M16	806652	1847706
M17	806978	1848062

Sitio	X	Y
M18	806872	1847973
M19	806820	1847882
M20	806739	1847843
M21	806859	1846625
M22	806807	1846648
M23	806708	1846662
M24	806783	1846697
M25	807842	1847645
M26	807805	1847688
M27	807776	1847731
M28	807706	1847703
M29	807525	1848223
M32	807535	1847942
M33	807422	1847698
M34	808445	1843631
M36	808558	1843681
M37	808793	1843805
M38	809036	1843929
M39	807591	1844261
M40	807499	1844248
M41	807563	1844311
M43	808273	1844394
M44	807675	1843568
M46	807806	1843638
M48	808189	1843943
M49	806557	1846251
M50	806332	1846479
M51	806023	1849347
M52	806053	1848743
M53	805372	1848348
M54	807152	1845439
M55	807427	1845275
M56	808473	1845465
M57	808473	1845465
M58	808045	1845922
M59	808617	1845632
M60	808712	1845221

Sitio	X	Y
M71	807615	1846495
M72	808872	1845730
M73	808681	1846097
M74	808747	1845987
M75	808479	1846220
M76	808396	1846453

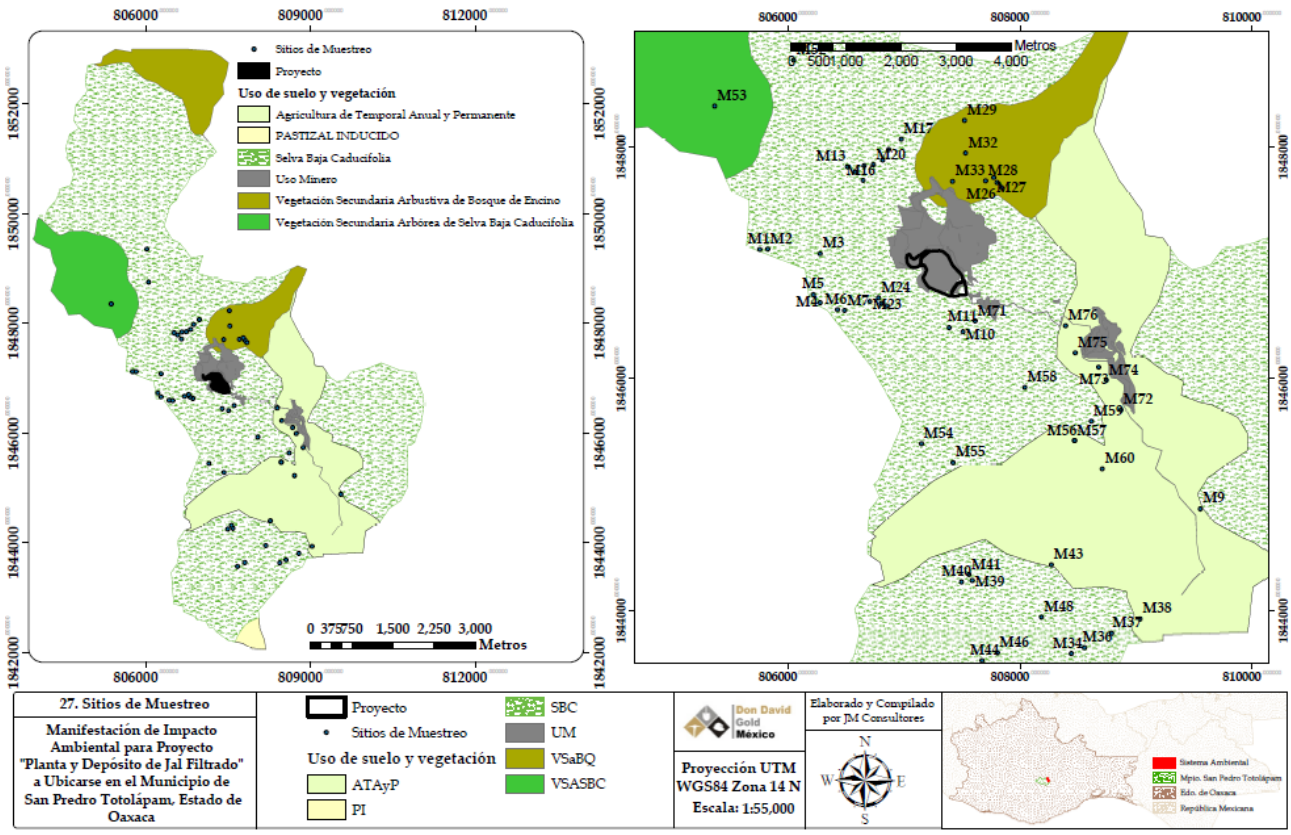


Figura IV. 30. Sitios de muestreo

Para evaluar la confiabilidad del muestreo se utilizaron estimadores paramétricos y no paramétricos para evaluar la acumulación de especies y estimar las especies que se esperan encontrar para cada estrato.

Análisis paramétrico

Con los datos obtenidos en cada sitio se construyó primero la curva suavizada de acumulación de especies observadas (i.e., la curva de rarefacción basada en muestras, que representa la esperanza estadística del número de especies observado al remuestrear en el

total de unidades de muestreo de cada sitio con esfuerzos crecientes; Gotelli & Colwell, 2001); así, obtuvimos el valor medio de especies observadas con 1, 2, 3… n unidades de muestreo (Sobs Mao Tao; Colwell et al., 2004). Después, se ajustaron las curvas obtenidas a un modelo matemático asintótico ampliamente usado en estudios de ecología y biogeografía (Soberón & Llorente, 1993; Flather, 1996; Tjorve, 2003): el modelo logístico, de Morgan–Mercer–Flodin, donde las especies esperadas son igual a la variable a que en este caso representa la asíntota. Para suavizar la curva se utilizó el programa Estimates y para desarrollar el modelo el programa Past.

Análisis no paramétrico

Los estimadores no paramétricos se estimaron en el programa Estimates, donde se ingresa una matriz con los datos de especies y el número de individuos registrados por sitio, el programa realiza una aleatorización de las muestras y nos da como resultado el número de especies esperadas de acuerdo con varios estimadores.

El análisis se realiza en el programa Estimate 9.10 el aleatoriza los datos para posteriormente procesarlos en Excel, en el cual se analizan los datos de la siguiente manera:

1. Primeramente debemos construir la matriz de datos, una matriz en la que las filas representan las especies y las columnas las unidades de esfuerzo de muestreo.

2. El archivo se carga en el programa Estimates y se introduce el número de aleatorizaciones deseadas (recomendamos un mínimo de 50).

3. De la tabla de resultados nos interesan las dos primeras columnas: el número de muestras y el número de especies promedio acumuladas, así como los estimadores Chao1 y ACE.

Para el caso del presente análisis se utilizarán los estimadores CHAO1 y ACE, que son los que se utilizan cuando el análisis se realiza con datos de especies y número de individuos, a continuación, se describen los mismos.

CHAO1. Se ha llamado Chao1 al estimador de Chao1 basado en la abundancia. Esto quiere decir que los datos que requiere se refieren a la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra. Una muestra es cualquier lista de especies en un sitio, localidad, cuadrante, país, unidad de tiempo, trampa, etcétera. Como sabemos, hay

muchas especies que sólo están representadas por pocos individuos en una muestra (especies raras), comparadas con las especies comunes, que pueden estar representadas por numerosos individuos. El estimador de Chao1 se basa en la presencia de las primeras. Es decir, requerimos saber cuántas especies están representadas por sólo un individuo en la muestra (singletons), y cuántas especies están representadas por exactamente dos individuos (doubletons): Sest= Sobs+F2/2G, donde: Sest es el número de clases (en este caso, número de especies) que deseamos conocer, Sobs es el número de especies observado en una muestra, F es el número de singletons y G es el número de doubletons. En Estimates se ha integrado además una fórmula corregida para este modelo, la cual se aplica cuando el número de doubletons es cero: Sest= Sobs+((F2/2G+1)-(FG/2(G+1)2)).

ACE. - (Abundance-based Coverage Estimator) es una modificación de otros estimadores basados en datos de abundancia que superestimaban la riqueza de especies cuando el número de muestras era bajo (Colwell & Coddington 1994), por lo que está basado en el concepto estadístico de cobertura de muestreo, que se refiere a la suma de las probabilidades de encontrar especies observadas dentro del total de especies presentes, pero no observadas (Colwell 2004). El estimador ACE utiliza para las estimativas diez o menos individuos por muestra, (Lee & Chao 1994).

Mediante la relación de la riqueza estimada (Sestimada) y la riqueza verdadera (Sverdadera) se calculó el sesgo y la exactitud de los dos estimadores de riqueza no paramétricos. Las fórmulas utilizadas fueron (Chiarruci *et al.*, 2003):

$$\text{Sesgo} = (S_{\text{estimada}} - S_{\text{verdadera}}) / S_{\text{verdadera}}$$

$$\text{Exactitud} = ((S_{\text{estimada}} - S_{\text{verdadera}})/ S_{\text{verdadera}})^2$$

El sesgo indica la sobreestimación o la subestimación de la riqueza y la exactitud indica la cercanía de la riqueza estimada a la riqueza verdadera. Tanto el sesgo como la exactitud tienen valores de -1 a 1, y los valores cercanos a cero son los menos sesgados o los más exactos respectivamente. (Palmer, 1990; Brose *et al.*, 2003).

A continuación, se muestran los resultados de dicho procedimiento para el muestreo realizado para el sistema ambiental, es decir para los 58 sitios realizados para el tipo de

vegetación que se verá afectada, analizado con el modelo de Logístico (paramétrico) y con CHAO1 y ACE (no paramétricos).

Estrato arboreo para análisis de vegetación en sistema ambiental

Tabla IV. 30. Datos para sitios y matriz ingresada a Estimates para estrato arbóreo del sistema ambiental

Especies		Sitios																			
Nombre Científico	Clave	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Pseudosmodingium andrieuxii	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acacia angustissima	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Senna atomaria	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bourreria rubra	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	2	0	2	1	4	3	0	0
Acacia cochliacantha	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceiba acuminata	19	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0	2	10	0	1	1	1	0
Amphipterygium adstringens	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	2	0	0	0
Ipomoea wolcottiana	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spondias mombin	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	3	0	0	0	4	7	0	0
Gyrocarpus mocinoi	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursera heliae	25	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursera schlechtendalii	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	1	0	1	0	7	1	2	0	0
Cnidoscolus megacanthus	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursera galeottiana	30	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	17	0	5	2	0	0	0
Bursera fragilis	33	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	2	2	1	0	0	0
Bursera glabrifolia	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
No identificado	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lysiloma microphyllum	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	12	2	3	1	2	3	0	0
Capparis incana	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursera ariensis	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	5	0	0	0	0
Bursera laurihuertae	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chloroleucon mangense	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Wimmeria microphylla	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursera grandifolia	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plumeria rubra	68	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prosopis laevigata	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acacia pringlei	77	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Prosopis glandulosa	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hintonia latiflora	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	1	0	0
Poeppigia procera	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wimeria confusa	93	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acacia farnesiana	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia tremula	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Acacia macracantha	104	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erythroxylum rotundifolium	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Rhus copallinum	107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus devoniana	108	0	0	0	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus aristata	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Byrsonima crassifolia	110	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus glaucoides	111	0	0	30	2	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ouratea mexicana	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guaiacum sanctum	128	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cercidium plurifoliatum	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total general	3	4	30	14	37	0	0	19	1	8	24	19	20	31	22	25	17	18	3	0
Especies		Sitios																			
Nombre Científico	Clave	23	24	25	26	27	28	29	32	33	34	36	37	38	39	40	41	43	44	46	48
Pseudosmodingium andrieuxii	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acacia angustissima	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Senna atomaria	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bourreria rubra	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1

Acacia cochliacantha	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	1
Ceiba acuminata	19	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	5	3	8	3	0	0	1
Amphipterygium adstringens	20	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	1	4	1	1	3	0	0	11
Ipomoea wolcottiana	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Spondias mombin	22	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Gyrocarpus mocinoi	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	1	1	0	0	0	0
Bursera heliae	25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	14	0
Bursera schlechtendalii	26	0	0	0	0	3	0	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	4	0	0	6
Cnidoscolus megacanthus	27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursera galeottiana	30	0	0	1	1	3	6	1	5	0	4	0	0	2	0	5	2	1	7	0	28
Bursera fragilis	33	0	1	0	0	1	0	0	3	0	2	0	0	0	3	4	1	4	1	1	3
Bursera glabrifolia	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No identificado	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lysiloma microphyllum	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	2	4	1	0	0	0	0
Capparis incana	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursera ariensis	48	0	0	0	0	0	1	5	1	0	3	0	0	1	9	3	3	2	0	0	5
Bursera laurihuertae	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chloroleucon mangense	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wimmeria microphylla	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bursera grandifolia	67	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plumeria rubra	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prosopis laevigata	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acacia pringlei	77	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prosopis glandulosa	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hintonia latiflora	84	0	0	0	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Poeppigia procera	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Wimeria confusa	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	0
Acacia farnesiana	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Casearia tremula	98	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Acacia macracantha	104	2	9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
Erythroxylum rotundifolium	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhus copallinum	107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	2	0
Pinus devoniana	108	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus aristata	109	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Byrsonima crassifolia	110	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Quercus glaucoides	111	0	0	4	0	29	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ouratea mexicana	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guaiacum sanctum	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cercidium plurifoliatum	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	1	2	5	0	0	0	0
	Total general	3	10	7	5	37	28	24	21	26	30	11	1	13	29	24	30	17	27	25	57

Especies		Sitios																		
Nombre Científico	Clave	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	71	72	73	74	75	76	Total general
Pseudosmodingium andrieuxii	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	4
Acacia angustissima	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Senna atomaria	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
Bourreria rubra	10	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	29
Acacia cochliacantha	13	0	0	5	2	0	0	1	0	1	0	2	2	1	0	1	3	0	1	28
Ceiba acuminata	19	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	1	55
Amphipterygium adstringens	20	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	4	3	0	0	3	3	0	0	50
Ipomoea wolcottiana	21	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Spondias mombin	22	0	0	2	6	0	0	0	0	13	14	1	17	0	0	13	2	0	0	100
Gyrocarpus mocinoi	24	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Bursera heliae	25	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	3	0	0	37
Bursera schlechtendalii	26	0	0	2	0	3	0	0	0	4	0	1	6	0	0	1	0	0	0	53
Cnidoscolus megacanthus	27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
Bursera galeottiana	30	3	0	1	9	0	5	0	0	4	1	0	0	0	2	2	2	0	0	124

Bursera fragilis	33	0	0	4	4	1	0	0	0	5	3	0	10	0	1	3	4	0	1	69
Bursera glabrifolia	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
No identificado	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Lysiloma microphyllum	46	0	0	0	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	5	0	0	0	55
Capparis incana	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Bursera ariensis	48	0	0	3	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	59
Bursera laurihuertae	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	10
Chloroleucon mangense	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
Wimmeria microphylla	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Bursera grandifolia	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8
Plumeria rubra	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	6
Prosopis laevigata	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Acacia pringlei	77	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
Prosopis glandulosa	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Hintonia latiflora	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
Poeppigia procera	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Wimeria confusa	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
Acacia farnesiana	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Casearia tremula	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12
Acacia macracantha	104	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	24
Erythroxylum rotundifolium	105	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Rhus copallinum	107	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	9
Pinus devoniana	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
Quercus aristata	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
Byrsonima crassifolia	110	0	12	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	24
Quercus glaucoides	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
Ouratea mexicana	122	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Guaiacum sanctum	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4

Cercidium plurifoliatum	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	19
	Total general	5	12	19	36	11	6	2	4	36	27	10	46	5	7	40	30	2	7	1025

Para el estrato arbóreo del análisis de la vegetación de la sistema ambiental, se realizaron en total 58 sitios, de los cuales en 55 se observaron árboles, identificando 43 especies. A continuación se presentan los resultados del análisis del modelo de de Clench, el cual es parmétrico y para estimadores no paramétricos ACE y CHAO1 que son estimadores que se utilizan cuando los datos se manejan con abundancias.

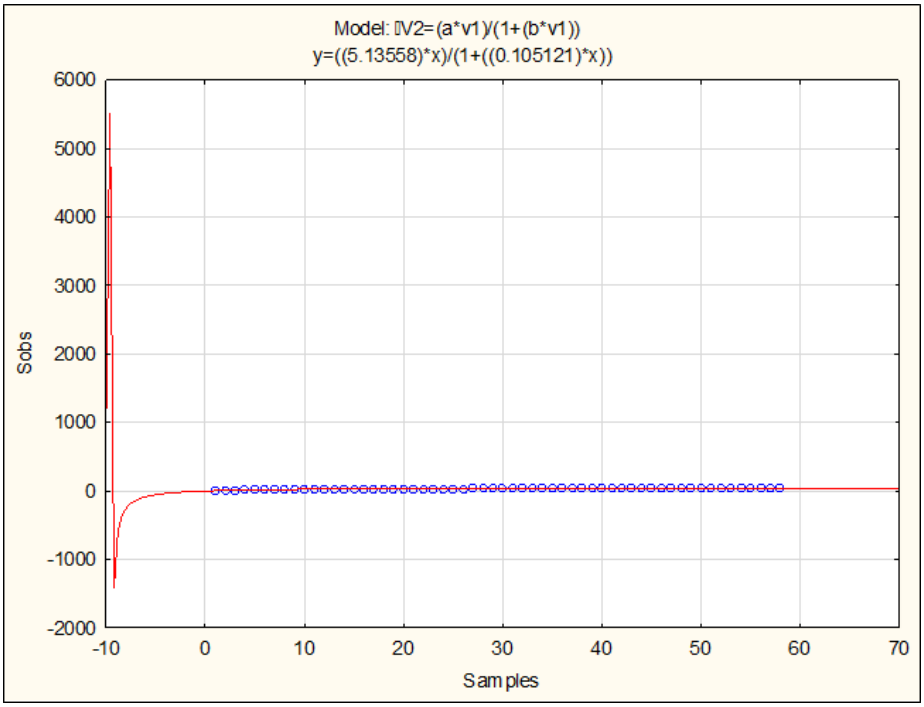


Figura IV. 1. Clench para estrato arbóreo de sistema ambiental

Tabla IV. 31. Valores para modelo de Clench del estrato arbóreo

Modelo de Clench	
% Confianza	95.00%
A	5.13558
B	0.105121
Pendiente	0.102
% Especies	0.880
Sitios	180.744
n	58
spp	43
Modelo de Clench	42

El cálculo de la pendiente de la curva corresponde a 0.1, recordando que valores menores a 0.1 indican que el inventario es completo y fiable, en este caso el muestreo es suficiente. Por otro lado, los cálculos indican que se registró el 88% de las especies en la zona, y que con una confiabilidad del 95% se tendrían que realizar 180 sitios de muestreo adicionales para aumentar el conocimiento en 12% para registrar el 100%, por lo que los datos obtenidos son confiables para realizar el análisis de diversidad. Asimismo, el cálculo de la asíntota, que es igual al número de especies esperadas para este estrato es de 42, por lo que al observar 43 especies durante el muestro se alcanza el valor de asíntota, reforzando el análisis e indicando que el muestreo es confiable para estimar índices de diversidad. Con respecto a los estimadores no paramétricos, se utilizaron los estimadores ACE y CHAO1, siendo estos los estimadores que se usan cuando los datos se manejan con abundancias (número de individuos) y estiman el número de especies esperadas. A continuación, se presenta los resultados del análisis de los mismos.

Tabla IV. 32. Estimadores para estrato arbóreo

Samples	Sobs	ACE	Chao 1
1	5.72	0	6.81
2	10.02	13.91	11.83
3	13.35	17.61	16.15
4	15.99	20.39	19.34
5	18.16	22.37	21.72
6	19.98	24.25	23.46
7	21.54	25.83	25.89
8	22.89	27.51	27.38
9	24.09	28.38	29.1
10	25.17	29.84	30.84
11	26.14	31.44	32.33
12	27.03	32	33.04
13	27.85	32.8	33.54
14	28.61	33.42	33.39
15	29.32	34.65	34.97
16	29.98	35.9	37.32
17	30.61	35.78	36.69
18	31.2	36.31	36.62
19	31.75	37.41	37.73
20	32.28	37.77	37.88
21	32.79	38.66	39.39

Samples	Sobs	ACE	Chao 1
22	33.27	38.95	39.52
23	33.73	39.36	39.8
24	34.17	39.66	40.12
25	34.59	40.17	40.76
26	35	40.93	41.63
27	35.39	41.39	41.74
28	35.77	41.82	42.34
29	36.13	42.02	42.14
30	36.48	42.38	43.56
31	36.82	42.88	43.89
32	37.15	42.93	44.73
33	37.47	43.32	45.02
34	37.78	43.81	44.28
35	38.07	44.02	44.66
36	38.36	44.06	45.21
37	38.64	44.45	45.57
38	38.91	44.52	45.22
39	39.18	44.76	45.73
40	39.43	45.36	45.73
41	39.68	45.43	46.15
42	39.93	45.84	46.5
43	40.16	45.83	46.45
44	40.39	45.97	46.8
45	40.63	46.04	47.38
46	40.83	46.28	47.69
47	41.04	46.42	47.95
48	41.24	46.78	48.75
49	41.44	46.98	49.46
50	41.63	47.12	49.45
51	41.82	47.02	50.13
52	42	46.77	49.52
53	42.18	46.86	49.4
54	42.35	46.83	49.72
55	42.52	46.89	49.62
56	42.69	47.15	50.2
57	42.84	47.3	50.55
58	43	47.41	50.49

Samples	Sobs	ACE	Chao 1
% de especies registradas		90.6981649	85.1653793

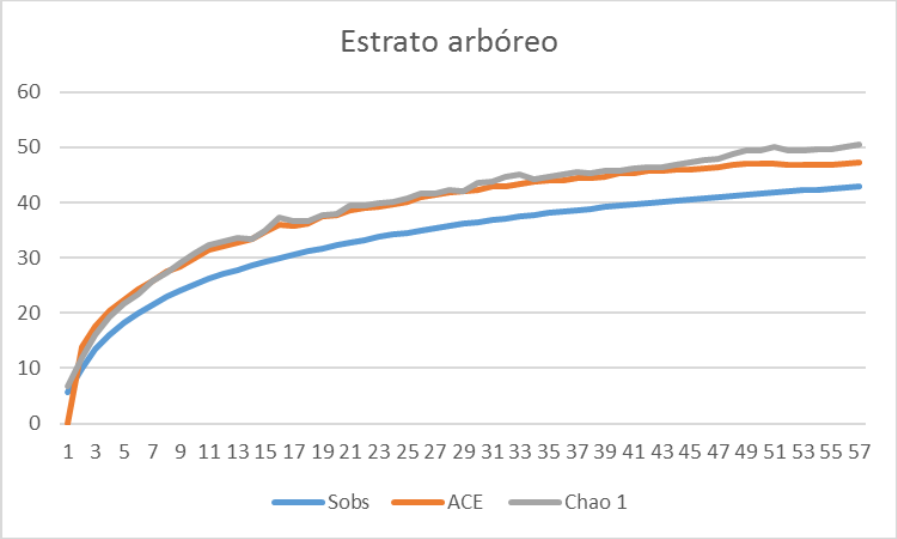


Figura IV. 31. Estimadores para estrato arbóreo

Tabla IV. 33. Sesgo y exactitud para estimadores no paramétricos del estrato arbóreo

CHAO1		ACE	
Sverdadera	43	Sverdadera	43
Sestimada	50.49	Sestimada	47.41
Sesgo	0.174	Sesgo	0.103
Exactitud	0.030	Exactitud	0.011

Como se observa en la figura y tablas anteriores el estimador ACE espera encontrar 47.41 especies, el estimador CHAO1 espera encontrar 50.49 especies, por lo que se registraron el 90.69% y el 85.16% de las especies esperadas. Con respecto al cálculo del sesgo y la exactitud se un valor de 0.03 de sesgo para CHAO1 y un 0.103 de sesgo para ACE; de igual manera se tiene un 0.030 de valor para la exactitud en el caso de CHAO1, para ACE el valor es de 0.011, recordando que valores cercanos a 0 se consideran confiables, por lo que el muestreo se considera confiable para estimar índices de diversidad.

Estrato arbustivo para análisis de vegetación de la sistema ambiental

Para el estrato arbustivo se realizaron 58 sitios de muestreo, encontrando 38 especies en los 58 sitios. A continuación, se presentan los resultados de los estimadores paramétricos y no paramétricos.

Tabla IV. 34. Matriz de datos para estrato arbustivo de análisis para sistema ambiental

Especie		Sitios																			
Nombre Científico	Clave	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Senna nicaraguensis	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mimosa aculeaticarpa	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Bauhinia divaricata	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guaiacum coulteri	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Euphorbia schlechtendalii	28	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serjania mexicana	36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coursetia glandulosa	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Lysiloma divaricatum	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mimosa acantholoba	41	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Senna holwayana	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melochia tomentosa	56	0	3	0	0	0	0	0	2	3	4	0	0	1	0	2	2	0	0	0	0
Nasturtium officinale	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eysenhardtia polystachya	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Aeschynomene compacta	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Piptadenia flava	69	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	2	0	1	0	0	0	2	1	0	0
Heliocarpus pallidus	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gaultheria acuminata	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Iresine Calea	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salvia melissodora	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diphysa humilis	78	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serjania brachycarpa	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ziziphus amole	82	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudosmodingium multifolium	83	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Manilkara zapota	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Dodonaea viscosa	87	0	0	4	4	2	7	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4

Viguiera dentata	88	0	0	1	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	
Colubrina elliptica	89	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Comocladia macrophylla	90	4	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Karwinskia humboldtiana	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	
Haematoxylom brasiletto	95	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	1	1	0	
Cordia elaeagnoides	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sin identificar	99	1	2	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Poiretia punctata	101	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Eupatorium collinum	118	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ageratum houstonianum	125	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Forchhammeria pallida	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	
Chamaecrista diphylla	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Luehea spp	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total general		8	11	7	8	4	9	11	8	15	16	5	5	4	0	4	5	7	8	7	8
Especie		Sitios																			
Nombre Científico	Clave	23	24	25	26	27	28	29	32	33	34	36	37	38	39	40	41	43	44	46	48
Senna nicaraguensis	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mimosa aculeaticarpa	2	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Bauhinia divaricata	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guaiacum coulteri	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Euphorbia schlechtendalii	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Serjania mexicana	36	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coursetia glandulosa	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Lysiloma divaricatum	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mimosa acantholoba	41	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Senna holwayana	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melochia tomentosa	56	1	0	0	0	0	2	2	1	0	3	0	3	3	2	3	2	3	1	0	0
Nasturtium officinale	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Eysenhardtia polystachya	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aeschynomene compacta	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Piptadenia flava	69	3	0	0	0	0	2	2	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Heliocarpus pallidus	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gaultheria acuminata	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iresine Calea	72	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salvia melissodora	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diphysa humilis	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serjania brachycarpa	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ziziphus amole	82	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	1	1	1	2	0	0	1
Pseudosmodingium multifolium	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
Manilkara zapota	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dodonaea viscosa	87	2	3	3	5	1	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Viguiera dentata	88	2	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Colubrina elliptica	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Comocladia macrophylla	90	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Karwinskia humboldtiana	92	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	1	3	1	0
Haematoxylom brasiletto	95	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	3	0	0	0	1
Cordia elaeagnoides	96	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sin identificar	99	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poiretia punctata	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eupatorium collinum	118	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ageratum houstonianum	125	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forchhammeria pallida	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chamaecrista diphylla	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Luehea spp	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general		14	11	11	12	5	12	6	5	8	9	5	6	6	7	7	6	6	7	11	10
Especie		Sitios																			

Nombre Científico	Clave	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	71	72	73	74	75	76	Total general
Senna nicaraguensis	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	8
Mimosa aculeaticarpa	2	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	3	1	0	3	3	1	29
Bauhinia divaricata	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	5
Guaiacum coulteri	16	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8
Euphorbia schlechtendalii	28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Serjania mexicana	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7
Coursetia glandulosa	37	0	0	3	4	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	2	0	2	20
Lysiloma divaricatum	40	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Mimosa acantholoba	41	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	12
Senna holwayana	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Melochia tomentosa	56	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	51
Nasturtium officinale	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Eysenhardtia polystachya	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	8
Aeschynomene compacta	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	2	0	0	1	1	4	0	22
Piptadenia flava	69	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1	1	1	0	0	0	2	0	1	36
Heliocarpus pallidus	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Gaultheria acuminata	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3
Iresine Calea	72	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	3	0	13
Salvia melissodora	75	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Diphysa humilis	78	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Serjania brachycarpa	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Ziziphus amole	82	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	21
Pseudosmodingium multifolium	83	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Manilkara zapota	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dodonaea viscosa	87	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	62
Viguiera dentata	88	3	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Colubrina elliptica	89	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5

Comocladia macrophylla	90	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
Karwinskia humboldtiana	92	0	0	2	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Haematoxylom brasiletto	95	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Cordia elaeagnoides	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7
Sin identificar	99	2	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
Poiretia punctata	101	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Eupatorium collinum	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Ageratum houstonianum	125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Forchhammeria pallida	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Chamaecrista diphylla	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Luehea spp	138	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total general		12	8	14	12	9	13	8	8	6	7	12	11	10	6	5	15	13	8	491

Resultados de análisis de Clench (paramétrico):

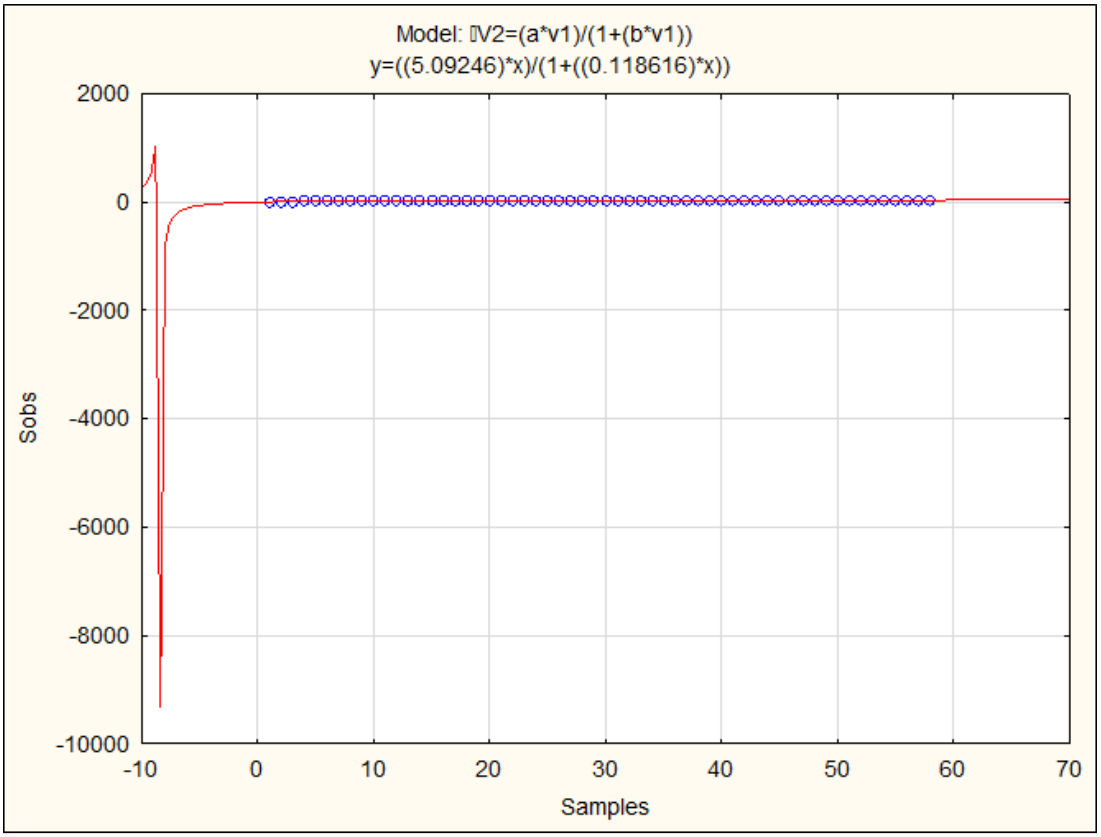


Figura IV. 32. Modelo de Clench para estrato arbustivo

Tabla IV. 35. Valores del modelo de Clench para estrato arbustivo

Modelo de Clench	
% Confianza	95.00%
A	5.09246
B	0.118616
Pendiente	0.082
% Especies	0.885
Sitios	160.181
n	58
spp	38
Modelo de Clench	37

Como se observa en la tabla anterior el modelo de Clench nos indica con un 95% de confianza que se esperan encontrar 37 especies, que el cálculo de la pendiente obtiene un

valor de 0.082 y que se registró el 88.5% de la vegetación, por lo tanto, al haber encontrado 38 especies se alcanza la asíntota del modelo, por lo que se registra el 100% de las especies esperadas, el valor de la pendiente es menor a 0.1 alcanzando un muestreo confiable, debido a que el modelo de Clench nunca es finito en cuanto al número de muestras necesarias, al haber alcanzado la asíntota (número de especies esperadas) el muestreo es suficiente para estimar índices de diversidad.

Con respecto a los estimadores no paramétricos, CHAO1 indica que se deben encontrar 41.02 especies e igualmente ACE estima que deben ser 42.99 las especies esperadas.

Tabla IV. 36. Estimadores no paramétricos para estrato arbustivo

Samples	Sobs	ACE	Chao 1
1	5.02	10.27	7.14
2	8.9	15.53	13.41
3	11.99	20.9	18.76
4	14.49	23.64	21.44
5	16.57	24.27	23.07
6	18.32	25.48	23.78
7	19.83	26.22	24.58
8	21.14	27.91	26.44
9	22.3	27.97	27.52
10	23.34	28.47	28.67
11	24.26	29.79	30.1
12	25.11	30.24	29.83
13	25.88	31.15	30.39
14	26.58	31.48	31.06
15	27.23	32.02	31.45
16	27.83	32.22	31.97
17	28.39	32.76	32.48
18	28.91	33.6	33.52
19	29.4	34.04	34.48
20	29.86	34.2	34.42
21	30.29	34.68	35.01
22	30.7	34.99	35.44
23	31.08	35.22	35.31
24	31.44	35.58	35.7
25	31.78	35.67	36.29

Samples	Sobs	ACE	Chao 1
26	32.11	35.75	35.77
27	32.42	36.3	36.42
28	32.72	36.45	36.84
29	33	36.69	37.21
30	33.27	37.07	37.93
31	33.52	37.21	38.32
32	33.77	37.52	38.95
33	34	37.77	39.62
34	34.23	37.87	39.18
35	34.45	37.92	39.24
36	34.66	38.12	39.35
37	34.86	38.46	40
38	35.05	38.53	40.23
39	35.24	38.83	40.76
40	35.42	38.91	40.56
41	35.6	39.25	41.32
42	35.77	39.48	41.48
43	35.93	39.51	41.6
44	36.1	39.71	41.95
45	36.26	39.88	42.11
46	36.4	39.95	42.1
47	36.55	40.11	42.4
48	36.7	40.26	42.54
49	36.84	40.27	42.41
50	36.98	40.38	42.12
51	37.11	40.29	42.05
52	37.25	40.34	42.22
53	37.38	40.35	42.21
54	37.51	40.55	42.36
55	37.63	40.6	42.34
56	37.76	40.69	42.56
57	37.88	40.84	42.81
58	38	41.02	42.99
% de especies registradas		92.6377377	88.3926495

Como se observa en la tabla anterior se espera encontrar de acuerdo con Chao1 41.02 especies y de acuerdo con ACE son 42.99 especies las que se deben encontrar, por lo tanto

al haber encontrado durante el muestreo 38 especies, se registra entre el 88.39 y 92.63% de las especies esperadas, resultando que el muestreo es confiable para estimar índices de diversidad. Asimismo en la figura siguiente se puede apreciar que en el gráfico los estimadores se sobreponen con las especies observadas y tanto especies observadas y especies estimadas a encontrar alcanzan la asíntota.

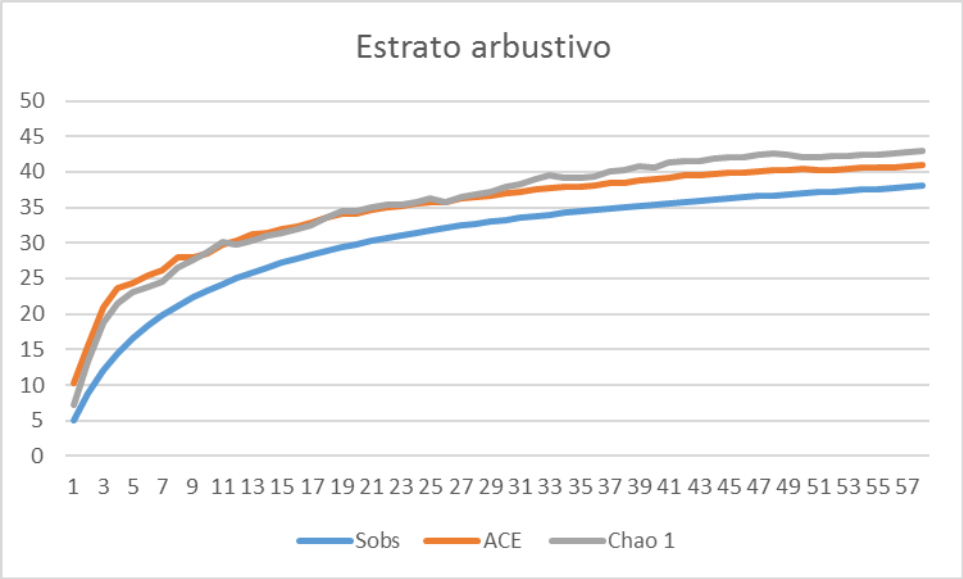


Figura IV. 33. Estimadores para estrato arbustivo

Tabla IV. 37. Cálculo de Sesgo y Exactitud para estrato arbustivo

CHAO1		ACE	
Sverdadera	38	Sverdadera	38
Sestimada	41.02	Sestimada	42.99
Sesgo	0.079	Sesgo	0.131
Exactitud	0.006	Exactitud	0.017

Para el caso del estrato arbustivo el sesgo es igual a 0.079 para Chao1 y 0.131 para ACE es decir que el sesgo en cuanto a la estiamación de las especies esperadas para ambos estimadores es mínimo; asimismo la exactitud de las especies esperadas es 0.006 para Chao y 0.017 para ACE, recordando que ambos valores (sesgo y exactitud) obtienen valores que van de -1 a 1 siendo 0 el menos sesgado y el más exacto, los valores obtenidos para este estrato nos indican un muestreo confiable.

Estrato cactáceo para análisis de vegetación de la sistema ambiental

Al igual que para los estratos anteriores se realizaron 58 sitios de muestreo, sin embargo solo se encontraron especies pertenecientes al estrato cactáceo para 57 de los sitios realizados, a continuación se presentan los análisis paramétricos y no paramétricos para dicho estrato.

Tabla IV. 38. Matriz de datos para estrato cactáceo del sistema ambiental

Especies		Sitios																			
Nombre Científico	Clave	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Nopalea auberi	3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Myrtillocactus geometrizans	7	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	4	8	6	5	4	1	6	3	3	1
Opuntia pubescens	15	3	3	3	9	3	6	5	0	2	1	0	2	0	2	0	0	0	0	3	6
Cephalocereus chrysacanthus	31	3	4	1	0	0	0	0	0	4	3	0	6	3	3	3	7	2	6	0	3
Agave rhodacantha	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escontria chiotilla	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neobuxbaumia mezcalaensis	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	5	6	3	4	0	0
Agave vivipara	66	1	1	2	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	2	1	1	0	0
Mammillaria carnea	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ferocactus robustus	94	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agave nizandensis	100	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Agave marmorata	113	2	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Myrtillocactus schenckii	115	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agave seemanniana	123	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agave kerchovei	124	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yucca elata	126	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mammillaria karwinskiana	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Coryphantha elephantidens subsp. bumamma	131	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Opuntia velutina var. affinis	132	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	2	0
Mammillaria lanata	133	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Nyctocereus oaxacensis	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acanthocereus horridus	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total general	11	12	14	13	12	6	5	7	18	12	5	23	13	16	13	19	13	15	11	10

Especies		Sitios																				
Nombre Científico	Clave	23	24	25	26	27	28	29	32	33	34	36	37	38	39	40	41	43	44	46	48
Nopalea auberi	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Myrtillocactus geometrizans	7	2	1	0	0	2	2	8	0	1	11	9	11	6	4	5	4	5	3	0	1
Opuntia pubescens	15	3	0	4	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Cephalocereus chrysacanthus	31	4	3	0	0	3	5	8	1	0	9	6	1	8	4	1	2	7	5	6	3
Agave rhodacantha	32	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escontria chiotilla	49	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	0	0	1
Neobuxbaumia mezcalaensis	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	9	3	2	2	3	3	2	2
Agave vivipara	66	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mammillaria carnea	73	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	2	1	0
Ferocactus robustus	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Agave nizandensis	100	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Agave marmorata	113	0	0	1	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myrtillocactus schenckii	115	2	0	0	0	0	0	9	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Agave seemanniana	123	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agave kerchovei	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yucca elata	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mammillaria karwinskiana	127	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0
Coryphantha elephantidens subsp. bumamma	131	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Opuntia velutina var. affinis	132	2	1	0	0	4	0	0	0	2	6	4	3	2	4	1	3	1	1	0	1
Mammillaria lanata	133	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nyctocereus oaxacensis	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Acanthocereus horridus	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total general	18	7	5	1	19	8	29	7	4	34	22	19	25	19	11	17	17	16	10	11
Especies		Sitios																				

Nombre Científico	Clave	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	71	72	73	74	75	76	Total general
Nopalea auberi	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	15
Myrtillocactus geometrizans	7	1	0	3	4	0	1	0	0	1	5	0	1	3	0	0	0	0	3	141
Opuntia pubescens	15	0	3	1	3	0	0	0	1	0	0	2	2	1	0	0	0	1	1	76
Cephalocereus chrysacanthus	31	2	1	3	1	3	3	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	0	3	148
Agave rhodacantha	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	5
Escontria chiotilla	49	0	0	1	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0	0	21
Neobuxbaumia mezcalaensis	50	2	0	3	6	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	81
Agave vivipara	66	2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	24
Mammillaria carnea	73	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Ferocactus robustus	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Agave nizandensis	100	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Agave marmorata	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	20
Myrtillocactus schenckii	115	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	24
Agave seemanniana	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Agave kerchovei	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Yucca elata	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Mammillaria karwinskiana	127	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Coryphantha elephantidens subsp. bumamma	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	18
Opuntia velutina var. affinis	132	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	55
Mammillaria lanata	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Nyctocereus oaxacensis	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Acanthocereus horridus	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total general		9	4	15	17	17	7		4	7	6	4	11	5	5	7	7	1	12	685

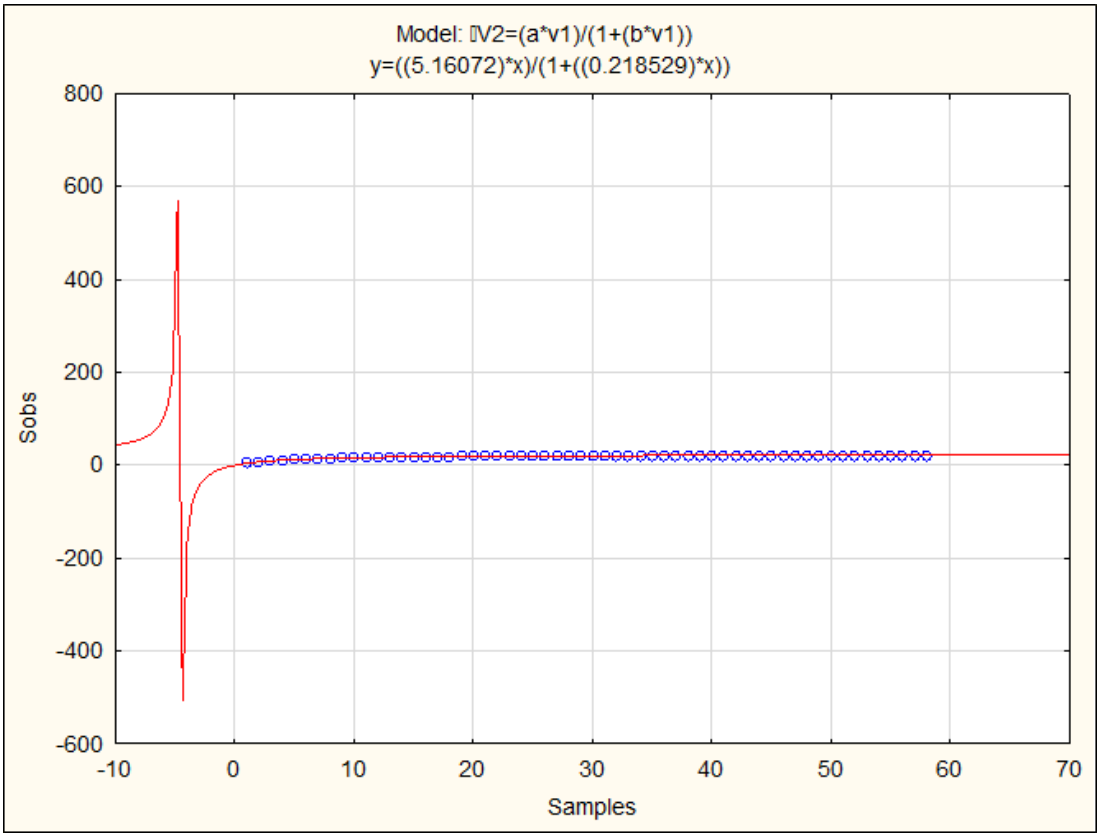


Figura IV. 34. Modelo de Clench para estrato cactáceo

Tabla IV. 39. Valores para modelo de Clench de estrato Cactáceo

Modelo de Clench	
% Confianza	95.00%
A	5.16072
B	0.218529
Pendiente	0.028
% Especies	0.932
Sitios	86.945
n	58
spp	22
Modelo de Clench	22

Como se observa en la tabla anterior el modelo de Clench nos indica con un 95% de confianza que se pueden encontrar 22 especies (con la sustitución del valor de y de acuerdo con el modelo), con el valor empirico de Clench, se nos indica que pueden observarse 22 especies, por lo tanto se registro el 93.2% de las especies, asimismo el cálculo de la

pendiente es igual a 0.028 por lo que al ser menor de 0.1 se obtiene un muestreo confiable, con el registro del 93.2% de la vegetación y para conocer el 100% de la vegetación con un 95% de confianza, sería necesario realizar 86.94 sitios adicionales para conocer la vegetación en un 6.8%, por lo que el inventario se considera confiable para desarrollar índices de diversidad.

Con respecto a los estimadores no paramétricos, CHAO1 indica que se deben encontrar 23 especies e igualmente ACE estima que deben ser 24.13 las especies esperadas, a continuación, se presentan los valores para los análisis no paramétricos.

Tabla IV. 40. Estimadores no paramétricos para estrato cactáceo

Samples	Sobs	ACE	Chao 1
1	4.76	8.07	6.46
2	7.67	11.65	9.69
3	9.68	13.33	12
4	11.19	15.96	14.09
5	12.38	17.41	15.72
6	13.37	17.99	16.08
7	14.2	19.07	17.46
8	14.91	19.59	18.54
9	15.52	19.48	18.49
10	16.06	19.55	18.63
11	16.54	19.93	19
12	16.96	20.08	18.98
13	17.34	20.09	19.06
14	17.67	20.39	19.13
15	17.98	20.39	19.37
16	18.25	20.42	19.57
17	18.5	20.22	19.66
18	18.73	20.05	19.34
19	18.94	20.43	20.13
20	19.14	20.6	20.51
21	19.31	20.93	20.58
22	19.48	21.24	20.9
23	19.63	21.19	20.74
24	19.78	21.29	20.83
25	19.91	21.42	21

Samples	Sobs	ACE	Chao 1
26	20.04	21.41	21.02
27	20.15	21.54	21.25
28	20.26	21.71	21.36
29	20.37	21.73	21.34
30	20.47	21.86	21.36
31	20.56	21.84	21.39
32	20.65	21.94	21.48
33	20.73	22.02	21.54
34	20.81	21.97	21.45
35	20.89	22.04	21.54
36	20.96	22.05	21.58
37	21.03	22.1	21.65
38	21.09	22.11	21.64
39	21.16	22.23	21.72
40	21.22	22.23	21.73
41	21.27	22.32	21.9
42	21.33	22.5	22.21
43	21.38	22.48	22.19
44	21.43	22.54	22.27
45	21.49	22.53	22.28
46	21.53	22.54	22.23
47	21.58	22.6	22.31
48	21.62	22.59	22.31
49	21.66	22.65	22.39
50	21.7	22.61	22.38
51	21.74	22.62	22.44
52	21.78	22.66	22.45
53	21.82	22.66	22.48
54	21.86	22.65	22.51
55	21.89	22.72	22.68
56	21.93	22.76	22.77
57	21.97	22.79	22.84
58	22	22.87	23
% de especies registradas		96.1958898	95.6521739

Como se observa en la tabla anterior de acuerdo con CHAO1 se pueden encontrar 23 especies, por lo que al haber encontrado 22 especies durante el muestreo, se registro el

95.65% de las especies esperadas. Asimismo, para el caso del estimador ACE nos indica que se pueden encontrar 22.87 especies, por lo que se registró el 96.19% de las especies esperadas de acuerdo con este estimador. En la siguiente gráfica se observa el comportamiento de las especies esperadas contra las especies observadas.

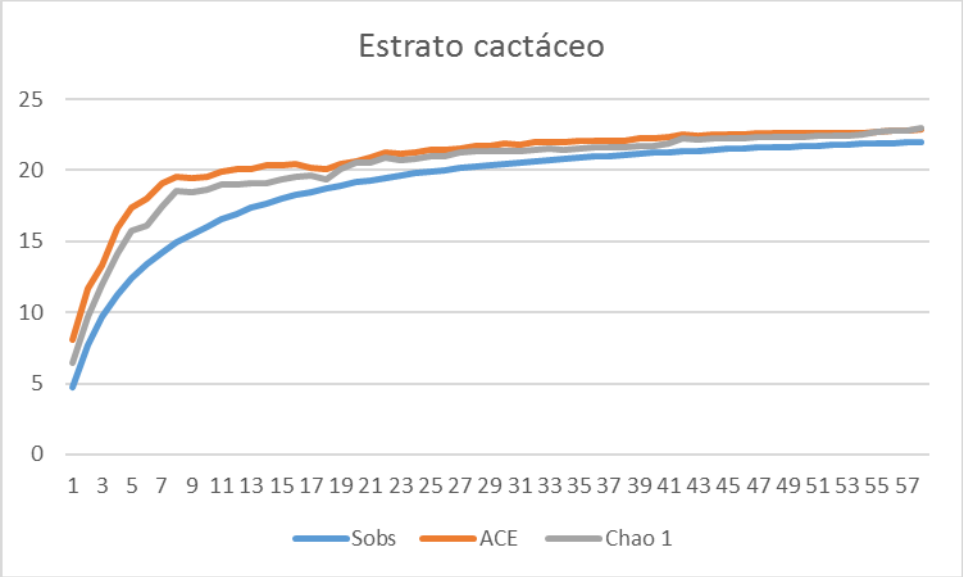


Figura IV. 35. Estimadores no paramétricos para estrato cactáceo

Tabla IV. 41. Sesgo y Exactitud

CHAO1		ACE	
Sverdadera	22	Sverdadera	22
Sestimada	22.87	Sestimada	23
Sesgo	0.040	Sesgo	0.045
Exactitud	0.002	Exactitud	0.002

Con respecto al sesgo y exactitud con que los estimadores determinan cuantas especies son las que pueden observarse, en el caso de ACE el sesgo es de 0.045 y la exactitud es de 0.002 por lo que al ser ambas cercanas a 0 recordando que los valores que pueden alcanzar van de -1 a 1 y el valor de 0 es el valor ideal que indica que no existe sesgo y/o que la muestra es exacta, se observa que el sesgo no es significante por lo que la estima es correcta, asimismo la exactitud de la estimación es muy cercana a 0 por lo que es confiable la estimación.

Con respecto al estimador CHAO1 el sesgo y la exactitud son igual a 0.040 y 0.002, al ser valores muy cercanos a cero se considera un muestreo confiable.

En conclusión para este estrato los análisis de las especies esperadas contra las especies observadas indican que el muestreo es confiable, por lo que se pueden desarrrollar íncides de diversidad con los datos obtenidos.

Estrato Herbáceo para análisis de la vegetación del sistema ambiental

Tabla IV. 42. Matriz de datos para análisis de la vegetación del sistema ambiental para estrato herbáceo

Especie		Sitos																			
Nombre Científico	Clave	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Boerhavia coccinea	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krameria revoluta	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dalea carthagenensis	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cenchrus multiflorus	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyparrhenia rufa	102	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lippia graveolens	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carlowrightia neesiana	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melampodium divaricatum	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Leonotis nepetifolia	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Total general		0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Especie		Sitos																			
Nombre Científico	Clave	23	24	25	26	27	28	29	32	33	34	36	37	38	39	40	41	43	44	46	48
Boerhavia coccinea	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krameria revoluta	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dalea carthagenensis	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cenchrus multiflorus	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyparrhenia rufa	102	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lippia graveolens	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carlowrightia neesiana	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Melampodium divaricatum	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leonotis nepetifolia	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general		0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Especie		Sitios																		
Nombre Científico	Clave	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	71	72	73	74	75	76	Total general
Boerhavia coccinea	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Krameria revoluta	38	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dalea carthagenensis	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Cenchrus multiflorus	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Hyparrhenia rufa	102	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10
Lippia graveolens	103	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Carlowrightia neesiana	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Melampodium divaricatum	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Leonotis nepetifolia	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total general		0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	0	2	0	0	0	18

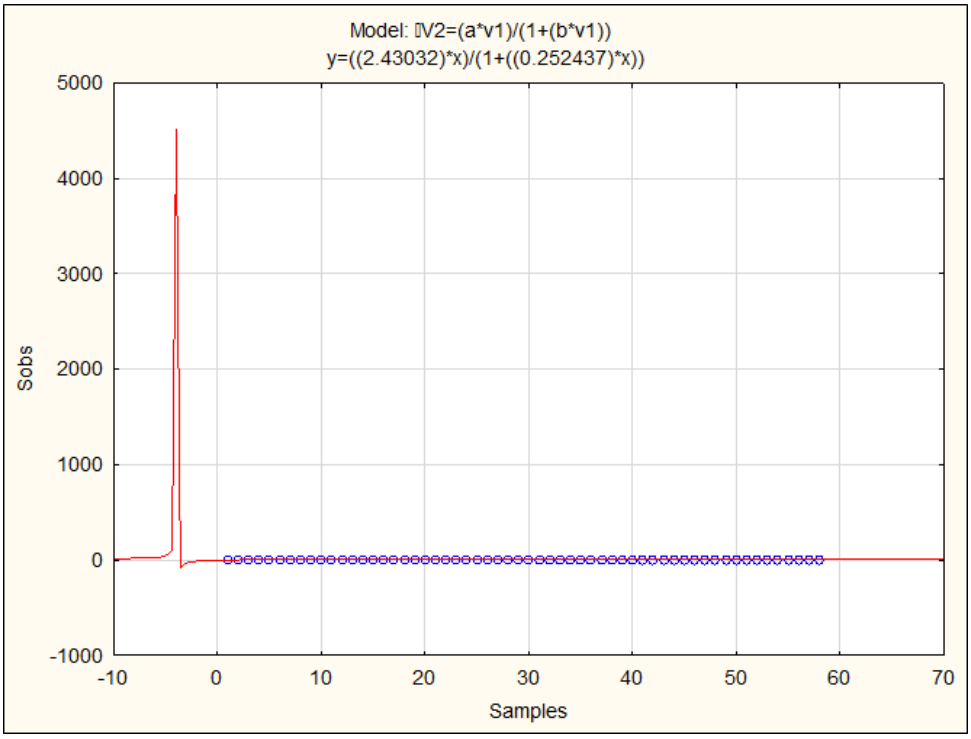


Figura IV. 36. Modelo de Clench para estrato herbáceo

Tabla IV. 43. Valores para modelo de Clench

Modelo de Clench	
% Confianza	95.00%
A	2.43032
B	0.252437
Pendiente	0.010
% Especies	0.935
Sitios	75.266
n	58
spp	9
Modelo de Clench	9

Como se observa en la tabla anterior el modelo de Clench con un 95% de confianza nos indica que se registro el 93.5% de la vegetación y que para conocer la vegetación en un porcentaje mayor sería necesario realizar 75.26 sitios adiconales a los realizados, sin embargo al realizar el cálculo de la pendiente esta obtiene un valor de 0.010 por lo que al ser el valor menor al 0.1 el muestreo se considera confiable, asimismo el modelo de Clench

indica que se deben observar 9 especies al haber encontrado 9 especies durante el muestreo, este se considera confiable para estimar índices de diversidad.

Tabla IV. 44. Estimadores para estrato herbáceo

Samples	Sobs	ACE	Chao
1	1.59	0	2.17
2	2.84	5.92	5.33
3	3.84	10.55	7.5
4	4.63	13.17	7.67
5	5.27	12.78	8.23
6	5.79	11.53	8.01
7	6.21	11.69	8.84
8	6.55	10.9	8.8
9	6.83	10.26	8.66
10	7.07	9.96	8.68
11	7.26	9.83	8.58
12	7.43	9.7	8.63
13	7.57	9.28	8.56
14	7.69	8.96	8.23
15	7.79	8.93	8.37
16	7.88	8.83	8.31
17	7.96	8.77	8.35
18	8.03	8.72	8.38
19	8.09	8.78	8.44
20	8.14	8.76	8.43
21	8.19	8.71	8.43
22	8.24	8.76	8.5
23	8.28	8.77	8.56
24	8.31	8.69	8.5
25	8.35	8.73	8.55
26	8.38	8.77	8.59
27	8.41	8.78	8.6
28	8.44	8.77	8.56
29	8.46	8.77	8.55
30	8.49	8.79	8.57

Samples	Sobs	ACE	Chao
31	8.51	8.83	8.61
32	8.53	8.9	8.67
33	8.55	8.91	8.67
34	8.57	8.89	8.67
35	8.59	8.91	8.69
36	8.61	8.94	8.71
37	8.63	8.93	8.69
38	8.65	8.95	8.71
39	8.67	8.96	8.72
40	8.69	8.98	8.74
41	8.71	8.98	8.74
42	8.72	8.99	8.74
43	8.74	8.99	8.74
44	8.76	8.99	8.74
45	8.78	9.02	8.76
46	8.79	9.02	8.76
47	8.81	9.06	8.78
48	8.83	9.08	8.8
49	8.84	9.11	8.82
50	8.86	9.12	8.82
51	8.88	9.24	8.9
52	8.9	9.3	8.94
53	8.91	9.31	8.94
54	8.93	9.39	8.98
55	8.95	9.42	9
56	8.97	9.43	9
57	8.98	9.43	9
58	9	9.43	9
% de especies registradas		95.4401	100

El estimador Chao1 determina que se pueden encontrar 9 especies para este estrato, el estimador ACE indica que se pueden encontrar 9.43 especies. Durante el muestreo se encontraron 9 especies, por lo que se registro entre el 95.44 y 100% de las especies

esperadas, de esta manera los datos se consideran confiables para desarrollar índices de diversidad.

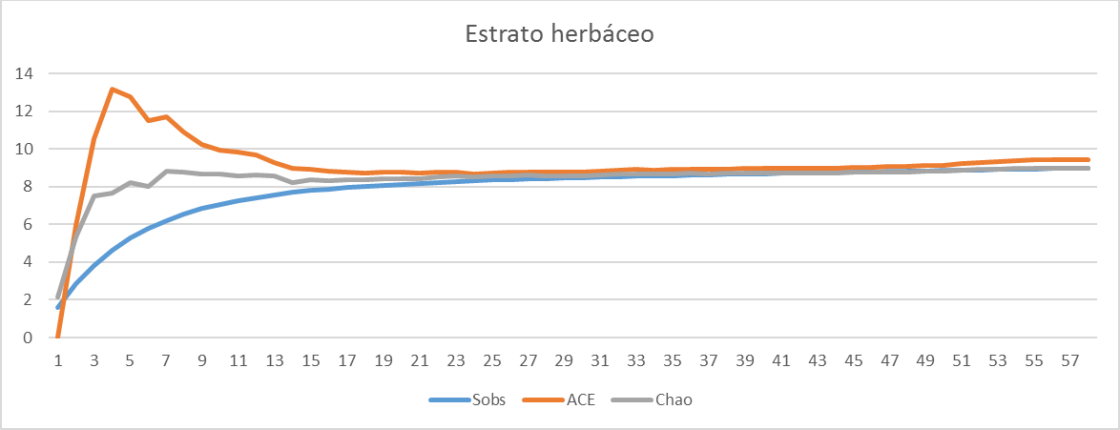


Figura IV. 37. Estimadores para estrato herbáceo

Como se observa en la tabla anterior las especies observadas y las especies esperadas por cada estimador se sobreponen, por lo que el muestreo es confiable.

Tabla IV. 45. Sesgo y Exactitud

CHAO1		ACE	
Sverdadera	9	Sverdadera	9
Sestimada	9	Sestimada	9.43
Sesgo	0.000	Sesgo	0.048
Exactitud	0.000	Exactitud	0.002

Con respecto al sesgo y exactitud de los estimadores y su determinación de las especies esperadas, para ambos parametros es 0, por lo que no existe sesgo con respecto a la estimación y el valor de 0 nos indica que la muestra es exacta.

IV. 3.3. Análisis de diversidad de la vegetación

Una vez recabada la información anterior, se procedió a calcular los índices correspondientes; siendo estos, el Índice de Shannon, y la equitatividad de Pielou. Es importante resaltar que dichos índices se calcularon por estrato de vegetación, siendo los estratos, arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceo. A continuación, se describe cada uno de los índices calculados.

Índice de Shannon.
El índice de Shannon pretende resolver la riqueza y la uniformidad de las especies en una expresión sencilla.

Para calcular el índice de Shannon es necesario seguir los siguientes pasos:

- Como primer paso, se calcula la "Abundancia Relativa" de cada especie. Donde se divide la abundancia, es decir el número de individuos de cada especie, entre el Número Total de individuos de la zona sujeta a cambio de uso del suelo**.**

- Finalmente se calcula el índice de Shannon, mismo que indica el nivel de diversidad de las especies, así como la distribución de las mismas.

La fórmula para calcular el índice de Shannon es la siguiente:

$$\mathbf{H = -\sum (Pi)\ (LOG\ Pi)}$$

El índice de Shannon indica que todos los individuos que sean muestreados al azar, al momento de tomar una muestra que represente a todos los de la comunidad.

Pi = Proporción de individuos de cada especie en la comunidad, esta proporción se estima a partir de n/N, que es la relación entre el número de individuos de la especie i(ni) y el número total de individuos de todas las especies (N). En esta fórmula se utiliza el logaritmo natural (ln) para una mayor facilidad de cálculo, los resultados serán comparables si los datos fueron realizados con los mismos bases. El índice de Shannon – Wiener esta descrito para comunidades indefinidamente grandes que no se pueden estudiar en su totalidad, su resultado es un valor estimado.
Con la finalidad de comparar el valor calculado para este índice (H CALCULADA), se obtiene el máximo valor alcanzable (H MAXIMA), mismo que se calcula con la siguiente fórmula:

H MAX= Ln SP; Donde:
H MAX= Máximo valor alcanzable para el índice de Shannon
Ln= Logaritmo natural
SP= Número de especies presentes

Equitatividad de Pielou.

Se calcula a partir de los resultados obtenidos mediante el índice de Shannon.

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988)

Su fórmula es H-CALCULADA/H-MÁXIMA

Índice de valor de importancia

Por otro lado, se calculó el índice de valor de importancia de las especies florísticas a remover, el cual indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio de una especie con respecto a las demás, esto en función de la cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie. Para el cálculo de dicho índice, es necesario conocer tres variables: densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia. Las primeras dos variables corresponden al número de individuos de cada especie, en relación al número total de individuos de todas las especies; mientras que la dominancia indica el nivel de ocupación de los individuos; para obtener este último parámetro, es necesario conocer el área basal de los individuos fustales, y la cobertura aérea de arbustos y herbáceas. La fórmula para el cálculo de dicho índice se desglosa a continuación:

I.V.I = DR+FR+D

Donde:

I.V.I = Índice de Valor de Importancia.

DR= Densidad relativa

FR= Frecuencia relativa

D= Dominancia

Nota. - La densidad es el número de individuos entre unidad de superficie, en este caso como unidad de superficie se está manejando una hectárea, por lo que para ajustar la densidad a una hectárea se divide el número de individuos entre el área muestreada.

Los resultados del cálculo se muestran en las siguientes tablas y se anexa memoria de cálculo en anexo 4 en formato digital.

IV. 3.3.1. Índices de diversidad de la vegetación

Tabla IV. 46. Índices de diversidad del estrato arbóreo a nivel sistema ambiental

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Lincha huevos	*Pseudosmodingium andrieuxii*	4	0.003902439	0.021643526
Palmillo	*Acacia angustissima*	2	0.00195122	0.012174245
Beinillo	*Senna atomaria*	3	0.002926829	0.017074641
Manzanillo	*Bourreria rubra*	29	0.028292683	0.100867717
Cucharito	*Acacia cochliacantha*	28	0.027317073	0.098348112
Pochote	*Ceiba acuminata*	55	0.053658537	0.156957374
Coachalalate	*Amphipterygium adstringens*	50	0.048780488	0.147337799
Pájaro bobo	*Ipomoea wolcottiana*	3	0.002926829	0.017074641
Jobo	*Spondias mombin*	100	0.097560976	0.227051483
Trompillo	*Gyrocarpus mocinoi*	10	0.009756098	0.045169393
Copal blanco	*Bursera heliae*	37	0.036097561	0.119899131
Copal de aceite (copal negrito)	*Bursera schlechtendalii*	53	0.051707317	0.153165138
Mala mujer macho	*Cnidoscolus megacanthus*	3	0.002926829	0.017074641
Copal rojo	*Bursera galeottiana*	124	0.12097561	0.255520609
Copal verde	*Bursera fragilis*	69	0.067317073	0.181644445
Copal de perro	*Bursera glabrifolia*	3	0.002926829	0.017074641
Rosa María	*No identificado*	1	0.00097561	0.006763364
Tepehuaje	*Lysiloma microphyllum*	55	0.053658537	0.156957374
Frijolito	*Capparis incana*	1	0.00097561	0.006763364
Papelillo	*Bursera ariensis*	59	0.057560976	0.164331431
Copal santo	*Bursera laurihuertae*	10	0.009756098	0.045169393
Cucharito blanco	*Chloroleucon mangense*	3	0.002926829	0.017074641
Palo de seda	*Wimmeria microphylla*	1	0.00097561	0.006763364
Copal colorado	*Bursera grandifolia*	8	0.007804878	0.037877123
Flor de mayo	*Plumeria rubra*	6	0.005853659	0.030091835
Mezquite moro	*Prosopis laevigata*	1	0.00097561	0.006763364
Quebracho	*Acacia pringlei*	19	0.018536585	0.073924068
Mezquite	*Prosopis glandulosa*	3	0.002926829	0.017074641
Campanillo	*Hintonia latiflora*	16	0.015609756	0.064934387
Negrito	*Poeppigia procera*	4	0.003902439	0.021643526
Pal de piedro	*Wimeria confusa*	14	0.013658537	0.058641432
Huizache	*Acacia farnesiana*	1	0.00097561	0.006763364

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Palo de queso	*Casearia tremula*	12	0.011707317	0.052068776
Cachitoro	*Acacia macracantha*	24	0.023414634	0.087907763
Palo de iguana	*Erythroxylum rotundifolium*	3	0.002926829	0.017074641
Yagalan	*Rhus copallinum*	9	0.008780488	0.041577571
Pino piñonero	*Pinus devoniana*	22	0.021463415	0.082449678
Encino rojo	*Quercus aristata*	21	0.020487805	0.079655058
Nanchal	*Byrsonima crassifolia*	24	0.023414634	0.087907763
Encino bellotero	*Quercus glaucoides*	111	0.108292683	0.240725721
Frijolillo	*Ouratea mexicana*	1	0.00097561	0.006763364
Yeguecan	*Guaiacum sanctum*	4	0.003902439	0.021643526
Espina verde	*Cercidium plurifoliatum*	19	0.018536585	0.073924068
Totales		1025	1	3.101312133

H CALCULADA	3.101312133
H MÁXIMA	3.761200116
EQUITATIVIDAD	0.824553876

Existe dominancia de las especies puesto que H.M. es de 3.76 y H.C. obtiene un valor de 3.10, al estar H.C. de H.M. alejada, se infiere la dominancia de alguna de las especies, por lo que la equitatividad de las mismas no es similar ya que se obtiene un valor de 0.82, las especies dominantes en este caso son *Quercus glaucoides y Bursera galeottiana*.

Tabla IV. 47. Índices de diversidad del estrato arbustivo a nivel sistema ambiental. (Índice de Shannon y Equitatividad de Pielou).

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Ejotito	*Senna nicaraguensis*	8	0.016293279	0.067079472
Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	29	0.059063136	0.167098372
Flor lila	*Bauhinia divaricata*	5	0.010183299	0.046710858
arbusto hoja verde (flor morada)	*Guaiacum coulteri*	8	0.016293279	0.067079472
Palo de leche	*Euphorbia schlechtendalii*	5	0.010183299	0.046710858
Hoja roja	*Serjania mexicana*	7	0.014256619	0.060598244
Arbusto papelillo	*Coursetia glandulosa*	20	0.040733198	0.130375228
Uña de gato amarillo	*Lysiloma divaricatum*	4	0.00814664	0.039186556
Uña de gato cuerdudo	*Mimosa acantholoba*	12	0.024439919	0.090709674
Molito	*Senna holwayana*	1	0.00203666	0.012620049

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Palo amargo	*Melochia tomentosa*	51	0.103869654	0.235225139
Matorral	*Nasturtium officinale*	1	0.00203666	0.012620049
Cuatle	*Eysenhardtia polystachya*	8	0.016293279	0.067079472
Chorizo	*Aeschynomene compacta*	22	0.044806517	0.139142234
Uña de gato	*Piptadenia flava*	36	0.073319756	0.191579036
Hoja larga	*Heliocarpus pallidus*	2	0.00407332	0.022416688
Chivito	*Gaultheria acuminata*	3	0.00610998	0.031147649
Palo de escoba	*Iresine Calea*	13	0.026476578	0.096149556
Flor chiquita	*Salvia melissodora*	2	0.00407332	0.022416688
Huajito	*Diphysa humilis*	5	0.010183299	0.046710858
Árbol de sangre	*Serjania brachycarpa*	1	0.00203666	0.012620049
Armadillo	*Ziziphus amole*	21	0.042769857	0.134807241
Yeguelacho	*Pseudosmodingium multifolium*	10	0.020366599	0.079304665
Chicosapote	*Manilkara zapota*	1	0.00203666	0.012620049
Jarilla	*Dodonaea viscosa*	62	0.126272912	0.261297768
Flor amarilla	*Viguiera dentata*	31	0.063136456	0.174411741
Chigolillo	*Colubrina elliptica*	5	0.010183299	0.046710858
Varilla	*Comocladia macrophylla*	16	0.032586558	0.111571663
Caca de gallina	*Karwinskia humboldtiana*	31	0.063136456	0.174411741
Pinto	*Haematoxylom brasiletto*	18	0.036659878	0.121200209
Ocotillo	*Cordia elaeagnoides*	7	0.014256619	0.060598244
Palo de mecate	*Sin identificar*	20	0.040733198	0.130375228
Hoja rojita	*Poiretia punctata*	3	0.00610998	0.031147649
Flor diamante	*Eupatorium collinum*	8	0.016293279	0.067079472
Hoja brillosa	*Ageratum houstonianum*	8	0.016293279	0.067079472
Chililllo	*Forchhammeria pallida*	5	0.010183299	0.046710858
Arbusto verde espinudo	*Chamaecrista diphylla*	1	0.00203666	0.012620049
Palo de algodón	*Luehea spp*	1	0.00203666	0.012620049
Totales		491	1	3.149843155

H CALCULADA	3.149843155
H MÁXIMA	3.63758616
EQUITATIVIDAD	0.865915752

Se obtuvo un H.C. de 3.14 y un H.M. de 3.63 por lo que se observa que existe una diferencia marcada entre el número de individuos entre especies por lo que se obtiene un valor de equitatividad de 0.86, en este caso las especies dominantes son *Melochia tomentosa y Dodonaea viscosa.*

Tabla IV. 48. Índices de diversidad del estrato herbáceo a nivel sistema ambiental (Índice de Shannon y Equitatividad de Pielou).

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Enredadera	*Boerhavia coccinea*	1	0.055555556	0.160576209
Enredadera flor	*Krameria revoluta*	1	0.055555556	0.160576209
Terciopelo	*Dalea carthagenensis*	1	0.055555556	0.160576209
Triguillo	*Cenchrus multiflorus*	1	0.055555556	0.160576209
Zacate	*Hyparrhenia rufa*	10	0.555555556	0.326548147
Romero	*Lippia graveolens*	1	0.055555556	0.160576209
Flor moradita	*Carlowrightia neesiana*	1	0.055555556	0.160576209
Hierba flor amarilla	*Melampodium divaricatum*	1	0.055555556	0.160576209
Hierba flor seca	*Leonotis nepetifolia*	1	0.055555556	0.160576209
Totales		18	1	1.611157817

H CALCULADA	1.611157817
H MÁXIMA	2.197224577
EQUITATIVIDAD	0.733269523

El estrato herbáceo tiene un H.C. de 1.61 y un H.M. de 2.19 por lo que existe dominancia de unas especies sobre otras, asimismo la equitatividad no es cercana a 1 ya que se obtiene 0.73 por lo que se denota la dominancia de unas especies sobre otras. Para este estrato la especie dominante es *Hyparrhenia rufa.*

Tabla IV. 49. Índices de diversidad del estrato cactáceo y agaváceo a nivel sistema ambiental (Índice de Shannon y Equitatividad de Pielou).

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Lengua de vaca	*Nopalea auberi*	15	0.02189781	0.083679605
Pitaya	*Myrtillocactus geometrizans*	141	0.205839416	0.325361915
Choya	*Opuntia pubescens*	76	0.110948905	0.243941749
Viejito	*Cephalocereus chrysacanthus*	148	0.216058394	0.33104609
Maguey	*Agave rhodacantha*	5	0.00729927	0.03591227

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Chuega	*Escontria chiotilla*	21	0.030656934	0.10683624
Órgano	*Neobuxbaumia mezcalaensis*	81	0.118248175	0.252456269
Lechuguilla	*Agave vivipara*	24	0.035036496	0.117420088
Chilito	*Mammillaria carnea*	11	0.016058394	0.066345634
Biznaga	*Ferocactus robustus*	5	0.00729927	0.03591227
Savila(maguey morado)	*Agave nizandensis*	13	0.018978102	0.075238107
Maguey tepestate	*Agave marmorata*	20	0.02919708	0.10317333
Maicito	*Myrtillocactus schenckii*	24	0.035036496	0.117420088
Maguey tobala	*Agave seemanniana*	6	0.008759124	0.041497746
Maguey jabalí	*Agave kerchovei*	1	0.001459854	0.009531998
Yucca	*Yucca elata*	5	0.00729927	0.03591227
Chilito en protección	*Mammillaria karwinskiana*	9	0.013138686	0.056919341
Biznaga caca de perro	*Coryphantha elephantidens subsp. bumamma*	18	0.026277372	0.095624595
Nopal	*Opuntia velutina var. affinis*	55	0.080291971	0.202503228
cactus rojo	*Mammillaria lanata*	3	0.004379562	0.023784554
Pitaya rastrera	*Nyctocereus oaxacensis*	3	0.004379562	0.023784554
Pitaya enredadera	*Acanthocereus horridus*	1	0.001459854	0.009531998
Totales		685	1	2.393833938

H CALCULADA	2.393833938
H MÁXIMA	3.091042453
EQUITATIVIDAD	0.774442271

Estrato cactáceo y agaváceo con una dominancia marcada entre especies ya que la equitatividad es de 0.77 lo que se ratifica con un H.C. de 2.39 y un H.M. de 3.09, recordando que entre más alejada este el valor de H.C. del H.M más marcada es la dominancia de las especies que presentan mayor número de individuos. En este caso las especies dominantes son *Cephalocereus chrysacanthus* y *Myrtillocactus geometrizans*.

A continuación, se presenta el índice de valor de importancia por estratos observados en el sistema ambiental.

Tabla IV. 50. Índice de valor de importancia del estrato arbóreo.

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Densidad (Individuos/ha)	Densidad R.	Frecuencia	Frecuencia R.	Dominancia (m2/ha)	Dominancia R.	Valor de Importancia
Lincha huevos	*Pseudosmodingium andrieuxii*	4	0.690	0.390	2	0.602	76.18362185	0.258	1.251
Palmillo	*Acacia angustissima*	2	0.345	0.195	2	0.602	11.59247689	0.039	0.837
Beinillo	*Senna atomaria*	3	0.517	0.293	3	0.904	53.02419351	0.180	1.376
Manzanillo	*Bourreria rubra*	29	5.000	2.829	17	5.120	84.26536895	0.285	8.235
Cucharito	*Acacia cochliacantha*	28	4.828	2.732	17	5.120	722.7449884	2.447	10.300
Pochote	*Ceiba acuminata*	55	9.483	5.366	19	5.723	803.7843344	2.722	13.810
Coachalalate	*Amphipterygium adstringens*	50	8.621	4.878	20	6.024	564.041545	1.910	12.812
Pájaro bobo	*Ipomoea wolcottiana*	3	0.517	0.293	3	0.904	12.36216709	0.042	1.238
Jobo	*Spondias mombin*	100	17.241	9.756	17	5.120	1702.76678	5.766	20.642
Trompillo	*Gyrocarpus mocinoi*	10	1.724	0.976	6	1.807	19134.60048	64.793	67.576
Copal blanco	*Bursera heliae*	37	6.379	3.610	9	2.711	286.9923429	0.972	7.292
Copal de aceite (copal negrito)	*Bursera schlechtendalii*	53	9.138	5.171	20	6.024	484.5513969	1.641	12.836
Mala mujer macho	*Cnidoscolus megacanthus*	3	0.517	0.293	3	0.904	24.34734307	0.082	1.279
Copal rojo	*Bursera galeottiana*	124	21.379	12.098	28	8.434	980.1474555	3.319	23.850
Copal verde	*Bursera fragilis*	69	11.897	6.732	28	8.434	427.0288354	1.446	16.611
Copal de perro	*Bursera glabrifolia*	3	0.517	0.293	2	0.602	2.701769682	0.009	0.904
Rosa María	*No identificado*	1	0.172	0.098	1	0.301	7.068583471	0.024	0.423
Tepehuaje	*Lysiloma microphyllum*	55	9.483	5.366	17	5.120	950.2453839	3.218	13.704
Frijolito	*Capparis incana*	1	0.172	0.098	1	0.301	11.34114948	0.038	0.437
Papelillo	*Bursera ariensis*	59	10.172	5.756	18	5.422	214.0301101	0.725	11.903
Copal santo	*Bursera laurihuertae*	10	1.724	0.976	2	0.602	127.1166927	0.430	2.008
Cucharito blanco	*Chloroleucon mangense*	3	0.517	0.293	1	0.301	27.67743128	0.094	0.688
Palo de seda	*Wimmeria microphylla*	1	0.172	0.098	1	0.301	0.785398163	0.003	0.401

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Densidad (Individuos/ha)	Densidad R.	Frecuencia	Frecuencia R.	Dominancia (m2/ha)	Dominancia R.	Valor de Importancia
Copal colorado	*Bursera grandifolia*	8	1.379	0.780	2	0.602	69.69623302	0.236	1.619
Flor de mayo	*Plumeria rubra*	6	1.034	0.585	5	1.506	55.59833599	0.188	2.280
Mezquite moro	*Prosopis laevigata*	1	0.172	0.098	1	0.301	19.63495408	0.066	0.465
Quebracho	*Acacia pringlei*	19	3.276	1.854	9	2.711	225.1991789	0.763	5.327
Mezquite	*Prosopis glandulosa*	3	0.517	0.293	1	0.301	23.75829444	0.080	0.674
Campanillo	*Hintonia latiflora*	16	2.759	1.561	7	2.108	117.0950122	0.397	4.066
Negrito	*Poeppigia procera*	4	0.690	0.390	2	0.602	62.27422038	0.211	1.204
Pal de piedro	*Wimeria confusa*	14	2.414	1.366	4	1.205	53.35209724	0.181	2.751
Huizache	*Acacia farnesiana*	1	0.172	0.098	1	0.301	3.141592654	0.011	0.409
Palo de queso	*Casearia tremula*	12	2.069	1.171	10	3.012	97.96271292	0.332	4.514
Cachitoro	*Acacia macracantha*	24	4.138	2.341	11	3.313	195.839032	0.663	6.318
Palo de iguana	*Erythroxylum rotundifolium*	3	0.517	0.293	3	0.904	31.32953274	0.106	1.302
Yagalan	*Rhus copallinum*	9	1.552	0.878	8	2.410	103.0835089	0.349	3.637
Pino piñonero	*Pinus devoniana*	22	3.793	2.146	4	1.205	516.790892	1.750	5.101
Encino rojo (encino negro)	*Quercus aristata*	21	3.621	2.049	1	0.301	187.0739885	0.633	2.983
Nanchal	*Byrsonima crassifolia*	24	4.138	2.341	9	2.711	134.1677618	0.454	5.507
Encino bellotero (yeganiz)	*Quercus glaucoides*	111	19.138	10.829	6	1.807	798.8461435	2.705	15.342
Frijolillo	*Ouratea mexicana*	1	0.172	0.098	1	0.301	1.1545353	0.004	0.403
Yeguecan	*Guaiacum sanctum*	4	0.690	0.390	2	0.602	11.38827337	0.039	1.031
Espina verde	*Cercidium plurifoliatum*	19	3.276	1.854	8	2.410	115.2257646	0.390	4.653
Totales		1025	176.72	100	332	100.000	29532.01191	100.000	300

Como se observa en la tabla anterior la especie de mayor valor de importancia es *Gyrocarpus mocinoi* 67.57%, *Bursera galeottiana* con 23.85%, y en tercer lugar la especie *Spondias mombin* con 20.64%, la especie con menor valor de importancia

es *Wimmeria microphylla* 0.40% coincidiendo con ser de las especies con menor frecuencia, menor dominancia y menor número de individuos.

Tabla IV. 51. Índice de valor de importancia del estrato arbustivo

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Densidad (Individuos/ha)	Densidad R.	Frecuencia	Frecuencia R.	Dominancia (m2/ha)	Dominancia R.	Valor de Importancia
Ejotito	*Senna nicaraguensis*	8	1.379	1.629	6	2.062	41.78318229	0.116	3.807
Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	29	5.000	5.906	20	6.873	523.3638106	1.450	14.229
Flor lila	*Bauhinia divaricata*	5	0.862	1.018	3	1.031	12.95372899	0.036	2.085
arbusto hoja verde (flor morada)	*Guaiacum coulteri*	8	1.379	1.629	7	2.405	45.32532801	0.126	4.160
Palo de leche	*Euphorbia schlechtendalii*	5	0.862	1.018	4	1.375	55.88893331	0.155	2.548
Hoja roja	*Serjania mexicana*	7	1.207	1.426	5	1.718	47.95052137	0.133	3.277
Arbusto papelillo	*Coursetia glandulosa*	20	3.448	4.073	12	4.124	132.3867144	0.367	8.564
Uña de gato amarillo	*Lysiloma divaricatum*	4	0.690	0.815	3	1.031	10.35940178	0.029	1.874
Uña de gato cuerdudo	*Mimosa acantholoba*	12	2.069	2.444	11	3.780	251.013253	0.695	6.919
Molito	*Senna holwayana*	1	0.172	0.204	1	0.344	9.817477042	0.027	0.575
Palo amargo	*Melochia tomentosa*	51	8.793	10.387	25	8.591	1416.418464	3.923	22.901
Matorral	*Nasturtium officinale*	1	0.172	0.204	1	0.344	1.130973355	0.003	0.550
Cuatle	*Eysenhardtia polystachya*	8	1.379	1.629	4	1.375	13.45976103	0.037	3.041
Chorizo	*Aeschynomene compacta*	22	3.793	4.481	9	3.093	230.494726	0.638	8.212
Uña de gato	*Piptadenia flava*	36	6.207	7.332	26	8.935	618.9016067	1.714	17.981
Hoja larga	*Heliocarpus pallidus*	2	0.345	0.407	1	0.344	2.662499774	0.007	0.758
Chivito	*Gaultheria acuminata*	3	0.517	0.611	2	0.687	25.54900226	0.071	1.369
Palo de escoba	*Iresine Calea*	13	2.241	2.648	10	3.436	50.89411515	0.141	6.225
Flor chiquita	*Salvia melissodora*	2	0.345	0.407	2	0.687	4.739877916	0.013	1.108
Huajito	*Diphysa humilis*	5	0.862	1.018	2	0.687	71.67543639	0.199	1.904
Árbol de sangre	*Serjania brachycarpa*	1	0.172	0.204	1	0.344	11.78097245	0.033	0.580

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Densidad (Individuos/ha)	Densidad R.	Frecuencia	Frecuencia R.	Dominancia (m2/ha)	Dominancia R.	Valor de Importancia
Armadillo	*Ziziphus amole*	21	3.621	4.277	16	5.498	482.4622378	1.336	11.112
Yeguelacho	*Pseudosmodingium multifolium*	10	1.724	2.037	5	1.718	79.71791358	0.221	3.976
Chicosapote	*Manilkara zapota*	1	0.172	0.204	1	0.344	4.908738521	0.014	0.561
Jarilla	*Dodonaea viscosa*	62	10.690	12.627	18	6.186	1058.06288	2.931	21.744
Flor amarilla	*Viguiera dentata*	31	5.345	6.314	17	5.842	401.489415	1.112	13.268
Chigolillo	*Colubrina elliptica*	5	0.862	1.018	4	1.375	22.48594942	0.062	2.455
Varilla	*Comocladia macrophylla*	16	2.759	3.259	9	3.093	200.3315095	0.555	6.906
Caca de gallina	*Karwinskia humboldtiana*	31	5.345	6.314	18	6.186	218.9140301	0.606	13.106
Pinto	*Haematoxylom brasiletto*	18	3.103	3.666	13	4.467	100.7587304	0.279	8.412
Ocotillo	*Cordia elaeagnoides*	7	1.207	1.426	4	1.375	29495.71835	81.702	84.502
Palo de mecate	*Sin identificar*	20	3.448	4.073	10	3.436	324.371405	0.898	8.408
Hoja rojita	*Poiretia punctata*	3	0.517	0.611	3	1.031	5.258240704	0.015	1.656
Flor diamante	*Eupatorium collinum*	8	1.379	1.629	8	2.749	40.31448773	0.112	4.490
Hoja brillosa	*Ageratum houstonianum*	8	1.379	1.629	4	1.375	34.95218177	0.097	3.101
Chililllo	*Forchhammeria pallida*	5	0.862	1.018	4	1.375	9.306968236	0.026	2.419
Arbusto verde espinudo	*Chamaecrista diphylla*	1	0.172	0.204	1	0.344	43.98229715	0.122	0.669
Palo de algodón	*Luehea spp*	1	0.172	0.204	1	0.344	0.196349541	0.001	0.548
Totales		491	84.66	100	291	100.000	36101.78147	100.000	300

La especie de menor valor de importancia es *Luehea spp* con 0.54%, las de mayor valor de importancia son *Cordia elaeagnoides, Melochia tomentosa y Dodonaea viscosa* con 84.50%, 22.90% y 21.74% respectivamente.

Tabla IV. 52. Índice de valor de importancia del estrato herbáceo.

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Densidad (Individuos/ha)	Densidad R.	Frecuencia	Frecuencia R.	Dominancia (m2/ha)	Dominancia R.	Valor de Importancia
Enredadera	*Boerhavia coccinea*	1	0.172	5.556	1	5.556	0.141371669	2.461	13.572

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Densidad (Individuos/ha)	Densidad R.	Frecuencia	Frecuencia R.	Dominancia (m2/ha)	Dominancia R.	Valor de Importancia
Enredadera flor	*Krameria revoluta*	1	0.172	5.556	1	5.556	2.513274123	43.748	54.859
Terciopelo	*Dalea carthagenensis*	1	0.172	5.556	1	5.556	0.003926991	0.068	11.179
Triguillo	*Cenchrus multiflorus*	1	0.172	5.556	1	5.556	0.125663706	2.187	13.299
Zacate	*Hyparrhenia rufa*	10	1.724	55.556	10	55.556	2.93354068	51.064	162.175
Romero	*Lippia graveolens*	1	0.172	5.556	1	5.556	0.003926991	0.068	11.179
Flor moradita	*Carlowrightia neesiana*	1	0.172	5.556	1	5.556	0.001256637	0.022	11.133
Hierba flor amarilla	*Melampodium divaricatum*	1	0.172	5.556	1	5.556	0.019085175	0.332	11.443
Hierba flor seca	*Leonotis nepetifolia*	1	0.172	5.556	1	5.556	0.002827433	0.049	11.160
Totales		18	3.10	100	18	100.000	5.744873406	100.000	300

Para el caso del estrato herbáceo las especies de mayor valor de importancia es *Hyparrhenia rufa* con 162.17%, en segundo lugar, la especie *Krameria revoluta* con 54.85% y en tercer lugar la especie *Boerhavia coccinea* con 13.57%, la de menor valor de importancia es *Carlowrightia neesiana* 11.13%.

Tabla IV. 53. Índice de valor de importancia del estrato cactáceo y agaváceo

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Densidad (Individuos/ha)	Densidad R.	Frecuencia	Frecuencia R.	Dominancia (m2/ha)	Dominancia R.	Valor de Importancia
Lengua de vaca	*Nopalea auberi*	15	2.586	2.190	11	3.986	5.134933192	0.284	6.459
Pitaya	*Myrtillocactus geometrizans*	141	24.310	20.584	37	13.406	156.1235675	8.641	42.630
Choya	*Opuntia pubescens*	76	13.103	11.095	29	10.507	37.72754326	2.088	23.690
Viejito	*Cephalocereus chrysacanthus*	148	25.517	21.606	41	14.855	80.94321326	4.480	40.941
Maguey	*Agave rhodacantha*	5	0.862	0.730	4	1.449	8.02676923	0.444	2.623
Chuega	*Escontria chiotilla*	21	3.621	3.066	12	4.348	300.1520818	16.612	24.025
Órgano	*Neobuxbaumia mezcalaensis*	81	13.966	11.825	23	8.333	728.365062	40.311	60.470
Lechuguilla	*Agave vivipara*	24	4.138	3.504	18	6.522	95.78417549	5.301	15.327
Chilito	*Mammillaria carnea*	11	1.897	1.606	8	2.899	5.502028294	0.305	4.809

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Densidad (Individuos/ha)	Densidad R.	Frecuencia	Frecuencia R.	Dominancia (m2/ha)	Dominancia R.	Valor de Importancia
Biznaga	*Ferocactus robustus*	5	0.862	0.730	5	1.812	0.242609493	0.013	2.555
Savila(maguey morado)	*Agave nizandensis*	13	2.241	1.898	10	3.623	23.6915356	1.311	6.832
Maguey tepestate	*Agave marmorata*	20	3.448	2.920	10	3.623	80.03796334	4.430	10.973
Maicito	*Myrtillocactus schenckii*	24	4.138	3.504	11	3.986	106.022783	5.868	13.357
Maguey tobala	*Agave seemanniana*	6	1.034	0.876	4	1.449	5.873207466	0.325	2.650
Maguey jabalí	*Agave kerchovei*	1	0.172	0.146	1	0.362	0.159043128	0.009	0.517
Yucca	*Yucca elata*	5	0.862	0.730	2	0.725	40.81714255	2.259	3.714
Chilito en protección	*Mammillaria karwinskiana*	9	1.552	1.314	7	2.536	78.77182296	4.360	8.210
Biznaga caca de perro	*Coryphantha elephantidens subsp. bumamma*	18	3.103	2.628	8	2.899	1.336040816	0.074	5.600
Nopal	*Opuntia velutina var. affinis*	55	9.483	8.029	28	10.145	44.0378248	2.437	20.611
cactus rojo	*Mammillaria lanata*	3	0.517	0.438	3	1.087	0.002277655	0.000	1.525
Pitaya rastrera	*Nyctocereus oaxacensis*	3	0.517	0.438	3	1.087	5.734349071	0.317	1.842
Pitaya enredadera	*Acanthocereus horridus*	1	0.172	0.146	1	0.362	2.35619449	0.130	0.639
Totales		685	118.10	100	276	100.000	1806.842168	100.000	300

La especie de más valor de importancia es *Neobuxbaumia mezcalaensis* con 60.46%, en segundo lugar, la especie *Myrtillocactus geometrizans* con 42.63%, en tercer lugar, la especie *Cephalocereus chrysacanthus* con 40.94%. La especie de menor valor de importancia *Agave kerchovei* 0.51%.

En el caso del sistema ambiental, como se ha podido constatar con el análisis, la vegetación corresponde a selva baja caducifolia, en donde la dominancia en número de especies es igual para el estrato arbóreo y arbustivo, con alta presencia de cactáceas y agaváceas y con menor presencia del estrato herbáceo. Las especies encontradas son las típicas de este tipo de vegetación, sin embargo, en el caso de los arbustos, se denota una marcada dominancia por arbustos que generalmente se desarrollan donde previamente a existido un impacto, es decir son arbustos considerados vegetación secundaria, a pesar de lo anterior, la dominancia en m^2/ha corresponde al estrato arbóreo, definiendo entonces la vegetación como selva baja caducifolia.

IV.3.5. Fauna

Las especies de fauna silvestre que se identifican donde se localiza el área de la microcuenca, corresponde a mamíferos, menores, aves, así como reptiles.

Colecta de datos
El conjunto de métodos que se utilizaron para obtener información de presencia/ausencia de las especies de vertebrados presentes en el área fue principalmente por la observación de fauna.

La metodología seguida para el muestreo de fauna, se muestra a continuación para cada grupo taxonómico:

Observación
La metodología consiste en un tipo de observación denominada estación de observación, permaneciendo 30 minutos en el punto definido, iniciando a las 6:00 am. Concluyendo a las 10:00 am., Por la tarde se comenzó la observación a las 18:00 hrs y se concluyó a las 20:00 hrs.

Durante esta observación se utilizaron los siguientes materiales:

- Guía de campo Field Guide to the birds of North America, Fifth edition 2008.
- Binocular marca Bushnell 12 x 50.
- Cámara digital. Marca Canon. Powershot SX130 IS.
- Libreta de campo.

Muestreo de reptiles y anfibios
La metodología que se empleó fue de forma directa, durante las estaciones de observación, se buscaron reptiles y anfibios activamente en los hábitats adecuados: se observó debajo de piedras y en zonas de posible hábitat de los mismos. Para cada observación, se anotó en la libreta de campo la especie observada, hora de avistamiento y hábitat ocupado según la lista de categorías de hábitat.

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

- Cámara digital. Marca Canon Powershot SX130 IS.

- Libreta de campo.

Tabla IV. 54. Coordenadas de ubicación de muestreo de fauna

TIPO DE EVIDENCIA	X	Y
Fototrampa	806328.57	1846519.63
Trampa Sherman	806328.57	1846519.63
Fototrampa	806168	1846670
Trampa Sherman	806168	1846670
Fototrampa	807417.96	1846457.25
Trampa Sherman	807417.96	1846457.25
Transepto	807473.56	1846460.45
Observación de aves	806429.75	1846457.95
Transepto	806185.75	1846705.73
Trampa Sherman	809114.39	1845734.51
Trampa Sherman	809143.12	1845696.61
Trampa Sherman	809098	1845662
Trampa Sherman	808230	1846697.62
Trampa Sherman	808216	1846697
Trampa Sherman	808173.65	1846688.72
Observación de aves	808083.77	1846653.39
Observación de aves	809022.3	1845707.7

En las tablas IV.55 a IV.57, se enlistan las especies reconocidas o identificadas en la región, las cuales, no se encuentren en su totalidad al interior del sistema ambiental o área específica del proyecto, no obstante, en base a sus registros son las que se representan en la región con mayor importancia. Se anexa memoria de cálculo en anexo 6.

Tabla IV. 55. Mamíferos

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Didelphidae	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache		
Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo nueve bandas		
Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago bigotudo de cara plegada		
Canidae	*Canis latrans*	Coyote		
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro		

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Felidae	*Puma concolor*	Puma		
Mephitidae	*Conepatus mesoleucus*	Zorrillo		
Felidae	*Lynx rufus*	Lince rojo		
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache		
Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca		
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla		
Leporidae	*Sylvilagus Floridanus*	Conejo		
Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Pecarí		
Cricetidae	*Oligoryzomys fulvescens*	Rata arrocera pigmea		
Cricetidae	*Peromyscus aztecus*	Ratón azteca		

Tabla IV. 56. Aves

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Accipitridae	*Chondrohierax uncinatus*	Gavilán pico gancho	Pr	No endémico
Accipitridae	*Circus cyaneus*	Gavilán rastrero		
Accipitridae	*Accipiter cooperii*	Gavilán de Cooper	Pr	No endémico
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra-menor	Pr	No endémico
Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	Pr	No endémico
Accipitridae	*Buteo platypterus*	Aguililla ala ancha	Pr	No endémico
Falconidae	*Caracara cheriway*	Caracara norteño		
Columbidae	*Zenaida macroura*	Paloma huilota		
Columbidae	*Columbina inca*	Tortola cola larga		
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor		
Caprimulgidae	*Chordeiles minor*	Chotacabras menor		
Apodidae	*Cypseloides niger*	Vencejo negro		
Apodidae	*Panyptila sanctihieronym*	Vencejo tijereta mayor	Pr	No endémico
Trochilidae	*Colibri thalassinus*	Colibrí oreja violeta		
Momotidae	*Momotus mexicanus*	Momoto corona café		
Picidae	*Piculus auricularis*	Carpintero corona		

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
		gris		
Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto		
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta		
Parulidae	*Dendroica fusca*	Chipe garganta naranja		
Passerellidae	*Pipilo albicollis*	Toqui oaxaqueño		
Emberizidae	*Aimophila notosticta*	Zacatonero oaxaqueño	Pr	endémica
Icteridae	*Quiscalus mexicano*	Zanate mexicano		
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote		
Passerellidae	*Passer domesticus*	Gorrión doméstico		
Icteridae	*Icterus Cucullatus*	Calandria Dorso Negro		
Cathartidae	*Cathartes aura*	Aura		
Icteridae	*Molothrus aeneus*	Tordo ojo negro		

Tabla IV. 57. Reptiles

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Viperidae	*Crotalus intermedius*	Víbora cascabel enana	A	endémica
Anguidae	*Mesaspis gadovii*	Lagarto escorpión de Gadow		
Phrynosomatidae	*Phrynosoma braconnieri*	Camaleón de cola corta	Pr	endémica
Phrynosomatidae	*Sceloporus spinosus*	Lagartija escamosa pintada		
Teiidae	*Aspidoscelis motaguae*	Huico		
Teiidae	*Aspidoscelis mexicana*	Huico mexicano		
Teiidae	*Aspidoscelis sacki*	Huico		
Dipsadidae	*Conophis lineatus*	Sin dato		
Colubridae	*Conopsis nasus*	Sin dato		
Colubridae	*Pituophis lineaticollis*	Sin dato		

Una vez identificadas las especies de fauna presentes a nivel microcuenca, se estimó el número de individuos de cada especie, tanto de las observadas tanto como de las reportadas. Dicha estimación se realizó por resultados del muestreo y comparándolas con bibliografía correspondiente a las especies de fauna presentes en la zona; así como a partir de transeptos de identificación de fauna realizados de manera estratégica en el sistema ambiental.

A continuación, en las tablas IV.58 a IV.60, se menciona la distribución de las especies, su interés ecológico, valor cinegético, su desplazamiento y se indica la categoría de protección en que se encuentran, así como su endemismo. Posteriormente en las tablas IV.61 a IV.63 se caracterizó cada una de las especies de acuerdo a su estacionalidad, abundancia, sociabilidad, alimentación, hábitat y distribución vertical, de acuerdo a los siguientes parámetros:

La estacionalidad de las especies. Esta se entiende como el periodo en que se encuentran presentes las especies en una determinada área, definida en cuatro categorías: residentes, visitantes invernales, migratorias o transitorias.

Abundancia. Se clasifica en cinco categorías: abundante (especie fácilmente detectable en grandes números), común (especie observadas en números bajos y en grupos pequeños), poco común (especie en la que se observaron unos pocos individuos), rara (especie observada en números muy bajos) y ocasional (especie muy escasa que si llega a observarse es un dato importante).

Sociabilidad. Se refiere al tipo de organización social de la especie. Comprende tres categorías: solitario (cuando sólo se observa un individuo), pareja (especie que se desplaza en pareja sea época reproductiva o no) y gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos).

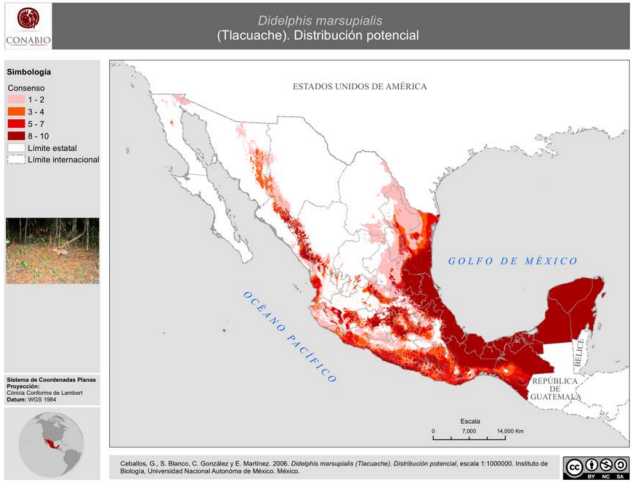
Alimentación. Para este caso se asignan categorías de acuerdo al tipo de alimento que consumen, dependiendo de la disponibilidad de los recursos alimenticios. Se pueden identificar las siguientes categorías: herbívoro (especies que se alimentan principalmente de material vegetal como pastos, hojas, ramas, entre otros), carnívoro (especies que se alimentar de vertebrados a los que capturan vivos), carroñero (especies que se alimentan de material animal en descomposición), frugívoro (especies que consumen principalmente frutos), granívoro (se alimentan de semillas principalmente), insectívoro (especies que el

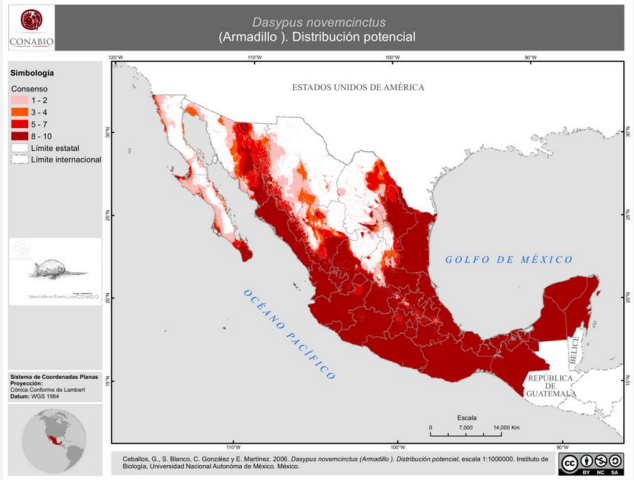
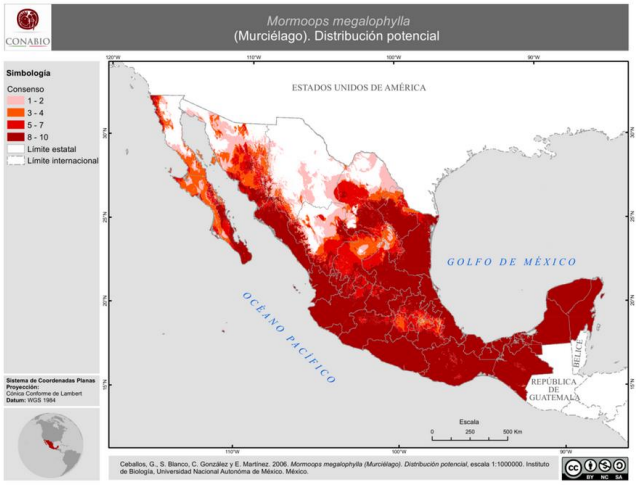
consumo de insectos es la base de su alimentación), nectarívoro (cuando el néctar es la principal fuente de alimentación), invertebrado (cuando pequeños invertebrados forman la base de su alimentación) y omnívoro (especies que consumen distintos recursos como semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas, entre otros).

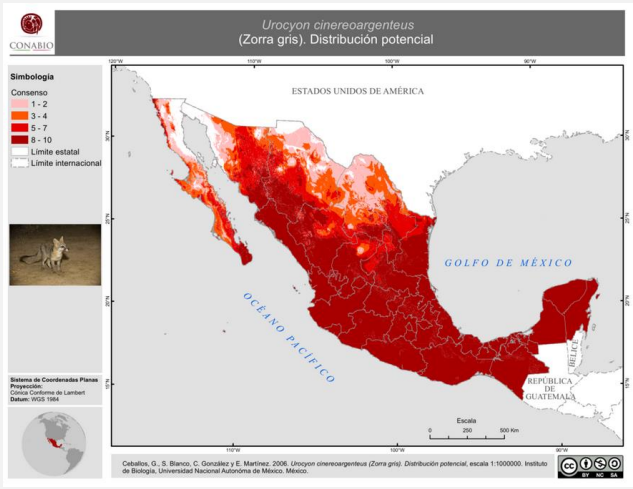
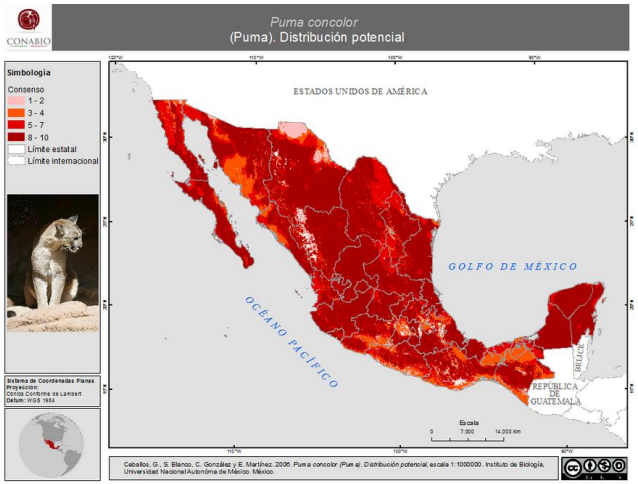
Hábitat. Se define como el ambiente donde la especie se desarrolla, el cual puede variar regionalmente dependiendo de las necesidades de los individuos de la especie, sin embargo, se menciona de acuerdo con los tipos de vegetación presentes en la microcuenca.

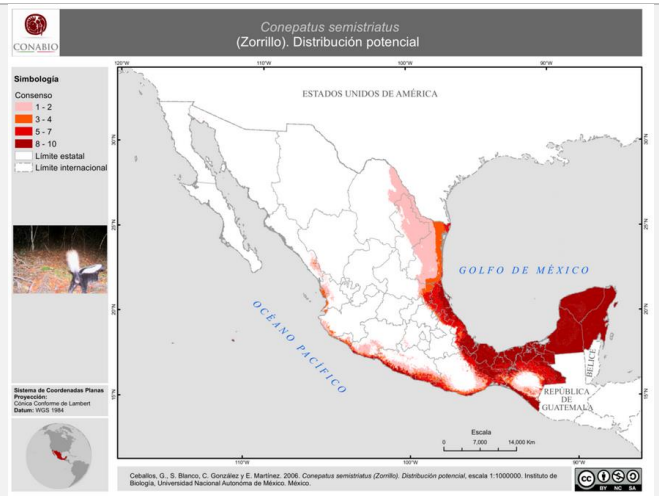
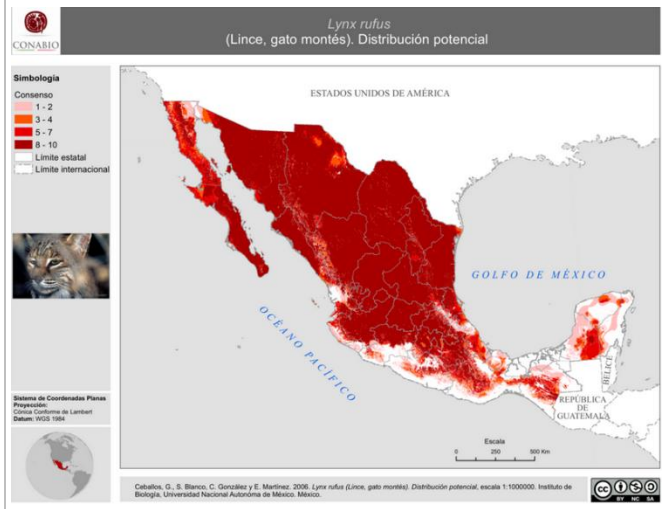
Distribución vertical. Se basa en el estrato de la vegetación donde se desarrollan los individuos de la especie.

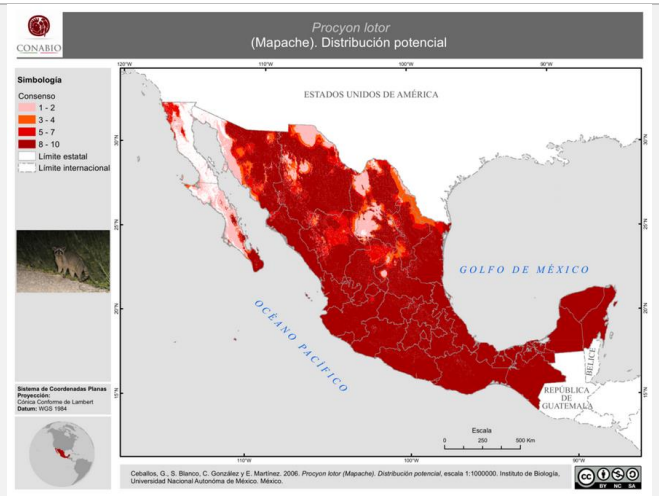
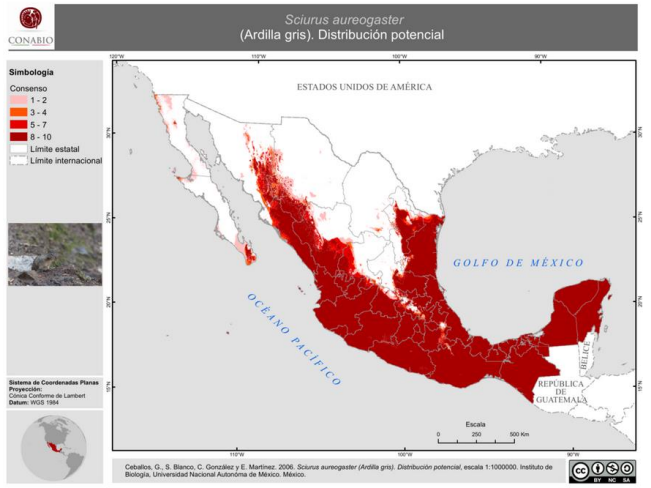
Tabla IV. 58. Especies de mamíferos

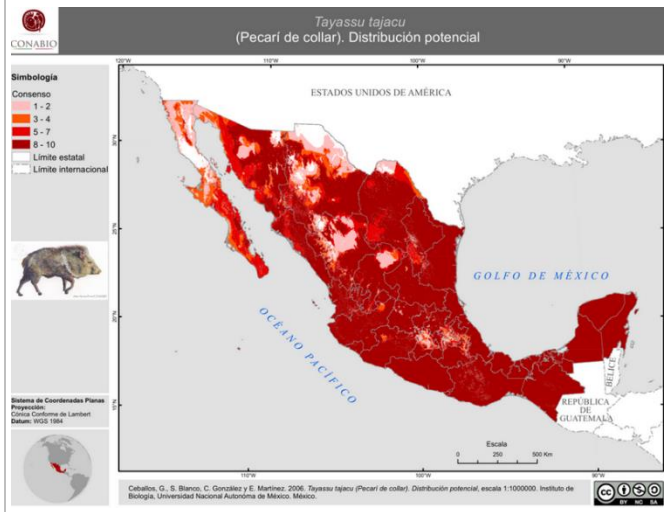
Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010		Interés Ecológico	Desplazamiento	Valor cinegético	Distribución
	Estatus	Endemismo				
Didelphis marsupialis		No endémica	Dispensador de semillas	No presenta desplazamiento.	No tiene valor cinegético.	

Dasypus novemcinctus		No endémica	.	Especie residente	Generalmente se usa por su piel para la elaboración de accesorios	
Mormoops megalophylla		No Endémico		Residente	No tiene valor cinegético.	

Urocyon cinereoargenteus		No endémico	Regulador de población de roedores y conejos.	Presentan desplazamiento lento.	Especie usada como trofeo cinegético.	
Puma concolor		No Endémica	Regulación de poblaciones de mamíferos pequeños	Sedentaria	Trofeo cinegético	

Conepatus mesoleucus		No endémica		Sedentario	Se utiliza la orina para fabricar perfumes	
Lynx rufus		No endémica	Regula las poblaciones de roedores y lagomorfos	Desplazamiento lento	Exportación de ejemplares	

Procyon lotor		No endémica	Contribuye con el esparcimiento de semillas	Desplazamiento lento. En ocasiones sedentario	No cuenta con valor cinegético	
Sciurus aureogaster		No endémica		Residente	No cuenta con valor cinegético	

Odocoileus virginianus		No endémico	Debido al ramoneo es principal distribuidor de semillas	Desplazamiento lento	Ejemplar de caza	
Tayassu tajacu		No endémica	Importante frugívoro	Desplazamiento lento	Cazado por su piel y su carne	

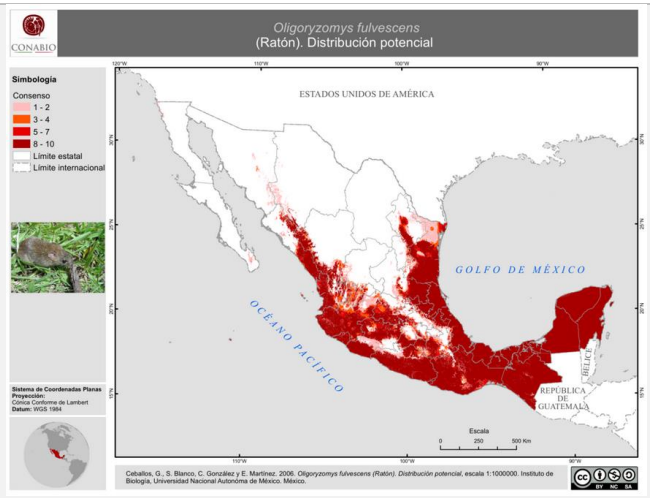
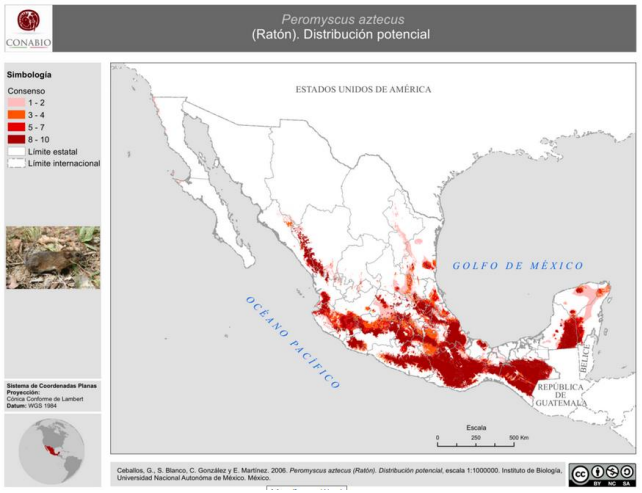
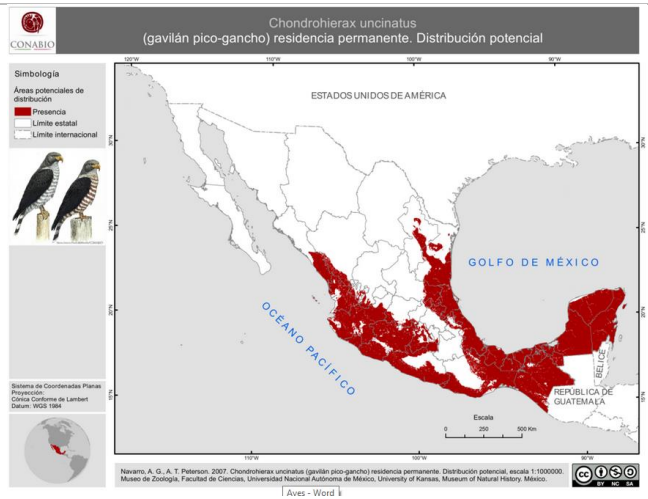
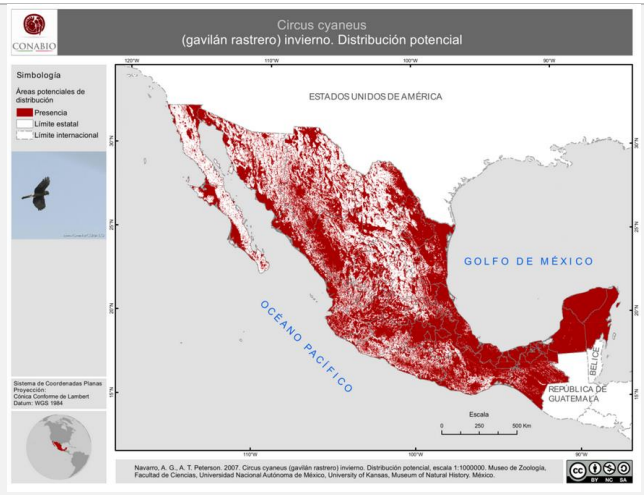
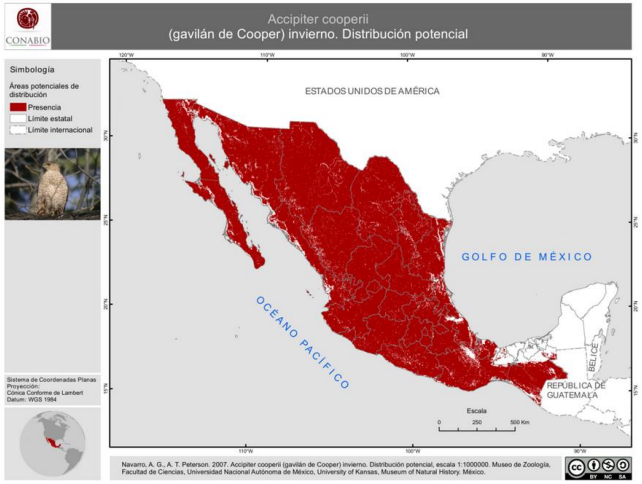
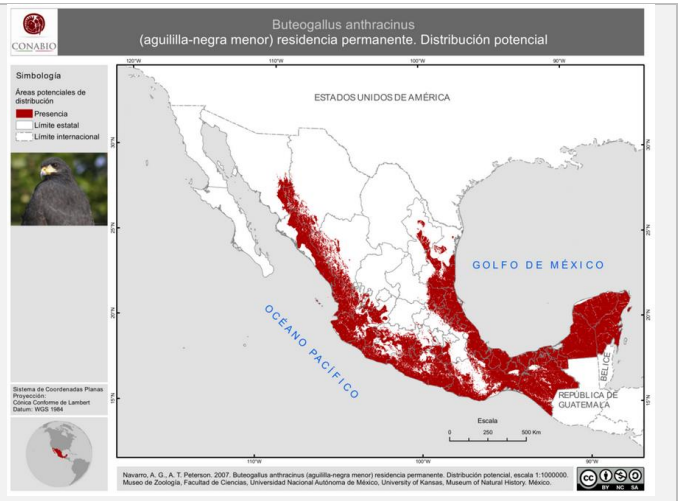
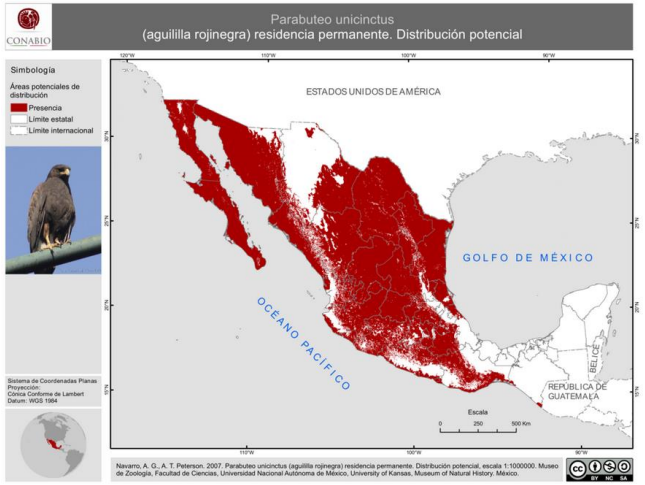
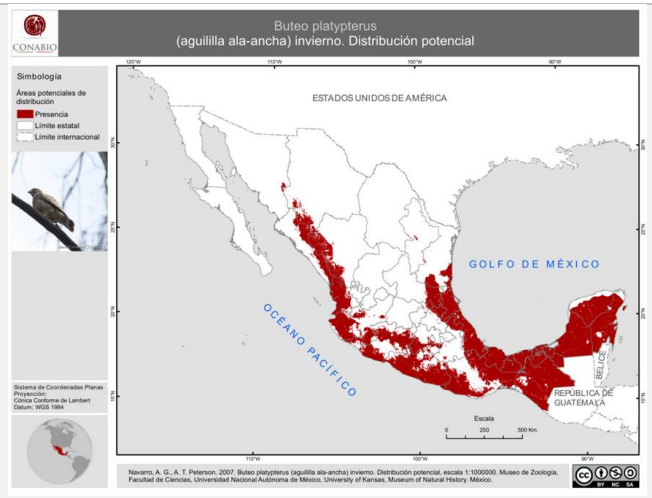
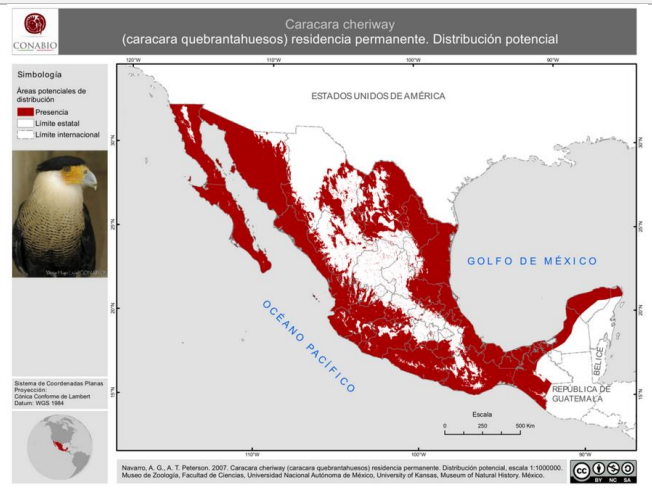
Oligoryzomys fulvescens		No Endémica		Residente	Sin interés cinegético	
Peromyscus aztecus		No Endémica		Residente	Sin interés cinegético	

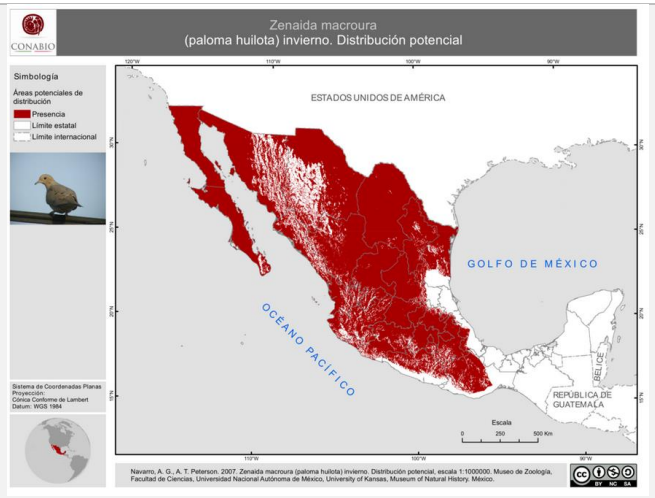
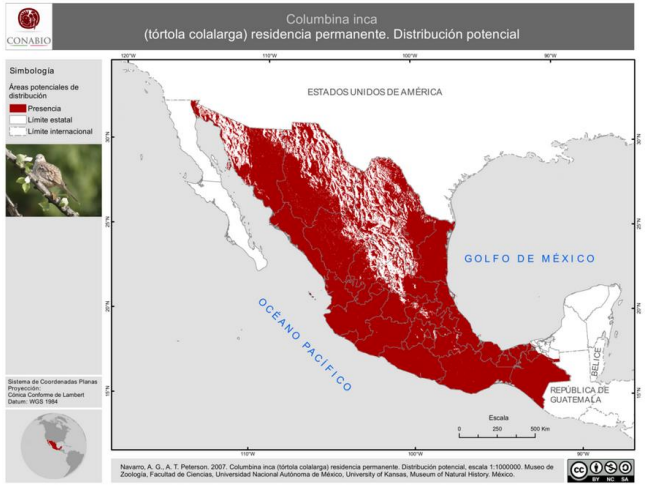
Tabla IV. 59. Especies de aves

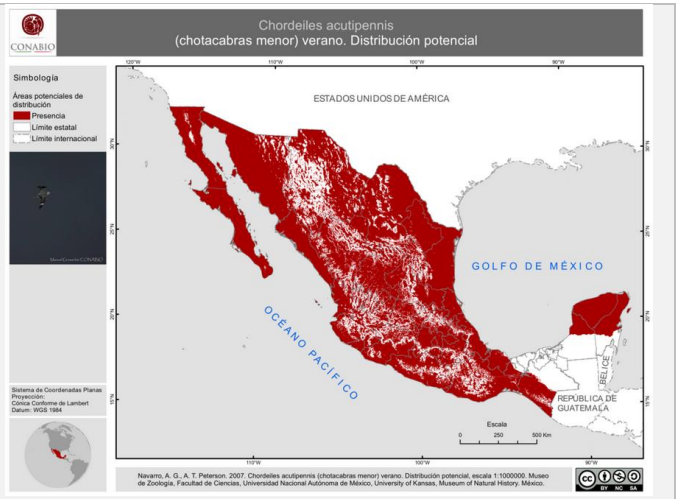
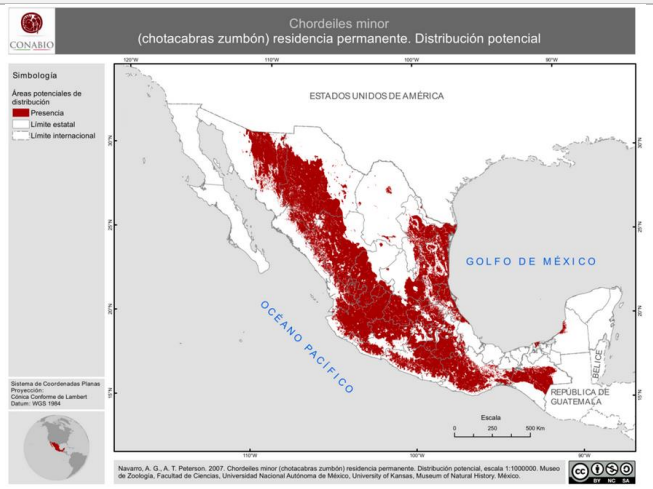
Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010		Interés Ecológico	Desplazamiento	Valor cinegético	Distribución
	Estatus	Endemismo				
Chondrohierax uncinatus	Pr	No endémica	Control de plagas	Desplazamiento lento	Cetrería	

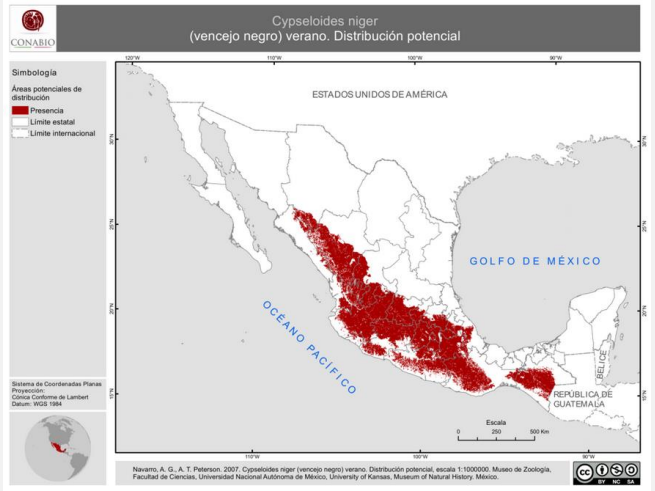
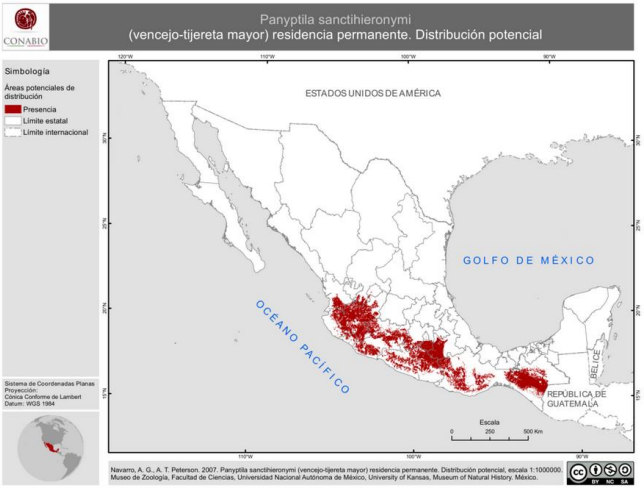
Circus cyaneus		No endémica	Control de plagas	Migratoria	No tiene valor cinegético	
Accipiter cooperii	Pr	No Endémica	Control de plagas	Migratoria	No tiene valor cinegético	

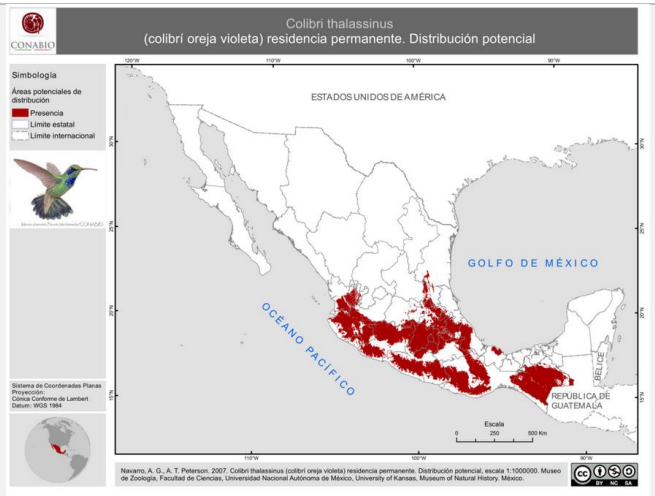
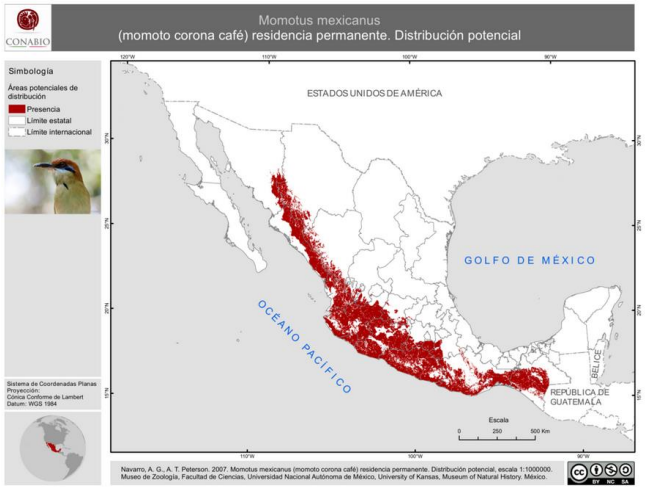
Buteogallus anthracinus	Pr	No endémica	Control de plagas.	Desplazamiento lento.	No cuenta con valor cinegético	
Parabuteo unicinctus	Pr	No endémica	Control de plagas e insectos	Desplazamiento lento	No tiene valor cinegético	

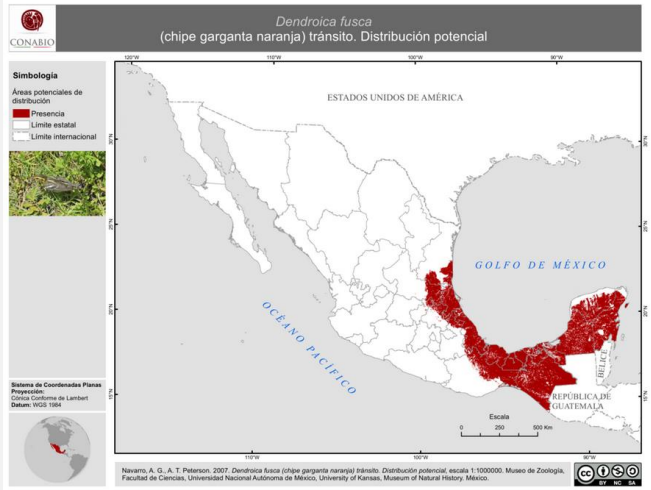
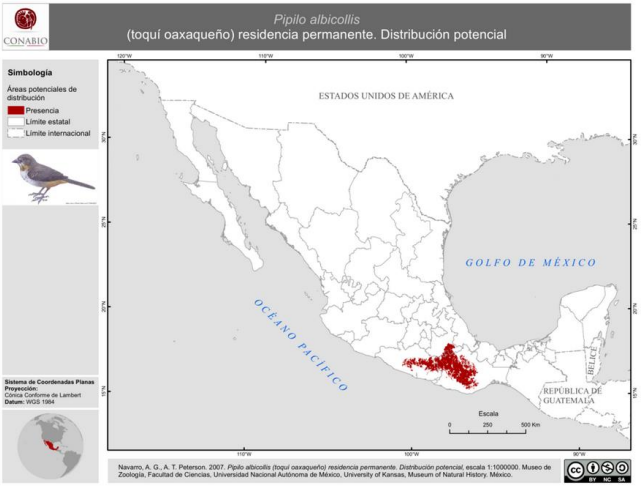
Buteo platypterus	Pr	No endémica	Control de plagas	Migratorio	No tiene valor cinegético	
Caracara cheriway		No endémica	Consumo de cadáveres/eliminación de animales muertos		No tiene valor cinegético	

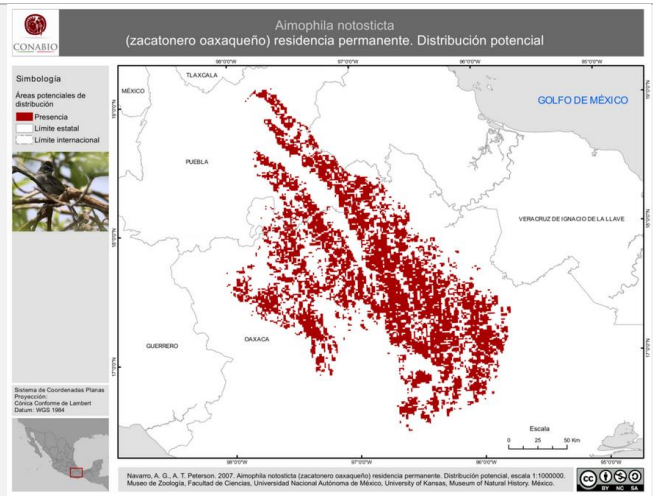
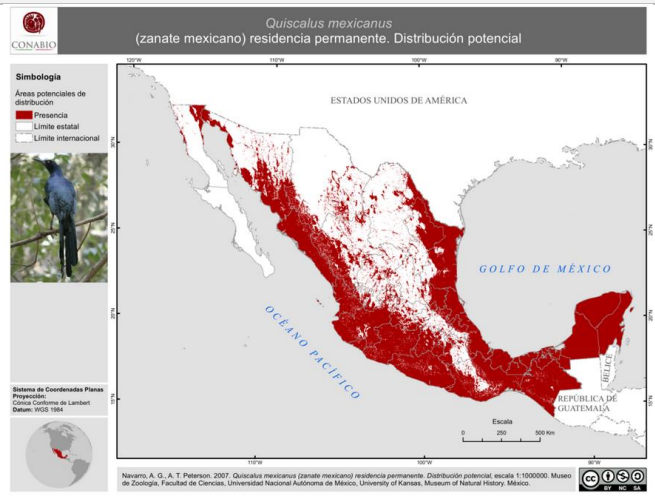
Zenaida macroura		No endémica	Esparce semillas al consumirlas	Migratoria.	No tiene valor cinegético	
Columbina inca		No endémica	Esparce semillas al consumirlas	Desplazamiento lento	No tiene valor cinegético	

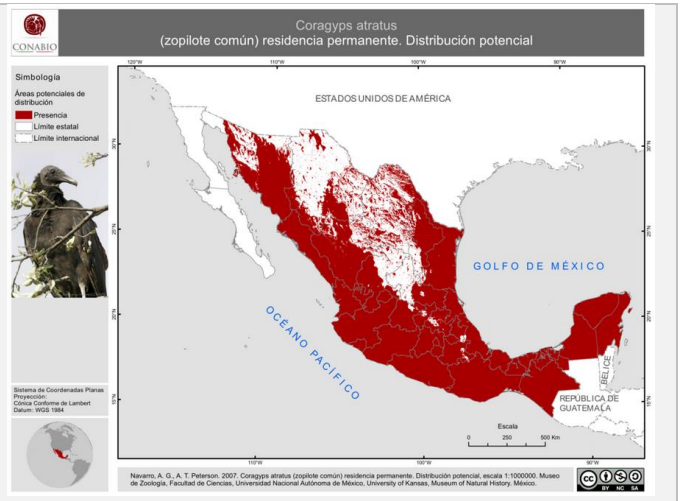
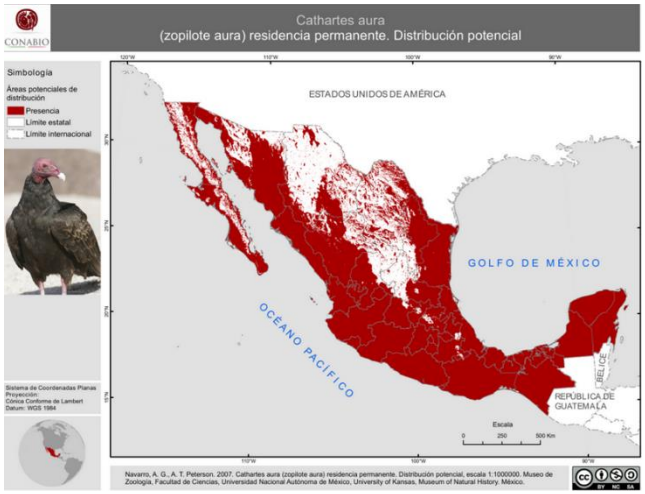
Chordeiles acutipennis		No endémica	Control de insectos	Sedentarias. Algunas se dirigen al sur en invierno	No tiene valor cinegético	
Chordeiles minor		No endémica	Control de insectos.		No tiene valor cinegético	

Cypseloides niger		No endémica	Control de insectos.	Desplazamiento lento	No cuenta con valor cinegético	
Panyptila sanctihieronym	Pr	No Endémico	Control de insectos	Desplazamiento lento	No cuenta con valor cinegético	

Colibri thalassinus		No Endémico	Polinización	Desplazamiento lento	Interés para observadores de aves	
Momotus mexicanus		No Endémico		Desplazamiento Lento	Sin interés cinegético	

Dendroica fusca		No Endémico		Desplazamiento migratorio	Sin interés cinegético	
Pipilo albicollis		No Endémico		Desplazamiento lento	Sin interés cinegético	

Aimophila notosticta	Pr	Endémica	Control biológico de plagas	Residente	Sin interés cinegético	
Quiscalus mexicano		No Endémico	Control biológico de plagas de insectos	Residente	Sin interés cinegético	

Coragyps atratus		No Endémico		Residente	Sin interés cinegético	
Cathartes aura		No endémica	Consumen focos de infección y enfermedad de otras especies	Desplazamiento lento. Migran hacia el norte en verano	No cuenta con valor cinegético	

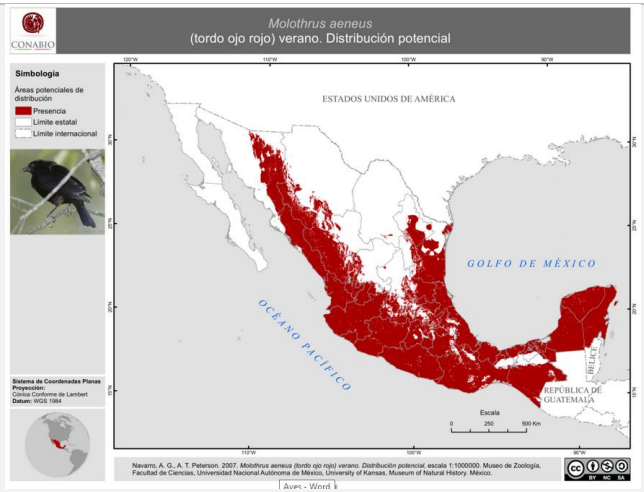
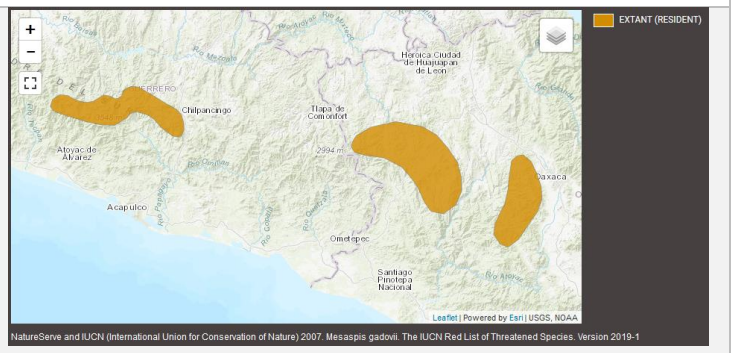
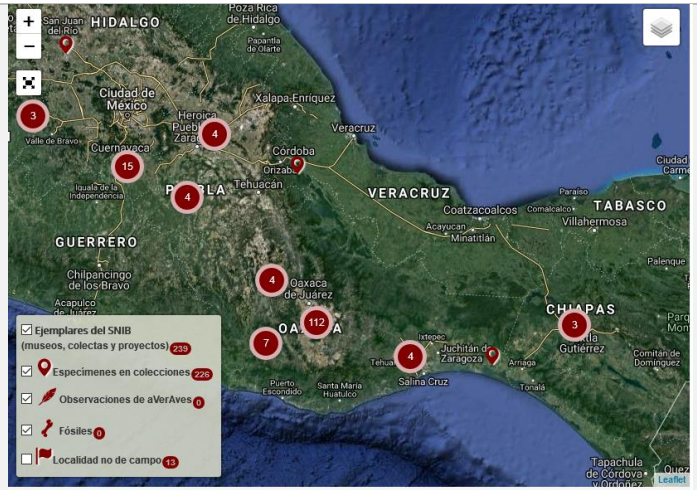
Molothrus aeneus		No Endémico		Migratorio	Sin interés cinegético	

Tabla IV. 60. Especies de reptiles

Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010		Interés Ecológico	Desplazamiento	Valor cinegético	Distribución
	Estatus	Endemismo				
Crotalus intermedius	A	Endémica	Control de pequeños roedores	Desplazamiento lento	Comercializada por su piel, veneno y cascabel	
Mesaspis gadovii		No Endémica	Control de plagas e insectos	Sedentaria	No cuenta con valor cinegético	

Phrynosoma braconnieri	Pr	Endémica	Control de plagas e insectos	Sedentaria	No cuenta con valor cinegético	
Sceloporus spinosus		No endémica	Control de plagas e insectos	Sedentaria	No cuenta con valor cinegético	

Aspidoscelis motaguae		No endémica	Control de plagas e insectos	Sedentaria	No cuenta con valor cinegético	
Aspidoscelis mexicana		No Endémica	Predador de pequeños mamíferos y control de insectos	Desplazamiento lento	No cuenta con valor cinegético	

Aspidoscelis sackii		No endémica		Desplazamiento lento	No cuenta con valor cinegético	
Pituophis lineaticollis		No endémica	Predador de pequeños mamíferos	Desplazamiento lento	Cazada por su piel cebo	

Tabla IV. 61. Características por especie del grupo taxonómico mamíferos

Nombre Científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Didelphis marsupialis	Tlacuache	R	Común	Solitario	Omnívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbu
Dasypus novemcinctus	Armadillo nueve bandas	R	Común	Solitario	Omnívoro	Selva Baja Caducifolia	Herb
Mormoops megalophylla	Murciélago bigotudo de cara plegada	R	Común	Gregario	Insectívoro/Frugívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbo/Arbu
Canis latrans	Coyote	R	Común	Solitario	Omnívoro/Frugívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbu
Urocyon cinereoargenteus	Zorro	R	Común	Solitario	Omnívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbo/Arbu
Puma concolor	Puma	R	Común	Solitario	Carnívoro	Selva Baja Caducifolia	Herb
Conepatus mesoleucus	Zorrillo	R	Poco común	Solitario	Insectívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbu
Lynx rufus	Lince rojo	R	Poco común	Solitario	Carnívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbu
Procyon lotor	Mapache	R	Común	Gregario	Omnívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbo/Arbu
Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	R/M	Poco común	Gregaria	Omnívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbo/Arbu
Sciurus aureogaster	Ardilla	R	Común	Solitario	Herbívoro/granívoro/Frugívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbu/Herb
Pecari tajacu	Pecari	R/M	Poco común	Gregaria	Omnívoro/Frugívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbo/Arbu
Oligoryzomys fulvescens	Rata arrocera pigmea	R	Común	Solitario	Omnívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbu
Peromyscus	Ratón azteca	R	Común	Solitario	Omnívoro	Selva Baja	Arbu

Nombre Científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
aztecus						Caducifolia	

Dónde: R=Residente M=Migratorio T=Transitorio Arbo=Arbóreo Arbu=Arbustivo Herb= Herbáceo Cact=Cactáceo

Tabla IV. 62. Características por especie del grupo taxonómico aves

Especie	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Chondrohierax uncinatus	Gavilán pico gancho	R/M	Poco común	Solitario/Pareja	Carnívoro	Selva baja caducifolia	Arb
Circus cyaneus	Gavilán rastrero	V.I.	Común	Solitario/Pareja	Carnívoro	Selva baja caducifolia	Arb
Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	V.I.	Común	Solitario/Pareja	Carnívoro	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Buteogallus anthracinus	Aguililla negra-menor	R	Común	Solitario/Pareja	Carnívoro	Selva baja caducifolia	Arb
Parabuteo unicinctus	Aguililla rojinegra	R	Común	Gregaria	Carnívoro	Selva baja caducifolia	Arb
Buteo platypterus	Aguililla ala ancha	V.I.	Común	Solitario/Pareja	Carnívoro	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Caracara cheriway	Caracará norteño	R	Común	Solitario/Pareja	Carroñero	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Zenaida macroura	Paloma güilota	V.I.	Común	Gregaria	Granívoro	Selva baja caducifolia	Arbu/Herb
Columbina inca	Tórtola cola larga	R	Común	Gregaria	Granívoro/ Frugívoro	Selva baja caducifolia	Arbu/Herb
Chordeiles acutipennis	Chotacabras menor	V.V.	Común	Solitaria/Pareja	Insectívoro	Selva baja caducifolia	Arbu/Herb
Chordeiles minor	Chotacabras	R	Abundante	Gregaria	Insectívoro	Selva baja	Arbu/Herb

Especie	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
	menor					caducifolia	
Cypseloides niger	Vencejo negro	V.V.	Poco común	Solitaria/Pareja	Insectívoro	Selva baja caducifolia	Arbu/Herb
Panyptila sanctihieronym	Vencejo tijereta mayor	R	Poco común	Gregaria	Insectívoro	Selva baja caducifolia	Arb
Colibri thalassinus	Colibrí oreja violeta	R	Común	Gregaria	Nectarívoro	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Momotus mexicanus	Momoto corona café	R	Común	Gregaria	Carnívoro/ Frugívoro	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Dendroica fusca	Chipe garganta naranja	T	Común	Gregaria	Insectívoro/Frugívoro	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Pipilo albicollis	Toqui oaxaqueño	R	Común	Gregaria	Insectívoro/Frugívoro	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Aimophila notosticta	Zacatonero oaxaqueño	R	Común	Solitaria/Pareja	Insectívoro/Frugívoro	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Quiscalus mexicano	Zanate mexicano	R	Común	Gregaria	Insectívoro/Carnívoro	Selva baja caducifolia	Arbu/Herb
Coragyps atratus	Zopilote	R	Común	Solitario/Pareja	Insectívoro/Carnívoro	Selva baja caducifolia	Arbu/Herb
Cathartes aura	Aura	R	Común	Gregaria	Carroñero	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu
Molothrus aeneus	Tordo ojo negro	V.V.	Común	Gregaria	Insectívoro/Granívoro	Selva baja caducifolia	Arb/Arbu

Dónde: R=Residente M=Migratorio T=Transitorio VI= Visitante de Invierno Arbo=Arbóreo Arbu=Arbustivo Herb= Herbáceo Cact=Cactáceo

Tabla IV. 63. Características por especie del grupo taxonómico reptiles

Nombre Científico	Nombre común	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
Crotalus intermedius	Víbora cascabel enana	R	Poco común	Solitaria	Carnívora	Selva Baja Caducifolia	Arbustiva
Mesaspis gadovii	Lagarto escorpión de Gadow	R	Común	Solitaria	Insectívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbustiva
Phrynosoma braconnieri	Camaleón de cola corta	R	Poco común	Solitaria	Carnívora	Selva Baja Caducifolia	Arbustiva
Sceloporus spinosus	Lagartija escamosa pintada	R	Común	Solitaria	Insectívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbustiva
Aspidoscelis motaguae	Huico	R	Común	Solitaria	Insectívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbustiva
Aspidoscelis mexicana	Huico mexicano	R	Común	Solitaria	Insectívoro/Carnivoro	Selva Baja Caducifolia	Arbustiva
Aspidoscelis sacki	Huico	R	Común	Solitaria	Insectívoro	Selva Baja Caducifolia	Arbustiva
Pituophis lineaticollis	Sin dato	R	Poco común	Solitaria	Carnívora	Selva Baja Caducifolia	Arbustiva

Dónde: R=Residente M=Migratorio T=Transitorio VI= Visitante de InviernoArbo=Arbóreo Arbu=Arbustivo Herb= Herbáceo Cact=Cactáceo

Al estimar el número de individuos por especie, se procedió a realizar los cálculos correspondientes al índice de Shannon y la equitatividad de Pielou, por grupo taxonómico.

Los resultados y su interpretación se muestran a continuación.

Tabla IV. 64. Índices de diversidad de mamíferos a nivel microcuenca

Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Didelphis marsupialis	*Tlacuache*	10	0.05	0.149786614
Dasypus novemcinctus	*Armadillo nueve bandas*	13	0.065	0.177668921
Mormoops megalophylla	*Murciélago bigotudo de cara plegada*	40	0.2	0.321887582
Canis latrans	*Coyote*	3	0.015	0.062995576
Urocyon cinereoargenteus	*Zorro*	2	0.01	0.046051702
Puma concolor	*Puma*	1	0.005	0.026491587
Conepatus mesoleucus	*Zorrillo*	22	0.11	0.24280024
Lynx rufus	*Lince rojo*	5	0.025	0.092221986
Procyon lotor	*Mapache*	15	0.075	0.194270037
Odocoileus virginianus	*Venado cola blanca*	14	0.07	0.186148203
Sciurus aureogaster	*Ardilla*	25	0.125	0.259930193
Sylvilagus Floridanus	*Conejo*	5	0.025	0.092221986
Pecari tajacu	*Pecarí*	4	0.02	0.07824046
Oligoryzomys fulvescens	*Rata arrocera pigmea*	32	0.16	0.293213034
Peromyscus aztecus	*Ratón azteca*	9	0.045	0.139549176
Totales		200	1	2.363477297

H CALCULADA	2.363477297
H MÁXIMA	2.708050201
EQUITATIVIDAD	0.87275978

Las especies presentan una ligera dominancia unas sobre otras, en este caso las especies que presenta más dominancia son *Mormoops megalophylla* y *Oligoryzomys fulvescens* el H.C. obtiene un valor de 2.36, que nos indica que es un grupo poco diverso, H.M. tiene un valor de 2.70, es decir que existe una ligera dominancia entre especies, lo cual se ratifica con una equitatividad de 0.87.

Tabla IV. 65. Índices de diversidad de aves a nivel microcuenca

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Gavilán pico gancho	*Chondrohierax uncinatus*	4	0.00742115	0.036389026
Gavilán rastrero	*Circus cyaneus*	6	0.011131725	0.050070012
Gavilán de Cooper	*Accipiter cooperii*	4	0.00742115	0.036389026
Aguililla negra- menor	*Buteogallus anthracinus*	6	0.011131725	0.050070012
Aguililla rojinegra	*Parabuteo unicinctus*	8	0.014842301	0.062490153
Aguililla ala ancha	*Buteo platypterus*	4	0.00742115	0.036389026
Caracara norteño	*Caracara cheriway*	2	0.003710575	0.020766488
Paloma huilota	*Zenaida macroura*	32	0.059369202	0.16765742
Tortola cola larga	*Columbina inca*	46	0.085343228	0.210036015
Chotacabras menor	*Chordeiles acutipennis*	15	0.027829314	0.099675289
Chotacabras menor	*Chordeiles minor*	10	0.018552876	0.073972736
Vencejo negro	*Cypseloides niger*	15	0.027829314	0.099675289
Vencejo tijereta mayor	*Panyptila sanctihieronym*	9	0.016697588	0.068334729
Colibrí oreja violeta	*Colibri thalassinus*	14	0.025974026	0.094822292
Momoto corona café	*Momotus mexicanus*	18	0.033395176	0.113521686
Carpintero corona gris	*Piculus auricularis*	12	0.022263451	0.084708176
Carpintero del desierto	*Melanerpes uropygialis*	13	0.024118738	0.089836662
Golondrina tijereta	*Hirundo rustica*	25	0.046382189	0.14243227
Chipe garganta naranja	*Dendroica fusca*	36	0.066790353	0.180747827
Toqui oaxaqueño	*Pipilo albicollis*	21	0.038961039	0.126436096
Zacatonero oaxaqueño	*Aimophila notosticta*	36	0.066790353	0.180747827
Zanate mexicano	*Quiscalus mexicano*	44	0.081632653	0.20453273
Zopilote	*Coragyps atratus*	32	0.059369202	0.16765742
Gorrión doméstico	*Passer domesticus*	55	0.102040816	0.232896162
Calandria Dorso Negro	*Icterus Cucullatus*	15	0.027829314	0.099675289
Aura	*Cathartes aura*	25	0.046382189	0.14243227
Tordo ojo negro	*Molothrus aeneus*	32	0.059369202	0.16765742
Totales		539	1	3.040019345

H CALCULADA	3.040019345
H MÁXIMA	3.295836866
EQUITATIVIDAD	0.922381619

Con respecto al grupo faunístico aves, la distribución de las especies es muy similar ya que se obtiene un valor para H.C. de 3.04 y H.M. de 3.29, que, igual que en el grupo taxonómico mamíferos existe una ligera dominancia de algunas especies sobre otras, por lo que se obtiene una equitatividad de 0.92.

Tabla IV. 66. Índices de diversidad de reptiles a nivel microcuenca

Nombre Común	Nombre Científico	Abundancia	Abundancia relativa	Shannon(Pi)[(log)(Pi)]
Víbora cascabel enana	*Crotalus intermedius*	10	0.05	0.149786614
Lagarto escorpión de Gadow	*Mesaspis gadovii*	13	0.065	0.177668921
Camaleón de cola corta	*Phrynosoma braconnieri*	8	0.04	0.128755033
Lagartija escamosa pintada	*Sceloporus spinosus*	6	0.03	0.105196737
Huico	*Aspidoscelis motaguae*	11	0.055	0.159523215
Huico mexicano	*Aspidoscelis mexicana*	10	0.05	0.149786614
Huico	*Aspidoscelis sacki*	13	0.065	0.177668921
Sin dato	*Conophis lineatus*	8	0.04	0.128755033
Sin dato	*Conopsis nasus*	11	0.055	0.159523215
Sin dato	*Pituophis lineaticollis*	8	0.04	0.128755033
Totales		98	0.49	1.465419335

H CALCULADA	1.465419335
H MÁXIMA	2.302585093
EQUITATIVIDAD	0.636423531

Existe dominancia de unas especies sobre otras, por lo que se obtiene un valor de H.C. de 1.46 y un valor para H.M. de 2.30, estando alejada H.C. a H.M. se infiere que las especies no se distribuyen de manera similar, ratificando lo anterior con un valor para la equitatividad de 0.63.

IV.4. Medio socioeconómico

IV.4.1. Factor demográfico

El último Censo de Población y Vivienda se realizó en el año 2010 por el INEGI, este censo reporta que para el municipio de San Pedro Totolápam se tiene una población de 2,603 habitantes, de esta cifra el 47.8% son hombres y el 52.2% mujeres. Para el año 2015 se registró un pequeño crecimiento en la población, ascendiendo a 2,626 habitantes, registrando una densidad de población de 6.5 hab/km², de acuerdo con encuesta

intercensal realizada por INEGI. Como se observa en la siguiente gráfica, la población en el municipio ha disminuido con el pasar de los años, principalmente por la migración.

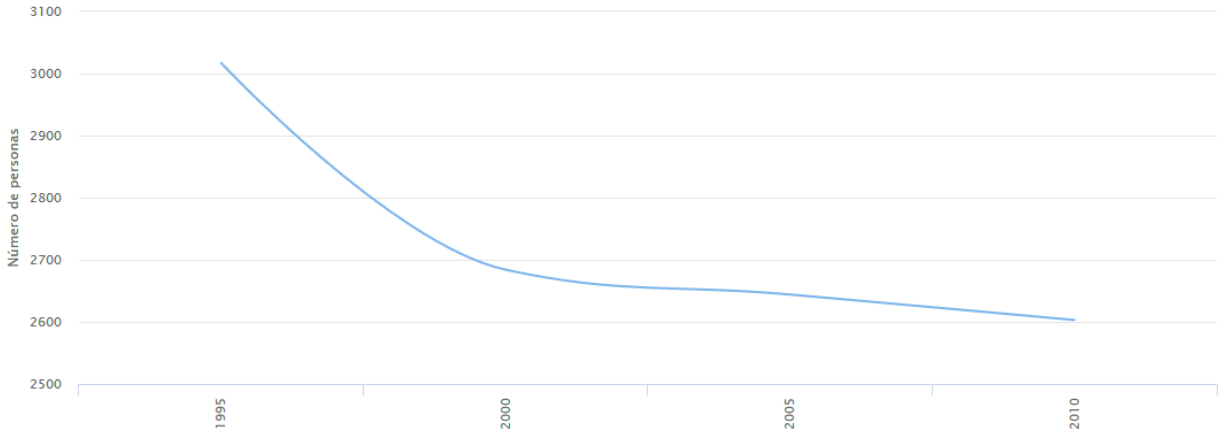


Figura IV. 38. Comportamiento del crecimiento de la población

La población del municipio es joven, la edad media es de 31 años, concentrándose el 47.7% en un rango de edad de 0 a 29 años, el grupo de edad de 30 a 59 años se compone del 35.4% y las personas mayores de 60 años son solamente el 16.9% de la población. A continuación, en la tabla IV.67 se puede apreciar la distribución por edades de la población.

Tabla IV. 67. Distribución de la población por edades

Rangos de edad en años	Género		Total
	Mujeres	Hombres	
0 a 14	284	331	615
15 a 29	328	310	638
30 a 44	294	228	522
45 a 59	237	170	407
60 a 74	160	126	286
75 y más	69	89	158
Total	**1,372**	**1,254**	**2,626**

IV.4.2. Factor vivienda

Para el año 2010, 714 viviendas se encuentran habitadas por una población de 2,510 personas distribuidas en hogares familiares y 78 en hogares no familiares, de los 714 hogares 509 tienen jefatura masculina y en 205 la jefatura es femenina. De estos hogares,

692 cuentan con agua entubada, 699 con electricidad, 699 con drenaje y 78 tienen piso de tierra.

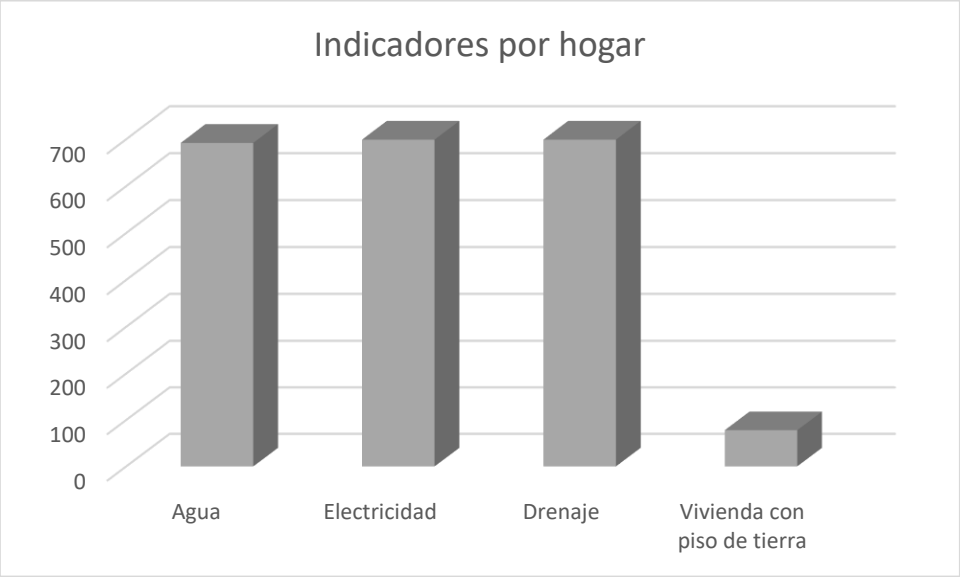


Figura IV. 39. Indicadores servicios básicos por hogar

IV.4.3. Factor económico

De la población, solamente participan en el sector económico 258 personas, de las cuales el 44.96% se encuentra ocupado en el sector comercio, el 33.72% en el sector privado que ofrece servicios no financieros, el 13.95% en la industria manufacturera, el 3.10% en servicios financieros, 2.71% en servicios de agua y gas y 1.55 en el sector de transportes, como se muestra en la tabla IV.68 y figura IV.40 a continuación.

Tabla IV. 68. Ocupación por sector económico

Sector de ocupación	Número de personas	Porcentaje
Comercio	116	44.96
Servicios privados no financieros	87	33.72
Agua y gas	7	2.71
Industria manufacturera	36	13.95
Transportes	4	1.55
Servicios financieros	8	3.10
	258	100.00

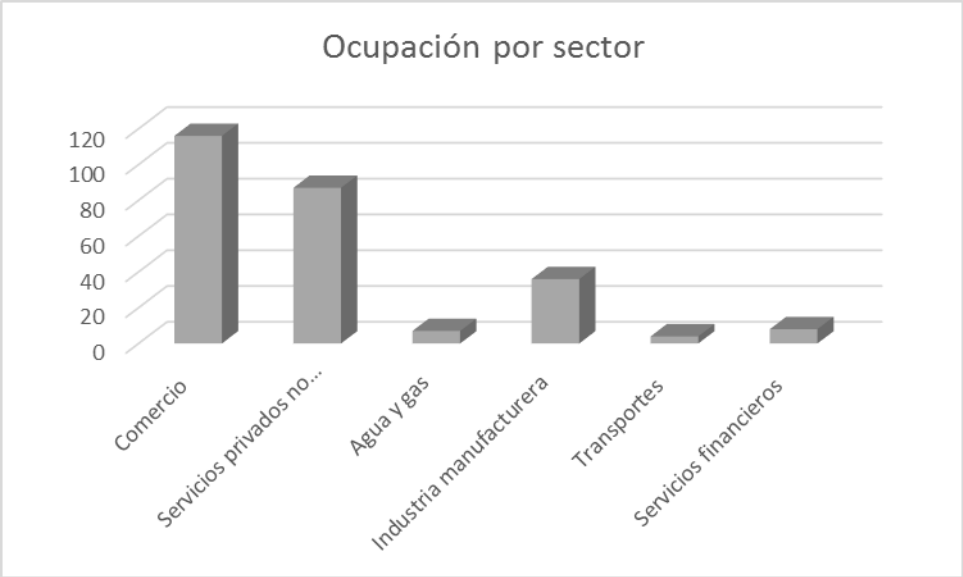


Figura IV. 40. Ocupación por sector

IV.5. Diagnóstico ambiental

El Diagnóstico Ambiental (DA) aquí presentado, es un complemento de esa caracterización del medio biótico y abiótico dentro del Sistema Ambiental (SA), delimitado para el estudio y evaluación de impactos derivados de la ejecución del Proyecto; a través del cual, además, se ha de identificar con mayor precisión la problemática ambiental detectada en el Área de Influencia del Proyecto.

El objetivo que pretende el DA es plasmar tanto de forma descriptiva como en imágenes y planos georeferenciados el grado de calidad estimado que guardan actualmente los componentes ambientales con los que interactuará el proyecto, de acuerdo a los criterios profesionales del equipo de especialistas involucrados en el estudio de la zona. Esta información posteriormente permitirá generar un modelo predictivo del escenario futuro, una vez que se apliquen las medidas de prevención y mitigación propuestas a los impactos ambientales identificados.

Metodología para la elaboración del DA

Con este contexto, el DA se desarrolló mediante la aplicación de criterios ambientales a la información geográfica de los componentes presentes, de manera que se valorara la importancia de los recursos bióticos y abióticos.

La valoración de los componentes ambientales Atmósfera, Suelos, Hidrología, Vegetación, Fauna, Paisaje-Geomorfología y Socioeconomía, 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. De forma sintetizada, la metodología que ha sido empleada para la ponderación de los componentes ambientales respecto a su relevancia en el Sistema Ambiental, es explicada en los siguientes pasos (Saaty, 1994; Saaty & Vargas, 1994; Bhushan & Rai, 2004).

1. Se plantea la meta global, que para este caso es la jerarquización de los componentes ambientales en el SA según su importancia, y se especifican los criterios empleados para comparar y evaluar los componentes. Los criterios que han sido considerados en este estudio son los siguientes:

    - Extensión: área de influencia en relación con el entorno
    - Complejidad: compuesto de elementos diversos
    - Representatividad: carácter simbólico, incluye el carácter endémico
    - Diversidad: abundancia de elementos distintos en el entorno
    - Estabilidad: permanencia en el entorno, firmeza
    - Fragilidad: endebles, vulnerabilidad y carácter perecedero de cualquier factor
    - Interés ecológico: por su peculiaridad ecológica
    - Interés histórico-cultural: por su peculiaridad histórico-monumental-cultural

2. Se establece la importancia relativa de cada criterio, mediante la comparación por pares de cada criterio; para ello el mismo Saaty desarrollo una escala fundamental para las comparaciones por pares, con valores comprendidos entre el 1 y el 9, asociados a una importancia comparativa, tal como se presenta en la tabla IV.69.

Tabla IV. 69. Escalas de comparación de Saaty

Valor	Significado	Descripción
9	Absolutamente más importante que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante

		que el segundo
7	Mucho más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o indiferente a	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente menos importante que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo

En la escala también se consideran importancias intermedias, para los cuales se pueden asignar los valores 2, 4, 6 u 8, o sus valores recíprocos (1/2, 1/4, 1/6, 1/8).

3. Las comparaciones por pares de los diversos criterios generados en el paso 2 se organizan en una matriz cuadrada, denominada comúnmente como matriz de comparación por pares, como se ejemplifica en la figura IV.41.

	C1	C2	C3
C1	1		
C2		1	
C3			1

Figura IV. 41. Matriz de comparación por pares genérica

4. Se calculan los pesos de los criterios. Para ello se realizan las siguientes operaciones:

i) suma de valores en cada columna de la matriz comparaciones pareadas, ii) división de cada elemento de la matriz entre el total de su columna. Este resultado es referido como la "matriz normalizada de comparaciones pareadas, y iii) cálculo del promedio de los elementos de cada renglón de la matriz normalizada. Esto es, dividir la suma de las calificaciones normalizadas de cada renglón entre el número de criterios. Estos promedios proveen una estimación de los pesos relativos del criterio comparado. Usando este método, los pesos son interpretados como el promedio de todas las maneras posibles de comparar el criterio.

5. Estimación de la consistencia. En este paso se analiza si las comparaciones son consistentes. Para ello se debe determinar el vector de la suma ponderada, multiplicando el peso del primer atributo por la primera columna de la matriz de comparaciones pareadas, el peso del segundo atributo por la segunda columna y el peso del tercer atributo por la tercera columna de la matriz original. Finalmente, se suman estos valores sobre los renglones. Posteriormente se determina el vector de consistencia, para el cual se divide el vector de la suma de pesos entre los pesos de los criterios determinados previamente. Finalmente, se debe calcular el índice de consistencia (IC). Para calcular IC debe obtenerse primero el valor de Lambda (λ) que es el promedio del vector de consistencia. El cálculo de este índice se basa en la observación de que λ es siempre mayor o igual al número de criterios bajo consideración (n) para matrices positivas y recíprocas, y λ = n si la matriz de comparaciones pareadas es consistente. Consecuentemente, λ – n puede considerarse una medida del grado de inconsistencia. Esta medida puede ser normalizada como sigue:

$$IC = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

donde IC es el índice de consistencia. Este índice provee una medida de la consistencia. Ahora se debe calcular la proporción de consistencia PC, mediante la siguiente ecuación:

$$PC = \frac{IC}{IA}$$

donde IA es el índice de azar, esto es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada aleatoriamente. Saaty también ha determinado una relación de índices en función del número de elementos que son comparados. Un valor de PC < 0.10 indica un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas;

PC > 0.10, indica inconsistencia en los juicios.

Una de las principales ventajas de usar este método de comparaciones pareadas es que sólo se consideran dos criterios a la vez. No obstante, si se comparan muchos criterios, el método se hace muy largo. En este caso, con los 8 criterios de evaluación considerados, se requieren 28 comparaciones pareadas. 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 IV.70. La proporción o índice de consistencia obtenido con el software de la Matriz de comparaciones pareadas para todos los componentes obtuvo un valor menor de 0.10; lo que, de acuerdo a la metodología, es una jerarquización consistente.

Tabla IV. 70. Ponderación de los componentes ambientales respecto a su relevancia en el SA

No.	Componente	Peso Ponderado
1	Atmósfera	1.04
2	Suelos	1.03
3	Hidrología	0.93
4	Vegetación	2.67
5	Fauna	1.82
6	Paisaje y Geoformas	1.66
7	Socioeconómico y cultural	0.85

Los componentes vegetación y fauna son los que representan mayor importancia en el ambiente en consideración de su extensión, complejidad, representatividad, diversidad, estabilidad, fragilidad, interés ecológico e interés histórico-cultural (criterios considerados para la ponderación). Le sigue paisaje y geoformas, atmósfera, suelos e hidrología en la jerarquización de los componentes. Esta información se considera de utilidad para la siguiente etapa en el proceso de elaboración del Diagnóstico Ambiental, y será retomada más adelante para la asignación de Unidades de Importancia Ambiental (UIP), durante la evaluación de los impactos ambientales generados por el Proyecto.

Habiendo asignado un peso ponderado para los componentes ambientales, el siguiente paso consistió en generar un listado de nuevos criterios integrados por diversos factores que influyen directamente sobre la calidad del componente. Estos nuevos criterios fueron elegidos por el equipo de profesionistas que participa en la elaboración de la MIA, y su principal característica es que los factores que los integran son identificables y ubicables en los planos cartográficos, modelos generados para el SA, y/o en las imágenes satelitales cargadas en el Sistema de Información Geográfica (SIG) del Proyecto. De esta manera, cada criterio constituye una capa (shape) que será procesada en el SIG para la definición de los rangos de calidad ambiental estimados.

Una vez definida la lista de criterios y factores a considerar, se repartió el valor del peso ponderado de cada componente entre los criterios que lo integran, de acuerdo al nivel de influencia que tiene el criterio sobre la calidad del componente. Posteriormente, el equipo de trabajo evaluó y designó un valor para cada factor, denominado "Valor de Importancia", en una escala de 0 a *n*, siendo *n* el valor del criterio correspondiente, y que además representa el mayor aporte al estado de calidad del componente, respecto al criterio evaluado; mientras que 0 equivale a un nulo aporte al estado de calidad.

A fin de darle una proporcionalidad adecuada a los factores, se multiplicó el Valor de Importancia de cada uno de los factores por el valor del criterio que lo contiene. Al producto de esta operación se la ha denominado "Valor Ponderado". A continuación, en la aplicación de ArcMap del software ArcGIS, se asignaron los valores ponderados de los factores al vector(es) que los representa digital y geográficamente, por componente ambiental.

Para la obtención del Diagnóstico Individual de cada uno de los componentes, todos los shape que lo conforman fueron sobrepuestos y transformados en operaciones matemáticas

(sumatorias) de los Grids (matrices representativas de píxel a 5 metros) en el SIG, resultando diversos valores que fueron clasificados en 5 rangos asociados a una etiqueta lingüística que describe el estado de calidad estimado del componente dentro del Sistema Ambiental del Proyecto, los cuales van desde un rango bajo a un rango alto, pasando por valores intermedios (medio bajo, medio y medio alto). En otras palabras, el rango de calidad para la clasificación del área por componente, resulta de la sumatoria del valor de las cualidades esperadas, o, por el contrario, la carencia de las mismas, correspondientes a los factores considerados.

Los Criterios y Factores empleados, así como Valores de Importancia y los Valores Ponderados evaluados, se presenta en la siguiente tabla IV.71.

Tabla IV. 71. Criterios y factores indicativos para el análisis de cada componente ambiental

Componente Ambiental	Criterio	Factor	Valor de Importancia	Valor Ponderado
Atmósfera	Actividades humanas	Sin afectación	6.0	36.0
19	6	Zonas en proceso o ya restituidas/reforestadas	4.0	24.0
		Caminos pavimentados	3.0	18.0
		Localidades rurales	3.0	18.0
		Agostaderos y parcelas	2.5	15.0
		Actividades mineras	1.5	9.0
		Caminos no pavimentados	1.0	6.0
	Captura de polvos fugitivos	Cobertura cerrada	6.0	42.0
	7	Cobertura dispersa	2.0	14.0
		Cobertura abierta	4.0	28.0
	Ruido	Áreas con ruido natural	6.0	36.0
	6	Áreas con generación de ruido artificial esporádico moderado	4.0	24.0
		Áreas con generación de ruido artificial esporádico alto	3.0	18.0
		Áreas con generación de ruido artificial constante moderado	2.5	15.0
		Áreas con generación de ruido artificial constante alto	1.0	6.0
Suelo	Actividades	Sin afectación	3.0	9.0

Componente Ambiental	Criterio	Factor	Valor de Importancia	Valor Ponderado
	humanas			
14	3	Zonas en proceso o ya restituidas/reforestadas	2.0	6.0
		Agostaderos y parcelas	1.5	4.5
		Caminos no pavimentados	1.0	3.0
		Localidades rurales	0.2	0.6
		Actividades mineras	0.2	0.6
		Caminos pavimentados	0.0	0.0
	Erosión eólica	Alta	0.0	0.0
	2	Baja	2.0	4.0
		Moderada	1.0	2.0
	Erosión hídrica	Alta	0.0	0.0
	4	Moderada	2.0	8.0
	Potencial de degradación	Actividades antropogénicas	3.0	15.0
	5	Sin degradación aparente	5.0	25.0
Hidrología	Superficial	Corrientes perenes	1.0	1.0
6	1	Cuerpos lénticos	0.9	0.9
		Corrientes intermitentes	0.6	0.6
	(Recarga 1) Zonas con potencial de	Material NO consolidado con posibilidades altas	1.0	1.0
	infiltración en función del material	Material NO consolidado con posibilidades medias	0.8	0.8
	1	Material NO consolidado con posibilidades bajas	0.7	0.7
		Material Consolidado con posibilidades bajas	0.4	0.4
	(Recarga 2) Zonas con potencial de infiltración en función de las pendientes	0° -5°	2.0	4.0
		5° - 14°	2.0	4.0

Componente Ambiental	Criterio	Factor	Valor de Importancia	Valor Ponderado
	2	14° - 24°	1.5	3.0
		24° - 55°	1.0	2.0
		> 55°	0.2	0.4
Vegetación	Actividades humanas	Sin afectación	5.0	25.0
25	5	Agostaderos y parcelas	0.5	2.5
		Zonas en proceso o ya restituidas/reforestadas	3.5	17.5
		Localidades rurales	0.3	1.5
		Caminos pavimentados	0.0	0.0
		Caminos no pavimentados	0.0	0.0
		Actividades mineras	0.0	0.0
	Tipos de vegetación valorada	Matorrales desértico micrófilo	5.9	52.7
	por su capacidad de regeneración	Suelo sin vegetación aparente	0.5	4.5
	9	Zonas incendiadas	0.5	4.5
		Otros usos del suelo	0.0	0.0
	Cobertura de la vegetación	Cobertura cerrada	11.0	121.0
	11	Cobertura dispersa	2.5	27.5
		Cobertura abierta	6.0	66.0
Fauna	Influencia de zonas de	Sin influencia	10.0	100.0
20	ahuyentamiento	Zonas en proceso o ya restituidas/reforestadas	7.0	70.0
	10	Agostaderos y parcelas	3.0	30.0
		Localidades rurales	2.0	20.0
		Caminos no pavimentados	2.0	20.0
		Caminos pavimentados	1.0	10.0
		Zonas incendiadas	0.5	5.0
		Actividades mineras	2.0	20.0
	Zonas aptas para el establecimiento	Matorrales desértico micrófilo	10.0	100.0

Componente Ambiental	Criterio	Factor	Valor de Importancia	Valor Ponderado
	de hábitats	Suelo sin vegetación aparente	4.5	45.0
		Corrientes de agua intermitentes	7.5	75.0
Paisaje y	Modelo de Topoformas valoradas	Cañones	5.0	25.0
Geoformas	por su grado de influencia al entorno	Valles poco profundos	4.8	24.1
9	5	Drenajes de tierras altas	4.5	22.3
		Planicies	4.8	24.1
		Colinas locales en los valles	4.1	20.5
	Actividades humanas	Sin afectación	1.0	1.0
	1	Zonas en proceso o ya restituidas/reforestadas	0.7	0.7
		Localidades rurales	0.3	0.3
		Agostaderos y parcelas	0.2	0.2
		Caminos pavimentados	0.2	0.2
		Caminos no pavimentados	0.2	0.2
		Zonas incendiadas	0.2	0.2
		Actividades mineras	0.1	0.1
	Modelo de Rumbos de Pendientes	N	3.0	9.0
	3	NE y NO	2.7	8.2
		E y O	2.5	7.4
		Plano	2.7	8.2
		S	1.8	5.3
		SE y SO	2.0	6.1
Socioeconómico y Cultural	Actividades humanas	Localidades rurales	3.5	12.3
7	3.5	Actividades mineras	3.0	10.5
		Caminos pavimentados	3.3	11.6
		Áreas de interés antropológico y/o histórico	3.3	11.6
		Agostaderos y parcelas	2.9	10.2
		Caminos no pavimentados	2.8	9.8
		Sin afectación	3.0	10.5

Componente Ambiental	Criterio	Factor	Valor de Importancia	Valor Ponderado
		Zonas incendiadas	0.5	1.8
	Servicios e infraestructura	Disponibilidad de servicios *****	3.5	12.3
	3.5	Zonas en proceso o ya restituidas/reforestadas	2.0	7.0
		Caminos	3.3	11.6

Una vez generados los Diagnósticos Individuales de todos los componentes, se les asignó a cada uno en el SIG su correspondiente peso ponderado, relativo a su relevancia dentro del SA; y en seguida se integraron todos en un solo modelo, que se realizó sobreponiendo los shapes de los Diagnósticos Individuales, haciendo luego una sumatoria con los Grids y clasificando los valores resultantes en cinco rangos equidistantes, generando así el Diagnóstico Ambiental Integrado (DA-I) del SA del Proyecto.

Con la finalidad de resumir y esquematizar la metodología empleada para la elaboración del DA-I, en la figura IV.42 se presenta el procedimiento seguido que dio origen a los Diagnósticos Individuales de los 7 componentes ambientales y finalmente al Diagnóstico Ambiental Integrado. Asimismo, en la figura IV.43 se muestra un mosaico de los diagnósticos generados para el Sistema Ambiental.

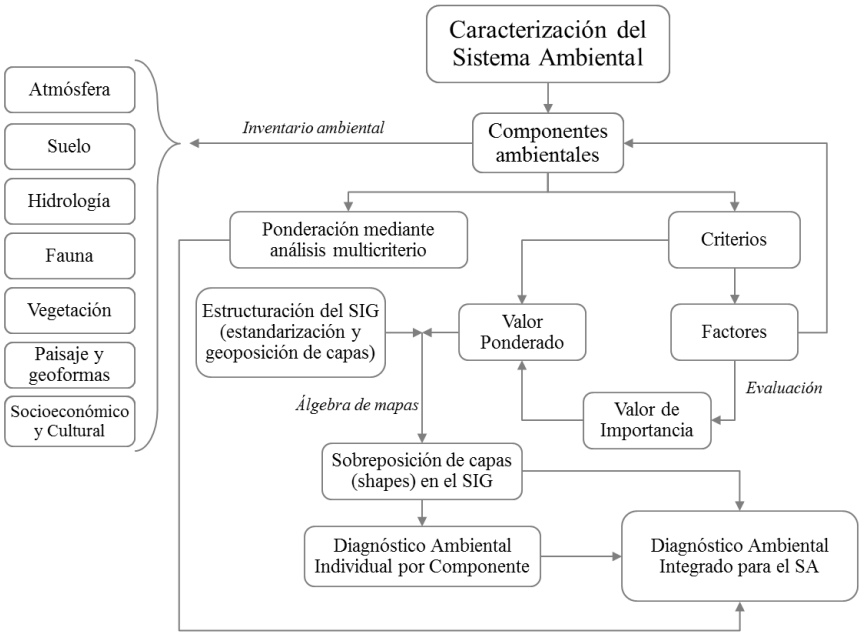


Figura IV. 42. Procedimiento para la generación de diagnóstico ambiental integrado

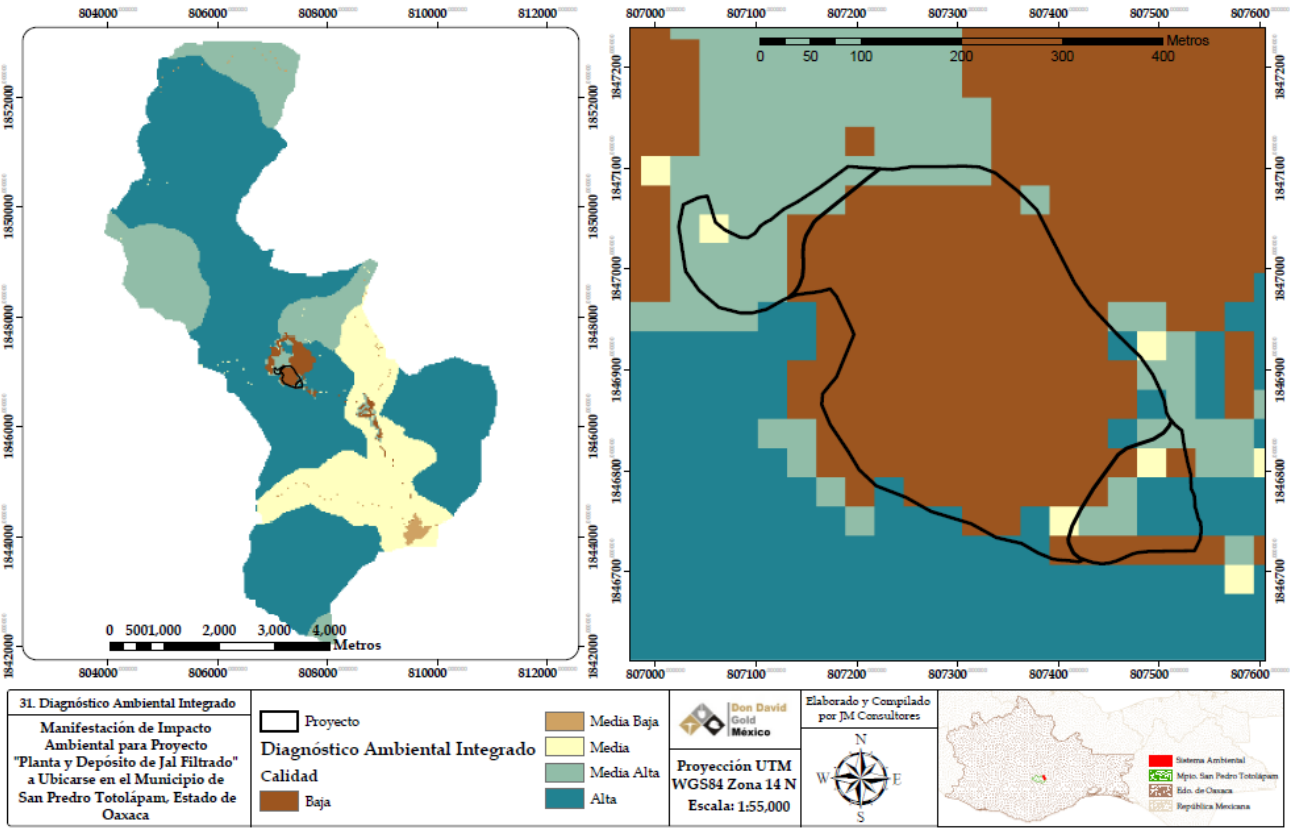


Figura IV. 43. Diagnóstico Ambiental Integrado

A continuación, se describe el diagnóstico 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.

Diagnóstico Ambiental por componentes

Atmósfera

De acuerdo a los criterios considerados en la tabla IV.71, la calidad atmosférica, particularmente dentro del Sistema Ambiental, está estrechamente relacionada con la calidad del aire (emisión de gases contaminantes y de polvos fugitivos), y la generación de ruido. 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 mineras, las de uso de suelo urbano, los caminos, los agostaderos, las parcelas y las carreteras, son sitios donde puntualmente hay generación de ruido y 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, por lo cual también se consideró en el diagnóstico de este componente ambiental.

En la figura IV.44 se presenta el diagnóstico de la calidad atmosférica estimada dentro del área de estudio del Proyecto.

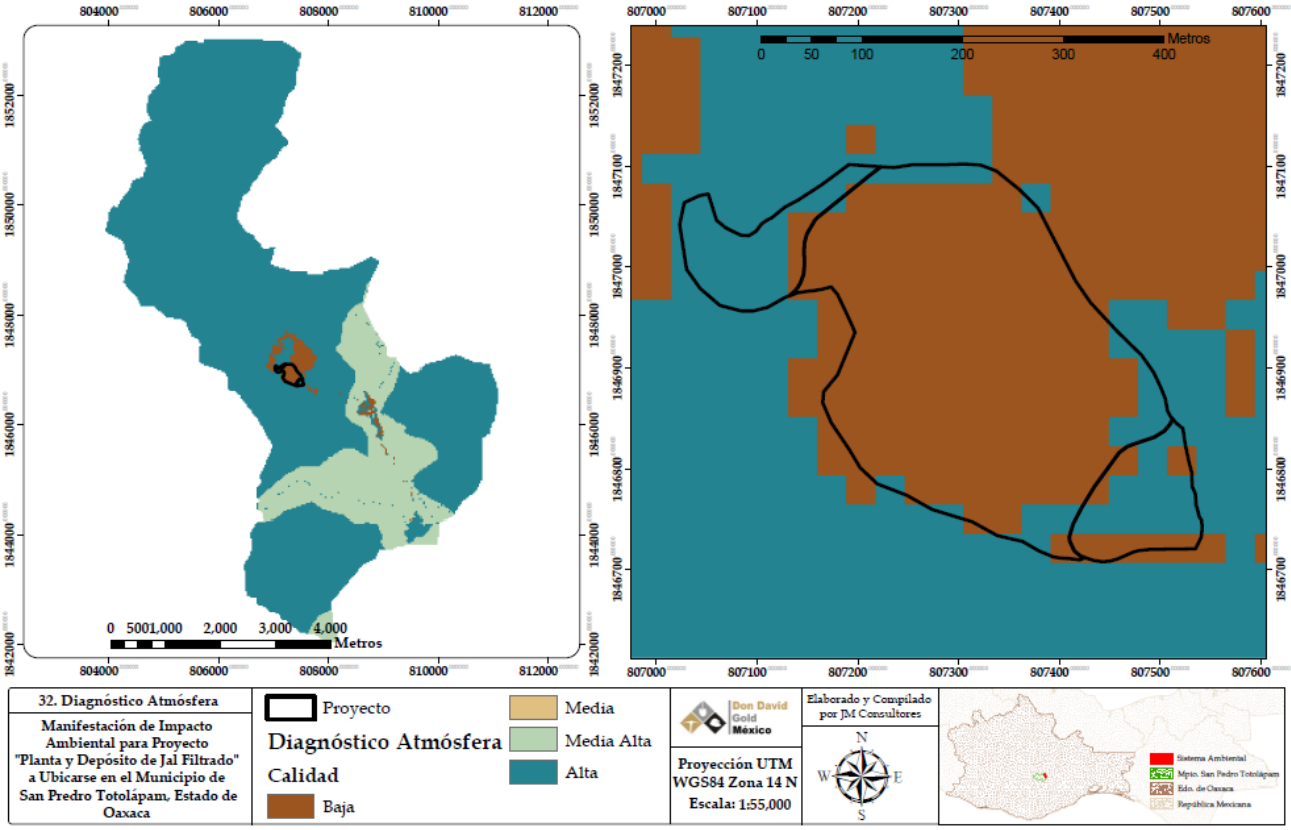


Figura IV. 44. Calidad atmosférica

Como se observa en la figura anterior, las áreas que presentan mayor calidad corresponden a aquellas con ausencia directa de actividades mineras, ya que, al contrario de estas, aquellas que directamente presentan zonas agrícolas y caminos disminuyen su calidad ambiental atmosférica; hasta detectar una ausencia total de calidad ambiental atmosférica, la cual está directamente relacionada con presencia de caminos y actividades mineras.

Suelo

El diagnóstico ambiental del suelo se muestra en la figura IV.45. En general predominan los valores altos. Las zonas de mayor calidad, con un valor alto, presentan baja susceptibilidad a la erosión ya que esta se presenta más alta solamente en temporada de lluvias por la velocidad de los escurrimientos; además presentan un potencial forestal alto, criterio que a su vez consideró factores como profundidad efectiva del suelo, clase textural, tipo de suelo dominante, y limitantes físicas (esqueleto-limitantes).

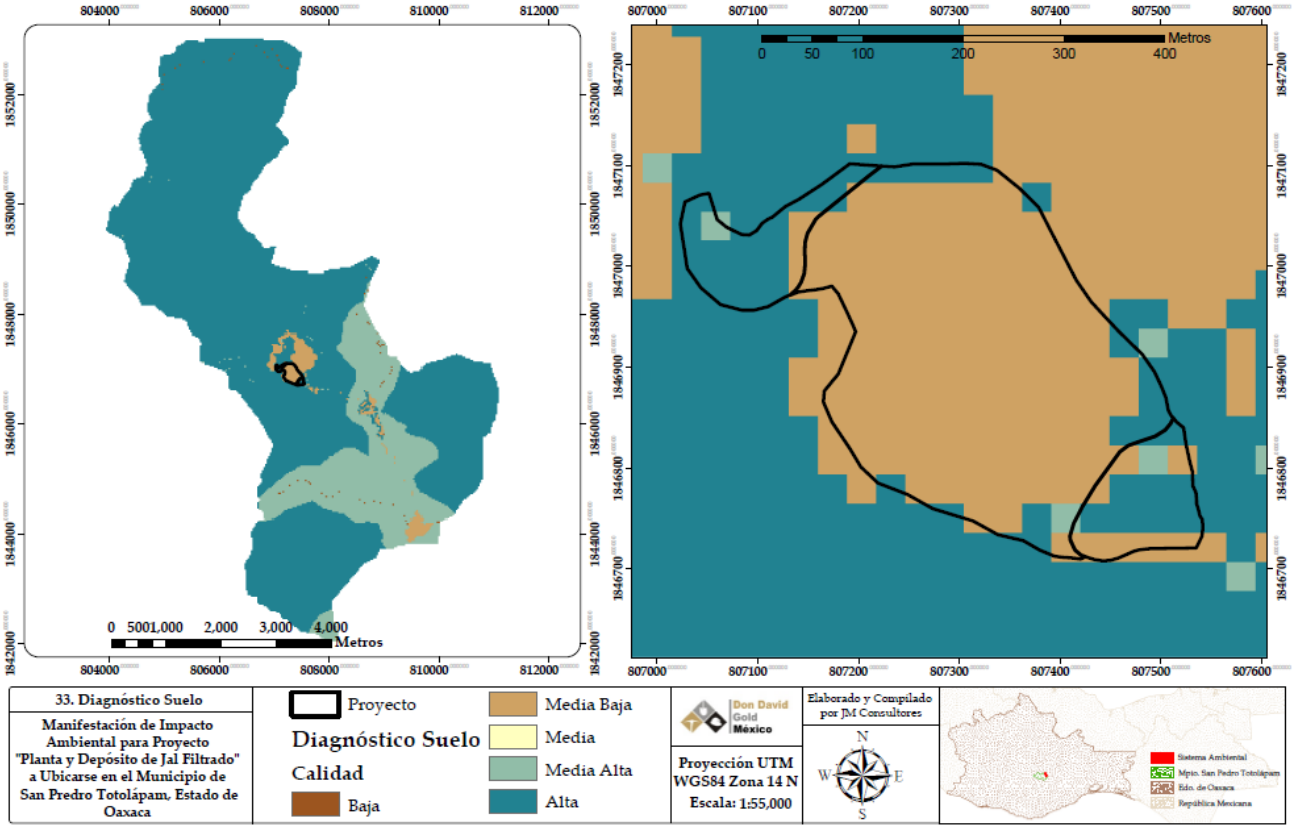


Figura IV. 45. Calidad del suelo

Como puede observarse, la mayor parte presenta valores altos y medio altos, lo que representa que en el SA aún es posible encontrar suelos protegidos de factores que erosionan. Es importante resaltar la presencia de valores medios y bajos principalmente en áreas próximas a localidades o centros urbanos, así como cercanos a actividades mineras.

Hidrología

Entre los criterios establecidos para diagnosticar la hidrología en el SA fueron consideradas la hidrología superficial, zonas con potencial de infiltración en función del material y las zonas con potencial de infiltración en función de las pendientes. El diagnóstico ambiental del suelo se muestra en la figura IV.46.

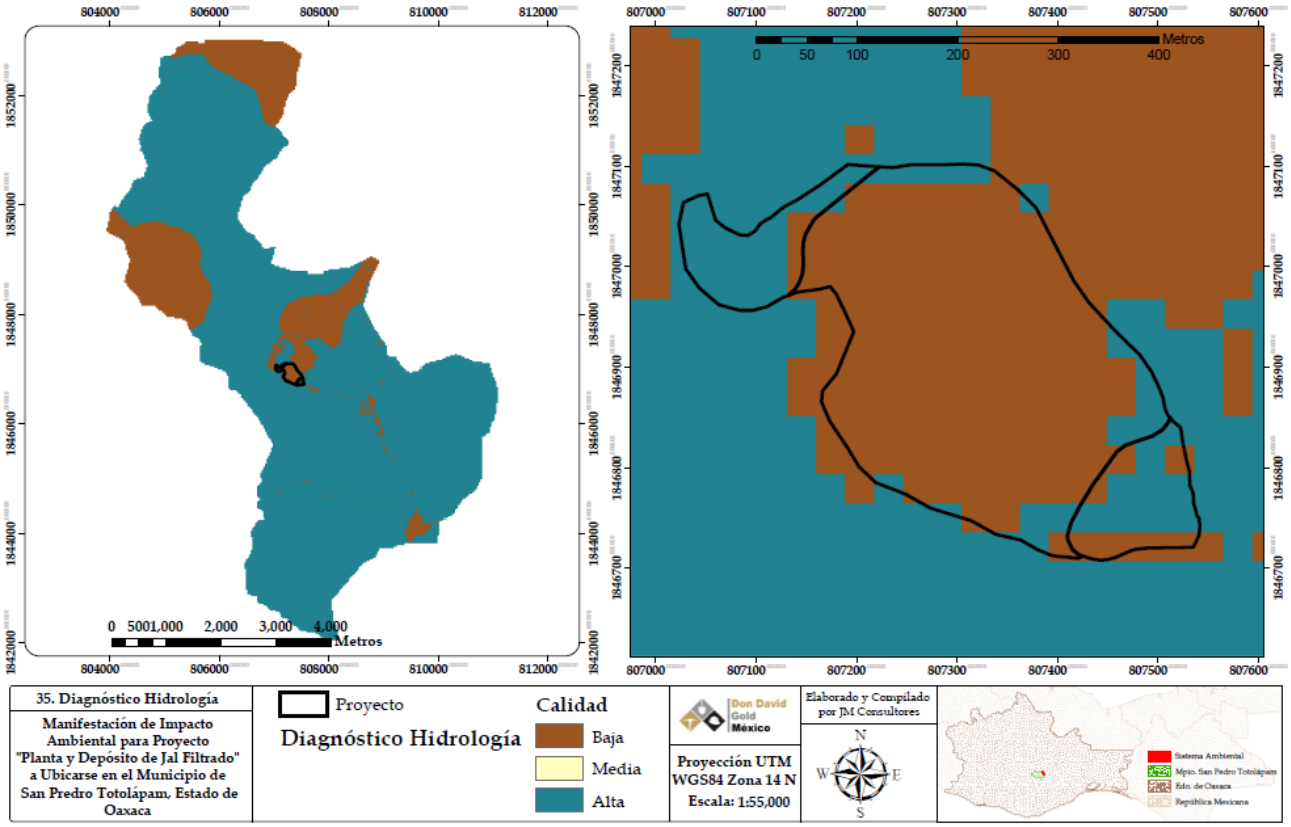


Figura IV. 46. Calidad del factor hidrología

Como puede observarse, las áreas que presentan mayor calidad corresponden a la mayor parte del sistema ambiental, aunque también se observan pequeñas superficies con baja calidad en la porción norte, este y oeste del SA. Cabe señalar que la mayor parte de la superficie que presenta elevaciones o pendientes pronunciadas por lo que se propicia una baja calidad ambiental hidrológica.

Vegetación

Los criterios establecidos para evaluar el diagnóstico de la vegetación en el SA involucran directamente las actividades humanas, los tipos de vegetación valorados por su capacidad de regeneración y la cobertura de la vegetación. El diagnóstico ambiental de vegetación se muestra en la IV.47.

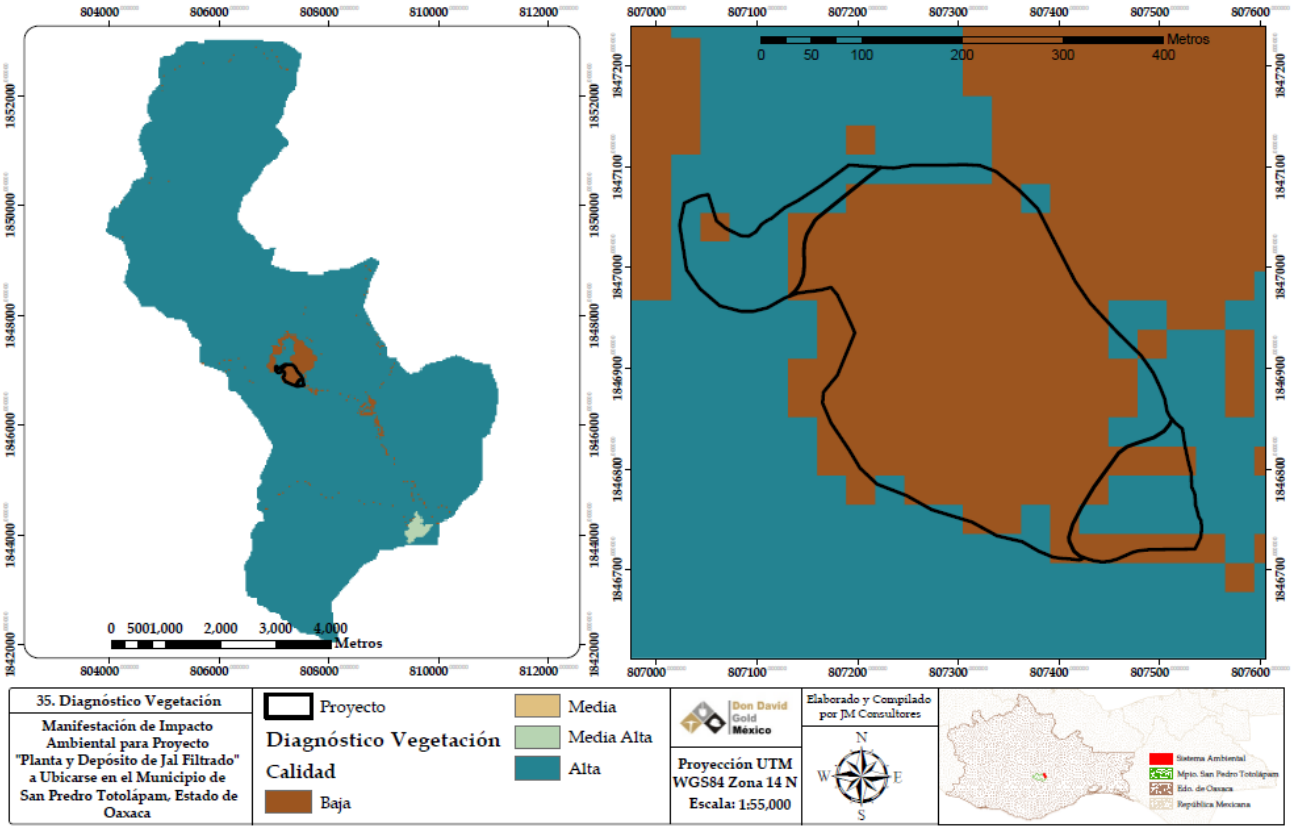


Figura IV. 47. Diagnóstico del factor vegetación

De acuerdo al diagnóstico ambiental para la vegetación, las áreas que presentan mayor calidad corresponden a la mayor parte del sistema ambiental, observándose que está disminuye principalmente en una franja que se distribuye por la parte central del SA, coincidiendo con los caminos existentes pavimentados y la localización de actividades mineras. Cabe resaltar que la superficie con alta calidad domina sobre aquellas que carecen de ella.

Fauna

Para la realización del diagnóstico ambiental del componente fauna se realizó el análisis de básicamente dos criterios. El primero de ellos hace alusión a aquellas zonas que potencialmente impiden encontrar un hábitat propicio para el adecuado desarrollo natural de la fauna, mientras que el segundo de los criterios, basa su análisis en aquellas zonas protegidas que cuentan con características ambientales que proporcionan un hábitat propicio para la fauna. El diagnóstico ambiental de la fauna se muestra en la figura IV.48.

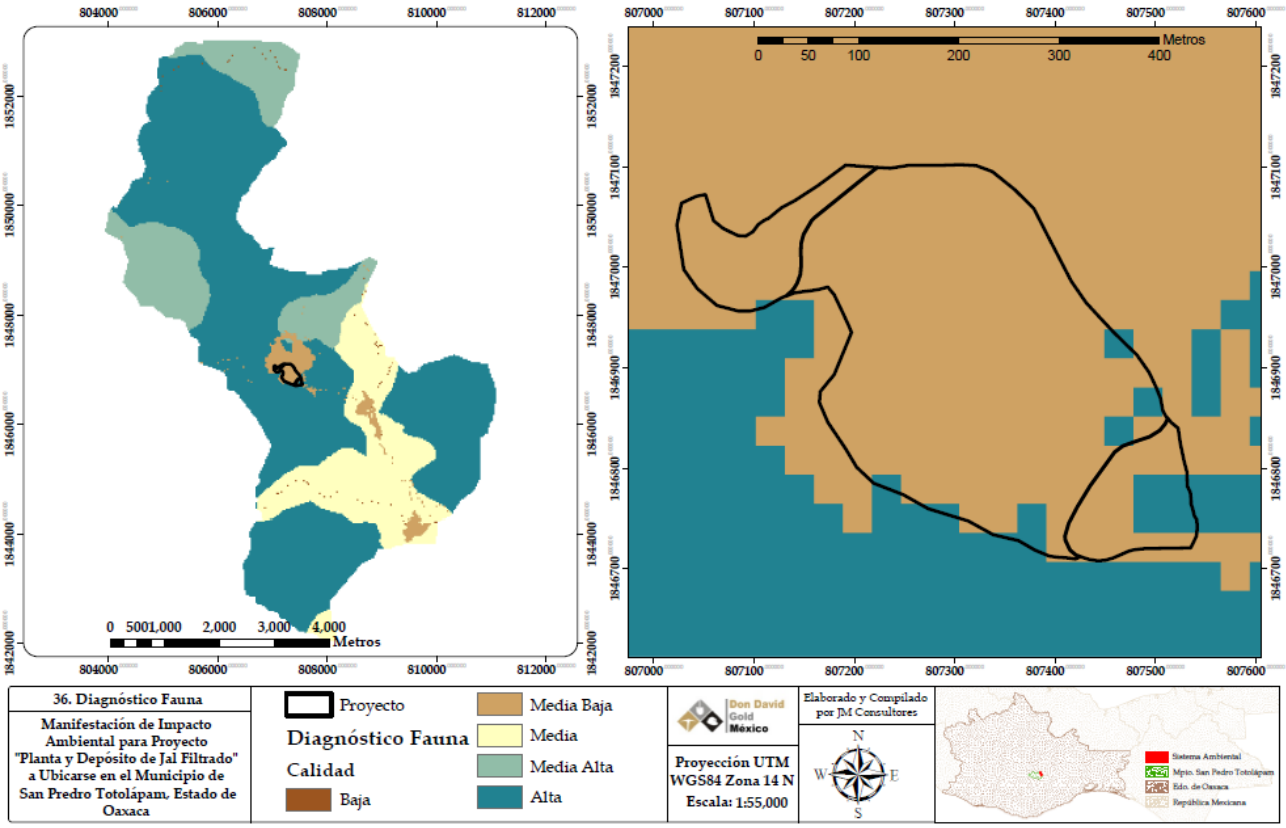


Figura IV. 48. Diagnóstico del factor fauna

De acuerdo a la figura anterior, el diagnóstico ambiental de la fauna muestra una alta calidad dominando sobre el resto de las categorías establecidas. Únicamente se observa una media a baja calidad en aquellas zonas con presencia y/o actividades humanas como lo son caminos y localidades o centros urbanos y áreas cultivadas y zonas de actividades mineras.

Paisaje y Geoformas

Para evaluar el componte paisaje y geoformas fueron considerados tres criterios: modelo de topoformas valoradas por su grado de influencia al entorno, actividades humanas y modelo de rumbos de pendientes. El diagnóstico ambiental de paisaje y geoformas se muestra en la figura IV.49.

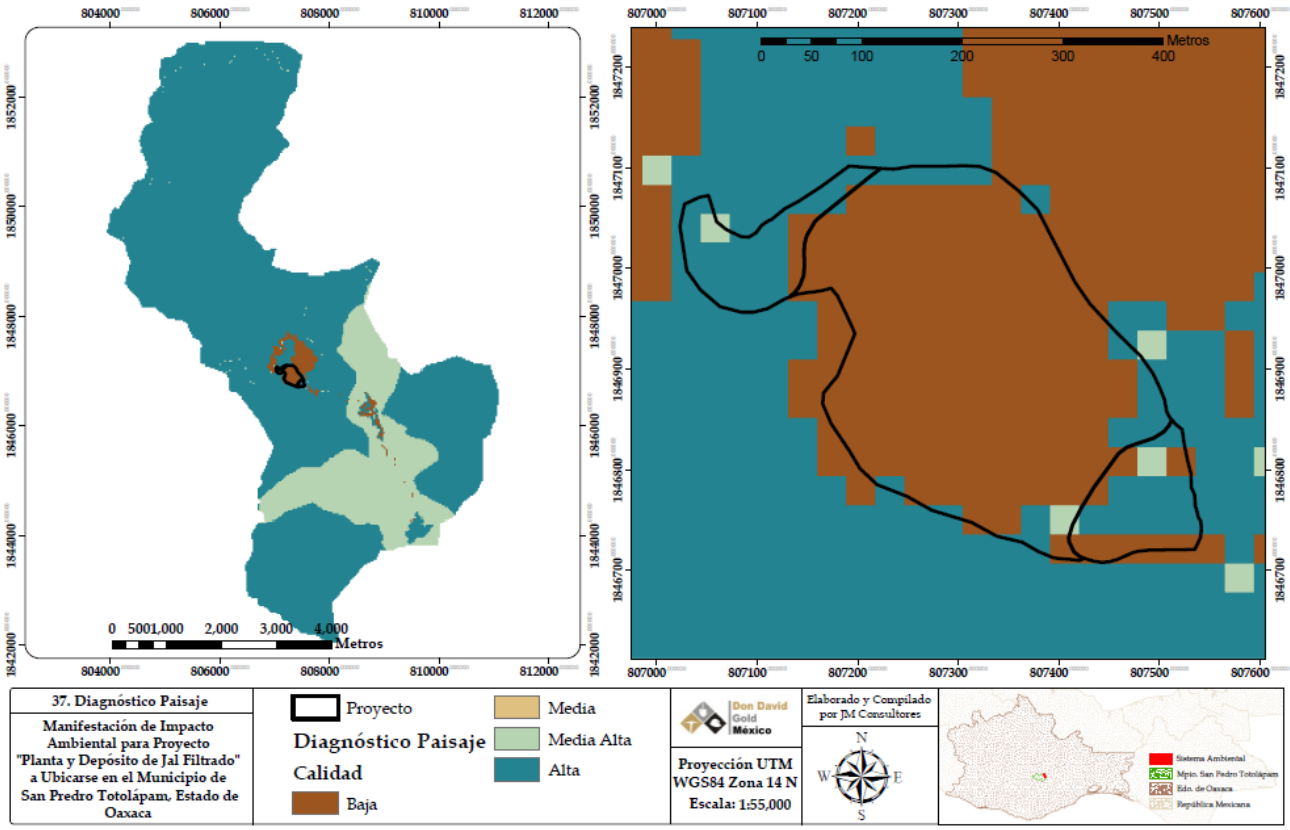


Figura IV. 49. Diagnóstico del factor ambiental paisaje y geoformas

Como se puede observar, el diagnostico individual de esté componente muestra que básicamente la superficie del SA se encuentra dominada por una calidad ambiental alta, seguida de una calidad media, y baja principalmente en pequeñas porciones localizadas en la porción Sur del SA.

Socioeconómico y Cultural

Los criterios establecidos para este componente ambiental son dos: actividades humanas y servicios e infraestructura; considerando como actividades humanas la minería, agostaderos y parcelas, usos productivos de suelo, entre otros. Para los servicios de infraestructura fueron considerados factores como lo son la disponibilidad de servicios, caminos, etc. El diagnóstico ambiental se muestra en la figura IV.50.

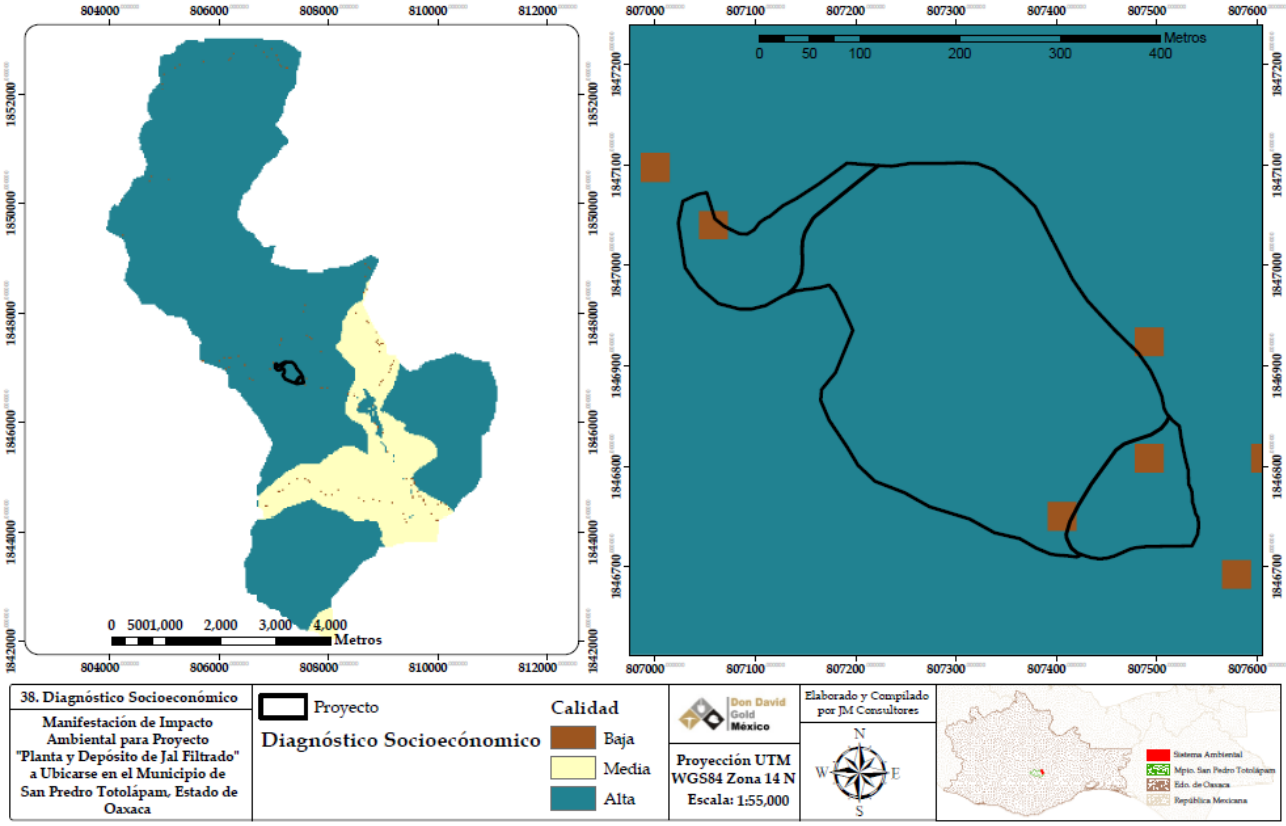


Figura IV. 50. Diagnóstico sociocultural y socioeconómico

De acuerdo a la figura del diagnóstico individual para el componente socioeconómico y cultural se puede observar que de forma generalizada dentro del SA se presenta una calidad ambiental alta. Lo anterior debido a que en la mayor parte de la superficie del SA se cuenta con los servicios básicos que requiere una comunidad, las superficies en que se presenta calidad media alta corresponden a zonas de pequeñas localidades donde solo se pueden encontrar algunos servicios básicos.

Capítulo V

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 2
V. 1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 2
V.1.1 Indicadores de impacto 2
V.1.2 Criterios y metodologías de evaluación 3
V.1.3 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada 7
V.1.4 Resultados 7
Descripción de Impactos Significativos 31

Índice de Tablas

Tabla V. 1. Factores Ambientales y Subfactores Impactados e indicadores de impacto 2
Tabla V. 2. Descripción de criterios utilizados en la matriz de cribado 3
Tabla V. 3. Valor de los criterios 4
Tabla V. 4. Valores de la escala 6
Tabla V. 5. Significancia y Valores de Impactos 7
Tabla V. 6. Interacción de Impactos con Factores Ambientales durante la fase de Preparación del Sitio 7
Tabla V. 7. Interacción de Impactos con Factores Ambientales durante la fase de Construcción. 8
Tabla V. 8. Interacción de Impactos con Factores Ambientales durante la fase de Operación 8
Tabla V. 9. Matriz de Interacciones de acciones del proyecto con los subfactores ambientales 9
Tabla V. 10. Matriz de Cribado 21
Tabla V. 11. Matriz matemática 29

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Durante el desarrollo del presente capítulo se identifican, describen y evalúan los impactos que se generarán a partir de la implementación del proyecto denominado "Planta y depósito de Jal Filtrado".

V. 1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Para identificar los impactos potenciales generados por el desarrollo del proyecto, de inicio se realizó una lista de chequeo simple, la cual permite identificar impactos rápidamente.

Como segundo paso se hace una identificación de impactos por medio de una matriz de interacciones entre acciones del proyecto y subfactores ambientales.

Después se continúa con matriz de cribado, en la que se valoran distintos atributos de cada impacto y se define a partir de un umbral fijado en valor de 15.5, es decir que los impactos que superen el umbral serán los impactos significativos, mientras que los impactos que se encuentren por debajo del umbral son los impactos que serán asimilables por el ecosistema.

Como cuarto paso se realiza una matriz matemática en la que los impactos que superaron el umbral son valorados para definir la significancia de cada uno de ellos, ésta definida en bajo, moderado, alto y muy alto.

Esta técnica parte de la diseñada por Leopold y colaboradores en los años 70 y es modificada por Domingo Gómez Orea en el 2002.

V.1.1 Indicadores de impacto

Tabla V. 1. Factores Ambientales y Subfactores Impactados e indicadores de impacto

Indicadores de Impacto		
Factor	**Subfactor**	**Indicadores**
Aire	Calidad	Emisión de gases de efecto invernadero.
	Visibilidad	Presencia de polvos, partículas suspendidas o humo.
	Confort sonoro	Generación de altos niveles de ruido, emisión de vibraciones.

Indicadores de Impacto		
Factor	**Subfactor**	**Indicadores**
Suelo	Pérdida de suelo	Modificaciones en el grado de erosión
	Calidad	Contaminación por basura, grasas o aceite.
	Estructura del suelo	Modificación de la topografía del suelo debido a cortes, nivelaciones, excavaciones y compactaciones.
Agua	Calidad	Contaminación por presencia de basura, grasas o aceite y generación de drenaje ácido.
	Drenaje natural	Modificación del patrón
	Infiltración	Modificación en la cantidad de infiltración de agua
	Escurrimiento	Aumento de la velocidad de los escurrimientos
Biota	**Flora**	
	Cubierta Vegetal	Disminución de la cubierta vegetal
	Diversidad y Abundancia	Modificación de la diversidad de especies y su abundancia
	Fauna	
	Diversidad y Abundancia	Modificación de la diversidad de especies y su abundancia
	Modificación de Hábitat	Modificación del hábitat debido al establecimiento del proyecto
Socioeconómicos	Empleo	Modificaciones en el número de fuentes de trabajo
	Economía	Modificación al ingreso per cápita
Paisaje	Escénico	Modificación en la calidad visual del conjunto ecosistémico

V.1.2 Criterios y metodologías de evaluación

Para la evaluación de los impactos por medio de la matriz de cribado se utilizaron los siguientes criterios.

Tabla V. 2. Descripción de criterios utilizados en la matriz de cribado

Atributos	
Nombre	**Descripción**
Inmediatez	Dependencia directa de una acción o indirecta a través de un efecto
Periodicidad	Manifestación de forma cíclica o recurrente en el tiempo
Momento	Lapso que transcurre entre la acción y la aparición del

Atributos	
Nombre	**Descripción**
	efecto
Acumulación	Incremento continua de la gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera
Sinergia	Reforzamiento de efectos simples, se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples producen un efecto superior a su suma simple
Reversibilidad	Posibilidad de que el efecto sea asimilado por el ambiente, de tal manera que este, por sí solo, es capaz de recuperar las condiciones iníciales una vez producido el efecto
Persistencia	Tiempo de permanencia del efecto
Magnitud	Cantidad y calidad del factor modificado, en términos relativos al sistema ambiental
Recuperabilidad	Posibilidad de recuperación de los efectos negativos del impacto mediante intervención externa.
Signo	Se refiere al carácter benéfico (positivo) o perjudicial (negativo) del impacto

Tabla V. 3. Valor de los criterios

ATRIBUTOS DEL IMPACTO		
Nombre	**Carácter**	**Valor**
Inmediatez	Directo	3
	Indirecto	1
Periodicidad	Periódico	3
	Irregular	1
Momento	Corto Plazo	1
	Mediano Plazo	2

	Largo Plazo	3
Acumulación	Simple	1
	Acumulativo	3
Sinergia	Leve	1
	Moderada	2
	Fuerte	3
Reversibilidad	Reversible	1
	Irreversible	3
Persistencia	Temporal	1
	Permanente	3
Magnitud	En el Sitio del Proyecto	1^2
	En el AiP	2^2
	En el SA	3^2
Recuperabilidad	Posible totalmente	1
	Posible parcialmente	2
	Imposible	3
Signo	Benéfico	+
	Perjudicial	-

Se valora cada uno de los impactos en cada uno de los criterios y se hace una sumatoria de los valores, aquellos que superan el umbral, fijado en 15.5 son considerados impactos significativos y se evalúan en la matriz matemática.

Escala para desarrollar los valores de la matriz matemática:

Mij = Magnitud
Eij = Extensión Espacial
Dij = Duración
Sij = Efectos de Sinergia
Aij= Efectos Acumulativos
Cij = Controversia
En donde:
i = Acción.
j = Factor ambiental.

Tabla V. 4. Valores de la escala

Escala	Valor
Nulo	0
Nulo a bajo	1
Muy bajo	2
Bajo	3
Baja a moderada	4
Moderada	5
Moderada a alta	6
Alta	7
Muy Alta	8
Extremadamente Alta	9

Para determinar la significancia de cada impacto se realiza lo siguiente:

Índice Básico

$$MED_{ij} = \frac{1}{27}(M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})$$

Índice Suplementario

$$SAC_{ij} = \frac{1}{27}(S_{ij} + A_{ij} + CD_{ij})$$

Los rangos de los índices son los siguientes:

$(3/27) \leq MED_{ij} \leq 1$

$0 \leq SAC_{ij} \leq 1$

Índice de Impacto

$I_{ij} = MED_{ij}^{\varphi}$

Índice de Significancia del Impacto

$G_{ij} = I_{ij}\,[1- (T_{ij}/9)]$

Dónde:

$\varphi = 1 - SAC_{ij}$

T_{ij} = Medida de Mitigación

Los rangos de significancia del impacto son clasificados de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla V. 5. Significancia y Valores de Impactos

Significancia	Valores
Bajo	0 - .24
Moderada	.25 - .49
Alta	.50 - .74
Muy Alta	.75 – 1.0

V.1.3 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

Leopold y colaboradores desarrollaron por primera vez la metodología para identificación de impactos en los años 70, enfocada principalmente a proyectos de construcción. Esta matriz permite identificar impactos y su origen, sin proporcionar valores a los mismos, esta metodología ha sido modificada con el pasar de los años por varios autores. Domingo Gómez Orea, hace una modificación a la matriz de Leopold en el 2002, esta matriz modificada enfoca la identificación de impactos que se generarán en los distintos factores ambientales y permite extraer aquellos impactos que son más significativos de aquellos que son menores y que la resiliencia del ecosistema le permite asimilarlos sin necesidad de enfocar medidas de mitigación a los mismos; permite también identificar aquellos impactos que serán positivos, lo que a su vez permite valorar y contrastar los impactos positivos de los negativos. Por los beneficios antes mencionados, se justifica el uso de la matriz de Leopold, modificada por Gómez Orea.

V.1.4 Resultados

Se realizo una lista de chequeo para cada una de las fases del proyecto con los factores ambientales, los resultados se muestran a continuación en las tablas V.6, V.7 y V.8.

Tabla V. 6. Interacción de Impactos con Factores Ambientales durante la fase de Preparación del Sitio

PREPARACIÓN DEL SITIO	LISTA DE CHEQUEO PARA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS						
		FACTORES AMBIENTALES					
	ACCIONES	SUELO	AIRE	AGUA	BIOTA	SOCIOECONOMICOS	PAISAJE
	Preparación		✠		✠	✓	✠
	Despeje	✠	✠	✠	✠	✓	✠

Durante la etapa de preparación del sitio se identificaron diez impactos, de los cuales dos son positivos y ocho negativos.

Tabla V. 7. Interacción de Impactos con Factores Ambientales durante la fase de Construcción.

	LISTA DE CHEQUEO PARA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS						
		FACTORES AMBIENTALES					
	ACCIONES	SUELO	AIRE	AGUA	BIOTA	SOCIOECONOMICOS	PAISAJE
CONSTRUCCIÓN	Transporte de material y equipo	✠	✠		✠	✓	✠
	Excavación, Relleno y nivelación	✠	✠	✠		✓	✠
	Preparación de Subrasante y revestimiento de geomembrana	✠	✠	✠		✓	
	Construcción de planta de jal filtrado	✠	✠	✠		✓	✠

Durante la etapa de construcción 19 impactos fueron identificados, de los cuales cuatro son positivos y 15 negativos.

Para la etapa de operación se identificaron nueve impactos de los cuales dos son positivos y cinco negativos.

Tabla V. 8. Interacción de Impactos con Factores Ambientales durante la fase de Operación

	LISTA DE CHEQUEO PARA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS						
	ACCIONES	FACTORES AMBIENTALES					
		SUELO	AIRE	AGUA	BIOTA	SOCIOECONOMICOS	PAISAJE
OPERACIÓN	Operación de las instalaciones	✠	✠	✠	✠	✓	✠
	Mantenimiento de las Instalaciones	✠	✠			✓	

Tabla V. 9. Interacción de impacto con Factores Ambientales durante la fase de Cierre

	LISTA DE CHEQUEO PARA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS						
	ACCIONES	FACTORES AMBIENTALES					
		SUELO	AIRE	AGUA	BIOTA	PAISAJE	SOCIOECONOMICOS
Ciere	Neutralización y estabilización		✓				✓
	Reconformación	✓	x		✓	✓	
	Reforestación	✓	✓	✓	✓	✓	✓

En total de la identificación de impactos por medio de la lista de chequeo se encontraron 30 impactos negativos y 19 impactos positivos.

De los impactos negativos siete inciden en el factor ambiental suelo, uno de ellos durante la preparación del sitio, cuatro sobre la construcción y dos sobre la etapa de operación. Para el factor aire se identificaron igualmente ocho impactos con el mismo número de incidencias en por etapa en este factor ambiental, más un impacto adicional en durante la reconformación en la etapa de cierre.

Para el agua se identificaron cinco incidencias, una durante la primera etapa, tres durante la etapa de construcción y una durante la etapa de operación. Para el factor biota se identificaron cuatro incidencias, dos durante la preparación del sitio, una durante la construcción y finalmente una sobre la operación. Para el paisaje se identificaron seis incidencias, dos durante la preparación del sitio, tres durante la construcción y una durante la operación.

Finalmente, para el factor socioeconómico se identificaron diez incidencias, dos durante la preparación del sitio, cuatro en la construcción y dos en la operación, todas ellas positivas.

Posterior a la identificación de impactos por medio de la lista de chequeo, se realizó una matriz de identificación de interacciones, considerando las acciones de cada etapa y los subfactores ambientales sobre los que incidirá el desarrollo del proyecto. A continuación, se presenta la matriz de interacciones.

Tabla V. 10. Matriz de Interacciones de acciones del proyecto con los subfactores ambientales

		Componentes del Proyecto	Preparación del Sitio		Construcción						Operación			Abandono		
Factores Ambientales			Preparación	Despeje	Excavaciones	Relleno	Nivelación	Preparación de Subrasante	Revestimiento de Geomembrana	Construcción Planta de Filtrado	Pruebas de funcionamiento	Operación de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones	Neutralización y estabilización	Reconformación	Reforestación
Factor	**Subfactores**															
Aire	Calidad		x	x	x	x	x			x			x	x		x
	Visibilidad			x	x	x	x			x						x
	Confort sonoro			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
Suelo	Pérdida de suelo			x											x	x

Factores Ambientales		Componentes del Proyecto	Preparación del Sitio		Construcción						Operación			Abandono		
			Preparación	Despeje	Excavaciones	Relleno	Nivelación	Preparación de Subrasante	Revestimiento de Geomembrana	Construcción Planta de Filtrado	Pruebas de funcionamiento	Operación de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones	Neutralización y estabilización	Reconformación	Reforestación
	Contaminación de suelo			x				x		x			x			x
	Estructura del suelo				x	x	x	x		x					x	x
Agua	Calidad													x		x
	Drenaje natural															x
	Infiltración			x				x	x	x						x
	Escurrimiento			x				x	x	x						x
Biota	**Flora**															
	Cubierta Vegetal			x												x
	Diversidad y Abundancia			x												x
	Fauna															
	Diversidad y Abundancia		x	x							x	x	x			x
	Modificación de Hábitat			x												x
Paisaje	Modificación del paisaje			x					x	x		x				x
Socioeconómicos	Empleo		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	Economía		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			

Durante la matriz de interacciones se identificaron 93 impactos, de los cuales 59 son negativos y 34 son positivos.

En el factor aire se encuentran 23 impactos negativos, de los cuales ocho se dan en el subfactor calidad del aire, siete en la calidad del mismo y los siete finales en el confort sonoro. Todas las acciones del desarrollo del proyecto presentan 3 incidencias, es decir que se dan impactos durante el desmonte, transporte de material y equipo, corte y relleno, nivelación y compactación, edificación y operación de las instalaciones, mientras que en las acciones de localización y trazo y mantenimiento de las instalaciones solamente se encuentran dos incidencias, en la etapa de cierre se identifica un impacto negativo en la calidad del aire.

Para el factor suelo se encuentran 13 impactos, todos ellos negativos, durante la acción de desmonte se encuentran dos, el primero de ellos en el subfactor pérdida de suelo y el segundo en contaminación de suelo. Durante el transporte de material y equipo se encuentra un impacto sobre el subfactor contaminación de suelo. Durante el corte y relleno

se verá afectada la pérdida de suelo, la calidad del suelo y la estructura del mismo, mientras que durante la nivelación y compactación se afectará la estructura del suelo y su calidad. Durante la edificación se afectará la calidad del suelo y durante la operación y mantenimiento de las instalaciones se afectará la calidad del suelo y su estructura.

Para el factor agua se identificaron 9 impactos, los cuales inciden de la siguiente manera: durante el desmonte se afectará la calidad, la infiltración y el escurrimiento, durante el corte y relleno se verá afectado el drenaje natural y durante la edificación y nivelación y compactación se afectará la infiltración y el escurrimiento, finalmente durante la operación de las instalaciones se podrá afectar la calidad del agua.

La flora se verá afectada durante el desmonte, acción para la cual se identificaron dos impactos sobre este factor, en los subfactores cobertura vegetal y diversidad y abundancia.

Para fauna se detectaron 6 impactos negativos, uno de ellos durante la localización y trazo, dos durante el desmonte, uno en durante el transporte de material y equipo y dos durante la operación del proyecto.

Impactos identificados por etapa del proyecto

Preparación del sitio
Preparación

En esta acción del proyecto se presentan los siguientes impactos por factor ambiental:

Aire
El primer impacto se da en la calidad del aire y se desprende a partir de la emisión de gases del escape del vehículo que transporte al personal para acudir al área del proyecto a delimitar las áreas en que se realizará el mismo.

El segundo impacto es al confort sonoro, esto por la generación de ruidos ajenos al área de impacto; desde el momento que el personal arribe al área del proyecto para delimitar los límites de ocupación del mismo se producirán ruidos ajenos a los normalmente generados.

Fauna

Este impacto se deriva del arribo del personal a delimitar las áreas que ocupará el proyecto, ya que la presencia del mismo generará el desplazamiento de la fauna a otros lugares.

Socioeconómicos

En este factor inciden dos impactos, uno en el empleo y el segundo en la economía, se desprenden de la contratación de personal para delimitar el área en que se realizará el proyecto, lo que tiene una incidencia directa en la economía.

Paisaje

En este factor se identifica un impacto y consiste en la afectación al escenario del área puesto que con la colocación de banderolas y estacas para la delimitación del área del proyecto la calidad visual de la zona se verá afectada ya que existirán elementos ajenos al ecosistema.

Despeje

Aire

Durante el despeje se identifican tres impactos en este factor, el primero en la calidad del aire, esto debido a que para realizar dicha acción se requiere de vehículos que transporten al personal que realizará la remoción de vegetación, rescate de flora y ahuyentamiento de fauna, entonces este impacto se da por la generación de gases por combustión de vehículos y maquinaria.

El segundo impacto corresponde a la visibilidad, debido a que durante la remoción de la vegetación se generan partículas suspendidas, lo que temporalmente afectará la visibilidad. El tercer impacto corresponde a la generación de ruido por el desarrollo de las actividades.

Suelo

Para este factor encontramos dos impactos, el primero de ellos es la erodabilidad debido a que la remoción de la vegetación deja el suelo descubierto lo que provoca la pérdida de suelo ya sea por erosión eólica o hídrica.

El segundo corresponde a la calidad del suelo, ya que debido a la presencia de maquinaria y vehículos se pueden presentar derrames, lo que provocará la contaminación del suelo.

Agua

En este factor se identifican tres impactos, el primero en la calidad del agua debido a la presencia de vehículos y maquinaria, lo que puede generar derrames de aceites o grasas que pudieran provocar la contaminación del agua.

El segundo y tercer impacto están ligados uno al otro y se derivan de la remoción de la vegetación, lo que provocará que los escurrimientos por el agua pluvial tengan más velocidad debido a la falta de obstáculos que reduzcan su velocidad, lo que a su vez provoca que la infiltración del agua sea menor.

Flora

Para este factor se identifican dos impactos, el primero sobre el porcentaje de cobertura vegetal y es un impacto derivado de la remoción de la vegetación, el segundo es sobre la diversidad y abundancia ya que la remoción de la vegetación disminuirá el número de individuos por especie y por lo tanto la diversidad del sistema ambiental.

Fauna

En este factor se dan dos impactos, sobre el hábitat de la fauna, debido a la remoción de la vegetación lo que puede afectar directamente madrigueras y nidos, así como áreas de caza y desplazamiento de fauna. El segundo incide sobre la diversidad y abundancia del área de impacto del proyecto, esto debido a la eliminación de hábitats y a la presencia humana y ruido generado, lo que provoca que la fauna se desplace a lugares aledaños, por lo tanto, la presencia de fauna en el área de impacto del proyecto será menor.

Socioeconómicos

Para este factor se identifican dos impactos, generación de empleos y aportación al incremento de la economía. La generación de empleo en esta etapa es mayor ya que se tendrá que contratar personal para el derribo, la extracción y el traslado de las materias forestales, también para el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna y rescate de flora.

Por lo tanto, se contribuirá al incremento de la economía por la generación de empleos además de por la adquisición de bienes para desarrollar las actividades.

Paisaje
En este factor se incide directamente por la remoción de la vegetación lo que causará un impacto a la calidad visual del área de impacto del proyecto.

Construcción

Transporte de material y equipo

Aire
Durante esta acción se encontraron tres impactos para este factor. El primero de ellos es en la calidad del aire debido a los vehículos que transportarán el material y equipo necesario para el desarrollo del proyecto.

El segundo se da sobre la visibilidad, debido a que el área del proyecto se encontrará desprovista de vegetación al momento de descarga de maquinaria y equipo se provocarán partículas suspendidas, lo que provocará que la visibilidad en el área del proyecto se vea afectada. El tercero es en el confort sonoro, generación de ruido por las actividades realizadas.

Suelo
Para este factor se identifica un impacto, el cual es posible contaminación de suelo por derrames de grasas y aceites por la presencia de vehículos.

Fauna
Durante esta acción se generará ruido con lo que la fauna de los alrededores se desplazará a lugares más alejados, con lo que se afectará la diversidad y abundancia de la misma en el área específica del proyecto.

Socioeconómicos
En esta etapa se identifican dos impactos, los cuales son la generación de empleo por el desarrollo del proyecto y la aportación al incremento de la economía por la generación de empleo y adquisición de bienes y servicios.

Paisaje

La presencia de maquinaria y equipo para el desarrollo del proyecto provocará impacto en la calidad visual del área en que se llevará a cabo el proyecto.

Excavación, Relleno y Nivelación

Aire

Durante esta acción se identifican 3 impactos, el primero de ellos sobre la calidad del aire debido a la maquinaria que realizará los movimientos de material inerte, esta generará gases por combustión.

El segundo sobre la visibilidad debido al movimiento de suelos, lo que generará partículas suspendidas en el aire temporalmente.

El tercero es sobre el confort sonoro, por la generación de ruido por el desarrollo de actividades.

Suelo

Para este factor se identifican tres impactos durante la excavación, relleno y nivelación, el primero es la pérdida de suelo eólica por el movimiento del mismo.

El segundo es la contaminación de suelo que se pudiera dar por derrames de aceites o grasas durante el corte y relleno.

El tercer impacto corresponde a los cambios que sufrirá la estructura del suelo por las excavaciones y rellenos que se realizarán en el área. Sin embargo, es importante mencionar que estos serán menores y localizados debido a que se realizarán en zonas específicas del diseño del depósito de jal filtrado.

Agua

Durante esta acción se identifica un impacto en el drenaje natural puesto que el movimiento de suelos generará cambios en la topografía lo que provocará que los escurrimientos naturales (pequeños canalillos) se vean afectados en su curso.

Socioeconómicos
Impactos positivos por la generación de empleo y contribución a la economía por sueldos y adquisición de bienes y servicios.

Paisaje
Impacto al paisaje por el movimiento de suelos.

Preparación de subrasante y revestimiento de geomembrana

Aire
Durante la nivelación y compactación se identificaron tres impactos, el primero sobre la calidad del aire, esto debido a la combustión de la maquinaria. El segundo incide en la visibilidad debido a los polvos que se generarán durante la compactación del subrasante. El tercer impacto incide en el confort sonoro por la generación de ruido por el desarrollo de las actividades.

Suelo
Para este factor se identificaron dos impactos, el primero de ellos la probable contaminación de suelo por derrames de aceite o grasas de la maquinaria que desarrolla las actividades. El segundo impacto se da sobre la estructura del suelo ya que esta cambia debido al Subrasante y geomembrana que se colocará.

Agua
Para este factor se identifican dos impactos, el aumento de la velocidad de los escurrimientos de agua pluvial, esto debido a que el suelo estará compactado. El segundo impacto corresponde a la reducción de la infiltración de agua pluvial y se relaciona directamente con la compactación del suelo ya que al estar compactado el suelo es más difícil la misma. Al colocar la geomembrana la infiltración será nula.

Socioeconómicos
Impactos positivos por la generación de empleo para el desarrollo de las actividades, así como contribución a la economía por sueldos y adquisición de bienes y servicios.

Construcción de planta de jal filtrado

Aire
En esta etapa se identificaron tres impactos, el primero de ellos en la calidad del aire debido a la combustión de la maquinaria que será utilizada para la construcción. El segundo sobre la visibilidad por la generación de polvos y el tercero sobre el confort sonoro por generación de ruido.

Suelo
Para esta etapa existe la posibilidad de generar contaminación de suelo por aceites o grasas derramadas por la maquinaria que se utilizara para la construcción.

Agua
Debido a que se colocará una plancha de concreto para los compresores, se estabilizarán los socavones dos metros a cada lado de la entrada con concreto lanzado y se construirán galeras para talleres y polvorín, se provocará el aumento en la velocidad de escurrimientos pluviales y se reducirán las áreas en que el agua pueda infiltrarse.

Socioeconómicos
Para este factor se identifican dos impactos, la generación de empleo y el incremento en la economía por sueldos y adquisición de bienes y servicios.

Paisaje
La presencia de mayor maquinaria en el área causara impacto sobre la calidad visual del área del proyecto.

Operación

Operación de las instalaciones

Aire
Para la operación de las instalaciones se identificaron tres impactos en el factor aire, el primero de ellos es sobre la calidad del aire y se deriva de la combustión del funcionamiento de vehículos y maquinaria con que operará el proyecto.

El segundo es en la visibilidad y se deriva del movimiento de vehículos y maquinaria en las áreas de maniobras debido a que ya que el suelo estará desnudo se podrán generar polvos.

El tercero incide en el confort sonoro y se debe a la generación de ruido que se generará por la operación del proyecto, tanto por vehículos y maquinaria, así como por el personal.

Suelo

Para este factor se identifican dos impactos, el primero de ellos por la posible contaminación de suelo por derrames de aceite o grasas de los vehículos y maquinaria que se ocuparan durante la operación del proyecto.

El segundo incide en la estructura del suelo, esto debido a que se extraerá material inerte de dentro del cerro, por lo que cambiará la estructura interna del mismo. Dentro de este impacto también se considera la afectación por la circulación de vehículos y maquinaria ya que compactaran el suelo por su movimiento, lo que cambiara la estructura del mismo, así como por el caminamiento, lo que provocará la compactación del suelo.

Agua

En este factor solo se identifica un impacto, el cual es la probabilidad de contaminación del agua por derrames de aceites o grasas por la circulación de vehículos y maquinaria y por la posibilidad de generar drenaje ácido.

Fauna

Durante la operación del proyecto se identificaron dos impactos, el primero de ellos en la modificación del hábitat de fauna, esto debido a el ruido que se generará por la operación del proyecto lo que provocará que en áreas aledañas que aún conserven vegetación la fauna se desplace a lugares más lejanos, lo que deriva en el segundo impacto que es cambios en la diversidad y abundancia de fauna en el área de impacto del proyecto.

Socioeconómicos

Generación de empleo y contribución a la economía por sueldos y adquisición de bienes y servicios para la operación del proyecto, son los impactos identificados para esta acción.

Paisaje
El impacto a la calidad visual del área por la operación del proyecto, ya que la presencia de edificaciones, vehículos, maquinaria y personal son ajenos a el ecosistema.

Mantenimiento de las instalaciones

Aire
Durante el mantenimiento de las instalaciones se identificaron dos impactos, los cuales derivan del movimiento por el área del proyecto de vehículos que transportaran al personal encargado de supervisar el estado de cada una de las instalaciones, por lo tanto, la combustión de dichos vehículos generará gases que afectarán la calidad del aire.

El segundo impacto corresponde a la generación de polvos por los mismos vehículos ya que las áreas por las que circularán estarán el suelo desnudo.

Suelo
Para el factor suelo se identifican dos impactos, uno de ellos es la probable contaminación del suelo por derrames de aceite o grasas durante los recorridos de vehículos para la supervisión de áreas del proyecto.

El segundo incide en la estructura del suelo y se debe al circulamiento de vehículos, lo que provocará la compactación del suelo.

Socioeconómicos
Generación de empleo y aportación a la economía por sueldos y adquisición de bienes y servicios para llevar a cabo las actividades de supervisión y mantenimiento de las instalaciones son los dos impactos identificados para este factor.

Para identificar los impactos significativos se realizó la matriz de cribado, como se mencionó anteriormente estos se seleccionan por medio de atributos con valor que puede llegar hasta 33 máximo y a 9 mínimo, se fija el umbral en 15.5 y aquellos impactos que superen el valor del umbral son los impactos significativos, tal como se muestra en la siguiente tabla V.10.

Como se observa en la tabla, los valores señalados en rojo son los que corresponden a los impactos que superan el umbral, por lo tanto, estos son los impactos considerados como

significativos, es decir los que el ecosistema por si solo no podrá asimilar y causarán un efecto negativo en el ecosistema. El resto de los impactos serán asimilados por el ambiente y su generación no causará cambios significativos en el sistema ambiental, sino que este por su resiliencia podrá asimilarlos.

Los impactos analizados en la matriz de cribado son 74, de los cuales 58 son negativos y 16 positivos tal cual se ha mencionado anteriormente, de estos 74 impactos analizados se consideran 4 impactos significativos positivos dos de ellos durante el empleo y la economía en la acción del desmonte y los dos restantes igualmente en el empleo y economía, pero durante la operación del proyecto.

Los impactos significativos y negativos son 10 y se distribuyen de la siguiente manera:

Durante el desmonte 6, en los subfactores ambientales pérdida de suelo, infiltración, escurrimiento, cobertura vegetal, modificación del hábitat y paisaje.

Durante el corte y relleno se encuentra un impacto significativo y este corresponde al factor suelo en el subfactor estructura del suelo.

En la nivelación y compactación encontramos dos impactos significativos sobre el factor agua, en los subfactores escurrimiento e infiltración. Y finalmente durante la edificación sobre el factor agua se identifica un impacto significativo sobre el subfactor escurrimiento.

El resto de los impactos no son significativos y serán asimilados por el ecosistema, sin que esto signifique que no se aplicarán medidas de prevención y mitigación para reducir el efecto de los mismos y así aligerar la carga al ecosistema.

Tabla V. 11. Matriz de Cribado

Acción del Proyecto	Atributos	Valor de los Atributos	AIRE	Calidad del aire	Visibilidad	Confort sonoro	SUELO	Pérdida de suelo	Contaminación de Suelo	Estructura del suelo	AGUA	Calidad	Drenaje natural	Infiltración	Escurrimiento	VEGETACIÓN	Cubierta vegetal	Diversidad y abundancia	FAUNA	Diversidad y Abundancia	Modificación de hábitat	Paisaje	SOCIOECONOMICOS	Empleo	Economía
Preparación	Signo	(-/+)		(-)																(-)				(+)	(+)
	Inmediatez	3		3																1				1	1
	Periodicidad	3		1																1				1	1
	Momento	3		1																1				1	1
	Acumulación	3		1																1				1	1
	Sinergia	3		2																1				1	1
	Reversibilidad	3		1																1				1	1
	Persistencia	3		1																1				1	1
	Magnitud	9		1																1				1	1
	Recuperabilidad	3		1																1				1	1
		33		12																9				9	9
Despeje	Signo			(-)	(-)	(-)		(-)	(-)					(-)	(-)		(-)	(-)		(-)	(-)	(-)		(+)	(+)
	Inmediatez	3		1	1	1		1	1					1	1		3	3		1	3	1		1	1
	Periodicidad	3		1	1	1		1	1					1	1		1	1		1	1	1		1	1
	Momento	3		1	1	1		1	1					1	1		1	1		1	1	1		1	1
	Acumulación	3		2	2	2		3	1					3	3		1	1		1	1	1		1	1
	Sinergia	3		1	1	1		2	1					2	2		2	2		2	2	1		1	1
	Reversibilidad	3		1	1	1		3	1					3	3		3	3		3	3	1		1	1
	Persistencia	3		1	1	1		1	1					1	1		1	1		1	1	1		1	1
	Magnitud	9		1	1	1		1	1					1	1		1	1		1	1	1		1	1
	Recuperabilidad	3		1	1	1		2	1					2	2		2	2		2	2	1		1	1

Acción del Proyecto	Atributos	Valor de los Atributos	AIRE	Calidad del aire	Visibilidad	Confort sonoro	SUELO	Pérdida de suelo	Contaminación de Suelo	Estructura del suelo	AGUA	Calidad	Drenaje natural	Infiltración	Escurrimiento	VEGETACIÓN	Cubierta vegetal	Diversidad y abundancia	FAUNA	Diversidad y Abundancia	Modificación de hábitat	Paisaje	SOCIOECONOMICOS	Empleo	Economía
		33		10	10	10		15	9					15	15		15	15		13	15	9		9	9
Excavación	Signo			(-)	(-)	(-)				(-)														(+)	(+)
	Inmediatez	3		3	3	3				3														1	1
	Periodicidad	3		1	1	1				1														1	1
	Momento	3		1	1	1				1														1	1
	Acumulación	3		3	3	3				3														1	1
	Sinergia	3		2	2	2				2														1	1
	Reversibilidad	3		1	1	1				1														1	1
	Persistencia	3		1	1	1				1														1	1
	Magnitud	9		1	1	1				1														1	1
	Recuperabilidad	3		1	1	1				3														1	1
		33		14	14	14				16														9	9
Relleno	Signo			(-)	(-)	(-)				(-)														(+)	(+)
	Inmediatez	3		1	1	3				3														1	1
	Periodicidad	3		1	1	1				1														1	1
	Momento	3		1	1	1				1														1	1
	Acumulación	3		1	3	3				1														1	1
	Sinergia	3		1	2	1				2														1	1
	Reversibilidad	3		1	1	1				3														1	1
	Persistencia	3		1	1	1				1														1	1
	Magnitud	9		1	1	1				1														1	1
	Recuperabilidad	3		1	1	1				2														1	1

Acción del Proyecto	Atributos	Valor de los Atributos	AIRE	Calidad del aire	Visibilidad	Confort sonoro	SUELO	Pérdida de suelo	Contaminación de Suelo	Estructura del suelo	AGUA	Calidad	Drenaje natural	Infiltración	Escurrimiento	VEGETACIÓN	Cubierta vegetal	Diversidad y abundancia	FAUNA	Diversidad y Abundancia	Modificación de hábitat	Paisaje	SOCIOECONOMICOS	Empleo	Economía
		33		9	12	13				15														9	9
Nivelación	Signo			(-)	(-)	(-)				(-)														(+)	(+)
	Inmediatez	3		1	1	3				1														1	1
	Periodicidad	3		1	1	1				1														1	1
	Momento	3		1	1	1				1														1	1
	Acumulación	3		1	3	3				3														1	1
	Sinergia	3		1	2	1				2														1	1
	Reversibilidad	3		1	1	1				1														1	1
	Persistencia	3		1	1	1				1														1	1
	Magnitud	9		1	1	1				1														1	1
	Recuperabilidad	3		1	1	1				1														1	1
		33		9	12	13				12														9	9
Preparación de subrasante	Signo					(-)			(-)	(-)				(-)	(-)									(+)	(+)
	Inmediatez	3				1			1	1				3	1									1	1
	Periodicidad	3				1			1	1				1	1									1	1
	Momento	3				1			1	1				1	1									1	1
	Acumulación	3				1			1	3				3	3									1	1
	Sinergia	3				1			1	2				2	2									1	1
	Reversibilidad	3				1			1	3				1	3									1	1
	Persistencia	3				1			1	1				1	1									1	1
	Magnitud	9				1			1	1				1	1									1	1
	Recuperabilidad	3				1			1	2				3	2									1	1

Acción del Proyecto	Atributos	Valor de los Atributos	AIRE	Calidad del aire	Visibilidad	Confort sonoro	SUELO	Pérdida de suelo	Contaminación de Suelo	Estructura del suelo	AGUA	Calidad	Drenaje natural	Infiltración	Escurrimiento	VEGETACIÓN	Cubierta vegetal	Diversidad y abundancia	FAUNA	Diversidad y Abundancia	Modificación de hábitat	Paisaje	SOCIOECONOMICOS	Empleo	Economía
		33				9			9	15				16	15									9	9
Revestimiento de geomembrana	Signo					(-)								(-)	(-)							(-)		(+)	(+)
	Inmediatez	3				1								3	1							1		1	1
	Periodicidad	3				1								1	1							1		1	1
	Momento	3				1								1	1							1		1	1
	Acumulación	3				1								3	1							1		1	1
	Sinergia	3				1								2	1							1		1	1
	Reversibilidad	3				1								1	1							1		1	1
	Persistencia	3				1								1	1							1		1	1
	Magnitud	9				1								1	1							1		1	1
	Recuperabilidad	3				1								3	1							1		1	1
		33				9								16	9							9		9	9
Construcción de planta de filtrado	Signo			(-)	(-)	(-)			(-)	(-)				(-)	(-)							(-)		(+)	(+)
	Inmediatez	3		3	3	1			1	3				1	1							3		1	1
	Periodicidad	3		1	1	1			1	1				1	1							1		1	1
	Momento	3		1	1	1			1	1				1	1							1		1	1
	Acumulación	3		1	3	1			1	1				1	1							1		1	1
	Sinergia	3		2	1	1			1	2				1	1							1		1	1
	Reversibilidad	3		1	1	1			1	1				1	1							1		1	1
	Persistencia	3		1	1	1			1	1				1	1							1		1	1
	Magnitud	9		1	1	1			1	1				1	1							1		1	1
	Recuperabilidad	3		1	1	1			1	1				1	1							1		1	1

Acción del Proyecto	Atributos	Valor de los Atributos	AIRE	Calidad del aire	Visibilidad	Confort sonoro	SUELO	Pérdida de suelo	Contaminación de Suelo	Estructura del suelo	AGUA	Calidad	Drenaje natural	Infiltración	Escurrimiento	VEGETACIÓN	Cubierta vegetal	Diversidad y abundancia	FAUNA	Diversidad y Abundancia	Modificación de hábitat	Paisaje	SOCIOECONOMICOS	Empleo	Economía
		33		12	13	9			9	12				9	9							11		9	9
Pruebas	Signo					(-)														(-)		(-)		(+)	(+)
	Inmediatez	3				1														1		1		1	1
	Periodicidad	3				1														1		1		1	1
	Momento	3				1														1		1		1	1
	Acumulación	3				1														1		1		1	1
	Sinergia	3				1														1		1		1	1
	Reversibilidad	3				1														1		1		1	1
	Persistencia	3				1														1		1		1	1
	Magnitud	9				1														1		1		1	1
	Recuperabilidad	3				1														1		1		1	1
		33				9														9		9		9	9
Operación	Signo					(-)														(-)				(+)	(+)
	Inmediatez	3				3														1				3	3
	Periodicidad	3				3														1				3	3
	Momento	3				2														1				1	1
	Acumulación	3				1														1				3	3
	Sinergia	3				2														1				2	2
	Reversibilidad	3				1														1				1	1
	Persistencia	3				1														1				1	1
	Magnitud	9				1														1				1	1
	Recuperabilidad	3				1														1				3	3

Acción del Proyecto	Atributos	Valor de los Atributos	AIRE	Calidad del aire	Visibilidad	Confort sonoro	SUELO	Pérdida de suelo	Contaminación de Suelo	Estructura del suelo	AGUA	Calidad	Drenaje natural	Infiltración	Escurrimiento	VEGETACIÓN	Cubierta vegetal	Diversidad y abundancia	FAUNA	Diversidad y Abundancia	Modificación de hábitat	Paisaje	SOCIOECONOMICOS	Empleo	Economía
		33				15														9				18	18
Mantenimiento	Signo			(-)		(-)			(-)											(-)				(+)	(+)
	Inmediatez	3		1		1			1											1				1	1
	Periodicidad	3		1		1			1											1				1	1
	Momento	3		1		1			1											1				1	1
	Acumulación	3		1		1			1											1				1	1
	Sinergia	3		1		1			1											1				1	1
	Reversibilidad	3		1		1			1											1				1	1
	Persistencia	3		1		1			1											1				1	1
	Magnitud	9		1		1			1											1				1	1
	Recuperabilidad	3		1		1			1											1				1	1
		33		9		9			9											9				9	9
Neutralización y estabilización	Signo			(-)																	(-)			(-)	(-)
	Inmediatez	3		1																	1			1	1
	Periodicidad	3		1																	3			1	1
	Momento	3		2																	3			1	1
	Acumulación	3		3																	1			1	1
	Sinergia	3		2																	2			1	1
	Reversibilidad	3		1																	3			3	3
	Persistencia	3		1																	1			1	1
	Magnitud	9		1																	1			1	1
	Recuperabilidad	3		2																	2			3	3

Acción del Proyecto	Atributos	Valor de los Atributos	AIRE	Calidad del aire	Visibilidad	Confort sonoro	SUELO	Pérdida de suelo	Contaminación de Suelo	Estructura del suelo	AGUA	Calidad	Drenaje natural	Infiltración	Escurrimiento	VEGETACIÓN	Cubierta vegetal	Diversidad y abundancia	FAUNA	Diversidad y Abundancia	Modificación de hábitat	Paisaje	SOCIOECONOMICOS	Empleo	Economía
		33		14																	17			13	13
Reconformación	Signo							(+)		(+)					(+)		(+)	(+)			(+)	(+)		-	-
	Inmediatez	3						3		3					3		3	3			3	3		1	1
	Periodicidad	3						3		3					3		3	3			3	3		1	1
	Momento	3						2		2					2		2	2			2	2		1	1
	Acumulación	3						3		3					3		3	3			3	3		1	1
	Sinergia	3						2		2					2		2	2			2	2		1	1
	Reversibilidad	3						1		1					1		1	1			1	1		3	3
	Persistencia	3						1		1					1		1	1			1	1		1	1
	Magnitud	9						1		1					1		1	1			1	1		1	1
	Recuperabilidad	3						1		1					1		1	1			1	1		3	3
		33						17		17					17		17	17			17	17		13	13
Reforestación	Signo			(+)		(+)		(+)		(+)		(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)		(+)	(+)	(+)		(-)	(-)
	Inmediatez	3		3		3		3		3		3	3	3	3		3	3		3	3	3		1	1
	Periodicidad	3		3		3		3		3		3	3	3	3		3	3		3	3	3		1	1
	Momento	3		3		3		3		3		3	3	3	3		3	3		3	3	3		1	1
	Acumulación	3		3		3		3		3		3	3	3	3		3	3		3	3	3		1	1
	Sinergia	3		3		3		3		3		3	3	3	3		3	3		3	3	3		1	1
	Reversibilidad	3		3		3		3		3		3	3	3	3		3	3		3	3	3		1	1
	Persistencia	3		3		3		3		3		3	3	3	3		3	3		3	3	3		1	1
	Magnitud	9		4		4		4		4		4	4	4	4		4	4		4	4	4		1	1
	Recuperabilidad	3		2		2		2		2		2	2	2	2		2	2		2	2	2		1	1

Acción del Proyecto	Atributos	Valor de los Atributos	AIRE	Calidad del aire	Visibilidad	Confort sonoro	SUELO	Pérdida de suelo	Contaminación de Suelo	Estructura del suelo	AGUA	Calidad	Drenaje natural	Infiltración	Escurrimiento	VEGETACIÓN	Cubierta vegetal	Diversidad y abundancia	FAUNA	Diversidad y Abundancia	Modificación de hábitat	Paisaje	SOCIOECONOMICOS	Empleo	Economía
		33		27		27		27		27		27	27	27	27		27	27		27	27	27		9	9

Los impactos significativos se evalúan por medio de una matriz matemática la cual indica la significancia del impacto, valorándolos en bajos, moderados, altos y muy altos.

Tabla V. 12. Matriz matemática

Acción (i)	Factor (j)	Mij	Eji	Dij	Sij	Aij	Cij	Tij	MEDij	SACij	Iij	Gij	Nivel de Impacto
Despeje	Pérdida de suelo	5	5	5	6	6	1	6	0.56	0.48	0.74	0.25	Moderado
	Infiltración	5	3	3	3	3	1	6	0.41	0.26	0.51	0.17	Bajo
	Escurrimiento	5	5	6	4	3	1	3	0.59	0.3	0.69	0.46	Moderado
	Cubierta vegetal	7	5	7	3	2	1	6	0.7	0.22	0.76	0.25	Moderado
	Modificación de Hábitat	7	5	6	3	4	1	5	0.67	0.3	0.75	0.33	Moderado
	Economía	3	2	2	2	2	1	0	0.26	0.19	0.33	0.33	Moderado
	Paisaje	3	2	5	5	2	1	0	0.37	0.3	0.5	0.5	Alto
Excavación, relleno y nivelación	Estructura del suelo	8	4	4	3	2	1	5	0.59	0.22	0.67	0.3	Moderado
Preparación de Subrasante y	Infiltración	5	4	3	3	1	1	0	0.44	0.19	0.52	0.52	Alto
revestimiento de geomembrana	Escurrimiento	5	4	3	4	2	1	0	0.44	0.26	0.55	0.55	Alto
Edificación	Escurrimiento	5	4	2	3	3	1	3	0.41	0.26	0.51	0.34	Moderado
Operación de las instalaciones	Calidad del Agua	5	7	6	5	4	1	5	0.67	0.37	0.77	0.34	Moderado
	Economía	5	4	2	5	4	1	0	0.41	0.37	0.57	0.57	Alto
	Empleo	5	3	2	5	4	1	0	0.37	0.37	0.54	0.54	Alto
Reconformación	Perdida de suelo	4	4	4	4	4	4	5	0.44	0.44	0.64	0.28	Moderada
	Estructura de suelo	4	4	4	4	4	4	5	0.44	0.44	0.64	0.28	Moderada
	Escurrimiento	4	4	4	4	4	4	5	0.44	0.44	0.64	0.28	Moderada
	Cubierta vegetal	4	4	4	4	4	4	5	0.44	0.44	0.64	0.28	Moderada
	Diversidad y abundancia	4	4	4	4	4	4	5	0.44	0.44	0.64	0.28	Moderada
	Modificación del hábitat	4	4	4	4	4	4	5	0.44	0.44	0.64	0.28	Moderada
	Paisaje	4	4	4	4	4	4	5	0.44	0.44	0.64	0.28	Moderada
Reforestación	Calidad de aire	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Confort sonoro	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Perdida de suelo	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Estructura de suelo	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Calidad	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Drenaje natural	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Infiltración	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Escurrimiento	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Cubierta vegetal	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Diversidad y abundancia	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Diversidad y abundancia de fauna	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Modificación del hábitat	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto
	Paisaje	4	4	6	6	4	1	0	0.52	0.41	0.68	0.68	Alto

De acuerdo a la matriz matemática se identifica solamente un impacto de significancia baja y este corresponde a la infiltración durante la etapa del despeje.

15 de los impactos son de significancia moderada seis de ellos durante el despeje, unos durante el corte y relleno, uno durante la edificación, otro durante la operación y siete durante la reconformación.

18 son de significancia alta y uno de ellos se da durante el despeje, dos durante la preparación de subrasante y revestimiento de geomembrana y los dos durante la operación, finalmente los trece restantes se dan durante la reforestación.

Descripción de Impactos Significativos

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Suelo	Pérdida de suelo	0.25	Moderado

La eliminación de cobertura vegetal, despalme y movimiento de materiales, ocasionarán un incremento en ton/ha/año que se pierden de suelo en el área específica del proyecto; y menor en áreas adyacentes al mismo.

Los principales factores de erosión en la zona corresponden a escurrimientos, pendiente y arrastres, los cuales son unos de los principales desencadenadores de la dinámica de pérdida de suelos. Dada la condición regional de erosión por arrastres y pendientes marcadas, se considera al impacto como significativo, sin embargo, por la aplicación de las medidas de compensación tales como establecimiento de presas filtrantes que retienen suelo, se compensa la pérdida del mismo, por lo que es un impacto de significancia moderada.

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Agua	Infiltración	0.17	Bajo
Construcción	Preparación de Subrasante y revestimiento de geomembrana	Agua	Infiltración	0.52	Alto

El impacto se encuentra principalmente representado por la reducción de la superficie con capacidad de infiltrar agua pluvial. La importancia del impacto se considera de significancia baja durante la preparación del sitio y de significancia alta durante la construcción.

Es un impacto de significancia baja ya que la remoción de la vegetación reducirá la infiltración del agua, sin embargo, esta aún podrá infiltrarse. Es de significancia alta porque una vez que el suelo este compactado la infiltración será casi nula. Sin embargo, es un impacto puntual y sin alteración al entorno regional de infiltración y recarga. Asimismo, con el establecimiento de las presas filtrantes se propiciará la recarga de agua pluvial, con lo que el ecosistema no se verá afectado en sus procesos naturales.

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Agua	Escurrimiento	0.46	Moderado
Construcción	Preparación de Subrasante y revestimiento de geomembrana	Agua	Escurrimiento	0.55	Alto
Construcción	Construcción	Agua	Escurrimiento	0.34	Moderado
Operación	Operación	Agua	Calidad	0.34	Moderado

Aumento en la velocidad de los escurrimientos. Considerado de significancia moderada durante el despeje y debido a la remoción de la vegetación los escurrimientos aumentarán su velocidad; durante la preparación de subrasante y revestimiento de geomembrana es de significancia alta debido a que una vez compactado el suelo el agua no podrá infiltrarse fácilmente y la velocidad de los escurrimientos aumentará significativamente puesto que no habrá ni cubierta vegetal o suelo que pueda formar surcos para detener su velocidad; durante la construcción se considera de significancia moderada debido a que una vez construidas las obras estas contarán con desvíos de agua adecuados para incorporar los escurrimientos a los cauces existentes.

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Flora	Cubierta vegetal	0.25	Moderado

El proyecto requerirá de la eliminación total de la cobertura vegetal en el área de ocupación de la pileta de contención, la cual corresponde a 0.149471 ha. Este impacto tiene una significancia moderada y tiene lugar durante la preparación del sitio.

Este impacto es recuperable en forma parcial, ya que, si bien es posible recuperar a largo plazo la cubierta vegetal, la estructura será diferente a la original estando en función a las características de la zona y al Programa de Cierre y Restitución que sea preparado e implementado en su momento. Ya que el área podrá sustentar vegetación después de la ejecución de obras de estabilización y restitución. El impacto se considera puntual porque afecta a sectores específicos del Sistema Ambiental.

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Fauna	Modificación del hábitat	0.33	Moderado

La fragmentación de la vegetación y la pérdida de cobertura vegetal significan la pérdida de espacios para el hábitat de especies de fauna. Este impacto es de significancia moderada durante las acciones de preparación del sitio.

El establecimiento del proyecto implica también el ahuyentamiento de fauna del área, esto debido a que la misma es susceptible a la presencia de personas y al ruido generado por la maquinaria y equipo que será utilizado, por lo que en el área de influencia del proyecto se verá modificando el área de la misma.

Adicionalmente, es probable que exista una mortalidad directa o indirecta de la vida silvestre. La sola presencia humana en la zona, en sí, puede propiciar la mortandad de individuos silvestres. El aumento de vehículos transitando en el sitio aumenta las posibilidades de colisión con la fauna local.

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Paisaje	Escénico	0.50	Alto

El proyecto conlleva el establecimiento de obras artificiales ajenas al paisaje natural, por lo que el establecimiento de las mismas será un cambio abrupto en el ecosistema de bosque templado frío, por lo que se considera un impacto de significancia alta.

La posibilidad de mitigar este impacto será hasta la restitución del sitio, una vez que acabe el periodo de vida útil del proyecto.

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Socioeconómico	Empleo	0.33	Moderado
Operación	Operación	Socioeconómico	Empleo	0.54	Alto

La realización de estas obras requerirá de mano de obra calificada y no calificada de forma temporal. Entre los impactos positivos de esta obra está la generación de empleos; éste será de significancia moderada durante el despeje y de significancia alta durante la operación, ya que la falta de empleos es uno de los problemas sociales más fuertes en la zona. Esta generación de empleos beneficiará a algunas personas de las localidades próximas, sin

embargo, se generarán fuentes de empleo para personas incluso de fuera del sistema ambiental.

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Socioeconómico	Economía	0.33	Moderado
Operación	Operación	Socioeconómico	Economía	0.57	Alto

La población contratada por el proyecto incrementará sus ingresos económicos, en mejora de su capacidad adquisitiva y demanda de productos locales. En este sentido, la economía interna de las localidades cercanas presentará la consolidación del mismo. La ejecución del proyecto permitirá la contratación de mano de obra local que contará con un ingreso que garantice satisfacer sus demandas básicas de consumo y vestido.

La realización de esta obra requerirá la compra, venta y renta de bienes y servicios en las localidades próximas. Ello trae como beneficio mayores ventas de estos bienes y servicios, apoyando la economía local por el tiempo que duran las obras.

Este impacto es de significancia moderada durante la preparación del sitio y de significancia alta durante la operación del proyecto.

Capítulo VI

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 3
VI.1. Clasificación de las medidas de mitigación. 3
VI.1.1 Medida preventiva 3
VI.1.2 Medida de mitigación 3
VI.1.3 Medida de compensación. 3
VI.2. Descripción de las medidas o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental 3
VI.2.1. Suelo 4
VI.2.1.2 Agua. 9
VI.2.1.3 Vegetación 18
VI.2.1.4 Fauna. 20
VI.2.1.5 Aire. 22
VI.3 Resumen de medidas 23
RESUMEN DE MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, LA FLORA Y LA FAUNA SILVESTRE 24

Índice de Figuras

Figura VI. 1. Características de suelos (densidad aparente) 8
Figura VI. 2. Teorema de Pitágoras. 14
Figura VI. 3. Obras de conservación de suelo y agua (Presas filtrantes). 16

Índice de Tablas

Tabla VI. 1. Impactos sobre factor suelo 4
Tabla VI. 2. Cálculo de pérdida de suelo en condición actual 6
Tabla VI. 3. Cálculo de pérdida de suelo después del proyecto 6
Tabla VI. 4. Cálculo de erosión eólica en el área de afectación antes del proyecto 6
Tabla VI. 5. Cálculo de erosión eólica en el área de afectación después del proyecto 7
Tabla VI. 6. Pérdida de suelo total 7
Tabla VI. 7. Retención de suelo de presas filtrantes 8
Tabla VI. 8. Impactos sobre infiltración en factor ambiental agua 9
Tabla VI. 9. Impactos ambientales sobre escurrimiento y calidad en el factor ambiental agua 10

Tabla VI. 10. Resultados de Balance Hídrico 12
Tabla VI. 11. Características constructivas de presas filtrantes 14
Tabla VI. 12. Volumen de m^3 a retener con las medidas de mitigación 15
Tabla VI. 13. Coordenadas de presas filtrantes 16
Tabla VI. 14. Coordenadas de acomodos a curvas de nivel 17
Tabla VI. 15. Superficies de vegetación 18
Tabla VI. 16. Impactos sobre factor flora 19
Tabla VI. 17. Impactos sobre factor fauna 21
Tabla VI. 18. Resumen de medidas de mitigación para el factor agua 24
Tabla VI. 19. Resumen de medidas de mitigación factor suelo 25
Tabla VI. 20. Resumen de medidas de mitigación del factor flora 26
Tabla VI. 21. Resumen de medidas de mitigación de factor fauna 27
Tabla VI. 22. Resumen de impactos a generar por factor ambiental 28

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este apartado se presentan las medidas encaminadas a prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales identificados significativos y negativos en el capítulo precedente, describiéndose estas por actividad y factor ambiental involucrado, de igual manera se presentan las medidas generales de aplicación para aquellos impactos que no resultaron significativos.

VI.1. Clasificación de las medidas de mitigación.

VI.1.1 Medida preventiva

Una medida preventiva es aquella que se realiza para que algo negativo no ocurra.

VI.1.2 Medida de mitigación

Una medida de mitigación es aquella que aligera la carga ambiental al ecosistema, pero no la evita.

VI.1.3 Medida de compensación.

Una medida de compensación es aquella que compensa un impacto.

VI.2. Descripción de las medidas o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

Es importante mencionar que el área destinada para el establecimiento de la planta de jal filtrado, el depósito de jal y la pileta de contención que corresponden al proyecto objeto de este estudio es de 6.991194 hectáreas.

VI.2.1. Suelo

VI.2.1.1 Suelo

El impacto relativo al suelo, se considera moderado, según la matriz aplicada en el capítulo anterior. A continuación, se presenta la descripción del mismo por etapa del proyecto.

Tabla VI. 1. Impactos sobre factor suelo

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Desmonte	Suelo	Pérdida de suelo	0.25	Moderado

La eliminación de cobertura vegetal, despalme y movimiento de materiales, ocasionarán un incremento en ton/ha/año que se pierden de suelo en el área específica del proyecto; y menor en áreas adyacentes al mismo.

Los principales factores de erosión en la zona corresponden a escurrimientos, pendiente y arrastres, los cuales son unos de los principales desencadenadores de la dinámica de pérdida de suelos. Dada la condición regional de erosión por arrastres y pendientes marcadas, se considera al impacto como significativo, sin embargo, por la aplicación de las medidas de compensación tales como establecimiento de presas filtrantes que retienen suelo, se compensa la pérdida del mismo, por lo que es un impacto de significancia moderada.

Medidas preventivas.

- Solo se removerá vegetación en una pequeña superficie del proyecto, la superficie del proyecto que tiene vegetación forestal es de 0.695021 hectáreas de vegetación de selva baja caducifolia.
- Se evitará en lo posible derramar aceites, grasas, solventes, combustibles, etcétera; en las áreas cubiertas por vegetación forestal aledañas a la zona donde se pretende desarrollar el proyecto, para tal fin, se establecerá un área específica donde se llevará a cabo el mantenimiento de los automotores utilizados para el proyecto.
- Se evitará utilizar herbicidas como método de deshierbe, con la finalidad de evitar que dichas sustancias contaminen el suelo del área del proyecto, así como el suelo de las zonas aledañas cubiertas por vegetación forestal.

- Se dotará a los trabajadores de letrinas o baños portátiles, mismos que estarán distribuidos estratégicamente a través del área del proyecto
- Se instalarán contenedores herméticos a lo largo del área de trabajo, para la disposición de los residuos sólidos domésticos generados por el personal involucrado en las diferentes etapas del proyecto.
- Se realizará el mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos a utilizar en las diferentes etapas del proyecto, evitando de esta manera que se presenten fugas de aceite, combustibles o algún otro hidrocarburo que pudiera contaminar el suelo.
- Se realizarán las actividades de desmonte fuera de la época de lluvias, reduciendo el riesgo de erosión hídrica derivado de la disminución de cobertura vegetal.

Medidas de mitigación

- El desmonte se llevará a cabo en una superficie de 0.695021 ha.
- Solo se realizará el mantenimiento de maquinaria y equipo necesario en el sitio del proyecto. El equipo que, por sus características de diseño, no pueda ser retirado temporalmente para su mantenimiento, tendrá que atenderse en el sitio del proyecto, con los debidos cuidados y medidas de prevención de esta manera se evita la posible contaminación del suelo, subsuelo, manto freático y algún cuerpo de agua por el derrame de aceites y grasas lubricantes usados. De igual manera durante la operación se contará con un área de talleres en la que se deberán realizar todas las reparaciones.

Medidas de compensación

- Se realizará la construcción de 26 presas filtrantes para compensar el aumento en la pérdida de suelo por la implementación del proyecto, esto por la remoción de la vegetación en una fracción del polígono solicitado para la autorización en materia de impacto ambiental. La pérdida de suelo será compensada con la construcción de estas presas.

A continuación, se presentan los resultados de la estimación de pérdida de suelo al ser removida la vegetación de selva baja caducifolia en una fracción del polígono solicitado

para autorización en materia de impacto ambiental, la superficie donde se removerá la vegetación es en una superficie de 0.695021 hectáreas.

Tabla VI. 2. Cálculo de pérdida de suelo en condición actual

Cálculo de pérdida de suelo							
Uso de suelo y vegetación	**AREA**	**Factor R**	**Factor K**	**LS**	**Factor C en condiciones actuales**	**Pérdida de suelo en Ton/ha/año**	**Pérdida de suelo Ton/año**
Selva Baja Caducifolia Proyecto	0.695021	1492.313132	0.020	1.3265	0.500	19.796	13.758
Total	**0.695021**					19.796	13.758

Como se puede observar en la tabla VI.2, la pérdida de suelo en condición actual es de **19.796 ton/ha/año** para la superficie con vegetación de selva baja caducifolia. En total al año para la superficie del proyecto con vegetación es de **13.758 ton/año**.

Tabla VI. 3. Cálculo de pérdida de suelo después del proyecto

Cálculo de pérdida de suelo							
Uso de suelo y vegetación	**AREA**	**Factor R**	**Factor K**	**LS**	**Factor C en condiciones actuales**	**Pérdida de suelo en Ton/ha/año**	**Pérdida de suelo Ton/año**
Selva Baja Caducifolia Proyecto	0.695021	1492.313132	0.020	1.3265	1.000	39.591	27.517
Total	**0.695021**					39.591	27.517

Como se observa en la tabla anterior, el aumento en la pérdida de suelo se ha incrementado a un valor de 39.591 ton/año, teniendo un aumento de pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica a causa de la implementación del proyecto en **27.517 ton/año**.

Tabla VI. 4. Cálculo de erosión eólica en el área de afectación antes del proyecto

EROSION EOLICA EN CONDICIÓN ACTUAL								
TIPO DE SUELO	**PECRE**	**IAVIE**	**CATEX**	**CAUSO**	**Ton/ha/año**	**Superficie (ha)**	**Ton/año**	**VALORES DE EROSION**
LEPTOSOL PROYECTO CON VEGETACIÓN	65.27146229	110.82726	0.3	0.1	3.32	0.695021	2.31081819	Sin Erosión

Como se observa en la tabla anterior, para el área del proyecto que contiene vegetación actualmente se pierden **2.31081819 ton/año**.

Una vez removida la vegetación en la fracción del polígono que cuenta con vegetación de selva baja caducifolia en una superficie de 0.695021 hectáreas, la erosión eólica aumentará a 23.1081819 ton/año, habiendo un incremento de pérdida de suelo por el efecto de la erosión del viento en **20.79736371 ton/año**.

Tabla VI. 5. Cálculo de erosión eólica en el área de afectación después del proyecto

EROSION EOLICA EN CONDICIÓN DESPUÉS DE REMOCIÓN DE VEGETACIÓN								
TIPO DE SUELO	**PECRE**	**IAVIE**	**CATEX**	**CAUSO**	**Ton/ha/año**	**Superficie (ha)**	**Ton/año**	**VALORES DE EROSION**
LEPTOSOL PROYECTO CON VEGETACIÓN	65.27146229	110.82726	0.3	1	33.25	0.695021	23.1081819	Erosión Baja

Al sumar la pérdida de suelo por erosión hídrica y erosión eólica que se pierde al desmontar la vegetación existente en una fracción del polígono solicitado para autorización en materia de impacto ambiental en una superficie de 0.695021 hectáreas, se tiene que se pierden **34.55567534 ton/año**.

Tabla VI. 6. Pérdida de suelo total

Pérdida de suelo por erosión eólica	20.79736371	**Ton / año**
Pérdida de suelo por erosión hídrica	13.75831163	**Ton / año**
Pérdida de suelo total	34.55567534	**Ton / año**

Como referencia para la densidad del suelo se tomó el cuadro que se presenta en seguida, El cual está disponible en documento del Instituto de Geología, Departamento de Edafología, Laboratorio de Física de Suelos publicado en 2010 por la Universidad Nacional Autónoma de México, disponible en el siguiente link:

http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf

Cuadro 4.5.5. Algunas características de los suelos en función de su clase textural

Textura	Conductividad hidráulica (cm/hr)	Porosidad (%)	Densidad aparente (Mg/m^3)	CC (% en peso)	PMP (% en peso)	CRAD (% en vol)
Arenoso	5 (2.5-25)	38 (32-42)	1.65 (1.55-1.8)	9 (5-16)	4 (2-6)	8 (6-10)
Franco arenoso	2.5 (1.3-7.6)	43 (40-47)	1.5 (1.4-1.6)	14 (10-20)	6 (4-8)	12 (9-15)
Franco	1.3 (0.8-2.0)	47 (43-49)	1.4 (1.35-1.5)	22 (15-30)	10 (8-12)	17 (14-20)
Franco arcilloso	0.8 (0.25-1.5)	49 (47-54)	1.35 (1.3-1.4)	27 (25-35)	13 (11-15)	19 (16-22)
Arcillo limoso	0.25 (0.03-0.5)	51 (49-53)	1.3 (1.3-1.4)	31 (27-40)	15 (13-17)	21 (18-23)
Arcilloso	0.05 (0.01-1.0)	53 (51-55)	1.25 (1.2-1.3)	35 (30-70)	17 (15-19)	23 (20-25)

CC, capacidad de campo; PMP, punto de marchitamiento permanente; CRAD, capacidad de retención de agua disponible. Los valores entre paréntesis corresponden al rango más común.

Figura VI. 1. Características de suelos (densidad aparente)

Obras de conservación de suelo por erosión hídrica

A continuación, se explica el procedimiento para obtener la capacidad de retención en el tiempo de vida de las obras de conservación: Para determinar el volumen de retención de suelo por la construcción de las 26 presas filtrantes, se calcula empleando el Teorema de Pitágoras. A continuación, se describe el procedimiento para la obtención de dicho volumen.

La implementación de las 26 presas retendrá en total un volumen de **35.50136975 m^3/año,** con una densidad de suelo de 1.5 ton/m^3, se obtiene una retención de suelo total de **53.25205462 ton/año**.

Tabla VI. 7. Retención de suelo de presas filtrantes

Pérdida de suelo erosión eólica por AFECTACIÓN	20.79736371	**Ton / año**
Pérdida de suelo erosión hídrica por AFECTACIÓN	13.75831163	**Ton / año**
Retención de suelo de presas filtrantes	53.25205462	**Ton / año**
Retención total de suelo	18.69637928	**Ton / año**

Como se observa en la tabla anterior la retención total de suelo, ya restando lo que se pierde, es de **18.69637928 toneladas al año**, con lo que se cubre la pérdida de suelo que se genera con motivo de la implementación del proyecto por efecto de la erosión hídrica y eólica en el área del proyecto.

Indicadores a supervisar

- Coordenadas de instalación de presas
- Características constructivas adecuadas

Acciones preventivas o correctivas

Evaluar las obras iniciales y definir si es necesario cambiar de técnica o medida de aplicación, de acuerdo a las condiciones del terreno.

Documentos de entrega como resultado de los indicadores

- Avance en porcentaje de la instalación de presas filtrantes
- Minuta de modificaciones (de ser necesarias)
- Anexo fotográfico y cartográfico del avance.

VI.2.1.2 Agua.

El impacto se encuentra principalmente representado por la reducción de la superficie con capacidad de infiltrar agua pluvial. La importancia del impacto se considera de significancia baja durante la preparación del sitio y de significancia alta durante la construcción.

Tabla VI. 8. Impactos sobre infiltración en factor ambiental agua

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Agua	Infiltración	0.17	Bajo
Construcción	Preparación de Subrasante y revestimiento de geomembrana	Agua	Infiltración	0.52	Alto

Es un impacto de significancia baja ya que la remoción de la vegetación reducirá la infiltración del agua, sin embargo, esta aún podrá infiltrarse. Es de significancia alta porque una vez que el suelo este compactado la infiltración será casi nula. Sin embargo, es un impacto puntual y sin alteración al entorno regional de infiltración y recarga. Asimismo, con el establecimiento de las presas filtrantes se propiciará la recarga de agua pluvial, con lo que el ecosistema no se verá afectado en sus procesos naturales.

Tabla VI. 9. Impactos ambientales sobre escurrimiento y calidad en el factor ambiental agua

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Desmonte	Agua	Escurrimiento	0.46	Moderado
Construcción	Nivelación y compactación	Agua	Escurrimiento	0.55	Alto
Construcción	Edificación	Agua	Escurrimiento	0.34	Moderado
Operación	Operación	Agua	Calidad	0.34	Moderado

Aumento en la velocidad de los escurrimientos. Considerado de significancia moderada durante el despeje y debido a la remoción de la vegetación los escurrimientos aumentarán su velocidad; durante la preparación de subrasante y revestimiento de geomembrana es de significancia alta debido a que una vez compactado el suelo el agua no podrá infiltrarse fácilmente y la velocidad de los escurrimientos aumentará significativamente puesto que no habrá ni cubierta vegetal o suelo que pueda formar surcos para detener su velocidad; durante la construcción se considera de significancia moderada debido a que una vez construidas las obras estas contarán con desvíos de agua adecuados para incorporar los escurrimientos a los cauces existentes.

Medidas preventivas.

- Solo se removerá vegetación en una fracción destinada al proyecto, evitando ampliar el área de desmonte, lo que como resultado incrementará los escurrimientos superficiales.
- Se evitará en lo posible no derramar aceites, grasas, solventes, combustibles, etcétera; en las áreas cubiertas por vegetación forestal aledañas a la zona de afectación, mismos que pudieran contaminar los cuerpos de agua superficiales o subterráneos, para tal fin, se establecerá un área específica donde se llevará a cabo el mantenimiento de los automotores utilizados para el desarrollo del proyecto.
- Se evitará utilizar herbicidas como método de deshierbe, con la finalidad de evitar que dichas sustancias contaminen los cuerpos de agua presentes en la zona del proyecto, así como en zonas aledañas cubiertas por vegetación forestal.
- Se dotará a los trabajadores de letrinas o baños portátiles, mismos que estarán distribuidos a través del área del proyecto.

- Se instalarán contenedores herméticos a lo largo del área de trabajo, para la disposición de los residuos sólidos domésticos generados por el personal involucrado en las diferentes etapas del proyecto.

- Se realizará el mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos utilizados en las diferentes etapas del proyecto, evitando de esta manera que se presenten fugas de aceite, combustibles o algún otro hidrocarburo que pudiera contaminar los cuerpos de agua.

Medidas de mitigación.

- El desmonte en una fracción del polígono sujeto a autorización se realizará conforme al avance de las actividades de construcción a fin de mantener protegido el suelo y evitar incrementar el escurrimiento superficial y reducir la infiltración, lo que propiciaría el deterioro de la calidad y cantidad del agua.

- Solo se realizará el mantenimiento de maquinaria y equipo necesario en el sitio del proyecto. El equipo que, por sus características de diseño, no pueda ser retirado temporalmente para su mantenimiento, se atenderá en el sitio del proyecto, con los debidos cuidados y medidas de prevención de esta manera se evitará la posible contaminación del suelo, subsuelo, manto freático y algún cuerpo de agua por el derrame de aceites y grasas lubricantes usados.

- Quedará estrictamente prohibido verter cualquier tipo de desecho sólido, líquido o aguas residuales a cuerpos de agua cercanos al área del proyecto.

- Se llevará a cabo la implementación de pláticas y talleres al personal involucrado en las diferentes etapas del proyecto, con la finalidad de concientizarlos con relación al uso adecuado del agua y evitar contaminar cauces superficiales.

- No se usará en ningún momento el agua de los cauces aledaños al área del proyecto, para las actividades relativas al mismo.

- Se evitará amontonar suelo o material vegetal sobre drenajes naturales.

- No se obstaculizarán drenajes durante las maniobras o procesos de construcción y operación.

Medidas de compensación

- Se realizará la construcción de 26 presas filtrantes para contribuir con la perdida de suelo y agua, las características de construcción y ubicación de estas se presentan en la **tabla 11.**

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos realizados para estimar la reducción de la infiltración que se generará por motivo de la remoción de vegetación en una fracción del polígono solicitado para autorización en materia de impacto ambiental, esta vegetación corresponde a vegetación de selva baja caducifolia y se extiende en una superficie de 0.695021 hectáreas. El cálculo se presenta en formato digital en el anexo 8.

Tabla VI. 10. Resultados de Balance Hídrico

Balance hídrico en condición actual (m3)	
PRECIPITACIÓN	14,394,690.8571
INFILTRACION	827,988.2790
ESCURRIMIENTO	609,515.9458
EVAPOTRANSPIRACIÓN	12,957,186.6323

Balance hídrico en condición después de la afectación	
PRECIPITACIÓN	14,394,690.8571
INFILTRACION	827,710.2499
ESCURRIMIENTO	609,793.9749
EVAPOTRANSPIRACIÓN	12,957,186.6323

La pérdida de infiltración que va a haber por motivo de la implementación del proyecto y la remoción de vegetación en una fracción del polígono solicitado para autorización en materia de impacto ambiental, específicamente en 0.695021 hectáreas de las 11.413383 hectáreas solicitadas para autorización es de **278.0291 m^3.**

Con las medidas de mitigación se pretenden retener **286.9661126 m^3/año**, con lo que se compensa el decremento de infiltración que se genera por la remoción de la vegetación en la fracción del polígono solicitado para autorización.

Para mitigar el volumen de agua que ha dejado de infiltrarse, se propone la construcción de 26 presas filtrantes y 96.56 metros lineales de acomodo a curvas de nivel.

Cálculo de retención de agua por la construcción de presas filtrantes

Se procede a calcular el volumen de agua que se infiltra por la construcción de 26 presas filtrantes de características constructivas varias explicadas en archivo digital en anexo 8, las cuales retendrán un volumen de **109.1827 m3/año**. A continuación, se describen los pasos para la determinación de este dato.

La duración del exceso de lluvia puede asumirse como el tiempo de duración de la tormenta y el tiempo de concentración que son los minutos que tarda el escurrimiento para moverse de la parte más alta de la cuenca o área de drenaje a la salida; este tiempo se puede estimar de acuerdo con la ecuación.

$$T_c = 0.02 \frac{L^{1.15}}{H^{0.38}}$$

Donde:
TC = Tiempo de concentración 99.7443 (minutos).
L = Longitud de la corriente principal 15,078.37 (m).
H = Diferencia en elevación entre el sitio más alejado de la cuenca y la salida 820 (m).
El tiempo de concentración para el sistema ambiental es de 99.7443 minutos.

Cuadro 6. Tasas de infiltración para diferentes texturas de suelos

Textura del suelo	Tasa de Infiltración (mm/h)
Arenosa	50
Franco - Arenosa	25
Franca	12
Franco - Arcillosa	7

Fuente: Critchley y Siegert, 1996.

Si el tiempo de concentración es de 99.7443 minutos (1.6624 horas), la textura del suelo es franco-arenosa.

Por evento pluvial a una tasa de infiltración de 25mm/h o 0.025m/h durante 1.6624 h entonces, se infiltraría lo siguiente:
0.025m/h * 1.6624 h = **0.04156 m**

Luego se estima el área donde se va a infiltrar:
Área de infiltración= (94.6703193 m * 0.04156) /2 m = 1.967255895 m^2

Entonces:

1.5 m * 1.967255895 m^2= 2.9508838 m^3 Por evento pluvial.

La estación meteorológica indica que hay 37 eventos pluviales al año entonces:

2.9508838 m^3 * 37 = **109.1827** m^3/año

Las dimensiones de estas presas son variables, las características constructivas de estas varían según su ubicación, se ha tomado como dato general el ancho (1.5 m lado – lado), altura de 0.5 m, la longitud de los catetos varía según la pendiente donde se ubique la presa.

La tasa de infiltración es de 0.0415601 m como ya se ha mencionado anteriormente.

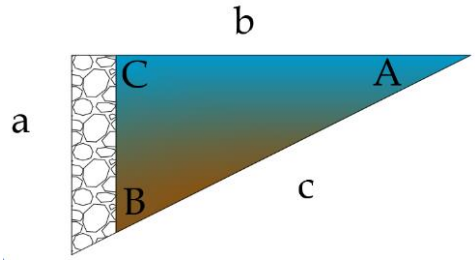


Figura VI. 2. Teorema de Pitágoras

A continuación, se presentan las características constructivas de cada presa filtrante propuesta.

Tabla VI. 11. Características constructivas de presas filtrantes

Id	Pendiente	B	C	a	b	c	Volumen Suelo (m3)	Volumen Agua (m3)
1	6.173484	83.826516	90	0.5	4.622501787	4.649464783	1.73343817	0.144083868
2	14.25137	75.74863	90	0.5	1.968557414	2.031063341	0.73820903	0.061360142
3	8.370404	81.629596	90	0.5	3.398138518	3.434726392	1.274301944	0.105920336
4	9.780145	80.219855	90	0.5	2.900683949	2.9434618	1.087756481	0.090414625
5	7.200756	82.799244	90	0.5	3.9574876	3.988948246	1.48405785	0.123355306
6	7.377052	82.622948	90	0.5	3.861896399	3.894129402	1.44821115	0.120375718
7	10.514849	79.485151	90	0.5	2.693862114	2.739870999	1.010198293	0.083967966
8	14.103463	75.896537	90	0.5	1.990074356	2.051924936	0.746277884	0.062030828

Id	Pendiente	B	C	a	b	c	Volumen Suelo (m3)	Volumen Agua (m3)
9	17.700954	72.299046	90	0.5	1.566616992	1.644472195	0.587481372	0.048831617
10	10.615042	79.384958	90	0.5	2.667852563	2.714302359	1.000444711	0.083157246
11	15.490749	74.509251	90	0.5	1.804072829	1.87207873	0.676527311	0.05623314
12	11.784385	78.215615	90	0.5	2.396627776	2.44822889	0.898735416	0.074703141
13	8.535434	81.464566	90	0.5	3.33148296	3.368794845	1.24930611	0.103842675
14	6.432916	83.567084	90	0.5	4.434600409	4.462698824	1.662975153	0.138226963
15	8.269713	81.730287	90	0.5	3.440104856	3.476251059	1.290039321	0.107228431
16	7.209121	82.790879	90	0.5	3.952846846	3.984344135	1.482317567	0.123210653
17	1.866953	88.133047	90	0.5	15.3392989	15.34744574	5.752237086	0.478127565
18	4.094768	85.905232	90	0.5	6.984302786	7.002177191	2.619113545	0.217701455
19	9.29086	80.70914	90	0.5	3.056375142	3.097003231	1.146140678	0.095267536
20	3.983757	86.016243	90	0.5	7.179581983	7.196971408	2.692343244	0.223788328
21	9.042131	80.957869	90	0.5	3.141921229	3.181457058	1.178220461	0.097934016
22	9.118599	80.881401	90	0.5	3.115128778	3.155000365	1.168173292	0.097098893
23	14.461466	75.538534	90	0.5	1.938734576	2.00217176	0.727025466	0.060430561
24	22.835947	67.164053	90	0.5	1.187367143	1.288348063	0.445262679	0.037010359
25	18.500652	71.499348	90	0.5	1.494285971	1.575719062	0.560357239	0.046577051
26	12.550872	77.449128	90	0.5	2.245915449	2.300898999	0.842218293	0.070005422
Total					94.67031932		35.50136975	2.950883842

En total las presas filtrantes retienen 2.950883842 m^3 por evento, considerando las características constructivas de cada presa, y la tasa de infiltración, se han calculado los volúmenes de infiltración.

En total al año se presentan 37 eventos de lluvia, por lo que, al multiplicar el volumen por evento del total de las presas por el número de eventos al año, se determina el volumen a captar, el cual es de **109.1827 m^3/año**.

Siguiendo el mismo procedimiento, el acomodo de material vegetal a curvas de nivel, retendrá 177.7834104 m^3/año.

Tabla VI. 12. Volumen de m^3 a retener con las medidas de mitigación

	Agua (m3)
Presas filtrantes	109.1827
Acomodos de material vegetal	177.7834

Agua (m3)	
Total	**286.9661126**

A continuación, se presenta la figura en que muestra la ubicación de las obras de conservación para compensar el suelo y el agua que se pierde por la afectación.

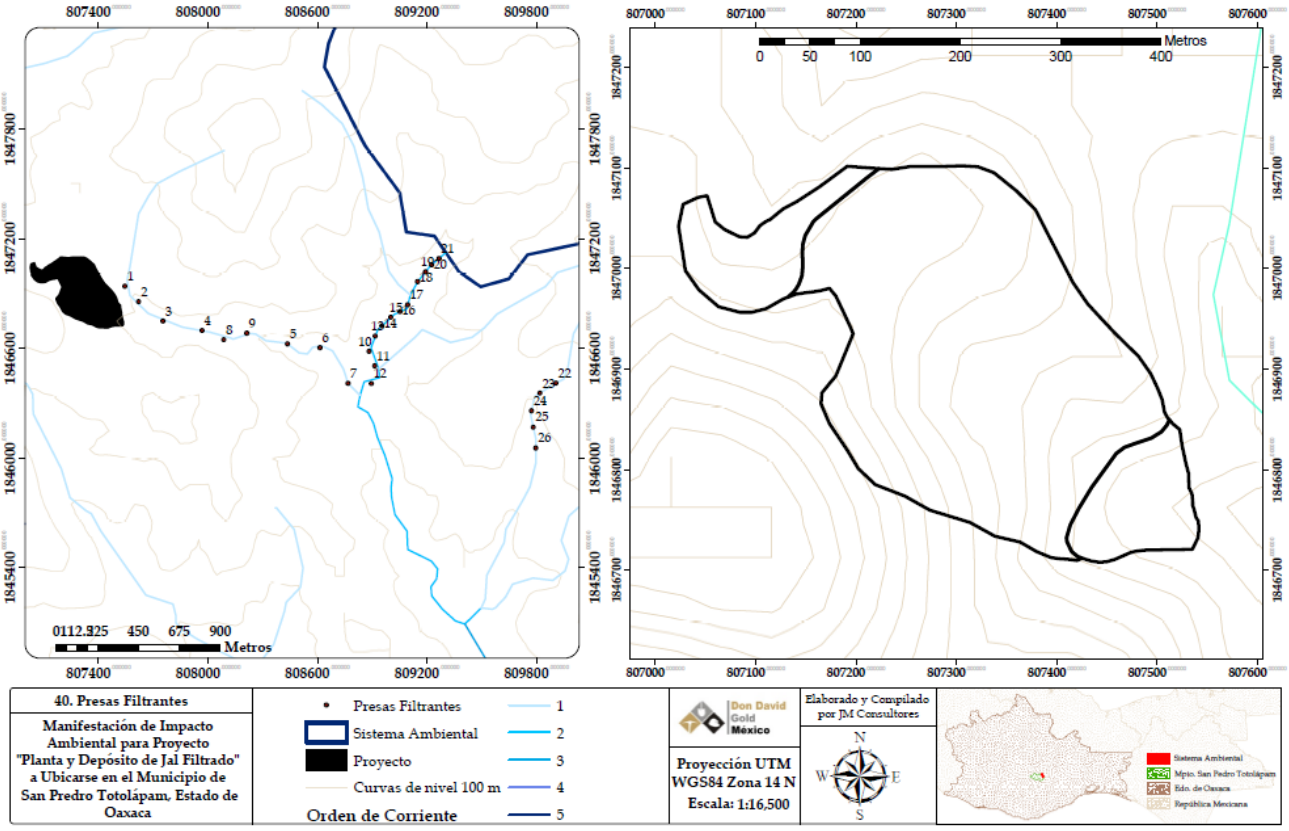


Figura VI. 3. Obras de conservación de suelo y agua (Presas filtrantes).

A continuación, se presentan las coordenadas de las 26 presas filtrantes.

Tabla VI. 13. Coordenadas de presas filtrantes

Id	X	Y
1	807545.186	1846938.55
2	807620.471	1846853.23
3	807753.913	1846748.1
4	807968.334	1846695.66
5	808437.271	1846623.53

Id	X	Y
6	808614.724	1846602.42
7	808768	1846407
8	808087.489	1846645.99
9	808212.505	1846682.5
10	808883.622	1846582.29
11	808913.785	1846502.38
12	808896.322	1846405.55
13	808916.651	1846664.41
14	808953.481	1846720.67
15	809002.752	1846768.32
16	809052.557	1846799.42
17	809094.992	1846836.8
18	809149.001	1846964
19	809192.004	1847017.43
20	809226.01	1847055.56
21	809265.985	1847090.29
22	809907.666	1846408.15
23	809819.509	1846353.47
24	809773.077	1846257.07
25	809782.689	1846166.62
26	809797.376	1846053

Tabla VI. 14. Coordenadas de acomodos a curvas de nivel

Línea	Contour (m)	Longitud (m)	X	Y
0	1000	96.563845	808500.4296	1846291.622
1			808497.0447	1846280.742
2			808483.3359	1846262.098
3			808476.0334	1846251.754
4			808465.6887	1846242.099
5			808453.0125	1846224.775
6			808447.6887	1846212.098

Para dar seguimiento al establecimiento de las obras de conservación de agua, se tienen que colocar 26 presas filtrantes, por lo tanto, los indicadores a supervisar serán los siguientes:

Indicadores a supervisar

- Coordenadas de presas filtrantes a instalar

Acciones preventivas o correctivas

Evaluar las obras iniciales y definir si es necesario cambiar de técnica o medida de aplicación, de acuerdo a las condiciones del terreno.

Documentos de entrega como resultado de los indicadores

- Avance en porcentaje de la construcción de las obras de conservación de suelo y agua.
- Minuta de modificaciones (de ser necesarias)
- Número de obras construidas
- Anexo fotográfico

VI.2.1.3 Vegetación

La vegetación no será severamente afectada ya que del total de la superficie del proyecto objeto de este estudio la cual corresponde a 11.413383 hectáreas, solo una superficie muy pequeña tiene vegetación forestal, siendo esta de selva baja caducifolia en una superficie de 0.695021 hectáreas, representando esta, un 6.089 % del total de la superficie del proyecto y un 0.006% de la superficie con el mismo tipo de vegetación dentro del sistema ambiental.

Tabla VI. 15. Superficies de vegetación

Superficie con vegetación dentro del área del proyecto (ha)	Superficie de Selva Baja Caducifolia en el sistema ambiental (ha)	Porcentaje de representación a nivel sistema ambiental.
0.695021	2, 126.736526	0.032%

Como se observa en la tabla anterior el área de afectación corresponde a 0.695021 hectáreas lo que representa un porcentaje de afectación del sistema ambiental de un 0.006%, mismo que permite que el sistema ambiental continúe con sus procesos naturales ya que no se ve afectada significativamente.

Impacto sobre el factor flora

Tabla VI. 16. Impactos sobre factor flora

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	**Desmonte**	**Flora**	**Cubierta vegetal**	**0.25**	**Moderado**

El proyecto requerirá de la eliminación total de la cobertura vegetal en el área de ocupación de la pileta de contención, la cual corresponde a 0.695021 ha. Este impacto tiene una significancia moderada y tiene lugar durante la preparación del sitio.

Este impacto es recuperable en forma parcial, ya que, si bien es posible recuperar a largo plazo la cubierta vegetal, la estructura será diferente a la original estando en función a las características de la zona y al Programa de Cierre y Restitución que sea preparado e implementado en su momento. Ya que el área podrá sustentar vegetación después de la ejecución de obras de estabilización y restitución. El impacto se considera puntual porque afecta a sectores específicos del Sistema Ambiental.

Medidas preventivas.

- Se evitará en lo posible derramar aceites, grasas, solventes, combustibles, etcétera; en las áreas cubiertas por vegetación forestal aledañas a la zona del proyecto, para tal fin, se establecerá un área específica donde se llevará a cabo el mantenimiento de los automotores utilizados para el desarrollo del proyecto.
- Se evitará utilizar herbicidas como método de deshierbe, con la finalidad de evitar que dichas sustancias contaminen la vegetación forestal de zonas aledañas.
- Se dotará a los trabajadores de letrinas o baños portátiles, mismos que estarán distribuidos a través del área del proyecto.
- Se instalarán contenedores herméticos a lo largo del área de trabajo, para la disposición de los residuos sólidos domésticos generados por el personal involucrado en las diferentes etapas del proyecto.
- Se realizará el mantenimiento periódico de la maquinaria y vehículos utilizados en las diferentes etapas del proyecto, evitando de esta manera que se presenten fugas de aceite, combustibles o algún otro hidrocarburo que pudiera contaminar el componente flora.

Medidas de mitigación.

- El desmonte de la fracción del polígono que contiene vegetación forestal se realizará mediante medios mecánicos y usando la técnica de derribo direccional, evitando así causar un impacto significativo sobre el suelo y sobre la vegetación residual de las áreas forestales aledañas.

- Solo se realizará el mantenimiento de maquinaria y equipo necesario en el sitio del proyecto. El equipo que, por sus características de diseño, no pueda ser retirado temporalmente para su mantenimiento, tendrá que atenderse en el sitio del proyecto, con los debidos cuidados y medidas de prevención de esta manera se evita la posible contaminación del suelo, subsuelo, manto freático y algún cuerpo de agua por el derrame de aceites y grasas lubricantes usados, así como de la vegetación residual presente en las áreas forestales aledañas.

- Durante las pláticas de concientización, se hará hincapié en la prohibición de extraer individuos de flora de las zonas forestales aledañas.

- Se evitará aplicar herbicidas o cualquier otra sustancia que resulte nociva para la flora del lugar.

Medidas de compensación.

- Se realizará la implementación de 26 presas filtrantes con la finalidad de retener suelo y agua.

VI.2.1.4 Fauna.

En este factor se dan dos impactos, sobre el hábitat de la fauna, debido a la remoción de la vegetación lo que puede afectar directamente madrigueras y nidos, así como áreas de caza y desplazamiento de fauna. El segundo incide sobre la diversidad y abundancia del área de impacto del proyecto, esto debido a la eliminación de hábitats y a la presencia humana y ruido generado, lo que provoca que la fauna se desplace a lugares aledaños, por lo tanto, la presencia de fauna en el área de impacto del proyecto será menor.

Tabla VI. 17. Impactos sobre factor fauna

Etapa	Acción	Factor	Subfactor	Valor	Significancia
Preparación del sitio	Despeje	Fauna	Modificación del hábitat	0.33	Moderado

La fragmentación de la vegetación y la pérdida de cobertura vegetal significan la pérdida de espacios para el hábitat de especies de fauna. Este impacto es de significancia moderada durante las acciones de preparación del sitio.

El establecimiento del proyecto implica también el ahuyentamiento de fauna del área, esto debido a que la misma es susceptible a la presencia de personas y al ruido generado por la maquinaria y equipo que será utilizado, por lo que en el área de influencia del proyecto se verá modificando el área de la misma.

Adicionalmente, es probable que exista una mortalidad directa o indirecta de la vida silvestre. La sola presencia humana en la zona, en sí, puede propiciar la mortandad de individuos silvestres. El aumento de vehículos transitando en el sitio aumenta las posibilidades de colisión con la fauna local.

Medidas preventivas y de mitigación.

Dentro del sistema ambiental de 3,285.0340 ha, de las cuales 2,651.125324 ha son de Tierras Silvestres en condiciones adecuadas para el refugio de fauna, la implementación del proyecto y la remoción de vegetación en una fracción del polígono del proyecto, que corresponde a 0.695021 hectáreas (0.006%) de las 2651.125324 mencionadas de la superficie de las tierras silvestres, lo cual deja espacio suficiente para mantener el ecosistema en estado saludable. Aunado a la remoción de vegetación en la superficie de 0.695021 hectáreas vienen las obras de mitigación, que ayudarán a mantener el equilibrio en la captación de agua y compensar el incremento de pérdida de suelo por la implementación del proyecto.

En este sentido y considerando que la vegetación afectada corresponde a selva baja caducifolia, se asume que no compromete la biodiversidad presente en el sistema ambiental donde se pretende desarrollar el proyecto, de acuerdo con los siguientes argumentos:

1. Este tipo de vegetación es un ecosistema de amplia distribución dentro del sistema ambiental, por lo que la afectación al refugio de fauna en este tipo de vegetación no será significativa puesto que las zonas que presentan más alta calidad de acuerdo con el diagnóstico ambiental para el establecimiento de fauna corresponden a este tipo de vegetación, con lo que existe superficie suficiente para que la fauna desarrolle sus procesos naturales.

2. La integridad ecológica de un área se relaciona con la intensidad de la degradación producida por actividades humanas y que tienen como consecuencia la pérdida o transformación de sus características funcionales; para el caso del área donde se pretende desarrollar el proyecto, la integridad ecológica se considera baja debido a que la presencia de herbívoros silvestres medianos es nula, y también, porque el área se encuentra inmediata a zonas ya impactadas.

De acuerdo con lo expuesto, la afectación a la fauna, será puntual mismo que será minimizado con la adecuada aplicación de medidas preventivas y de mitigación ambiental. La biodiversidad presente en el ecosistema no se verá disminuida en calidad, pues con el proyecto propuesto no se pondrá bajo amenaza ninguna población fauna.

VI.2.1.5 Aire.

Los impactos sobre el aire son no se consideran significativos de acuerdo con la matriz realizada en el capítulo anterior.

Medidas de Prevención

- Se instalarán contenedores con tapa y etiquetados durante todas las etapas del proyecto. Esta medida permitirá prevenir la contaminación del aire, debido a la emisión de malos olores.

- Para la emisión de ruido, se realizará una inspección física de los sistemas silenciadores de los vehículos, sustituyendo los que se encuentren en malas condiciones de operación de acuerdo a las especificaciones del fabricante. A estos equipos se les proporcionará un mantenimiento preventivo antes de su utilización en la obra de modo que se encuentren en óptimas condiciones de operación, esta medida y la anterior serán verificadas mediante una bitácora de mantenimiento

para cada tipo de maquinaria y equipo, en caso de detectarse deficiencias se restringirá su utilización por parte de la supervisión del promovente.

Medidas de Mitigación

- El ruido que será generado en el desarrollo del proyecto será producido por la maquinaria y el equipo que se utilice. La maquinaria será atendida por un programa de mantenimiento que permitirá asegurar su funcionamiento eficiente, de esta forma se asegura que la emisión de ruido este dentro de los parámetros establecidos por esta norma. Y en caso de ser necesario se proporcionará equipo protector a los trabajadores que laboren cerca de las fuentes emisoras.

- Se dará mantenimiento periódico a los vehículos automotores que participarán en todas las etapas del proyecto y se solicitará la utilización de vehículos en buen estado mecánico a las empresas que de ser necesario se contraten para el desarrollo de alguna actividad relacionada con el proyecto. De esta forma se asegurará el buen estado de esos vehículos y que su emisión de partículas a la atmósfera ocurra dentro de los parámetros permisibles establecidos por la legislación aplicable NOM-050-SEMARNAT-1993).

- Se establecerá riegos de caminos dentro del área, así como de los caminos de ingreso y perimetrales.

VI.3 Resumen de medidas

Una vez identificados y descritos los impactos derivados de la implementación del presente proyecto, que se presentarán en cada componente ambiental, así como las medidas preventivas, de mitigación y compensación que se aplicaran para cada caso, se presenta una descripción de las estrategias a seguir en cada caso, el impacto que se mitiga, el componente ambiental sobre el cual se aplican las medidas y la supervisión de la medida, enfocada a determinar hasta qué grado se mitiga el o los impactos con la aplicación del programa de vigilancia ambiental.

RESUMEN DE MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, LA FLORA Y LA FAUNA SILVESTRE

Tabla VI. 18. Resumen de medidas de mitigación para el factor agua

CONCEPTO	MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	OBSERVACIONES
AGUA	Residuos no peligrosos: Los residuos generados por este concepto serán clasificados y depositados en contenedores herméticos para su subsecuente disposición en lugares adecuados o destinados para ello. Residuos peligrosos: Los aceites y grasas serán utilizados por equipo y maquinaria; en el caso de las grasas, serán únicamente para lubricar o engrasar; en cuanto a los aceites se utilizará únicamente para el llenado del equipo que así lo requiera; en general las actividades de mantenimiento serán llevadas a cabo en las instalaciones de los talleres cercanos al área del proyecto, los residuos que se generarán en el sitio serán manejados de acuerdo a la normatividad ambiental vigente, considerando su envío para su correcto manejo al Almacén Temporal de Residuos Peligrosos. No se aplicarán sustancias tóxicas que pudieran en	Las obras de conservación y restauración aportarán apoyo para la captación del agua. .

CONCEPTO	MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	OBSERVACIONES
	algún momento contaminar el agua superficial o subterránea. Se prohíbe el uso del fuego para control de residuos. Se implementará la instalación de 26 presas filtrantes. Se construirán 96.56 metros lineales de acomodos a curvas de nivel.	

Tabla VI. 19. Resumen de medidas de mitigación factor suelo

CONCEPTO	MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	OBSERVACIONES
SUELO	Residuos no peligrosos: Los residuos que se generen por este concepto serán clasificados y depositados en contenedores herméticos para su subsecuente disposición en lugares destinados para ello. Residuos peligrosos: Los aceites y grasas serán utilizados por equipo y maquinaria; en el caso de las grasas, serán únicamente para lubricar o engrasar; en cuanto a los aceites se utilizará únicamente para el llenado del equipo que así lo requiera; en general las actividades de mantenimiento serán llevadas a cabo en las instalaciones de los talleres	El suelo es uno de los recursos más frágiles del ecosistema, se realizará la construcción de 26 presas filtrantes para contribuir con la retención del suelo y compensar la pérdida de este por la implementación del

CONCEPTO	MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	OBSERVACIONES
	cercanos al área del proyecto, los residuos que se generarán en el sitio serán manejados de acuerdo a la normatividad ambiental vigente, considerando su envío para su correcto manejo al Almacén Temporal de Residuos Peligrosos. No se aplicarán sustancias tóxicas que en algún momento puedan contaminar el suelo y/o agua superficial o subterránea. Se prohíbe el uso del fuego para el control de residuos. Se realizará la construcción de 26 presas filtrantes Se realizan riegos periódicos. Se construirán 96.56 metros lineales de acomodos a curvas de nivel.	proyecto.

Tabla VI. 20. Resumen de medidas de mitigación del factor flora

CONCEPTO	MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	OBSERVACIONES
FLORA	Fuera del área sujeta a autorización no se realizará la remoción de vegetación, ya que es fuente de alimentación y refugio de fauna silvestre y el principal elemento en la recarga de mantos acuíferos.	Se removerá vegetación en una fracción del polígono sujeto a autorización.

CONCEPTO	MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	OBSERVACIONES
	Se tomarán las medidas necesarias para que el derribo de la vegetación a remover y todas las labores complementarias, reduzcan los daños a la vegetación residual. No se aplicarán sustancias tóxicas que pudieran afectar a la flora y fauna silvestre. No se hará uso de fuego para control de residuos y/o remoción de vegetación. Se realizará la construcción de 26 presas filtrantes. Se construirán 96.56 metros lineales de acomodos a curvas de nivel.	

Tabla VI. 21. Resumen de medidas de mitigación de factor fauna

CONCEPTO	MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	OBSERVACIONES
	Fuera del área sujeta a autorización en materia de impacto ambiental, no se realizará remoción de vegetación, ya que es fuente de alimentación y refugio	

CONCEPTO	MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	OBSERVACIONES
FAUNA	de fauna silvestre. No se aplicarán sustancias tóxicas y/o fuego que pudieran afectar a la flora y fauna silvestre. La caza, captura, colecta y comercialización de fauna silvestre quedará estrictamente prohibida.	La mayor parte del polígono ya se encuentra impactada por lo que no se encuentra fauna como mamíferos medianos o grandes dentro del polígono sujeto a autorización.

Tabla VI. 22. Resumen de impactos a generar por factor ambiental

FACTOR	IMPACTOS	MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN	PARAMETROS DE EFICIENCIA	OBJETIVO
Agua	Reducción de la infiltración en 59.7929 m^3/año y aumento en la velocidad de los escurrimientos	Se realizará la construcción de 26 presas filtrantes. Se construirán 96.56 metros lineales de acomodos a curvas de nivel.	Las obras serán monitoreadas para comprobar el estancamiento de agua, y/o la destrucción de las obras debido a la velocidad de los escurrimientos.	Contribuir a la retención de agua así como de la infiltración que deja de presentarse por el desmonte en una fracción del polígono sujeto a autorización y en la reducción de la velocidad de escurrimientos en 278.0291 m^3/año, la medida propuesta contribuirá con un total de 286.9661126 m^3 al año.
Suelo	Aumento en la pérdida de suelo en 7.43 ton/ año	Se construirán 26 presas filtrantes para contribuir con la retención de suelo.	Las obras serán monitoreadas para comprobar el estancamiento de agua, y/o la destrucción de	Retener el suelo que se pierde por la ejecución del proyecto, el cual es 34.55567534 ton/año, con las obras

FACTOR	IMPACTOS	MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN	PARAMETROS DE EFICIENCIA	OBJETIVO
			las obras debido a la velocidad de los escurrimientos.	propuestas se retienen 105.2786 ton/año.
Flora	Reducción de la cobertura vegetal en 0.006% con respecto al sistema ambiental que presenta el mismo tipo de vegetación que corresponde a **SBC**.	No se aplicarán sustancias tóxicas que pudieron afectar a la flora. Se prohibirá el uso de fuego para control de residuos.	Se vigilará estrictamente que no se usaran sustancias tóxicas y/o fuego, para realizar el desmonte de la vegetación para evitar la afectación a superficies no autorizadas. Vigilancia de que no se usará fuego para eliminar la vegetación, debido a la posibilidad de que se pueden provocar incendios que afectarían la vegetación aledaña a la zona del proyecto.	Mantener la afectación a la vegetación en un 0.006% con respecto al mismo tipo de vegetación existente en el sistema ambiental.
Fauna	Afectación a la fauna por reducción del hábitat, probable mortandad de individuos faunísticos por el desarrollo del proyecto y el desplazamiento de esta del área del polígono del proyecto.	Ahuyentamiento, reubicación y rescate de fauna listada en la NOM-059-SEMARNT-2010. Señalización y capacitaciones a personal para evitar la captura, caza, extracción y comercialización de individuos de fauna.	Se llevará un registro de la fauna rescatada y reubicada, así como la georreferenciación de las áreas en que se reubicará cada individuo. Bitácora de personal capacitado, número de carteles colocados e incidencias de captura, comercialización o extracción de fauna.	Evitar la mortandad de fauna por medio del rescate y reubicación.

FACTOR	IMPACTOS	MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN	PARAMETROS DE EFICIENCIA	OBJETIVO
		Ahuyentamiento, reubicación y rescate de fauna.	Para la evaluación se llevará un registro de la fauna rescatada y reubicada.	

Capítulo VII

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 2
VII. 1. Pronóstico del escenario 2
VII.2. Programa de monitoreo 10
VII.2.1 Introducción 10
VII.2.2. Objetivos 10
VII.2.3. Residuos Sólidos Domésticos y Residuos peligrosos 10
VII.2.4. Manejo de combustibles y grasas y lubricantes 12
VII.2.5. Señalamiento 13
VII.2.6. Actividades adicionales del supervisor 13

Índice de tablas

Tabla VII. **1.** Escenario Actual 2

Índice de figuras

Figura VII. 1. Escenario Actual 5
Figura VII. 2. Segundo escenario, sistema ambiental con proyecto 7
Figura VII. 3. Tercer Escenario con medidas de mitigación 9

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

VII. 1. Pronóstico del escenario

En este capítulo se presenta un pronóstico del escenario ambiental del área del proyecto "Planta y Depósito de Jal Filtrado". El sistema ambiental que se delimitó para el presente proyecto está contenido en un área total de 3,285.034 hectáreas, la delimitación se basa en encontrar una superficie de un ecosistema que permite conocer la dinámica para lograr hacer un diagnóstico ambiental y así plantear los escenarios de impacto.

El pronóstico resultante, en sus tres momentos, emana de la interacción que se da por el desarrollo del proyecto con el medio físico (impactos ambientales), la aplicación de medidas de carácter preventivo, que evitan o limitan el alcance de los impactos, las medidas de mitigación que reducen los mismos y las actividades de carácter compensatorio necesarias para generar un balance entre el aprovechamiento de los recursos minerales presentes, y el desarrollo de los componentes renovables del sistema.

- **El Primero es el del área natural sin la ejecución del proyecto.**

Para el escenario actual, es decir sin desarrollar el proyecto se toma como base el diagnóstico ambiental desarrollado en el capítulo IV del presente documento, en donde se evalúan los componentes ambientales del ecosistema principales, tales como aire, agua, suelo, flora, fauna, paisaje y atributos socio culturales, obteniendo el siguiente panorama (Figura VII.1, Tabla VII.1).

Tabla VII. **1.** Escenario Actual

Escenario Actual del sistema ambiental	
Factor Ambiental	**Descripción**
Vegetación	Dentro del sistema ambiental se encuentran distintos tipos de vegetación y usos de suelo, estos son pastizal Agricultura de temporal, pastizal inducido, selva baja caducifolia, uso minero, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino. De las zonas que presentan vegetación forestal, la dominancia corresponde a selva baja caducifolia, se observa que el ecosistema es medianamente diverso y que existe dominancia de especies sobre otras, la vegetación se encuentra en buen estado de conservación y/o en proceso de recuperación, de acuerdo al diagnóstico ambiental la calidad dominante en cuanto a vegetación es alta, con algunas zonas en segundo orden de dominancia de calidad media alta y finalmente zonas de baja y media baja calidad que coinciden con áreas en

Escenario Actual del sistema ambiental	
Factor Ambiental	**Descripción**
	que se desarrollan actividades mineras y/o actividades antropogénicas.
Suelo	En el sistema ambiental existen cuatro tipos de suelo, fluvisol, leptosol, phaeozems y regosol. todos los suelos de acuerdo a análisis de suelo presentan un mayor porcentaje de arenas, variando su porcentaje con respecto a limos o arcillas. De acuerdo al diagnóstico ambiental la calidad del suelo presenta dominancia de calidad alta puesto que la mayor superficie está protegida por vegetación contra agentes erosivos y en segundo orden de importancia se encuentra la calidad media alta la cual se encuentra asociada principalmente con pastizales y áreas de agricultura, en menor dominancia se encuentra la calidad media asociada a actividades antropogénicas y con menor superficie se encuentra la calidad media baja y baja asociada a zonas desprovistas de vegetación. Para el sistema ambiental se tiene una pérdida de suelo **764,039.348 ton/año**,
Agua	Dentro del sistema ambiental delimitado existen 52 corrientes; la densidad de drenaje es de 1.84 longitud de cauces/km2 la longitud total de los cauces de distinto orden es de 61.15958 km. El índice de compacidad del sistema ambiental tiene un valor de 1.74, que la caracteriza con un valor medio de alargamiento. La sinuosidad de la corriente es 1.55 indicando que el sistema ambiental tiene una sinuosidad media, es decir medianamente drenada. Dentro del sistema ambiental como se ha mencionado anteriormente se encentran 52 corrientes, de las cuales 23 son de orden 1, 12 de orden 2, 5 de orden 3, 3 de orden 4 y 6 de orden 5. Los cauces que tienen nombre en el sistema ambiental se mencionan en las tablas 18 y 19 del capítulo IV de este documento, en el área del proyecto no incide ningún tipo de corriente. De acuerdo al balance hídrico para el sistema ambiental, se tiene un escurrimiento de 18.5543 mm, con una infiltración de 25.2048 mm y una evapotranspiración de 394.4308 mm, resultando en un total de 438.19 mm que es igual a lo que precipita.
Aire	Las áreas que presentan mayor calidad corresponden a aquellas con ausencia directa de actividades mineras, ya que, al contrario de estas, aquellas que directamente presentan zonas agrícolas y caminos disminuyen su calidad ambiental atmosférica; hasta detectar una ausencia total de calidad ambiental atmosférica, la cual está directamente relacionada con presencia de caminos y actividades mineras. En el sistema ambiental se encuentran mayormente zonas con alta calidad, en segundo orden las de calidad media alta, mientras que la calidad media y media baja se presentan en igual proporción y la de menor ocupación son las zonas que presentan calidad baja.
Paisaje	La presencia de asentamientos humanos, tierras de cultivo, caminos de acceso y proyectos mineros son mínimos con respecto al sistema ambiental, que mantiene una calidad mayoritariamente alta, no existe un gradiente marcado de la calidad del sistema ambiental, sin embargo, se menciona que esta es en su mayoría va de media a alta.
Fauna	Para el sistema ambiental se identifican principalmente tres grupos taxonómicos, mamíferos, aves y reptiles, siendo el más diverso el grupo de las aves, en segundo lugar, en diversidad encontramos a los mamíferos y con menor diversidad el grupo de los reptiles. Ocho especies se encuentran en protección y una amenazada, entre ellas siete especies de aves y una de reptiles, siendo una especie de reptil la que se encuentra amenazada, la distribución de las especies se da principalmente en zonas

Escenario Actual del sistema ambiental	
Factor Ambiental	**Descripción**
	de selva y el sistema ambiental cuenta con una superficie de 2, 651.125324 hectáreas de tierras silvestres adecuadas para el refugio de fauna. De acuerdo con el diagnóstico ambiental, dominan la calidad alta y media alta, con menor proporción de zonas no aptas para el refugio de fauna, las cuales se distribuyen a lo largo del sistema ambiental, mientras que se considera muy poca superficie de calidad baja para el refugio de fauna.
Socioeconómico	La calidad del sistema ambiental con respecto al factor socioeconómico se considera generalmente alta, con una superficie considerada media alta, en el sistema ambiental existen vías de comunicación, comunidades rurales y/o urbanas, así como actividades antropogénicas, principalmente actividades mineras y también existe agricultura de riego y de temporal. Es decir que el sistema ambiental tiene usos definidos (económicos) y cuenta con los servicios de infraestructura para ejecutar los usos que actualmente se desarrollan en el área.

Al integrar cada factor ambiental para el sistema ambiental se observa que, de acuerdo con el diagnóstico realizado, que el sistema ambiental cuneta con una calidad de media a alta distribuida a lo largo del sistema delimitado para el proyecto, mostrando menor calidad en las zonas donde se desarrollan actividades antropogénicas y/o mineras y lugares donde se ha removido la cobertura vegetal y en consecuencia se ha reducido la superficie para refugio de fauna.

Donde existen más fuentes fijas y móviles que son potenciales generadores de contaminación del aire, asimismo en esta zona de baja calidad se ha cambiado el uso del suelo contribuyendo a reducir la infiltración de agua y a que el paisaje cambie.

Por otro lado, del centro hacia el norte y sur del sistema ambiental se considera de calidad media alta, coincidiendo con actividades tales como la agricultura y ganadería, sin embargo, en esta zona aún es posible encontrar zonas con cubierta vegetal natural, así como presencia de fauna, y al no existir sellamiento de suelo, aún es posible que se dé la infiltración de agua, considerándose entonces de calidad media alta.

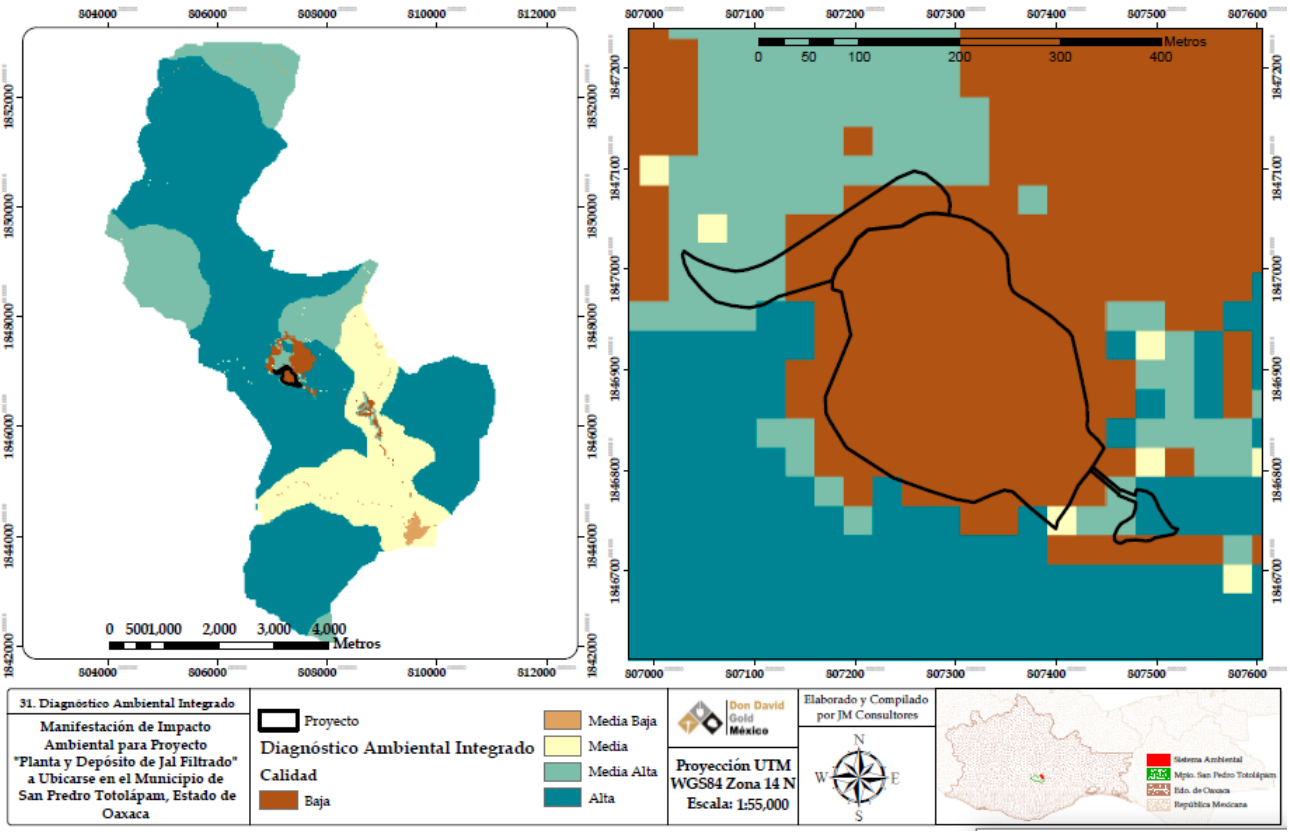


Figura VII. 1. Escenario Actual

- **El Segundo es el del área natural impactada con el desarrollo del proyecto**

Con respecto al escenario que se presenta una vez que se ejecute el proyecto, en la tabla VII.2 se presenta un resumen del panorama, pudiéndose apreciar el mismo en la figura VII.2.

Tabla VII.2. Escenario del sistema ambiental con proyecto

Escenario del sistema ambiental con proyecto	
Factor Ambiental	**Descripción**
Vegetación	Se reducirá la cobertura vegetal en una fracción del polígono solicitado para autorización en una superficie de 0.695021 hectáreas, considerándose un impacto moderado debido a que, si bien se reducirá la densidad de especies en el sistema ambiental, no se reducirá la diversidad del mismo puesto que las especies que serán removidas se encuentran representadas en el sistema ambiental y existen individuos con características fisionómicas que aseguran la proliferación de las especies. De acuerdo con el diagnóstico ambiental para el sistema ambiental se sigue manteniendo una dominancia de la calidad alta dentro del mismo, teniendo en segundo lugar una calidad media alta y aumentando la calidad baja para la zona específica del proyecto debido a la remoción de la vegetación.

Escenario del sistema ambiental con proyecto	
Factor Ambiental	**Descripción**
Suelo	Debido a la eliminación de la vegetación en una fracción del polígono de autorización en una superficie de 0.695021 hectáreas se provocará la erosión de suelos, la cual ascenderá de 13.758 ton/año a 27.517 ton/año en el caso de la erosión hídrica y para la erosión eólica será de 2.310 ton/año a 23.108 ton/año, resultando en una pérdida de suelo total en toneladas al año de 34.555. La erosión presente se clasifica como sin erosión. Sin embargo con el aumento en la pérdida de suelo por ejecución del proyecto, el sistema ambiental continua manteniendo una calidad alta dominantemente, seguido en dominancia por la calidad media alta aun con el desarrollo del proyecto.
Agua	Con respecto a la hidrología, debido a la remoción de la vegetación en una fracción del polígono solicitado para autorización, específicamente en una superficie de 0.695021 hectáreas, se propicia el aumento en la velocidad de los escurrimientos, lo que a su vez provoca la reducción de la infiltración del agua, asimismo al establecer la planta y depósito de jal filtrado y debido a que esta zona se verá compactada con arcillas y por la colocación de geomembrana, evitando de esta manera la infiltración del agua, esta se verá reducida en 278.0291 m^3/año que representa el 0.033% de lo que se infiltra en el sistema ambiental. Es decir que el balance hídrico del sistema ambiental tendrá un escurrimiento de 18.5627 mm, una evapotranspiración de 394.4308 mm y una infiltración de 25.1963 mm, resultando en una precipitación de 438.19 mm. La calidad con respecto al sistema ambiental no presenta cambios significativos puesto que se mantiene una calidad alta como dominante, con una calidad media alta en segundo orden.
Aire	Con respecto al aire se presentan impactos por generación de partículas suspendidas principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción en la mayor parte de las actividades, por lo cual el factor aire es el que presenta un mayor número de impactos, sin embargo, los impactos son temporales. La calidad del sistema ambiental se sigue manteniendo con dominancia de calidad alta, seguida de la dominancia de calidad media alta con un bajo porcentaje de aumento en la calidad baja asociada al área del proyecto.
Paisaje	La modificación en el paisaje no es significativa puesto que al ser contiguo el proyecto a las actividades mineras ya existentes y al desarrollarse en una zona en la que previamente se desarrolló exploración no se modifica en demasía el paisaje de esta zona, asimismo los movimientos de tierras y la modificación de las topoformas naturales no es significativa puesto que mayormente dominan las pendientes suaves, por lo que no será necesario el movimiento excesivo de materiales. En el sistema ambiental la calidad dominante sigue siendo la alta.
Fauna	Con el desarrollo del proyecto se reducirá la superficie de anidación, alimentación y congregación de fauna, puesto que con la remoción de la cobertura vegetal en una fracción del polígono en solicitud de autorización, específicamente en una superficie de 0.695021 hectáreas, se pasa de contar con 2,651.274795 hectáreas de tierras silvestres, con el establecimiento del proyecto se contará con 2, 651.125324 hectáreas de tierras silvestres, lo que representa una disminución del 0.006% de afectación. Sin embargo, al ser aledaña el área a zonas en las que actualmente se desarrollan actividades mineras, la fauna no es abundante en el área por lo que el sistema ambiental mantiene una predominancia de calidad alta para el refugio de fauna, seguido de una dominancia de la calidad media alta y aumentando en pequeña proporción el área de calidad baja por el desarrollo del proyecto.

Escenario del sistema ambiental con proyecto	
Factor Ambiental	**Descripción**
Socioeconómico	El desarrollo del proyecto generará fuentes de empleo nuevas en la zona, de igual manera los contratistas de obra generarán el consumo de bienes y servicios en los alrededores del proyecto, por lo que el sistema ambiental se mantiene con dominancia de la calidad alta en el factor ambiental socioeconómico.

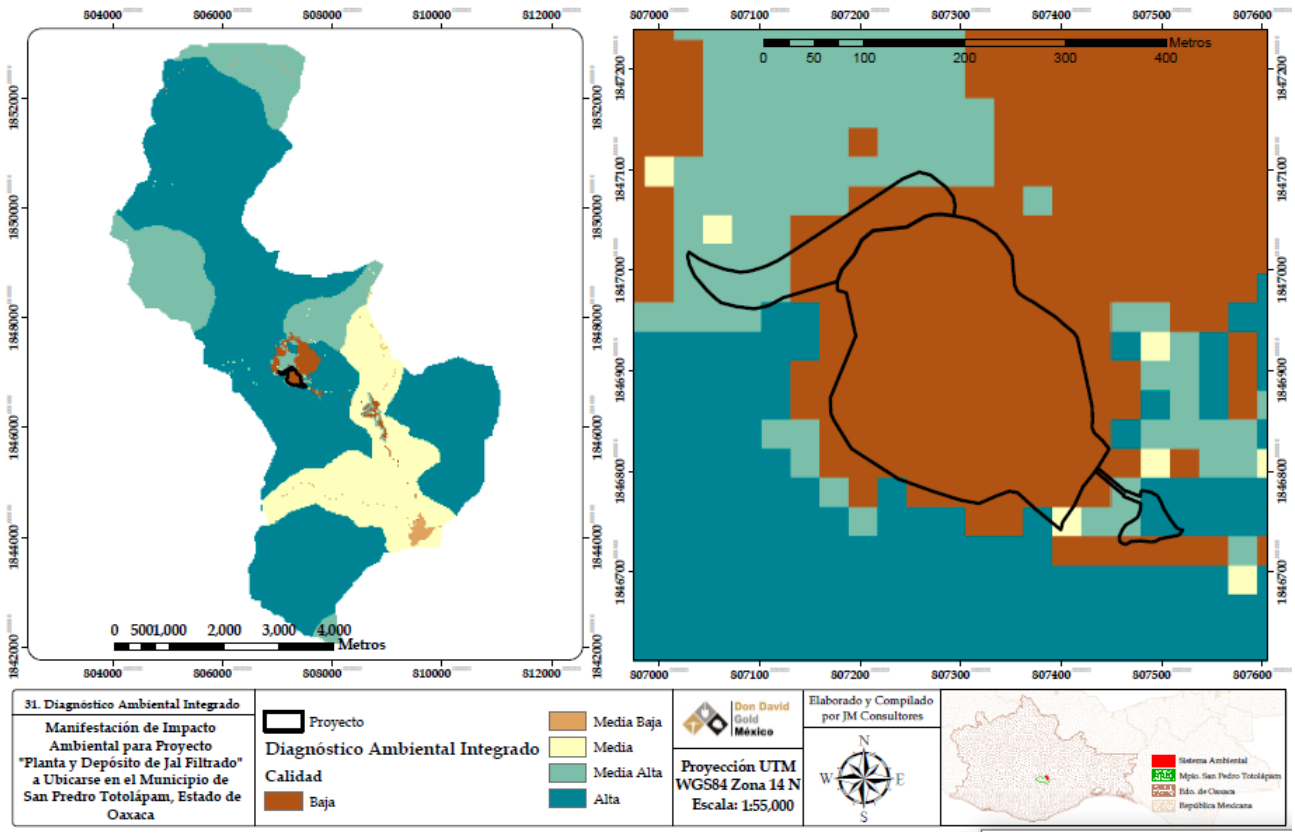


Figura VII. 2. Segundo escenario, sistema ambiental con proyecto

Como se observa en la figura anterior, una vez que se realice el proyecto se presentará un aumento en la afectación del sistema ambiental correspondiente al 0.006% de la superficie que presenta calidad alta, no siendo significativo este aumento, por lo que el sistema ambiental mantiene la dominancia de la calidad alta, seguido de dominancia de calidad media alta con un aumento del 0.006% en la calidad baja, sin embargo la calidad del sistema ambiental mantiene las proporciones en cuanto a rumbos, es decir que la calidad del sistema ambiental se mantiene distribuida a lo largo del sistema.

- **El Tercer escenario al concluir la restauración.**

Para establecer el tercer escenario se toman en cuenta las medidas de control, mitigación y/o compensación que se establecerán por el desarrollo del proyecto.

Tabla VII.3. Tercer escenario del sistema ambiental con medidas de mitigación

Escenario del sistema ambiental con medidas de mitigación y/o compensación	
Factor Ambiental	**Descripción**
Vegetación	Se realizará el rescate de renuevos, esto permitirá que se mantenga la diversidad y la propagación de dichas especies propiciando la revegetación de áreas desprovistas de la misma, con lo que se compensará la reducción de la cobertura vegetal. Asimismo, y no menos importante, al término de la vida útil del proyecto se restaurará en su totalidad el área, recuperando así su calidad ambiental. Con el establecimiento de medidas de mitigación (rescate) y compensación (reubicación de flora en zonas desprovistas de vegetación) se logra mantener una calidad ambiental alta en las zonas aledañas al área del proyecto.
Suelo	Para mitigar la afectación al factor suelo se removerá la totalidad del suelo fértil en el área del proyecto, el cual será almacenado para actividades de restitución al termino de vida útil del proyecto. Para compensar la pérdida de suelo que se provocará con motivo del establecimiento del proyecto, se establecerán 26 presas filtrantes, con lo que se retendrán 53.2521 ton, por lo que se cubre la pérdida total de 34.55567534 ton, con un residual de 18.69637928 ton, por lo que se compensa la afectación que se generará por el establecimiento del proyecto.
Agua	Para evitar contaminación de afluentes hídricos la afinación de los vehículos se realizará en la zona de mantenimiento de los mismos ubicada en el área industrial de la empresa. Las obras de conservación de suelo y agua que se establecerán se estima propiciarán la infiltración de 286.966 m3/año, con lo que se compensa la reducción en la infiltración de 278.0291 m3/año, manteniendo estable el balance hídrico del sistema ambiental. Debido a que las obras se establecerán en zonas aledañas al área del proyecto, se mantiene la calidad ambiental alta como dominante, de igual manera al establecer obras de conservación de agua, se aumenta la calidad ambiental del sistema ambiental.
Aire	Para mitigar los impactos con respecto al factor ambiental aire, se establecerán una serie de medidas de control tales como riegos periódicos en caminos de acceso y perimetrales para evitar el levantamiento de partículas de suelo, asimismo se llevará un control de los vehículos y maquinaria que se utilice en cada una de las etapas del proyecto, tanto para vigilar la emisión de gases así como para evitar la generación de ruido excesivo; los trabajadores contarán con su equipo de protección tanto auditivo como para polvos. Se trabajará de manera secuencial para evitar la perturbación de la fauna cercana al área del proyecto. Con las medidas de control se considera que no se presentan cambios significativos en la calidad ambiental del sistema ambiental.
Paisaje	La modificación en el paisaje no es significativa puesto que al ser contiguo el proyecto a las actividades mineras ya existentes, asimismo los movimientos de tierras y la modificación de las topoformas naturales no es significativa puesto que mayormente dominan las pendientes suaves, por lo que no será necesario el movimiento excesivo de materiales. En el sistema ambiental la calidad dominante sigue siendo el alta. Para mitigar la afectación al paisaje, al final de la vida útil del proyecto se restaurará el área,

Escenario del sistema ambiental con medidas de mitigación y/o compensación	
Factor Ambiental	**Descripción**
	por lo que el paisaje volverá a ser armonioso con los alrededores.
Fauna	Para evitar la mortandad de fauna por establecimiento del proyecto, se ejecutarán programas de ahuyentamiento de fauna, rescate y reubicación, con lo que se espera reducir a 0 la mortandad de fauna, los programas de rescate y reubicación se mantendrán activos durante todo el periodo de vida útil del proyecto. Se concientizará a los trabajadores sobre la importancia de la fauna silvestre y se colocarán carteles prohibitivos para la caza, extracción, comercialización o consumo de individuos faunísticos, de igual manera las zonas en las que se establecerán obras de conservación de suelo y agua, así como zonas de reubicación de flora propiciarán áreas para el anidamiento, alimentación y congregación de fauna, por lo que no se modifica la calidad del sistema ambiental, donde sigue dominando la alta calidad.
Socioeconómico	El desarrollo del proyecto generará fuentes de empleo nuevas en la zona, de igual manera los contratistas de obra generarán el consumo de bienes y servicios en los alrededores del proyecto, por lo que el sistema ambiental se mantiene con dominancia de la calidad alta en el factor ambiental socioeconómico.

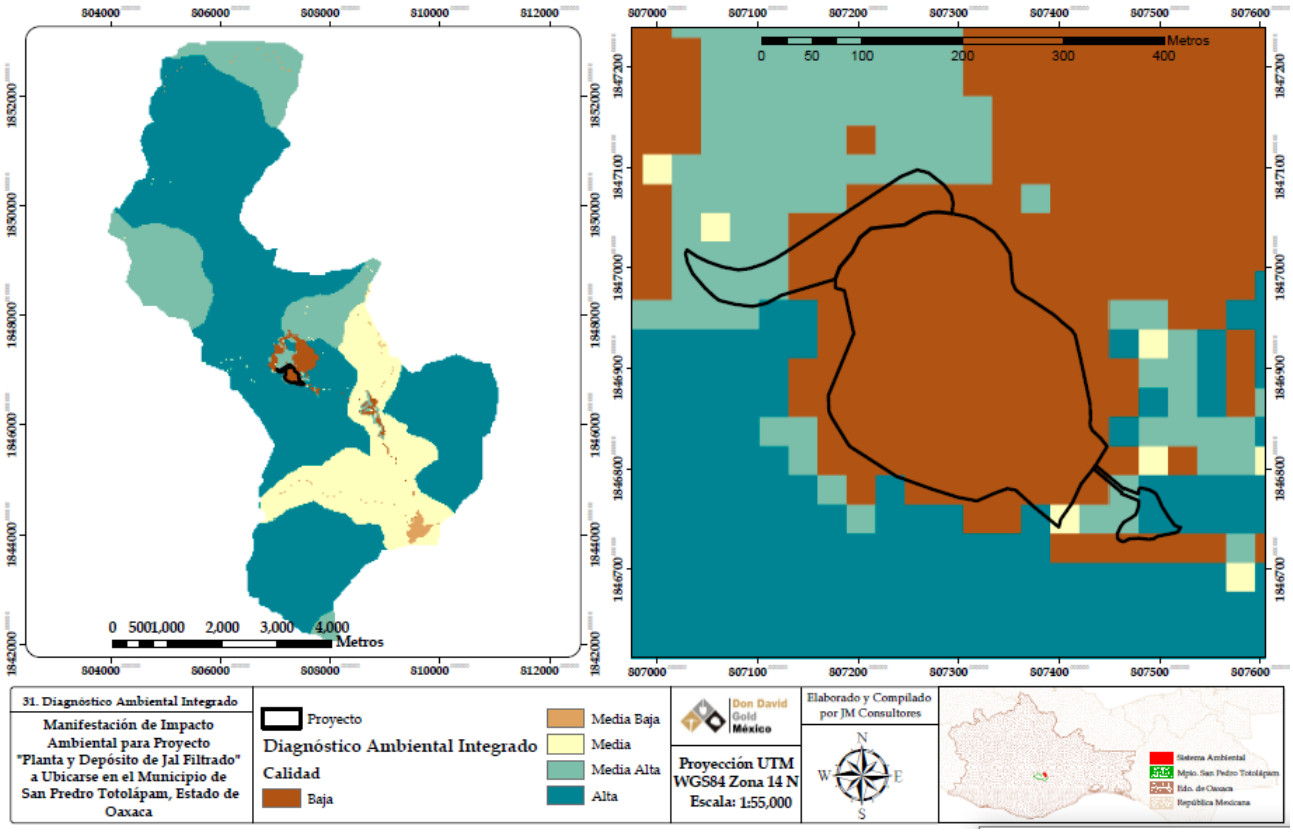


Figura VII. 3. Tercer Escenario con medidas de mitigación

VII.2. Programa de monitoreo

VII.2.1 Introducción

Con la finalidad de asegurar el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación y evitar que por el desarrollo del proyecto se afecten factores ambientales no previstos en el estudio, se dará seguimiento a la evolución de la aplicación de las medidas por medio del presente programa de supervisión ambiental.

Asimismo, en este programa se describe la metodología de supervisión y las acciones para dar respuesta a impactos no previstos por desviación de la aplicación de las mismas. El presente programa de supervisión se llevará a cabo durante el periodo total del desarrollo del proyecto.

VII.2.2. Objetivos

1.- Asegurar la correcta aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación establecidas.

2.- Supervisar las medidas aplicadas para asegurar su éxito en el ambiente.

3.- Identificar y corregir las posibles desviaciones de la aplicación de las medidas y su efecto en el ambiente. Dar seguimiento al cumplimiento de las medidas planteadas en el presente documento.

VII.2.3. Residuos Sólidos Domésticos y Residuos peligrosos

VII.2.3.1. Indicadores a supervisar

Permanencia de basura en el almacén temporal menor a tres días
Comprobantes de envío a reciclaje o a disposición final
Bitácora de manejo de residuos domésticos
Ausencia de fauna nociva
Permanencia de residuos peligrosos en almacén temporal menor a seis meses
Comprobantes de embarque de residuos peligrosos
Bitácora de ingreso de residuos peligrosos a almacén temporal

VII.2.3.2. En caso de incumplimiento

En caso de detección de falta de algunas de las actividades establecidas en el Programa de Protección Ambiental se llamará la atención al personal encargado.

De presentarse la falta eventualmente se informará al director de obra, el cual asignará sanciones de acuerdo con el Reglamento Ambiental Interno.

VII.2.3.3. Acciones preventivas o correctivas

El supervisor ambiental, instará al director de obra a que se corrija la situación.

Asimismo, se exhortará al personal a que consulte y se apegue a lo establecido en el Reglamento de Protección Ambiental Interno, y cuando se renueve el personal y se imparta nuevamente el curso de educación ambiental, se hará énfasis en este aspecto (o en cualquier otro) donde se hayan notado deficiencias por parte del personal.

Si se observa una disposición inadecuada de cualquier tipo de desecho, el supervisor ambiental se encargará de que se realice la limpieza de la zona y de que se lleve a cabo correctamente la medida.

En caso de falta de registros en la bitácora se exigirá la actualización de la misma y se verificará diariamente.

VII.2.3.4. Documentos de entrega por el supervisor

Reporte mensual en el que deberá contener lo siguiente;

El número de residuos generados (Kg)
El número de disposiciones finales de residuos sólidos domésticos (deberá ser evidenciado con copias de los recibos emitidos por el relleno sanitario o basurero municipal
Resumen del ingreso de residuos peligrosos al almacén temporal
Minuta de las faltas o ausencia de ellas durante el mes
Anexo fotográfico

VII.2.4. Manejo de combustibles y grasas y lubricantes

VII2.4.1. Indicadores a supervisar

Bitácora de manejo de combustibles y lubricantes
Ausencia de suelos contaminados
Anexo fotográfico

VII.2.4.2. En caso de incumplimiento

En caso de detección de falta de algunas de las actividades establecidas en el Programa de Protección Ambiental se llamará la atención al personal encargado.

De presentarse la falta eventualmente se informará al director de obra, el cual asignará sanciones de acuerdo con el Reglamento Ambiental Interno.

VII.2.4.3. Acciones preventivas o correctivas

Deberá de darse un mantenimiento preventivo al equipo y maquinaria, evitando tirar lubricantes y grasas o aceites.

En caso de derrame, se podrá recoger el suelo contaminado, almacenarlo en tambos de 200 litros y destinarlo a una empresa autorizada para su manejo.

Efectuar cursos y pláticas al personal responsable del manejo de materiales y residuos peligrosos en donde se toque como tópico fundamental el manejo y control de este tipo de sustancias.

En caso de falta de registros en la bitácora se exigirá la actualización de la misma y se verificará diariamente.

VII.2.4.4. Documentos de entrega por el supervisor

Reporte mensual en el que deberá contener lo siguiente;

Resumen del ingreso de residuos peligrosos al almacén temporal
Minuta de accidentes por derrame durante el mes

Anexo fotográfico

VII.2.5. Señalamiento

VII.2.5.1. Indicadores a supervisar

Verificar la existencia de carteles en áreas aledañas a las zonas de trabajo y en áreas de trabajo

VII.2.5.2. En caso de incumplimiento

En caso de detección de falta de algunas de las actividades establecidas en el Programa de Protección Ambiental se llamará la atención al personal encargado.

De presentarse la falta eventualmente se informará al director de obra, el cual asignará sanciones de acuerdo con el Reglamento Ambiental Interno.

VII.2.5.3. Acciones preventivas o correctivas

Solicitud a la empresa de carteles.

Creación y colocación de carteles temporales

VII.2.5.4. Documentos de entrega por el supervisor

Reporte mensual en el que deberá contener lo siguiente;
Número de carteles colocados con respecto a las restricciones de flora.
Número de carteles colocados con respecto a las restricciones de fauna.
Numero de señalamientos informativos de trabajos en ejecución.
Anexo fotográfico.

VII.2.6. Actividades adicionales del supervisor

Elaborar y entregar oficios de inicio y finiquito de proyecto a la delegación de SEMARNAT, con copia a PROFEPA.

- Desarrollar y proponer un reglamento de protección ambiental interno.
- Elaborar matrices de control para seguimiento de supervisión.

- Relacionar en cada uno de los reportes la condicionante del oficio de autorización con la medida aplicada.
- Elaborar e implementar un programa de educación ambiental dentro de las áreas de trabajo.
- Capacitación de la brigada ambiental para el establecimiento y ejecución de programas de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna.
- Previo al término del proyecto, consultar con director de obra la posibilidad de ocupación de las áreas de afectación para proyectos futuros. Elaborar para las áreas que no serán ocupadas un programa de restauración.
- Elaborar informe finiquito de la aplicación de las medidas de mitigación, en el mismo se deberá informar a la delegación de SEMARNAT con copia a PROFEPA las condiciones finales de las áreas de afectación.

Capítulo VIII

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....2
VIII.1 Presentación de la información 2
VIII.1.1 Fotografías..... 2
VIII.2 Videos..... 31
VIII.3. Listados de flora y fauna 31
VIII.4 Otros anexos..... 38
VIII.4.1..... 38
VIII.5 Glosario de términos.....40

Índice de Tablas

Tabla VIII. 1. Listado de estrato arbóreo de sistema ambiental..... 31
Tabla VIII. 2. Listado de estrato arbustivo de sistema ambiental 33
Tabla VIII. 3. Listado de estrato herbáceo de sistema ambiental 34
Tabla VIII. 4. Listado de estrato cactáceo de sistema ambiental..... 34
Tabla VIII. 5. Mamíferos del sistema ambiental..... 36
Tabla VIII. 6. Aves del sistema ambiental..... 36
Tabla VIII. 7. Reptiles del sistema ambiental 37

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

VIII.1 Presentación de la información

VIII.1.1 Fotografías

Sitios Sistema Ambiental


IMG_1061


IMG_1062


IMG_1063


IMG_1064


IMG_1065


IMG_1066

Sitio Sistema Ambiental 1


IMG_1067


IMG_1068


IMG_1069


IMG_1070


IMG_1071


IMG_1072

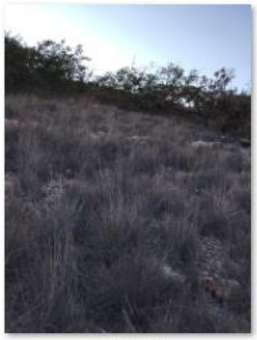
Sitio Sistema Ambiental 2


IMG_1073


IMG_1074


IMG_1075


IMG_1076


IMG_1077

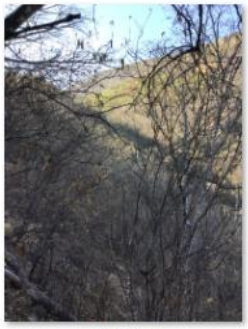

IMG_1078

Sitio Sistema Ambiental 3


IMG_1079


IMG_1080


IMG_1081


IMG_1082


IMG_1083


IMG_1084

Sitio Sistema Ambiental 4


IMG_1085


IMG_1086


IMG_1087


IMG_1088


IMG_1089


IMG_1090

Sitio Sistema Ambiental 5


IMG_1091


IMG_1092


IMG_1093


IMG_1094


IMG_1095


IMG_1096

Sitio Sistema Ambiental 6


IMG_1097


IMG_1098


IMG_1099


IMG_1100


IMG_1101


IMG_1102

Sitio Sistema Ambiental 7


IMG_1103


IMG_1104


IMG_1105


IMG_1106


IMG_1107


IMG_1108

Sitio Sistema Ambiental 8

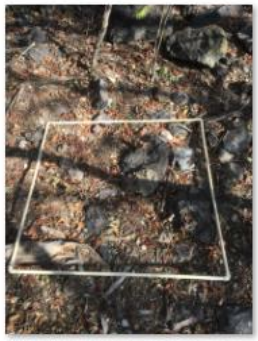

IMG_1109


IMG_1110


IMG_1111


IMG_1112


IMG_1113

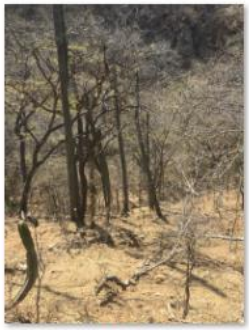

IMG_1114

Sitio Sistema Ambiental 9


IMG_1119


IMG_1120


IMG_1121


IMG_1122


IMG_1123


IMG_1124

Sitio Sistema Ambiental 10


IMG_1125


IMG_1126


IMG_1127


IMG_1128


IMG_1129


IMG_1130

Sitio Sistema Ambiental 11


IMG_1131


IMG_1132


IMG_1133


IMG_1134


IMG_1135


IMG_1136

Sitio Sistema Ambiental 12


IMG_1137


IMG_1138


IMG_1139


IMG_1140


IMG_1141


IMG_1142

Sitio Sistema Ambiental 13


IMG_1143


IMG_1144


IMG_1145


IMG_1146


IMG_1147


IMG_1148

Sitio Sistema Ambiental 14


IMG_1149


IMG_1150


IMG_1151

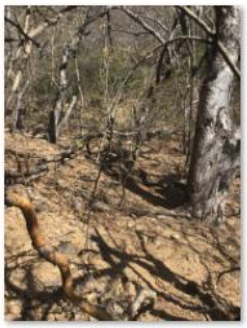

IMG_1152


IMG_1153

Sitio Sistema Ambiental 15


IMG_1154


IMG_1155


IMG_1156


IMG_1157


IMG_1158


IMG_1159

Sitio Sistema Ambiental 16


IMG_1160


IMG_1161


IMG_1162


IMG_1163


IMG_1164


IMG_1165

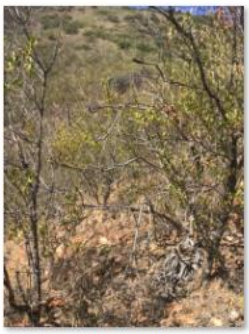
Sitio Sistema Ambiental 17


IMG_1166


IMG_1167


IMG_1168


IMG_1169


IMG_1170


IMG_1171

Sitio Sistema Ambiental 18


IMG_1172


IMG_1173


IMG_1174


IMG_1175


IMG_1176


IMG_1177

Sitio Sistema Ambiental 19


IMG_1178


IMG_1179


IMG_1180


IMG_1181


IMG_1182

Sitio Sistema Ambiental 20


IMG_1183


IMG_1184


IMG_1185


IMG_1186


IMG_1187


IMG_1189

Sitio Sistema Ambiental 21


IMG_1193


IMG_1194


IMG_1195


IMG_1196


IMG_1197


IMG_1198

Sitio Sistema Ambiental 22


IMG_1199


IMG_1200


IMG_1201


IMG_1202


IMG_1203


IMG_1204

Sitio Sistema Ambiental 23


IMG_1192


IMG_1205


IMG_1206


IMG_1207


IMG_1208


IMG_1209

Sitio Sistema Ambiental 24


IMG_1211


IMG_1212


IMG_1213


IMG_1214


IMG_1215


IMG_1216

Sitio Sistema Ambiental 25


IMG_1217


IMG_1218


IMG_1219


IMG_1220


IMG_1221


IMG_1222

Sitio Sistema Ambiental 26


IMG_1223


IMG_1224


IMG_1225


IMG_1226


IMG_1227


IMG_1228

Sitio Sistema Ambiental 27


IMG_1230


IMG_1231


IMG_1232


IMG_1233


IMG_1234


IMG_1235

Sitio Sistema Ambiental 28


IMG_1236


IMG_1237


IMG_1238


IMG_1239


IMG_1240


IMG_1241

Sitio Sistema Ambiental 29


IMG_1242


IMG_1243


IMG_1244


IMG_1245


IMG_1246


IMG_1247

Sitio Sistema Ambiental 30


IMG_1256


IMG_1257


IMG_1258


IMG_1259


IMG_1260


IMG_1261

Sitio Sistema Ambiental 31


IMG_1265


IMG_1266


IMG_1267


IMG_1268


IMG_1269


IMG_1270

Sitio Sistema Ambiental 32


IMG_1271


IMG_1272


IMG_1273


IMG_1274


IMG_1275


IMG_1276

Sitio Sistema Ambiental 33


IMG_1279


IMG_1280


IMG_1281


IMG_1282


IMG_1283


IMG_1284

Sitio Sistema Ambiental 34


IMG_1285


IMG_1286


IMG_1287


IMG_1288


IMG_1289


IMG_1290

Sitio Sistema Ambiental 35


IMG_1291


IMG_1292


IMG_1293


IMG_1294


IMG_1295


IMG_1296

Sitio Sistema Ambiental 36


IMG_1297


IMG_1298


IMG_1299

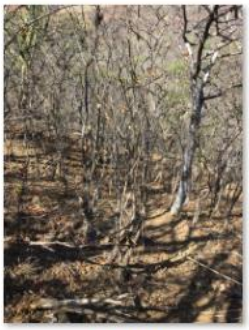

IMG_1300


IMG_1301


IMG_1302

Sitio Sistema Ambiental 37


IMG_1303


IMG_1304


IMG_1305


IMG_1306


IMG_1307


IMG_1308

Sitio Sistema Ambiental 38


IMG_1309


IMG_1310


IMG_1311


IMG_1312


IMG_1313


IMG_1314

Sitio Sistema Ambiental 39


IMG_1315


IMG_1316


IMG_1317


IMG_1318


IMG_1319


IMG_1320

Sitio Sistema Ambiental 40


IMG_1321


IMG_1322


IMG_1323


IMG_1324


IMG_1325


IMG_1326

Sitio Sistema Ambiental 41


IMG_1327


IMG_1328


IMG_1329


IMG_1330

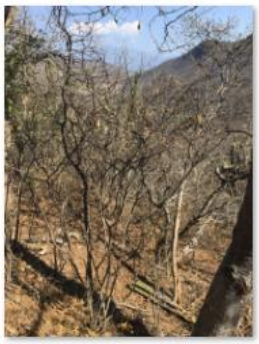

IMG_1331


IMG_1332

Sitio Sistema Ambiental 42


IMG_1333


IMG_1334


IMG_1335


IMG_1336


IMG_1337


IMG_1338

Sitio Sistema Ambiental 43


IMG_1339


IMG_1340


IMG_1341


IMG 1342


IMG 1343


IMG 1344

Sitio Sistema Ambiental 44


IMG_1346


IMG_1347


IMG_1348


IMG_1349


IMG_1350

Sitio Sistema Ambiental 45


IMG_1351


IMG_1352


IMG_1353

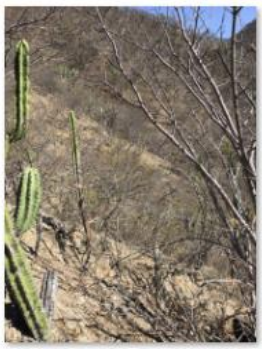

IMG_1354


IMG_1355


IMG_1356

Sitio Sistema Ambiental 46


IMG_1357


IMG_1358


IMG_1359


IMG_1360


IMG_1361


IMG_1362

Sitio Sistema Ambiental 47


IMG_1366


IMG_1367


IMG_1368


IMG_1369


IMG_1370


IMG_1371

Sitio Sistema Ambiental 48


IMG_1372


IMG_1373


IMG_1374


IMG_1375


IMG_1376


IMG_1377

Sitio Sistema Ambiental 49


IMG_1378


IMG_1379


IMG_1380


IMG_1381


IMG_1382


IMG_1383

Sitio Sistema Ambiental 50


IMG_1384


IMG_1385


IMG_1386


IMG_1387


IMG_1388


IMG_1389

Sitio Sistema Ambiental 51



IMG_1390



IMG_1391



IMG_1392







Sitio Sistema Ambiental 52



IMG_1396



IMG_1397



IMG_1398







Sitio Sistema Ambiental 53



IMG_1402



IMG_1403



IMG_1404







Sitio Sistema Ambiental 54



IMG_1408



IMG_1409



IMG_1410







Sitio Sistema Ambiental 55



IMG_1414



IMG_1415



IMG_1416







Sitio Sistema Ambiental 56



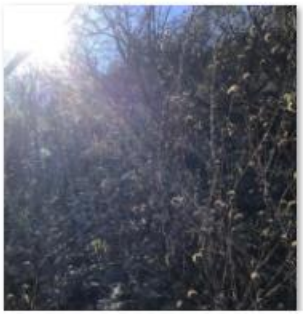
IMG_1420



IMG_1423



IMG_1424





Sitio Sistema Ambiental 57



Sitio Sistema Ambiental 58

VIII.2 Videos

No aplica, no se tomaron videos

VIII.3. Listados de flora y fauna

Tabla VIII. 1. Listado de estrato arbóreo de sistema ambiental

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Anacardiaceae	Lincha huevos	*Pseudosmodingium andrieuxii*	Árbol		
Fabaceae	Palmillo	*Acacia angustissima*	Árbol		
Fabaceae	Beinillo	*Senna atomaria*	Árbol		
Boraginaceae	Manzanillo	*Bourreria rubra*	Árbol		
Fabaceae	Cucharito	*Acacia cochliacantha*	Árbol		
Malvaceae	Pochote	*Ceiba acuminata*	Árbol		
Anacardiaceae	Coachalalate	*Amphipterygium adstringens*	Árbol		
Convolvulaceae	Pájaro bobo	*Ipomoea wolcottiana*	Árbol		
Anacardiaceae	Jobo	*Spondias mombin*	Árbol		

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Hernandiaceae	Trompillo	*Gyrocarpus mocinoi*	Árbol		
Burseraceae	Copal blanco	*Bursera heliae*	Árbol		
Burseraceae	Copal de aceite	*Bursera schlechtendalii*	Árbol		
Euphorbiaceae	Mala mujer macho	*Cnidoscolus megacanthus*	Árbol		
Burseraceae	Copal rojo	*Bursera galeottiana*	Árbol		
Burseraceae	Copal verde	*Bursera fragilis*	Árbol		
Burseraceae	Copal de perro	*Bursera glabrifolia*	Árbol		
Sin identificar	Rosa María	*No identificado*	Árbol		
Fabaceae	Tepehuaje	*Lysiloma microphyllum*	Árbol		
Capparaceae	Frijolito	*Capparis incana*	Árbol		
Burseraceae	Papelillo	*Bursera ariensis*	Árbol		
Burseraceae	Copal santo	*Bursera laurihuertae*	Árbol		
Fabaceae	Cucharito blanco	*Chloroleucon mangense*	Árbol		
Celastraceae	Palo de seda	*Wimmeria microphylla*	Árbol		
Burseraceae	Copal colorado	*Bursera grandifolia*	Árbol		
Apocynaceae	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	Árbol		
Fabaceae	Mezquite moro	*Prosopis laevigata*	Árbol		
Fabaceae	Quebracho	*Acacia pringlei*	Árbol		
Fabaceae	Mezquite	*Prosopis glandulosa*	Árbol		
Rubiaceae	Campanillo	*Hintonia latiflora*	Árbol		
Fabaceae	Negrito	*Poeppigia procera*	Árbol		
Celastraceae	Pal de piedro	*Wimeria confusa*	Árbol		
Fabaceae	Huizache	*Acacia farnesiana*	Árbol		
Salicaceae	Palo de queso	*Casearia tremula*	Árbol		
Fabaceae	Cachitoro	*Acacia macracantha*	Árbol		
Erythroxylaceae	Palo de iguana	*Erythroxylum rotundifolium*	Árbol		
Anacardiaceae	Yagalan	*Rhus copallinum*	Árbol		
Pinaceae	Pino piñonero	*Pinus devoniana*	Árbol		
Fagaceae	Encino rojo (encino negro)	*Quercus aristata*	Árbol		
Malpighiaceae	Nanchal	*Byrsonima crassifolia*	Árbol		
Fagaceae	Encino bellotero (yeganiz)	*Quercus glaucoides*	Árbol		
Ochnaceae	Frijolillo	*Ouratea mexicana*	Árbol		
Zygophyllaceae	Yeguecan	*Guaiacum sanctum*	Árbol	A	No endémico
Fabaceae	Espina verde	*Cercidium plurifoliatum*	Árbol		

Tabla VIII. 2. Listado de estrato arbustivo de sistema ambiental

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Fabaceae	Ejotito	*Senna nicaraguensis*	Arbusto		
Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	Arbusto		
Fabaceae	Flor lila	*Bauhinia divaricata*	Arbusto		
Zygophyllaceae	arbusto hoja verde (flor morada)	*Guaiacum coulteri*	Arbusto	A	Endémica
Euphorbiaceae	Palo de leche	*Euphorbia schlechtendalii*	Arbusto		
Sapindaceae	Hoja roja	*Serjania mexicana*	Arbusto		
Fabaceae	Arbusto papelillo	*Coursetia glandulosa*	Arbusto		
Fabaceae	Uña de gato amarillo	*Lysiloma divaricatum*	Arbusto		
Fabaceae	Uña de gato cuerdudo	*Mimosa acantholoba*	Arbusto		
Fabaceae	Molito	*Senna holwayana*	Arbusto		
Malvaceae	Palo amargo	*Melochia tomentosa*	Arbusto		
Brassicaceae	Matorral	*Nasturtium officinale*	Arbusto		
Fabaceae	Cuatle	*Eysenhardtia polystachya*	Arbusto		
Fabaceae	Chorizo	*Aeschynomene compacta*	Arbusto		
Fabaceae	Uña de gato	*Piptadenia flava*	Arbusto		
Malvaceae	Hoja larga	*Heliocarpus pallidus*	Arbusto		
Ericaceae	Chivito	*Gaultheria acuminata*	Arbusto		
Amaranthaceae	Palo de escoba	*Iresine Calea*	Arbusto		
Lamiaceae	Flor chiquita	*Salvia melissodora*	Arbusto		
Fabaceae	Huajito	*Diphysa humilis*	Arbusto		
Sapindaceae	Árbol de sangre	*Serjania brachycarpa*	Arbusto		
Rhamnaceae	Armadillo	*Ziziphus amole*	Arbusto		
Anacardiaceae	Yeguelacho	*Pseudosmodingium multifolium*	Arbusto		
Sapotaceae	Chicosapote	*Manilkara zapota*	Arbusto		
Sapindaceae	Jarilla	*Dodonaea viscosa*	Arbusto		
Asteraceae	Flor amarilla	*Viguiera dentata*	Arbusto		
Rhamnaceae	Chigolillo	*Colubrina elliptica*	Arbusto		
Anacardiaceae	Varilla	*Comocladia macrophylla*	Arbusto		
Rhamnaceae	Caca de gallina	*Karwinskia humboldtiana*	Arbusto		
Fabaceae	Pinto	*Haematoxylom brasiletto*	Arbusto		
Boraginaceae	Ocotillo	*Cordia elaeagnoides*	Arbusto		
Sin identificar	Palo de mecate	*Sin identificar*	Arbusto		
Fabaceae	Hoja rojita	*Poiretia punctata*	Arbusto		
Asteraceae	Flor diamante	*Eupatorium collinum*	Arbusto		
Compositae	Hoja brillosa	*Ageratum houstonianum*	Arbusto		

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Capparidaceae	Chililllo	*Forchhammeria pallida*	Arbusto		
Fabaceae	Arbusto verde espinudo	*Chamaecrista diphylla*	Arbusto		
Malvaceae	Palo de algodón	*Luehea spp*	Arbusto		

Tabla VIII. 3. Listado de estrato herbáceo de sistema ambiental

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Malvaceae	Enredadera	*Boerhavia coccinea*	Herbácea		
Krameriaceae	Enredadera flor	*Krameria revoluta*	Herbácea		
Fabaceae	Terciopelo	*Dalea carthagenensis*	Herbácea		
Poaceae	Triguillo	*Cenchrus multiflorus*	Herbácea		
Poaceae	Zacate	*Hyparrhenia rufa*	Herbácea		
Verbenaceae	Romero	*Lippia graveolens*	Herbácea		
Acanthaceae	Flor moradita	*Carlowrightia neesiana*	Herbácea		
Lamiaceae	Hierba flor amarilla	*Melampodium divaricatum*	Herbácea		
Lamiaceae	Hierba flor seca	*Leonotis nepetifolia*	Herbácea		

Tabla VIII. 4. Listado de estrato cactáceo de sistema ambiental

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Cactaceae	Lengua de vaca	*Nopalea auberi*	Cactácea		
Cactaceae	Pitaya	*Myrtillocactus geometrizans*	Cactácea		
Cactaceae	Choya	*Opuntia pubescens*	Cactácea		
Cactaceae	Viejito	*Cephalocereus chrysacanthus*	Cactácea		
Asparagaceae	Maguey	*Agave rhodacantha*	Cactácea		
Cactaceae	Chuega	*Escontria chiotilla*	Cactácea		
Cactaceae	Órgano	*Neobuxbaumia mezcalaensis*	Cactácea		
Agavaceae	Lechuguilla	*Agave vivipara*	Cactácea		
Cactaceae	Chilito	*Mammillaria carnea*	Cactácea		
Cactaceae	Biznaga	*Ferocactus robustus*	Cactácea		
Asparagaceae	Savila(maguey morado)	*Agave nizandensis*	Cactácea	P	Endémica
Asparagaceae	Maguey tepestate	*Agave marmorata*	Cactácea		
Cactaceae	Maicito	*Myrtillocactus schenckii*	Cactácea		
Asparagaceae	Maguey tobala	*Agave seemanniana*	Cactácea		

Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Forma biológica	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Asparagaceae	Maguey jabalí	*Agave kerchovei*	Cactácea		
Asparagaceae	Yucca	*Yucca elata*	Cactácea		
Cactaceae	Chilito en protección	*Mammillaria karwinskiana*	Cactácea	Pr	endémica
Cactaceae	Biznaga caca de perro	*Coryphantha elephantidens subsp. bumamma*	Cactácea		
Cactaceae	Nopal	*Opuntia velutina var. affinis*	Cactácea		
Cactaceae	cactus rojo	*Mammillaria lanata*	Cactácea		
Cactaceae	Pitaya rastrera	*Nyctocereus oaxacensis*	Cactácea		
Cactaceae	Pitaya enredadera	*Acanthocereus horridus*	Cactácea		

Tabla VIII. 5. Mamíferos del sistema ambiental

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Didelphidae	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache		
Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo nueve bandas		
Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago bigotudo de cara plegada		
Canidae	*Canis latrans*	Coyote		
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro		
Felidae	*Puma concolor*	Puma		
Mephitidae	*Conepatus mesoleucus*	Zorrillo		
Felidae	*Lynx rufus*	Lince rojo		
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache		
Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca		
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla		
Leporidae	*Sylvilagus Floridanus*	Conejo		
Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Pecarí		
Cricetidae	*Oligoryzomys fulvescens*	Rata arrocera pigmea		
Cricetidae	*Peromyscus aztecus*	Ratón azteca		

Tabla VIII. 6. Aves del sistema ambiental

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Accipitridae	*Chondrohierax uncinatus*	Gavilán pico gancho	Pr	No endémico
Accipitridae	*Circus cyaneus*	Gavilán rastrero		
Accipitridae	*Accipiter cooperii*	Gavilán de Cooper	Pr	No endémico
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra-menor	Pr	No endémico
Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	Pr	No endémico
Accipitridae	*Buteo platypterus*	Aguililla ala ancha	Pr	No endémico
Falconidae	*Caracara cheriway*	Caracara norteño		
Columbidae	*Zenaida macroura*	Paloma huilota		
Columbidae	*Columbina inca*	Tortola cola larga		
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor		
Caprimulgidae	*Chordeiles minor*	Chotacabras menor		
Apodidae	*Cypseloides niger*	Vencejo negro		

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Apodidae	*Panyptila sanctihieronym*	Vencejo tijereta mayor	Pr	No endémico
Trochilidae	*Colibri thalassinus*	Colibrí oreja violeta		
Momotidae	*Momotus mexicanus*	Momoto corona café		
Picidae	*Piculus auricularis*	Carpintero corona gris		
Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto		
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta		
Parulidae	*Dendroica fusca*	Chipe garganta naranja		
Passerellidae	*Pipilo albicollis*	Toqui oaxaqueño		
Emberizidae	*Aimophila notosticta*	Zacatonero oaxaqueño	Pr	endémica
Icteridae	*Quiscalus mexicano*	Zanate mexicano		
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote		
Passerellidae	*Passer domesticus*	Gorrión doméstico		
Icteridae	*Icterus Cucullatus*	Calandria Dorso Negro		
Cathartidae	*Cathartes aura*	Aura		
Icteridae	*Molothrus aeneus*	Tordo ojo negro		

Tabla VIII. 7. Reptiles del sistema ambiental

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Viperidae	*Crotalus intermedius*	Víbora cascabel enana	A	endémica
Anguidae	*Mesaspis gadovii*	Lagarto escorpión de Gadow		
Phrynosomatidae	*Phrynosoma braconnieri*	Camaleón de cola corta	Pr	endémica
Phrynosomatidae	*Sceloporus spinosus*	Lagartija escamosa pintada		
Teiidae	*Aspidoscelis motaguae*	Huico		
Teiidae	*Aspidoscelis mexicana*	Huico mexicano		
Teiidae	*Aspidoscelis sacki*	Huico		
Dipsadidae	*Conophis lineatus*	Sin dato		
Colubridae	*Conopsis nasus*	Sin dato		
Colubridae	*Pituophis lineaticollis*	Sin dato		

VIII.4 Otros anexos

VIII.4.1
Literatura consultada

Alcérreca C., et al. 1988. Fauna Silvestre y Áreas Naturales Protegidas. Universo Veintiuno. México.

Alden, P. 1969. Route 19: Alamos Sidetrip. Finding the Birds in Western Mexico. University of Arizona Press. Tucson.

Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver. 212pp.

CITES. 1990. Apéndices I, II, III. to the Conservation on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. U.S. Fish and Wildlife Service, Interior.

Conolly, 1981. Assessing populations. Pages 287 – 345 in O.C. Wallmor Ed. Mule and black tailed deer of North America. University of Nebraska. Press Lincoln.

Cook and Stubbendieck. 1986. Range Research: Basic Problems and Techniques. Society for Range Management. Denver, Co.

García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Köppen. México.

Hall, J.G. 1981. The mammals of north américa. John Wiley and Sons New York.

Hayne, D. W. 1949. An examination of the strip census method for estimating animal populations. Journal of Wildlife Management. 13: 145 – 157.

Howell, S.N. y S. Webb. 1995. The Birds of Mexico and Northerm Central America. Oxford University. Press. California. 851 p.

HPS, 2001. Software STELLA version 7.0, Research, The systems Thinking. http://www.hps-inc.com.

INEGI, 2012. XI Censo General de Población y Vivienda del Estado de Durango, (2012). Resultados definitivos, Tabulados básicos, Tomo I y II.- INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. Tabulados básicos. Información Básica de los Municipios de México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario Estadístico.

Krebs, C. J. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row Publ., New York. 654 pp.

Lancin, R. , J. D. Nichols and K. H. Pollock. 1994. Estimating the number of animals in wildlife populations (Chapter 9). In Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. Ed. T. A. Bookhout The Wildlife Society. Bethesda, Maryland.

Martínez M. 1987. Catálogo de nombres vulgares y científicos de Plantas mexicanas, Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1247 pp.

Müller-Dumbois & Ellenberg, 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, Nueva York, USA.

Patton, D. R. 1992. Wildlife habitat relationships in forested ecosystem. Timber Press. Pörtland, Oregon.

Peterson, R.J. y E.L. Chalif. 1976. A Field Guide to Mexican Birds. México, Guatemala, Belice (British, Honduras), El Salvador, Houghton Mifflin Co. Boston. 228 p.

Robel, R.J., J.N. Briggs, A.D. Dayton y L. C. Hulbert. 1969. Relationships between visual obstruction measurements and weight of grassland vegetation. Technical Notes. 295 – 297.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Programa Nacional de Medio Ambiente. 2001 – 2006.

Society for Range Management. 1974. Glossary of terms used in range Management. 2nd Edition. Society for Range Management. Denver, Co.

Tyson, E. L. 1959. A drive vs. Track census. Translation North American Wildlife Natural Resource Conference. 24 : 457 – 464.

Water Resources Assessment Methodology (WRAM). 1997. Impact Assessment and Alternative Evaluation. Technical Report Y-77-1-Feb. Office Chief of Engineers, U.S. Army, Washington, D.C. (p. 22-25).

VIII.5 Glosario de términos

- **Impacto ambiental:** Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

- **Impacto ambiental acumulativo:** El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

- **Impacto ambiental residual:** El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

- **Impacto ambiental 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 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.

- **Importancia:** Indica qué tan significativo es el efecto del impacto en el ambiente. Para ello se considera lo siguiente:
- La condición en que se encuentran el o los elementos o componentes ambientales que se verán afectados.
- La relevancia de la o las funciones afectadas en el sistema ambiental.
- La calidad ambiental del sitio, la incidencia del impacto en los procesos de deterioro.
- La capacidad ambiental expresada como el potencial de asimilación del impacto y la de regeneración o autorregulación del sistema.
- El grado de concordancia con los usos del suelo y/o de los recursos naturales actuales y proyectados.

    - **Naturaleza del impacto:** Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.

- **Vegetación natural:** Conjunto de elementos arbóreos, arbustivos y herbáceos presentes en el área por afectar por la obra de infraestructura eléctrica y sus asociadas.

- **Absorción:** Un proceso para separar mezclas en sus constituyentes.

- **Área industrial, de equipamiento urbano o de servicios:** Terreno urbano o aledaño a un área urbana, donde se asientan un conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario utilizado para prestar a la población los servicios urbanos y desarrollar las actividades económicas.

- **Acuífero (Acuífero):** Una zona subterránea de roca permeable saturada con agua bajo presión. Para aplicaciones de almacenamiento de gas o un acuífero necesitara estar formado por una capa permeable de roca en la parte inferior y una capa impermeable en la parte superior, con una cavidad para almacenamiento de gas.

- **Acuífero:** Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacena aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

- **Agua congénita:** Agua contenida en condiciones naturales en algunos yacimientos. Esta presente únicamente en la mezcla de crudo, agua y gas natural que sale de los pozos de extracción.

- **Agua freática:** Es el agua natural que se encuentra en el subsuelo, a una profundidad que depende de las condiciones geológicas, topográficas, y climatológicas de cada región de la superficie del agua se designa como nivel del agua freática.

- **Área rural:** Zona con núcleos de población frecuentemente dispersos menores a 5,000 habitantes. Generalmente, en estas áreas predominan las actividades agropecuarias.

- **Área urbana:** Zona caracterizada por presentar asentamientos humanos concentrados de más de 15,000 habitantes. En estas áreas se asientan la administración pública, el comercio organizado y la industria y presenta alguno de los siguientes servicios: drenaje, energía eléctrica y red de agua potable.

- **Beneficioso o perjudicial:** Positivo o negativo.

- **Biodegradable (Biodegradable):** Material que puede ser descompuesto o sujeto a putrefacción por bacterias u otros agentes naturales.

- **Biodiversidad:** Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

- **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.

- **Componentes ambientales críticos:** Serán definidos de acuerdo con los siguientes criterios: fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección, así como aquellos elementos de importancia desde el punto de vista cultural, religioso y social.

- **Componentes ambientales relevantes:** Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto-ambientales previstas.

- **Género**: Unidad sistemática de las clasificaciones por categorías taxonómicas, superior de la especie e inferior a la familia, cuyos individuos se asemejan entre sí por sus características morfológicas.

- **Especie:** La unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos que presentan características morfológicas, etológicas y fisiológicas similares, que son capaces de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, compartiendo requerimientos de hábitat semejantes.

- **Especie y subespecie endémica:** Es aquella especie o subespecie, cuya área de distribución natural se encuentra únicamente circunscrita a la República Mexicana y aguas de jurisdicción federal.

- **Hábitat:** Es el sitio específico en un medio ambiente físico y su comunidad biótica, ocupado por un organismo, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo en particular.

- **Especie y subespecie en peligro de extinción:** Es una especie o subespecie cuyas áreas de distribución o tamaño poblacional han sido disminuidas drásticamente, poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su rango de distribución por múltiples factores, tales como la destrucción o modificación drástica de su hábitat, restricción severa de su distribución, sobreexplotación, enfermedades, y depredación, entre otros.

- **Especie y subespecie amenazada:** La que podría llegar a encontrarse en peligro de extinción si siguen operando factores que ocasionen el deterioro o modificación del hábitat o que disminuyan sus poblaciones. En el entendido de que especie amenazada es equivalente a especie vulnerable.

- **Especie y subespecie sujeta a protección especial**: Aquélla sujeta a limitaciones o vedas en su aprovechamiento por tener poblaciones reducidas o una distribución geográfica restringida, o para propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de especies asociadas.

- **Componentes ambientales críticos:** Serán definidos de acuerdo con los siguientes criterios: fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección, así como aquellos elementos de importancia desde el punto de vista cultural, religioso y social.

- **Componentes ambientales relevantes:** Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto-ambiente previstas.

- **Daño ambiental:** Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

- **Daño a los ecosistemas:** Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un des equilibrio ecológico.

- **Daño grave al ecosistema:** Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema.

- **Desequilibrio ecológico grave:** Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

- **Duración:** El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.

- **Especies de difícil regeneración:** Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.

    - **Irreversible:** Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutará la acción que produce el impacto.

    - **Revegetación:** Conjunto de actividades tendientes a restablecer la cubierta vegetal de un sitio en particular. En las prácticas de revegetación se pueden utilizar especies herbáceas y leñosas.

    - **Magnitud:** Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

    - **Medidas de compensación:** Conjunto de acciones que tienen como fin el compensar el deterioro ambiental ocasionado por los impactos ambientales asociados a un proyecto, ayudando así a restablecer las condiciones

ambientales que existían antes de la realización de las actividades del proyecto.

- **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 promoverte para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causará con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

- **Reversibilidad:** Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de auto depuración del medio.

- **Sistema ambiental:** Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

- **Superficie total:** Suma de la superficie por tramo.

- **Urgencia de aplicación de medidas de mitigación:** Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la relevancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.

ANEXO LEYENDA DE CLASIFICACIÓN

SEMARNAT

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

El nombre del área del cual es titular quien clasifica: Delegación Federal de la SEMARNAT en Oaxaca.

La identificación del documento del que se elabora la versión pública: Manifestación de Impacto Ambiental, No. de Bitácora: 20MP-0204/01/20.

Las partes o secciones clasificadas, así como las páginas que la conforman: Se clasifican Datos personales; Página 4.

Fundamento legal, indicando el nombre del ordenamiento, el o los artículos, fracción(es), párrafo(s) que sustenten la clasificación; así como las razones o circunstancias que motivaron la misma: La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el primer párrafo del artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública; por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada e identificable.

FIRMA DE LA ENCARGADA DE DESPACHO

LIC. MARÍA DEL SOCORRO ADRIANA PÉREZ GARCÍA

"Con fundamento en lo dispuesto en el artículo 84 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en suplencia, por ausencia del Titular[1] de la Delegación Federal de la SEMARNAT en el Estado de Oaxaca, previa designación, firma el presente la Subdelegada de Planeación y Fomento Sectorial."

[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.

Fecha y número de Acta de Sesión del Comité: Resolución 081/2020/SIPOT, de fecha 30 de julio de 2020.