CONTRATO NO. S-CON-16-2024-X-0

“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”

ESTUDIO DE ESCOMBRERAS



Kawsus

CONSULTORÍA Y ASESORÍA

Kawsus
CONSULTORÍA, ASESORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PREFECTURA DEL GUAYAS

PROYECTO:

“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”

ESTUDIO ESCOMBRERAS

NOVIEMBRE - 2024

Cliente:	**PREFECTURA DEL GUAYAS**
Proyecto:	“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”
Documento:	KAW-PG-INF-ESC-001
Título:	ESTUDIO DE ESCOMBRERAS

Preparó:	KAWSUS CIA LTDA.	
Preparó:	Ing. Mario Almache Especialista en Geotecnia y Pavimentos	Firmado electrónicamente por: LUIS MARIO ALMACHE SANCHEZ. Validar únicamente con FirmaEC
Revisó	Ing. Danilo Bustos DIRECTOR DE PROYECTO	Firmado electrónicamente por: CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA. Validar únicamente con FirmaEC
Aprobó:	Ing. Byron Chacha ADMINISTRADOR DEL CONTRATO	Firmado electrónicamente por: BYRON RODRIGO CHACHA CABRERA. Validar únicamente con FirmaEC

CONTROL DE CAMBIOS	
Rev. 00	
Rev. 00	

Índice de Contenido

1. INTRODUCCIÓN 5
   1.1. OBJETIVO GENERAL 5
   1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 5
2. METODOLOGÍA 6
3. DESARROLLO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO 7
   3.1. ÁREA DE ESTUDIO 7
   3.2. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE CRITERIOS 7
   3.3. CLASIFICACIÓN DE CRITERIOS FUNDAMENTADOS 8
   3.4. ANÁLISIS DE LAS RESTRICCIONES 8
      3.4.1. Criterio de Zonas Urbanas 8
      3.4.2. Criterio de Pendientes 9
      3.4.3. Criterio de Ríos 10
      3.4.4. Criterio de Vías 11
      3.4.5. Criterio de Uso de Suelo 12
      3.4.6. Bosque Protector 14
   3.5. PROCESO DE INTEGRACIÓN DE FACTORES 14
   3.6. RESULTADOS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO 15
4. UBICACIÓN DE ESCOMBRERAS 16
   4.1. IMPLANTACIÓN DE ESCOMBRERAS 18
      4.1.1. Escombrera 2 18
      4.1.2. Escombrera 3 18
      4.1.3. Escombrera 5 19
5. DESARROLLO DE DISEÑO DE ESCOMBRERAS 20
   5.1. CRITERIOS PARA LA UBICACIÓN DE ESCOMBRERAS 20
   5.2. DISEÑO DE PLAN DE OBRA Y OPERACIÓN 21
   5.3. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS ADOPTADOS PARA LA MODELACIÓN 21
   5.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD 21
   5.5. ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE 22

5.6. COMBINACIONES CONSIDERADAS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONTEMPLADOS EN LA NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN 22

5.7. FACTORES DE SEGURIDAD MÍNIMOS QUE SE EXPONEN EN LA NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN PARA TALUDES 23

5.8. ASENTAMIENTOS 36

6. BIBLIOGRAFÍA 37

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de Criterios. 8
Tabla 2. Normalización del criterio de zona poblacional. 8
Tabla 3. Normalización del criterio de pendiente. 9
Tabla 4. Normalización del criterio de Hidrología. 10
Tabla 5. Normalización del criterio de vías. 11
Tabla 6. Normalización del criterio de uso de suelo. 13
Tabla 7. Cálculo del centro de Gravedad. 15
Tabla 8. Capacidades de almacenamiento de escombreras. 20
Tabla 9. Parámetros geotécnicos para modelación 21
Tabla 10. Condiciones de análisis de estabilidad del talud 23
Tabla 11. Factores de seguridad mínimos recomendados en la NEC (2015) para taludes .. 23
Tabla-12 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil A1 – A1´ / Análisis Estático 24
Tabla-13 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Estático 25
Tabla-14 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Estático 25
Tabla-15 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil A1 – A1´ / Análisis Estático 26
Tabla-16 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil A2 – A2´ / Análisis Estático 26
Tabla-17 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Estático 27
Tabla-18 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Estático 28
Tabla-19 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil A1 – A1´ y A2 – A2´ / Análisis Estático 28
Tabla-20 Factores de seguridad Escombrera 5 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Estático 29
Tabla-21 Factores de seguridad Escombrera 5 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Estático 30
Tabla-22 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil A1 – A1´ / Análisis Pseudoestatico .. 30
Tabla-23 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Pseudoestatico .. 31
Tabla-24 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Pseudoestatico .. 31
Tabla-25 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil A1 – A1´ / Análisis Pseudoestatico .. 31
Tabla-26 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil A2 – A2´ / Análisis Pseudoestatico .. 32
Tabla-27 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Pseudoestatico .. 33
Tabla-28 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Pseudoestatico .. 33
Tabla-29 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil A1 – A1´ y A2 – A2´ / Análisis Pseudoestatico 34
Tabla-30 Factores de seguridad Escombrera 5 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Pseudoestatico .. 34
Tabla-31 Factores de seguridad Escombrera 5 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Pseudoestatico .. 35
Tabla-32 Tabla resumen, análisis de estabilidad de taludes de escombreras 36

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación Geográfica del Proyecto. 7
Figura 2. Criterio Poblacional. 9
Figura 3. Criterio de Pendientes. 10
Figura 4. Criterio de Hidrología. 11
Figura 5. Criterio de vías cercanas. 12
Figura 6. Criterio de Uso de Suelo. 13
Figura 7. Criterio Bosque Protector. 14
Figura 8. Resultados del Análisis Multicriterio. 16
Figura 9. Fotografías aéreas de inspecciones de campo. 17
Figura 10. Áreas seleccionadas para el levantamiento de topografía a detalle. 17
Figura 11. Plano de implantación de escombrera 2. 18
Figura 12. Plano de implantación de escombrera 3. 19
Figura 13. Plano de implantación de escombrera 5. 20
Figura 14. Emplazamiento de escombrera 37

Anexos

Anexo 1. Ensayos de Clasificación SUCS
Anexo 2. Ensayos Triaxiales
Anexo 3. Ensayos Consolidación
Anexo 4. Correlaciones SPT
Anexo 5. Reporte Asentamientos
Anexo 6. Modelaciones Taludes

1. INTRODUCCIÓN

Debido a que actualmente en el Ecuador no existe una normativa que regule la implementación de escombreras, se ha visto la necesidad de implementar una metodología a través del uso de Sistemas de Información Geográfica, con el fin de precautelar las condiciones ambientales propias de la zona de estudio.

Esta metodología consiste conseguir soluciones a diferentes problemas, esto basado en una jerarquía donde dependen de diferentes criterios a valorar, los cuales a su vez clasifican las diferentes alternativas considerando cambios en los resultados finales, conocido como evaluación multicriterio (EMC).

El principal fundamento de la metodología de evaluación multicriterio es convertir un problema en partes lógicas, a través de ponderaciones y compensaciones de variables las cuales serán previamente clasificadas, y que por ende influirán positiva o negativamente sobre los decisores (Da Silva & Cardozo, 2015).

Asimismo, algunas de las cualidades generales de la Evaluación Multicriterio dichas es que permiten ponderar impactos ambientales causados por los humanos, tomando en cuenta variables naturales y antrópicas; la construcción de escenarios que pueden reducir las inquietudes ante la elección de las posibles opciones y, evaluar las diferentes soluciones.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la ubicación óptima para una escombrera mediante la utilización en conjunto de herramientas SIG y técnicas multicriterio para el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMAVILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DELGUAYAS”.
- Determinar la capacidad de las escombreras para la disposición de los volúmenes de material producto del movimiento de tierras necesario para ampliaciones y rectificaciones que requiere el proyecto.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer una metodología que se adapte a las condiciones y criterios establecidos dentro del proyecto.
- Analizar los criterios determinantes para la localización de la escombrera de acuerdo con la realidad del territorio.

2. METODOLOGÍA

La evaluación multicriterio cuenta con una gran variedad de métodos de los cuales el más utilizado es el denominado Proceso de Jerarquía Analítica (Analytical Hierarchy Process-AHP) que es una proposición de juicios que nos permite combinar lo científico y lo racional con lo inmaterial para ayudar a sintetizar la naturaleza humana mientras encarnamos nuestras experiencias recopiladas por la ciencia.

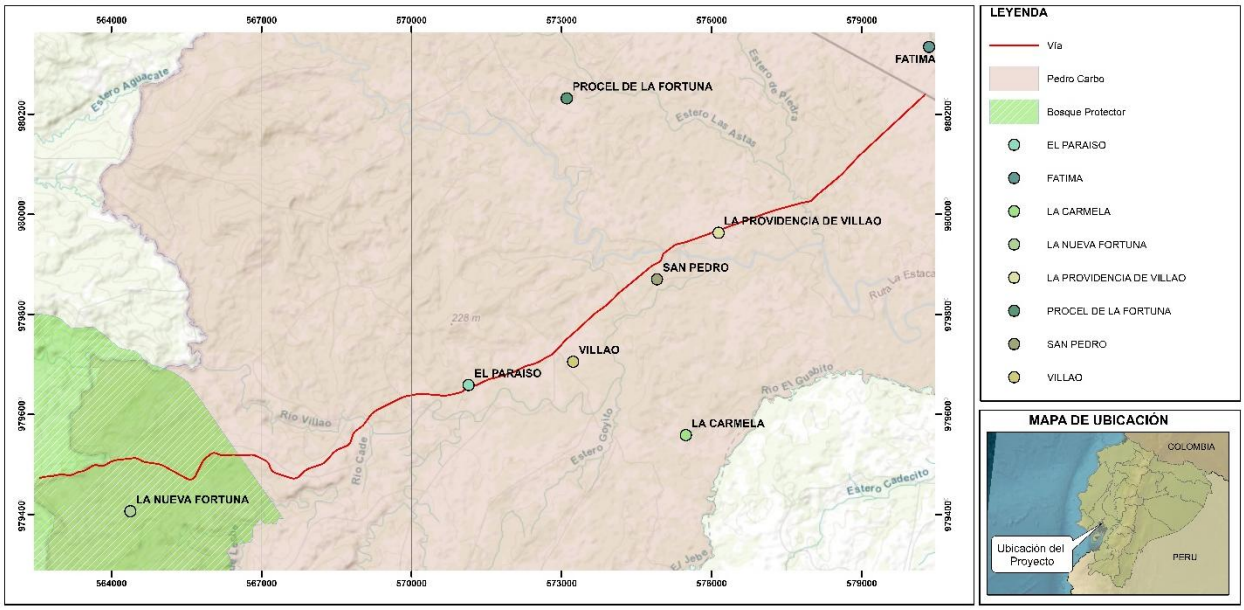
El desarrollo del Método AHP se realiza mediante: el uso de jerarquías en donde deben estar representados los diferentes puntos de vista del problema, y sobre todo la relación de dependencia de los factores considerados, lo que permitirá obtener un enfoque más acercado hacia la realidad; el uso de la escala, propuesta por el creador del método, permite integrar los juicios que tiene el decisor y eliminar las confusiones que tienen las personas cuando los elementos son comparados acercándose a los valores del cero o del infinito; dentro del proceso de solución el AHP contiene una función de evaluación analítica o matemática de las coherencias del decisor cuando este emite un juicio.

3. DESARROLLO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se encuentra ubicado geográficamente en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Pedro Carbo, consiste en la construcción y rehabilitación de 22 kilómetros de trazado vial a partir del sector Fátima Villao hasta el límite provincial, en el cual se incluye, levantamiento de puentes, asfaltado y señalización de esta.

Figura 1 Ubicación Geográfica del Proyecto.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024

3.2. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE CRITERIOS

La identificación de los criterios es fundamental ya que influyen de forma directa en la variable a estudiar, además se modelan a través de pesos examinando las alternativas para elegir la óptima. Se realiza mediante el estudio y análisis de diferentes guías y estudios relacionados al tema, los cuales describen aquellos aspectos importantes que se deben considerar en el emplazamiento de una escombrera.

Los principales criterios utilizados para la ubicación de la escombrera son:

- **Criterio de distancias de las zonas poblacionales:** es importante considerarlas ya que estas no deben ser extensas para asegurar la minimización de los costos de transporte desde los lugares de generación. Además de que suelen presentar problemas de rechazo social.
- **Criterio de pendientes del terreno:** la clasificación de pendientes se realiza con el fin de obtener lugares, planos o levemente inclinados, los cuales se encuentren en una categoría de pendiente que facilite la estabilidad de las laderas, así como los cortes de taludes, en la implementación de la escombrera.
- **Criterio de Hidrografía**: se debe considerar las fuentes de agua cercanas debido a que estos residuos suelen causar interferencia en el transcurso natural de los ríos, provocando alteraciones en el medio.
- **Criterio de uso del suelo:** se evalúa basado en las condiciones del terreno, para determinar que no existan zonas protegidas o de conservación, o que poseen un gran valor turístico o que sean altamente productivas, por lo que se consideran áreas

degradadas, con poca vegetación o erosionadas generalmente aquellas que no presenten ningún aprovechamiento.

- **Criterio de distancias viales:** también se le otorga un valor importante con el fin de reducir costos de mantenimiento de vehículos y de movilidad, por lo que es necesario que se ubiquen cerca de carreteras que sean accesibles a la escombrera.

3.3. CLASIFICACIÓN DE CRITERIOS FUNDAMENTADOS

La clasificación de los criterios se lo realiza con el fin de obtener aquellos que actuaran como factores que son los criterios que no limitan la localización de la actividad y como restricciones aquellos que si la limitan.

Tabla 1. Clasificación de Criterios.

Restricciones	Factores
Zona Urbana	Centros poblados
Vías de acceso	<300 m
Pendiente	< 15°
Hidrografía	A partir de 150 m de distancia
Uso de Suelo	Condiciones actuales de la zona
Bosque Protector	Áreas protegidas o de conservación

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Es importante mencionar que las restricciones están directamente vinculadas a las coberturas de información y son con las cuales se llevara el proceso de geoprocesamiento espacial, definiendo cuales son las áreas aptas que puedan soportar la implementación de esta actividad.

3.4. ANÁLISIS DE LAS RESTRICCIONES

Para el análisis de las restricciones como primer punto se debe realizar una normalización de los datos de cada uno de los criterios, en los cuales se emplean el uso de capas binarias que permiten distinguir zonas favorables para la actividad, de esta manera el código 1 representa el área candidata para el establecimiento de la escombrera y el código 0 muestra el área eliminada para la implementación de la actividad evaluada, es necesario la normalización porque así se puede geoprocesar todos los criterios teniéndolos en una misma escala.

3.4.1. Criterio de Zonas Urbanas

Las zonas poblacionales principales para tomar en cuenta son las comunidades que están formando parte del área de influencia directa proyecto como lo son: Fátima, Providencia de Villao, San Pedro, Villao, El Paraíso y Nueva Fortuna.

Tabla 2. Normalización del criterio de zona poblacional.

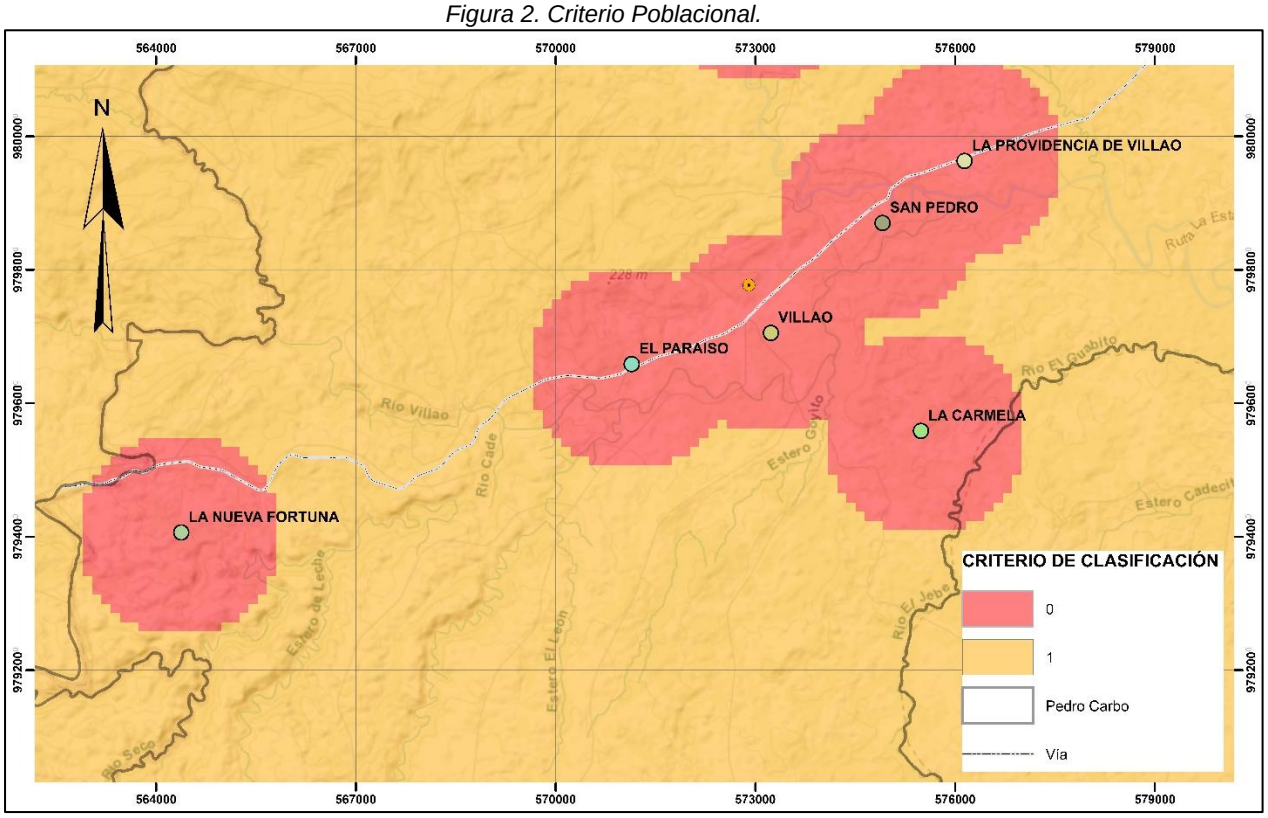
Distancia (m)	Restricciones
<1500	0
>1500	1

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Cabe mencionar que las distancias cercanas a las áreas urbanas favorecen el asentamiento de la actividad ya que así los costos de transporte de los materiales pueden llegar a ser bajos sin embargo para este criterio hemos priorizado el bienestar de las comunidades

categorizando de manera positiva que la escombrera se encuentre a más de 1.5 km de cada centro poblacional así se podría evitar el levantamiento de partículas de polvo que puedan alterar la salud de la comunidad.

Figura 2. Criterio Poblacional.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Como se puede observar en el mapa y según el criterio establecido las zonas de color rojo que están formando un contorno en las comunidades del proyecto no son aptas para implementar una escombrera ya que estas están a un radio de 1.5 km.

3.4.2. Criterio de Pendientes

La clasificación de las pendientes es necesario porque permite que las áreas obtenidas se encuentren en un rango aceptable que facilite el desarrollo de la actividad.

Dados los diferentes rangos existentes de pendientes se ha tomado en consideración que para el emplazamiento adecuado de una escombrera esta no debería estar por encima de una pendiente con 15% de rango ya que podría ser un factor de riesgo para los trabajadores u operadores de la maquinaria.

Para este estudio la clasificación de las pendientes se encuentra en la siguiente tabla:

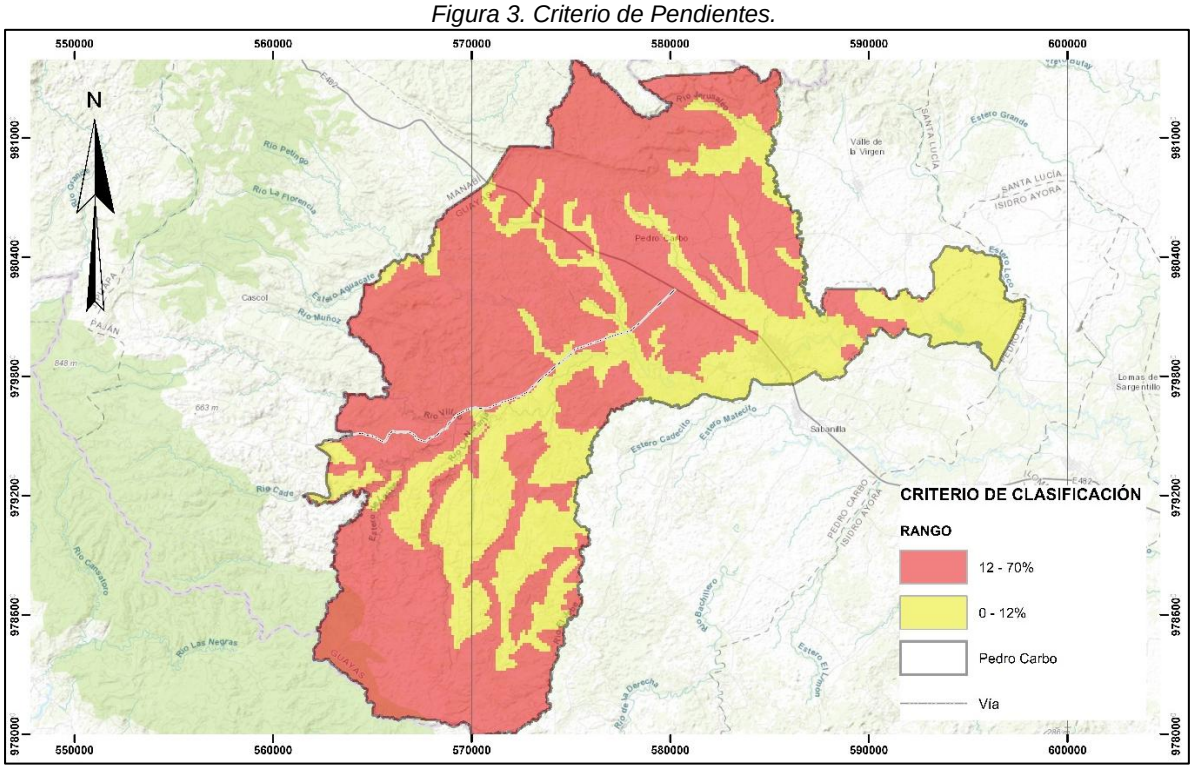
Tabla 3. Normalización del criterio de pendiente.

Rango (%)	Restricciones
0 - 12%	1
>15%	0

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Dados estos antecedentes se estableció que las zonas en donde sería factible la ubicación de una escombrera sean de 0 a 12% de rango como se muestra a continuación:

Figura 3. Criterio de Pendientes.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Como se muestra en el mapa las áreas de color amarillo son las mas optimas para el emplazamiento de una escombrera ya que estas zonas manejan rangos de 0 a 12% de pendiente.

3.4.3. Criterio de Ríos

Si bien es cierto que los escombros no generan una contaminación directa sobre el agua, siempre es necesario mantener una distancia que sea prudente o cautelosa para evitar cualquier tipo de afección sobre este medio.

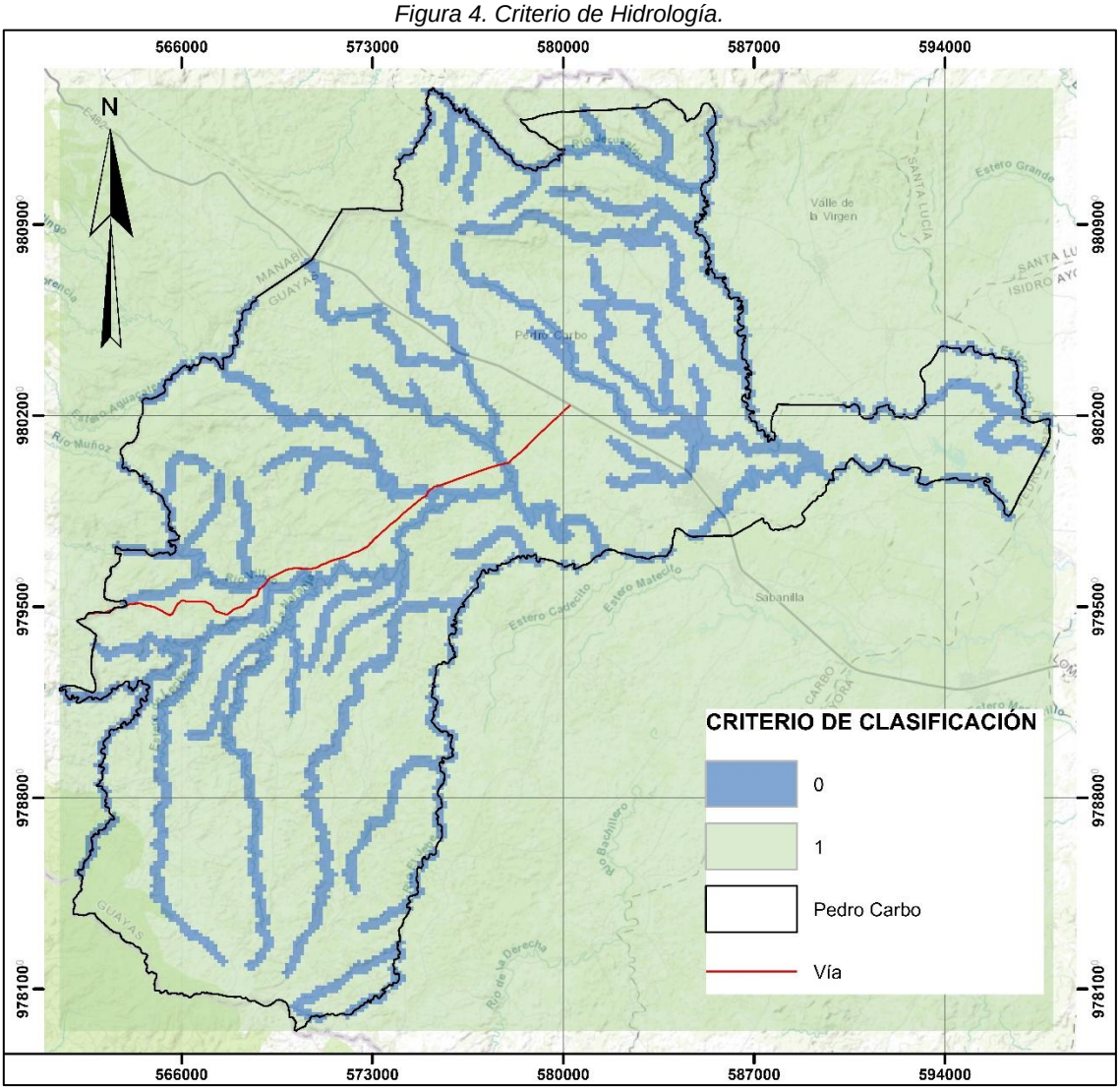
Tabla 4. Normalización del criterio de Hidrología.

Distancia (m)	Restricciones
<150	0
>150	1

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Con la finalidad de evitar que escombros o residuos de construcción tengan contacto con los cuerpos hídricos de la zona se estableció un criterio de que la escombrera debe permanecer mínimo a 150 metros de distancia de un río o quebrada de la zona.

Figura 4. Criterio de Hidrología.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

De igual manera con lo que respecta al criterio establecido para los cuerpos hídricos la cona marcada con azul son áreas en donde no podría colocarse una escombrera y las zonas marcadas con verde son áreas factibles para el emplazamiento de una escombrera.

3.4.4. Criterio de Vías

La disponibilidad de vías facilita un correcto manejo de los residuos, por lo que es fundamental tener presente las distancias de cada una de estas con respecto a las comunidades o cercanía del proyecto.

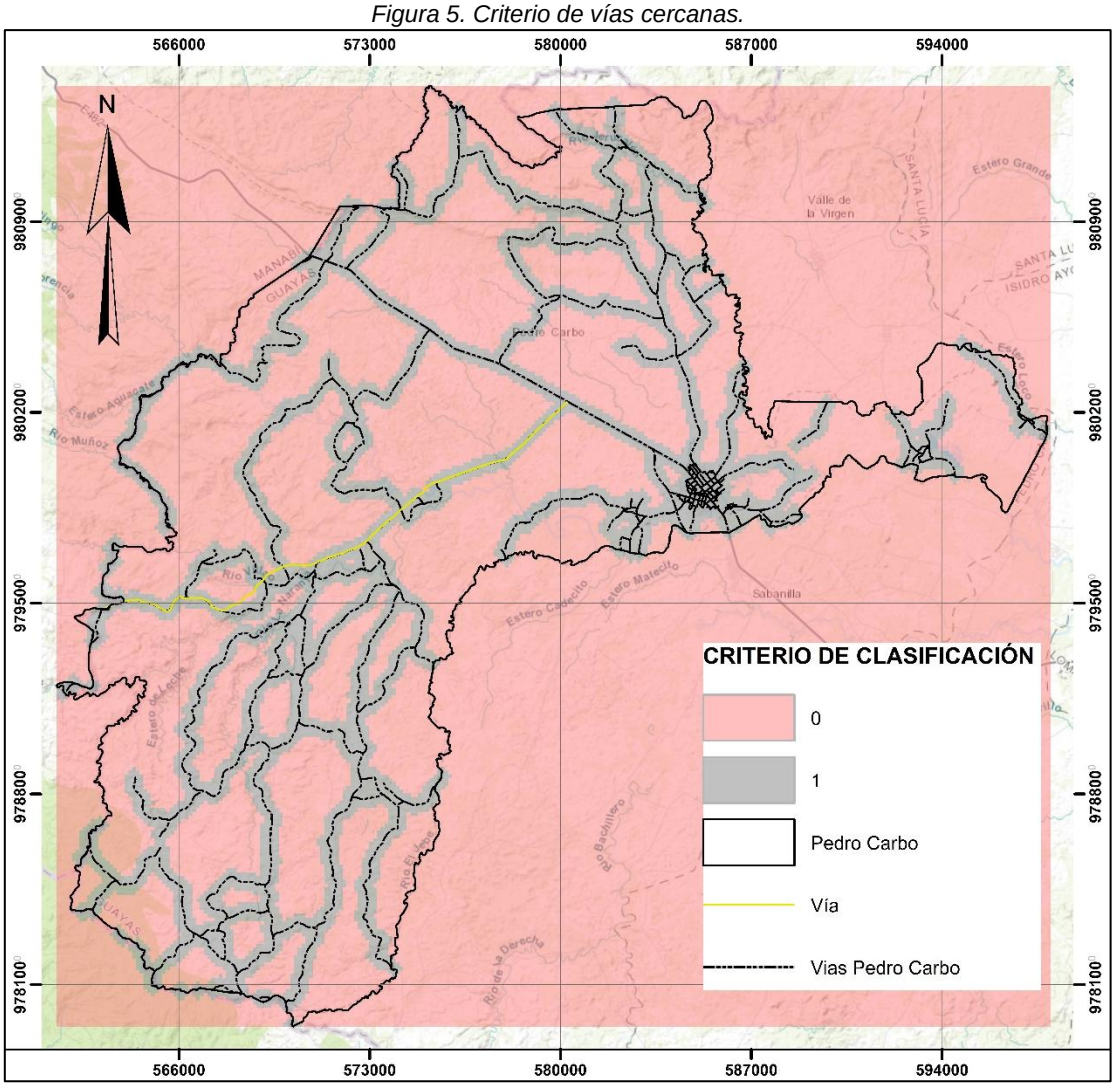
Tabla 5. Normalización del criterio de vías.

Distancia (m)	Restricciones
<300	1
>300	0

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Con el objetivo de que cada área en donde se pueda emplazar una escombrera tenga la facilidad de poder movilizar los recursos necesarios para la construcción del proyecto se ha establecido una distancia mínima de 300 metros ya que si una vía se encuentra a más metros de distancia esto implicaría un costo económico más elevado y más complicaciones a la hora de movilizarse.

Figura 5. Criterio de vías cercanas.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Con lo que respecta al mapa de criterio de vías se puede observar las vías alternativas demarcadas con gris las cuales con un criterio de distancia de 300 metros estas áreas serian esenciales para establecer la cercanía de una escombrera.

3.4.5. Criterio de Uso de Suelo

La localización de una escombrera no puede provocar contaminación o afectación al uso común de las tierras de la zona, por lo que se debe definir cuáles son las actividades de los suelos en donde sí se pueda realizar el emplazamiento de escombrera.

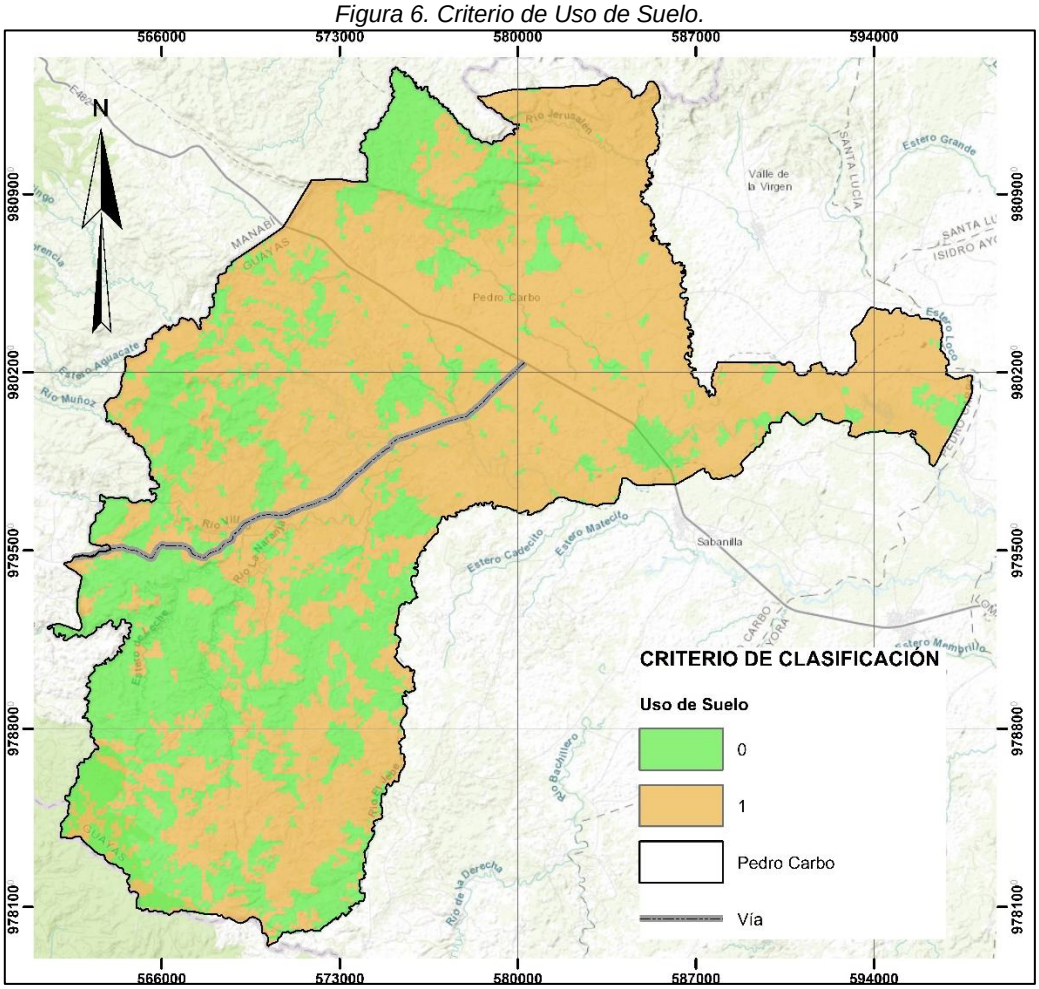
Tabla 6. Normalización del criterio de uso de suelo.

Uso del Suelo	Restricciones
Bosque Nativo	0
Tierra Agropecuaria	1
Vegetación Arbustiva	0
Plantación Forestal	1
Área Poblada	0
Agua Natural	0
Infraestructura	0
Área sin Cobertura Vegetal	1
Vegetación Herbácea	1

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Se establecieron criterios positivos (1) aquellas coberturas y uso de suelo que sea más factible una intervención sin causar mucho impacto al ambiente, por otro lado, la denominación de 0 se les dio a aquellas coberturas que representan un impacto mayor al ambiente en caso de ser intervenidas como los Bosques Nativos y los cuerpos de agua natural.

Figura 6. Criterio de Uso de Suelo.



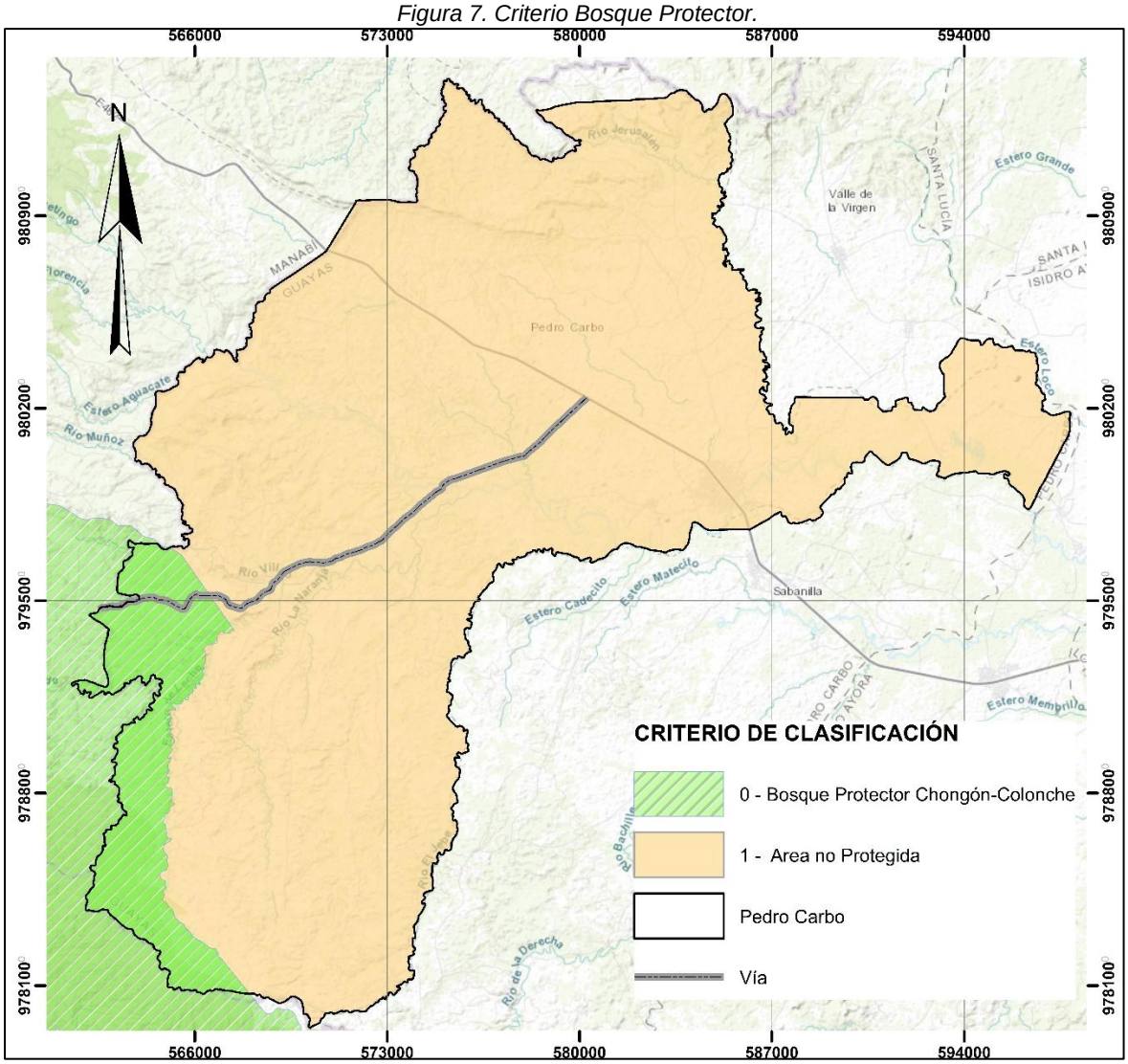
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Tal y como se muestra en el mapa las áreas representadas de color naranja son las más aptas para establecer ubicaciones en donde se pueda colocar una escombrera ya que en estas zonas causara un mínimo impacto hacia el ambiente.

3.4.6. Bosque Protector

El área donde se encuentra emplazado el proyecto de la vía se encuentra intersecando con el Bosque protector Chongon-Colonche por lo que el área de 4043,68 ha que se encuentra en el cantón de Pedro Carbo no puede ser intervenido así que basado en el mismo criterio establecido para uso y cobertura de suelos a esta área se la he denominado con el valor de 0.

Figura 7. Criterio Bosque Protector.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

3.5. PROCESO DE INTEGRACIÓN DE FACTORES

Una vez realizado el proceso de normalización de las restricciones en cada uno de los criterios y las variables reclasificadas en función de los criterios se realiza el cálculo para la obtención del algebra de mapas.

Este algebra de mapas dependerá de la superposición de cada uno de los mapas con cada criterio de restricción para que una vez evaluado cada criterio y factor este multiplique los

valores de 0 y 1 dándonos como resultado solamente las áreas factibles para el emplazamiento de una escombrera.

3.6. RESULTADOS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

Como parte del resultado final se estableció también un centro de gravedad el cual consiste en un punto medio entre todas las comunidades el cual favorezca a todo el proyecto y el cual el cual está orientado en relación con el punto de mayor demanda entre cada una de las comunidades.

Para calcular el centro de gravedad se emplea el uso de la fórmula mostrada a continuación:

$$R = \frac{\sum w_i\,(x,y)}{\sum w_i} = X = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i}, Y = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i}$$

Donde:

$w_i = La\ Población\ de\ las\ comunidades$

$X\ y\ Y = Promedio\ de\ las\ coordenadas$

$x_i, y_i = Coordenadas\ de\ los\ centros\ urbanos\ existentes$

El centro de gravedad para este estudio se lo realizo de las siguientes comunidades: Fátima, Providencia de Villao, San Pedro, Villao, El Paraíso y Nueva Fortuna.

Tabla 7. Cálculo del centro de Gravedad.

Comunidades	wi	xi	yi	wi*xi	wi*yi
Fátima	400	580349,22	9803346,17	232139688	3921338468
Providencia de Villao	250	576140,28	9799629,31	144035070	2449907328
San Pedro	300	574909,27	9798699,85	172472781	2939609955
Villao	1000	573231,57	9797052,14	573231570	9797052140
Paraíso de Villao	500	571141,66	9796585,38	285570830	4898292690
Nueva Fortuna	450	564378,17	9794062,54	253970177	4407328143

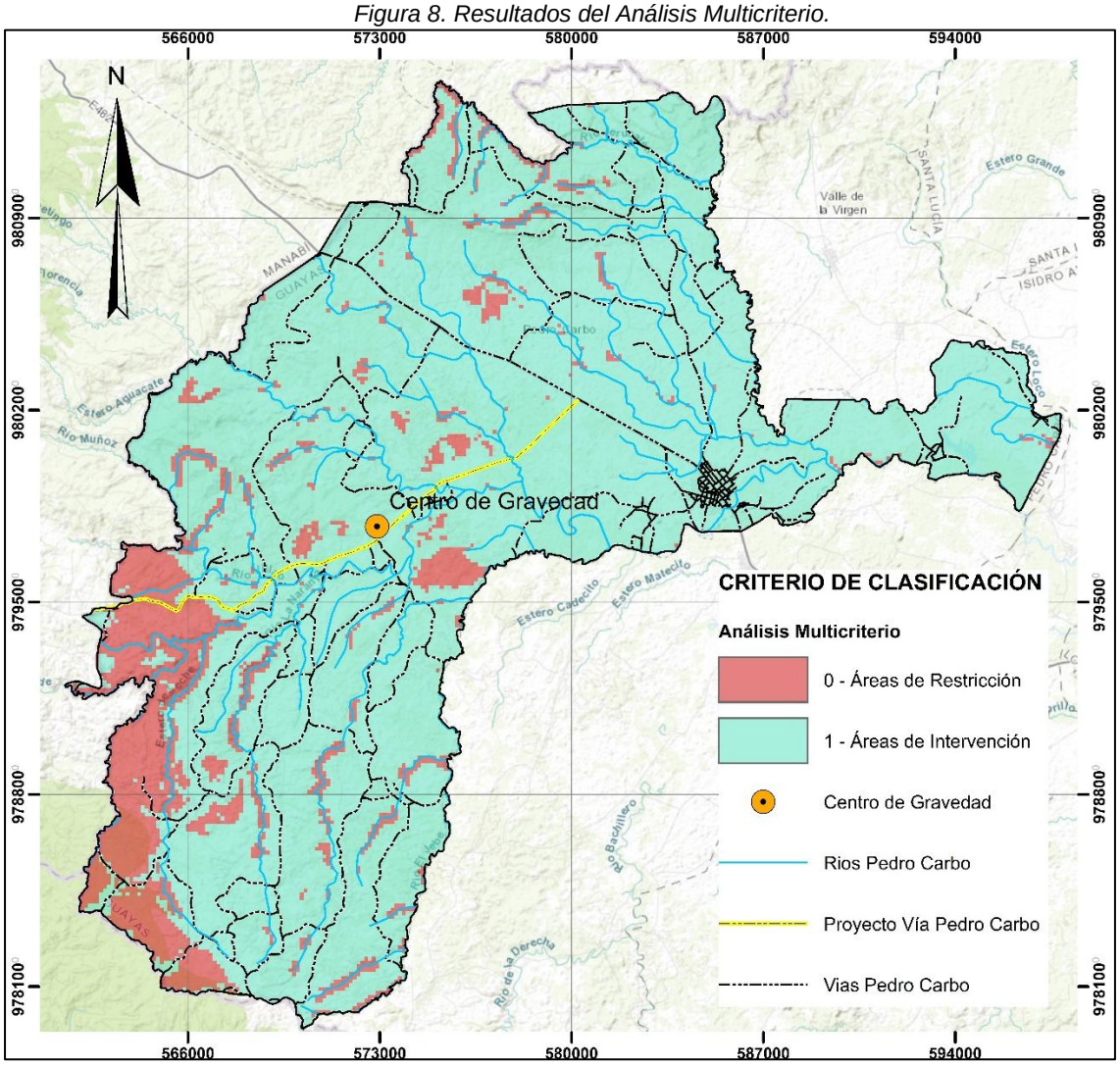
Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Por lo tanto, el centro de gravedad estaría ubicado en las siguientes coordenadas:

X= 572903,48; Y= 9797768,52

Terminado el proceso de ponderación, evaluación de criterios, factores y centro de gravedad tenemos como resultados el siguiente mapa:

Figura 8. Resultados del Análisis Multicriterio.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Una vez finalizado el análisis multicriterio del área de estudio se puede observar que las áreas más factibles para colocar una escombrera son las zonas representadas con el color turquesa. Por otro lado, se ha creado un centro de gravedad ligado a este análisis como alternativa ya que este está en medio de todo el proyecto y puede satisfacer a la demanda de los 22 km de vía.

4. UBICACIÓN DE ESCOMBRERAS

En base a las áreas de intervención identificadas se realizaron inspecciones de campo a fin de ubicar posibles sitios para la implantación final, inicialmente se determinaron 20 posibles ubicaciones considerando parámetros como el relieve, la cercanía a cursos de agua y la presencia de zonas agrícolas. Posteriormente, en campo se realizó la inspección de las zonas identificadas descartando 7 debido a la presencia de cruces de agua y zonas de cultivo. De cada zona inspeccionada se recolectó información general del entorno incluyendo fotografías aéreas para su posterior análisis en oficina (ver Figura 9). Luego del análisis de información recolectada en campo se identificaron seis zonas para el levantamiento, mismas que presentaron topografía plana sin presencia visual de cursos de agua o zonas de cultivo.

Figura 9. Fotografías aéreas de inspecciones de campo.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Figura 10. Áreas seleccionadas para el levantamiento de topografía a detalle.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

Dada la existencia de ciertos cursos de agua, presencia de zonas de cultivo y la imposibilidad de acceso a ciertos predios se realizó el levantamiento a detalla de las zonas correspondientes a la escombrera dos, tres y cinco con un área total de 4. 283, 7.778 y 4.484 Ha respectivamente.

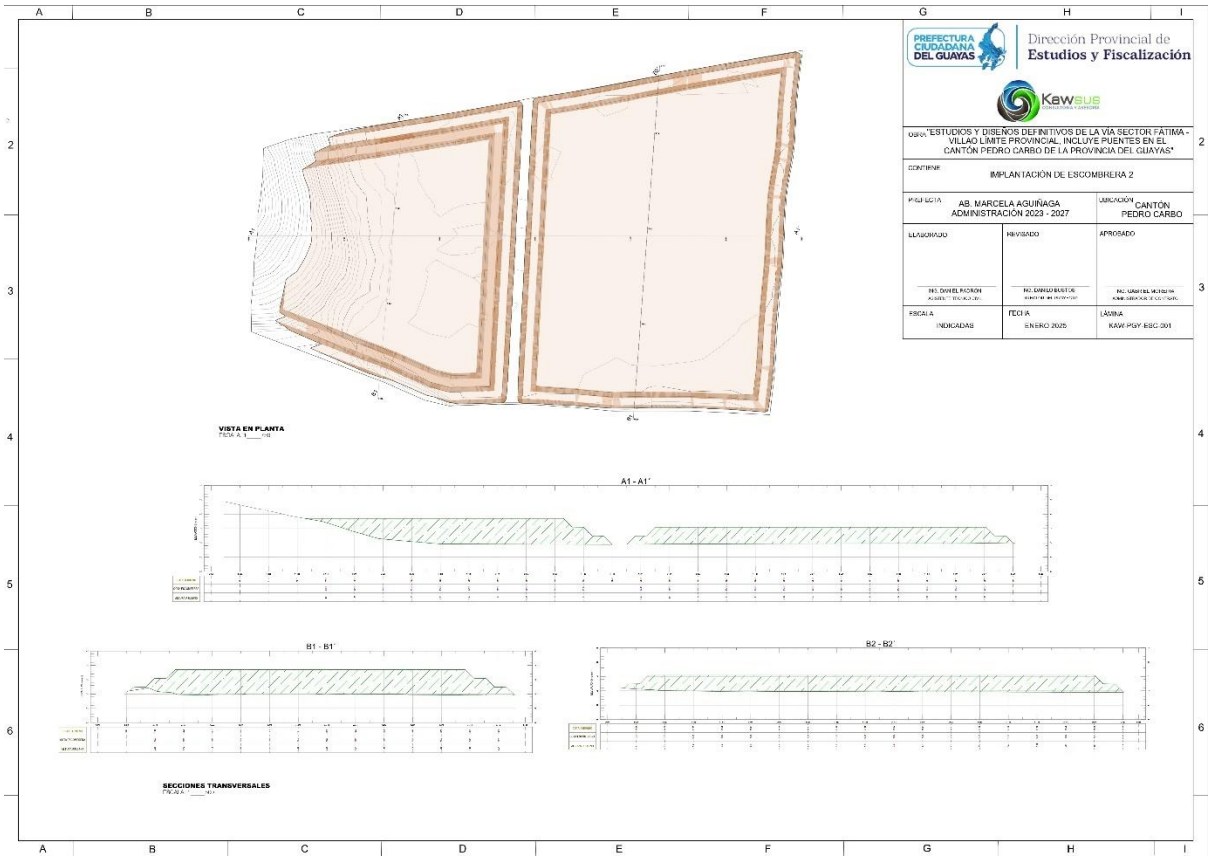
4.1. IMPLANTACIÓN DE ESCOMBRERAS

En base a la topografía de campo se implantó cada escombrera con taludes máximos de 3m con una inclinación 1:1 separados por una berma de 4m de ancho con una pendiente del 2% para garantizar el correcto drenaje.

4.1.1. Escombrera 2

Esta escombrera está conformada por dos zonas de depósito de 6 y 9 metros de altura conforme el relieve del terreno.

Figura 11. Plano de implantación de escombrera 2.

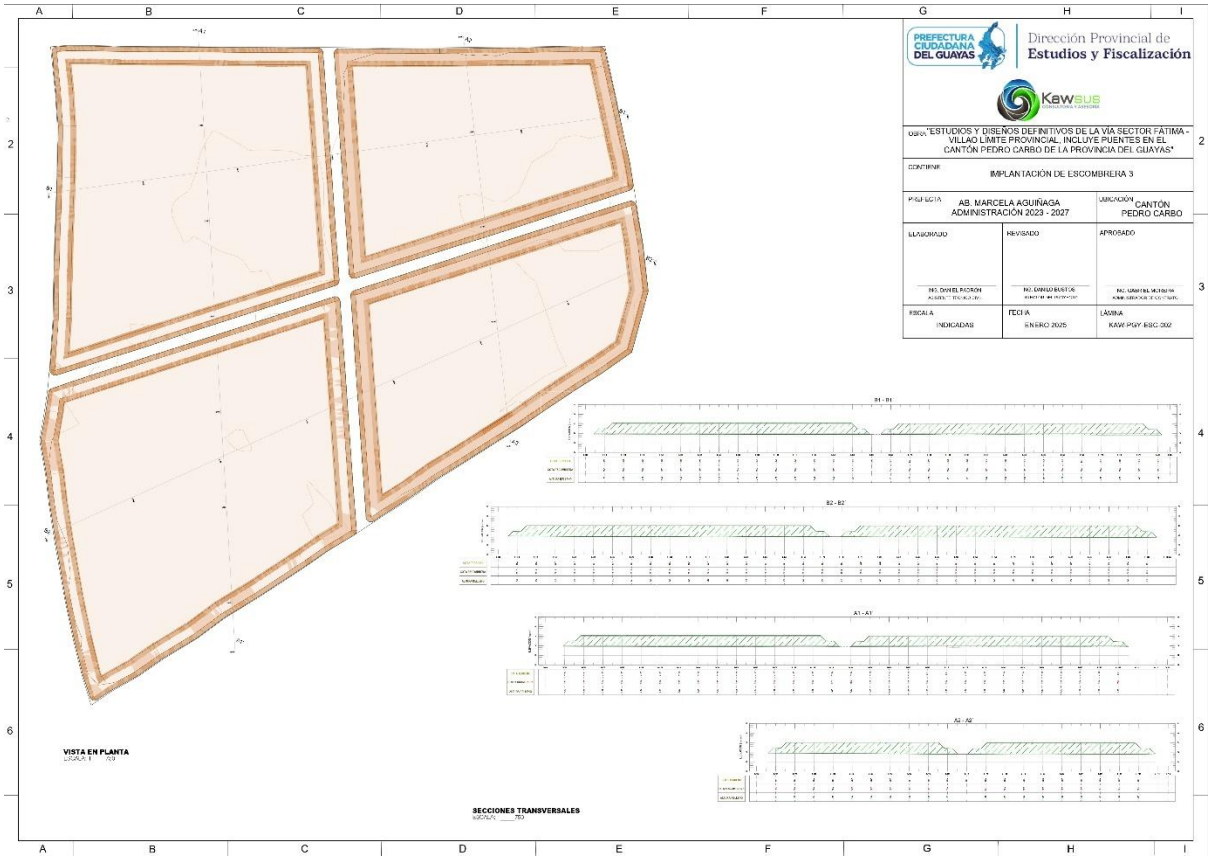


Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

4.1.2. Escombrera 3

Dada la topografía plana del lugar se han implantado escombreras de 6 metros de altura conformadas por dos zonas de depósito.

Figura 12. Plano de implantación de escombrera 3.

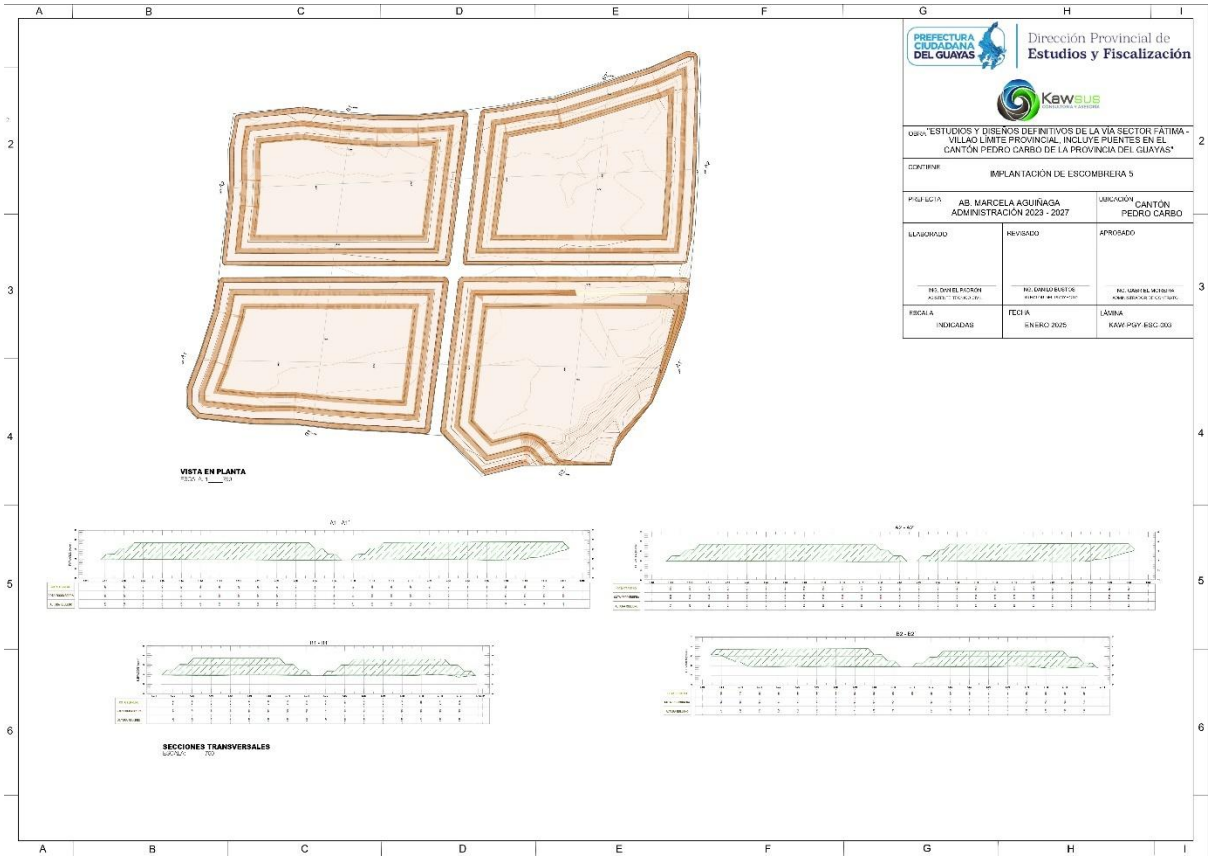


Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

4.1.3. Escombrera 5

La topografía del lugar permite alcanzar una altura de 9 metros sin impacto significativo en el paisaje por lo que se han implantado cuatro zonas de depósito de dicha altura.

Figura 13. Plano de implantación de escombrera 5.



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

En base a las distribuciones presentadas para cada escombrera se llega a una capacidad total de 836758 m^3.

Tabla 8. Capacidades de almacenamiento de escombreras.

ESCOMBRERA	VOLUMEN (m3)	ESTE	NORTE
2	212573.26	577323.997	9800470.042
3	373196.25	577555.902	9799813.371
5	250988.5	575192.975	9798845.149

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

5. DESARROLLO DE DISEÑO DE ESCOMBRERAS

5.1. CRITERIOS PARA LA UBICACIÓN DE ESCOMBRERAS

Al identificar el posible sitio para la ubicación de escombrera con toda la información anterior, se han considerado una serie de criterios técnicos, económicos, ambientales y socio-económicos; como los siguientes:

- El área de estudio está limitada por el perímetro del predio seleccionado, en los cuales se debe establecer algún acuerdo con los propietarios.

- Se analizaron las distancias de transporte de material hacia los sitios de las posibles escombreras, así también como la accesibilidad a las mismas.
- Se determino la capacidad necesaria de la escombrera, en base a los volúmenes de movimiento de tierra requeridos.

5.2. DISEÑO DE PLAN DE OBRA Y OPERACIÓN

Al identificar el posible sitio para la ubicación de escombrera con toda la información anterior, se han considerado una serie de criterios técnicos, económicos, ambientales y socio-económicos; como los siguientes:

El plan de operación comprende los procedimientos para su ejecución:

- Adecuación de la zona de trabajo, desbroce y limpieza
- Conformación de los rellenos, plataformas según diseño y planos
- Actividades de control de los niveles de diseño
- Mantenimiento de la maquinaria, equipo e instalaciones
- Seguimiento y control de efectos ambientales
- Procedimientos de Seguridad y Emergencias

5.3. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS ADOPTADOS PARA LA MODELACIÓN

En función de los ensayos realizados sobre las zonas donde se construirán las escombreras; en la siguiente tabla es exponen los parámetros geomecánicas adoptados, en función de los estudios de campo generados.

Tabla 9. Parámetros geotécnicos para modelación

Material	Cohesión (Kn/m²)	Ángulo de Fricción (Ø°)	Peso Volumétrico (Kn/m³)
Relleno	10	20	18
Suelo de cimentación	0	32	16

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

5.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD

Para el análisis de la estabilidad de la pendiente con la modificación requerida del terreno, se utilizó el software **SLIDE 2**, el mismo es un programa especializado que usa la teoría del equilibrio límite para computar el factor de seguridad de los taludes.

El análisis se lo realizó sobre los perfiles generados en función de las cantidades de material a ser excavados. A más de la geometría, tres parámetros son los que mayor influencia en el análisis: los valores de geotécnicos del material, las condiciones de agua subterránea y el coeficiente de aceleración sísmica para el análisis pseudoestático.

La resistencia al corte, se lo ha determinado mediante los ensayos geofísicos aplicando el método sísmico y la determinación de los parámetros físicos, mecánicos y elásticos del subsuelo determinados de fórmulas empíricas en función de las velocidades de onda.

En cuanto al coeficiente de aceleración sísmica, éste no debe considerarse igual a la aceleración máxima del terreno (peak ground aceleración PGA), ya sea probabilística o

determinística mente, y por tanto no se debe usar en el análisis pseudoestático, el uso del PGA resultaría en factores de seguridad excesivamente conservadores (Seed, 1979; Chwdhury. 1978). En el presente estudio, el coeficiente fue determinado en la parte sísmica, considerándose en forma general el subsuelo como tipo D, lo cual genera coeficientes de aceleración Kh=0.114 para periodo temporal.

5.5. ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE

Los movimientos de taludes han sido analizados durante muchos años utilizando las técnicas del equilibrio límite, la cual requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no es necesario datos sobre la relación esfuerzo y deformación que sufre un determinado material.

El método de equilibrio límite asume que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y las resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor FS = 1.00, es decir en equilibrio. El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en dovelas (tajadas). Con este método se asume que el factor de seguridad es igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla.

Diversos autores han propuestos varios métodos de equilibrio límite, la diferencia entre uno y otro radica en equilibrio que se tenga en el talud, ya sea equilibrio de fuerzas, equilibrio de momento o la combinación de los dos, así como en el tipo de superficie de falla presente.

5.6. COMBINACIONES CONSIDERADAS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONTEMPLADOS EN LA NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN

Para realizar la modelación del talud, es necesario considerar variables que van a intervenir en su estabilidad, tales como:

- Efecto del nivel freático sobre superficie, materiales saturados por infiltración
- Eventos sísmicos
- Tipo de materiales (perfil estratigráfico)
- Tipo de movimiento
- Combinación de eventos críticos, material saturado condiciones pseudoestáticas

En función de lo descrito, las siguientes son las condiciones de modelación solicitadas tanto en condiciones locales como globales:

Tabla 10. Condiciones de análisis de estabilidad del talud

Condiciones globales:

ID	Análisis	Condición
1.1	Actual	Estática
1.2		Pseudo-estática
2	Actual+saturada	Estática
3.1	Carga Estructural (Proyecto)	Estática
3.2		Pseudo-estática
4	Carga Estructural(Proyecto)+saturada	Estática

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2025.
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015)

En función de la tabla anterior, para la modelación no se considera carga estructural ya que el objetivo de trabajo es la conformación de la escombrera.

5.7. FACTORES DE SEGURIDAD MÍNIMOS QUE SE EXPONEN EN LA NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN PARA TALUDES

La tabla siguiente, presenta los factores de seguridad (FS) por corte mínimo, recomendados por la NEC (2015) tanto para diseño como para construcción.

Tabla 11. Factores de seguridad mínimos recomendados en la NEC (2015) para taludes

Condición	FS Corte Mínimo	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Nominal	1.5	1.25
Carga Muerta + Carga viva Máxima	1.25	1.1
Carga Muerta + Carga Viva Nominal+ Sismo de diseño pseudoestático	1.1	1.0*
Taludes condición estática y Agua Subterránea Normal	1.5	1.25
Taludes condición pseudoestática con agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	1.05	1.00*
*La demanda sísmica para los análisis pseudoestáticos será del 60% de la aceleración máxima en el terreno.		

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2025.
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015).

La estabilidad de taludes es un aspecto fundamental en proyectos geotécnicos, especialmente en el diseño y construcción de obras civiles que involucren cortes, rellenos o excavaciones en terrenos naturales. La evaluación de su estabilidad tiene como objetivo identificar posibles fallas, deslaves o movimientos que puedan comprometer la seguridad de la infraestructura o del entorno.

En el presente estudio, se realizaron análisis de estabilidad estática y dinámica de los taludes presentes en el área de interés, considerando las características litológicas, geomecánicas y geomorfológicas del terreno. Las metodologías empleadas incluyeron inspecciones visuales, clasificación de suelos, y análisis numéricos mediante software especializado.

Los parámetros críticos analizados fueron la cohesión, el ángulo de fricción interna, peso específico del suelo y la pendiente del talud. Además, se evaluó la influencia de factores externos como la erosión y las posibles actividades sísmicas en la zona. Los resultados del estudio permitieron identificar taludes potencialmente críticos y proponer medidas de mitigación, como drenajes superficiales y subterráneos, estructuras de contención, y cambios en la geometría del corte.

Estas recomendaciones buscan garantizar la estabilidad a largo plazo de los taludes, contribuyendo a la seguridad operativa del proyecto y la conservación del entorno natural. A continuación, se muestran los resultados de las estabilidades de taludes en condiciones estáticas y pseudo estáticas. Las modelaciones fueron consideradas con parámetros encontrados por correlaciones SPT y ensayos de laboratorio que permitieron la obtención de parámetros como cohesión, ángulos de fricción y pesos específicos.

Tabla-12 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil A1 – A1´ / Análisis Estático

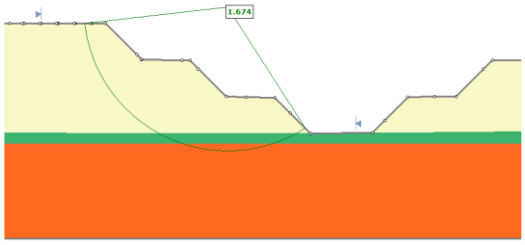
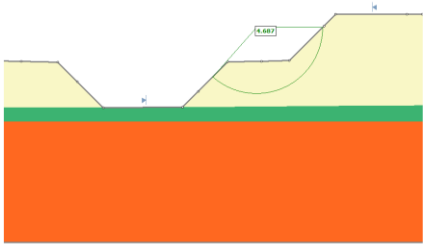
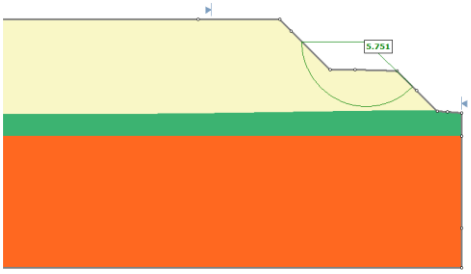
<table>
<tr><th colspan="2">ESCOMBRERA 2</th></tr>
<tr><th colspan="2">Perfil A1 – A1´</th></tr>
<tr><th>Talud 1</th><th>Talud 2</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><th colspan="2">Talud 3</th></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
</table>

Tabla-13 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Estático

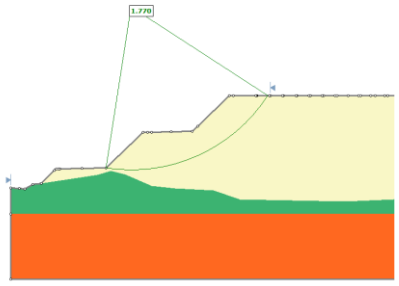
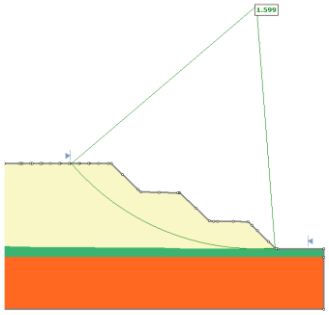
ESCOMBRERA 2	
Perfil B1 – B1´	
Talud 1	**Talud 2**
	

Tabla-14 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Estático

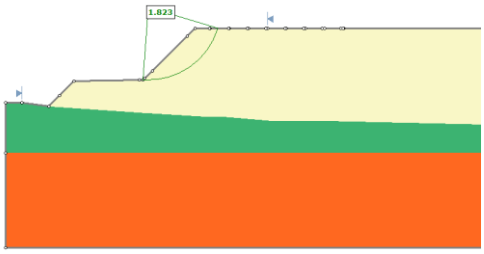
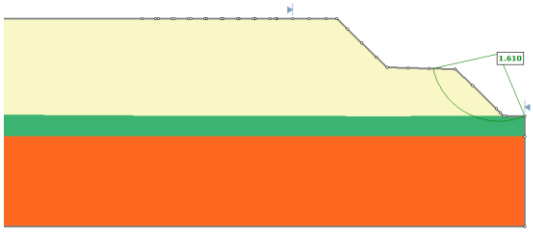
ESCOMBRERA 2	
Perfil B2 – B2´	
Talud 1	**Talud 2**
	

Tabla-15 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil A1 – A1´ / Análisis Estático

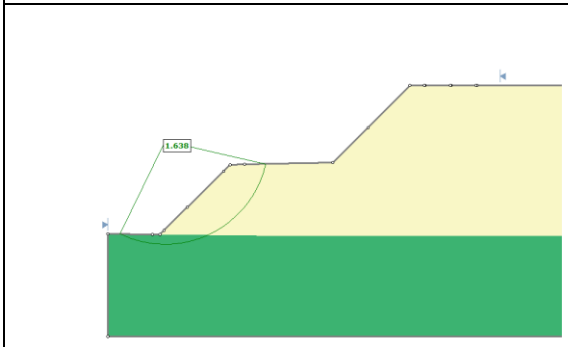
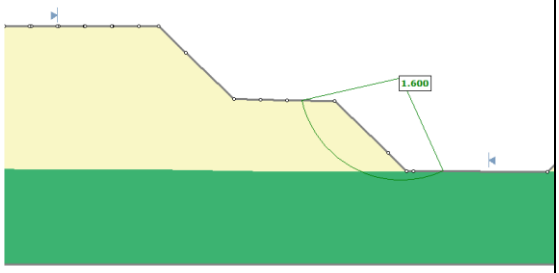
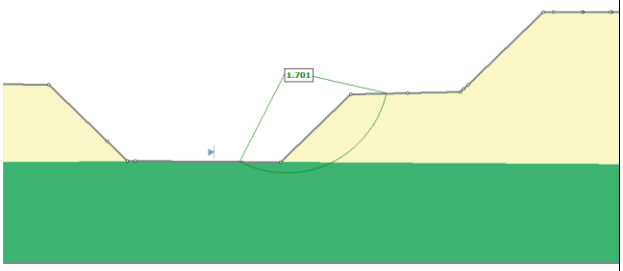
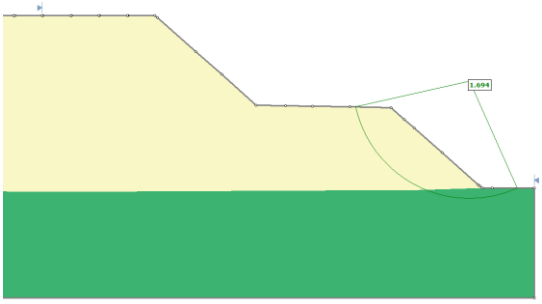
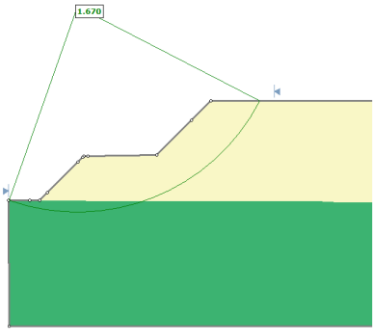
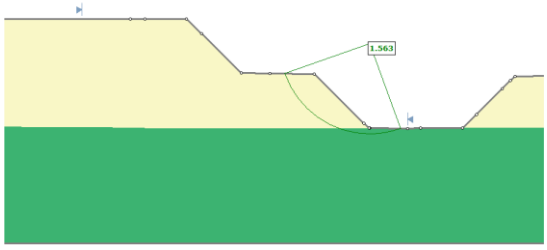
ESCOMBRERA 3	
Perfil A1 – A1´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-16 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil A2 – A2´ / Análisis Estático

ESCOMBRERA 3	
Perfil A2 – A2´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**

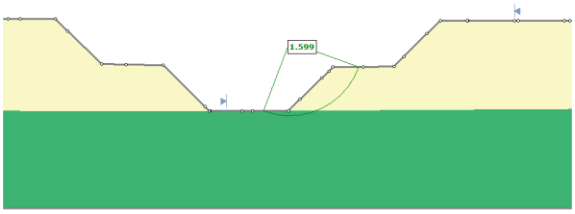
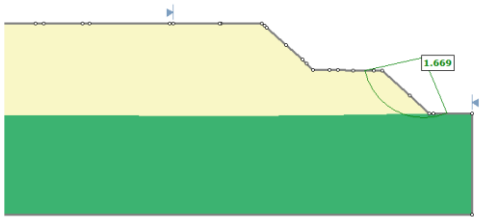
	

Tabla-17 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Estático

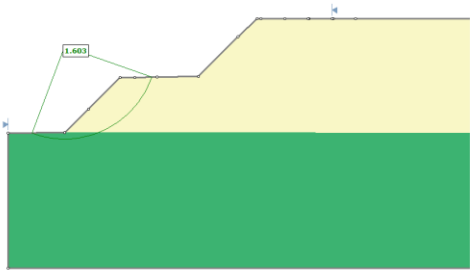
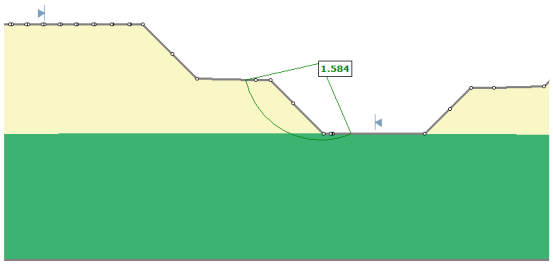
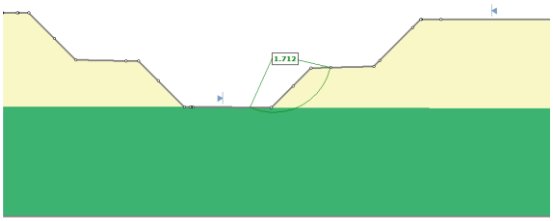
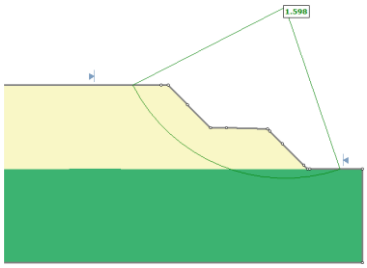
ESCOMBRERA 3	
Perfil B1 – B1´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-18 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Estático

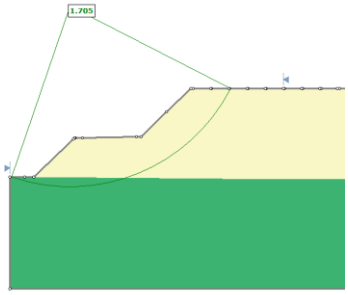
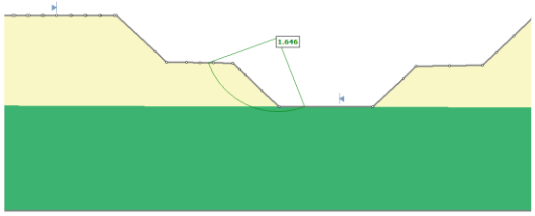
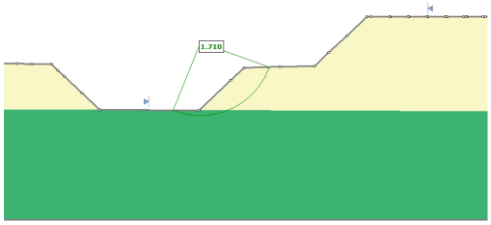
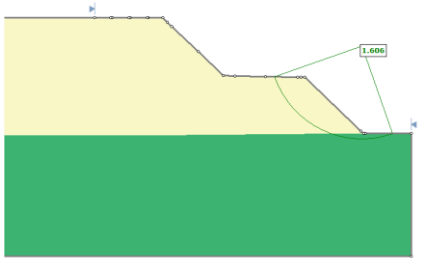
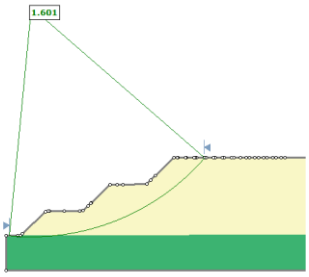
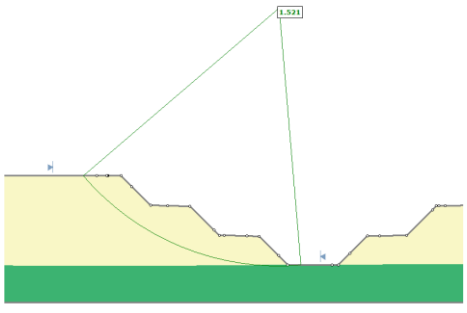
ESCOMBRERA 3	
Perfil B2 – B2´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-19 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil A1 – A1´ y A2 – A2´ / Análisis Estático

ESCOMBRERA 5	
Perfil A1 – A1 y A2 – A2´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**

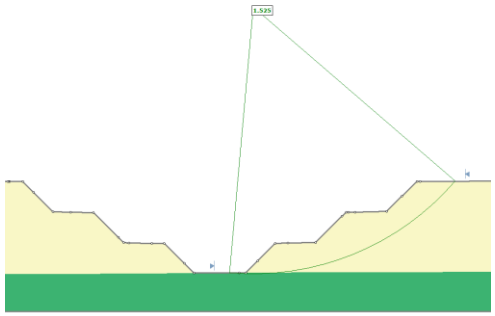
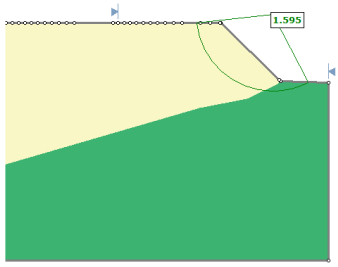
	

Tabla-20 Factores de seguridad Escombrera 5 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Estático

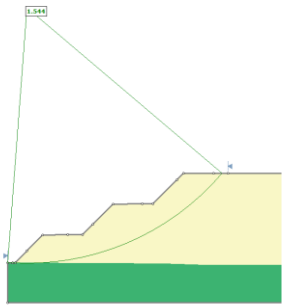
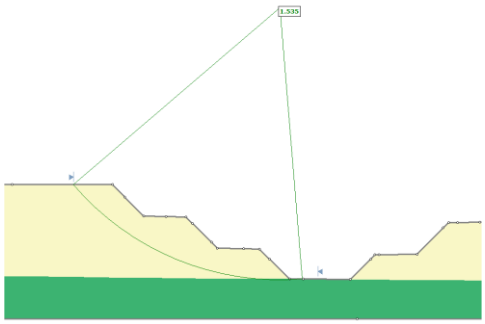
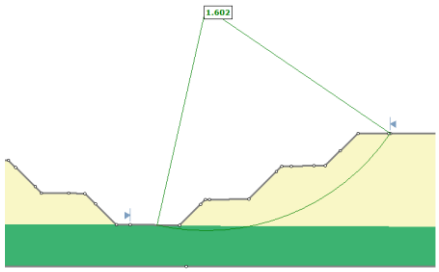
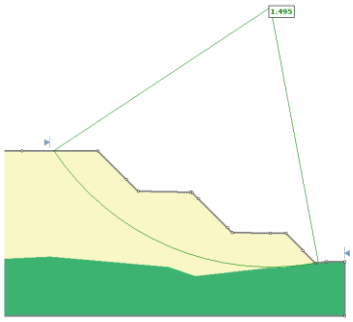
ESCOMBRERA 5	
Perfil B1 – B1´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-21 Factores de seguridad Escombrera 5 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Estático

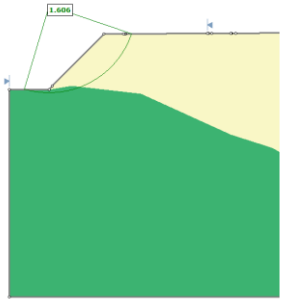
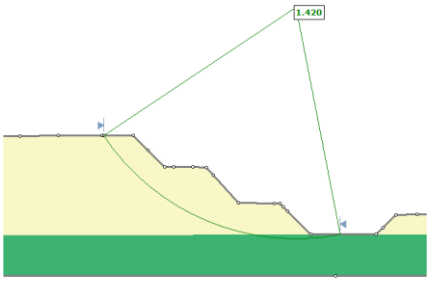
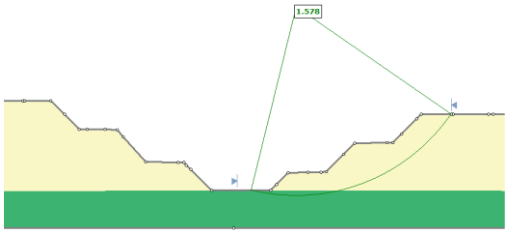
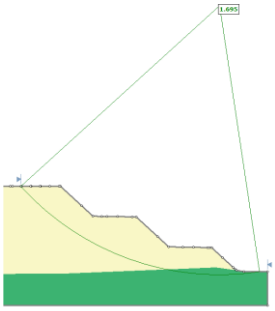
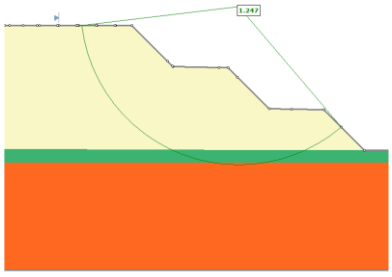
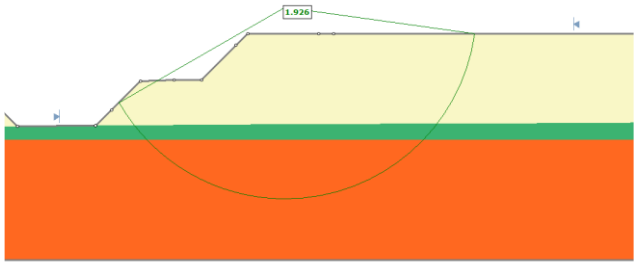
ESCOMBRERA 5	
Perfil B2 – B2´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-22 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil A1 – A1´ / Análisis Pseudoestatico

ESCOMBRERA 2	
Perfil A1 – A1´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	

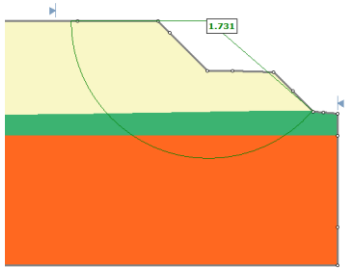


Tabla-23 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Pseudoestatico

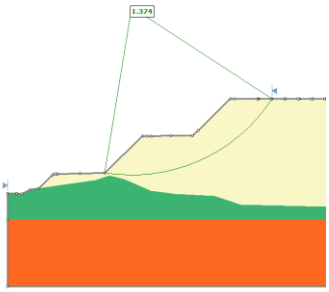
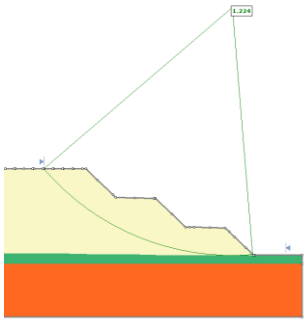
ESCOMBRERA 2	
Perfil B1 – B1´	
Talud 1	**Talud 2**
	

Tabla-24 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Pseudoestatico

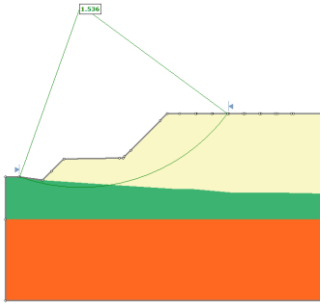
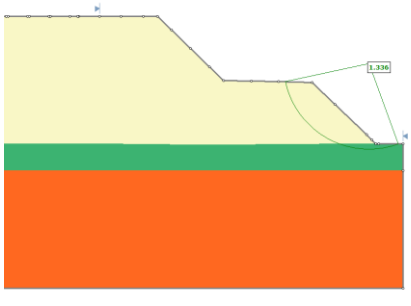
ESCOMBRERA 2	
Perfil B2 – B2´	
Talud 1	**Talud 2**
	

Tabla-25 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil A1 – A1´ / Análisis Pseudoestatico

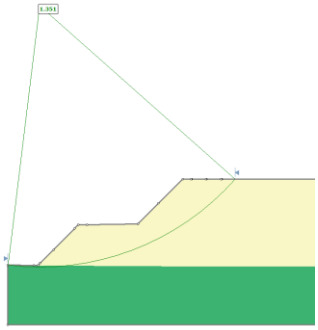
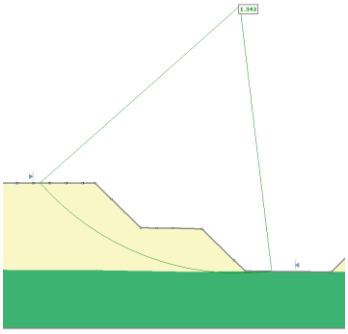
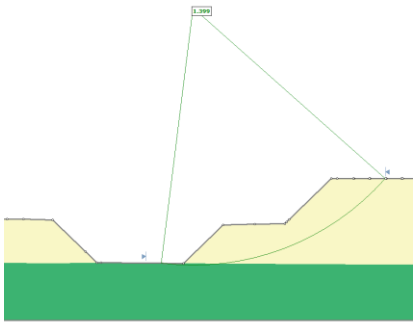
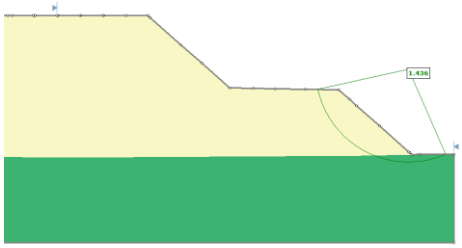
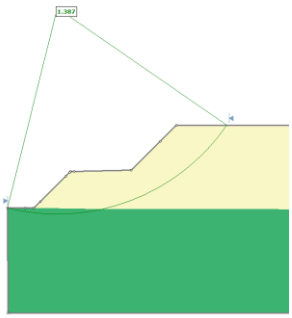
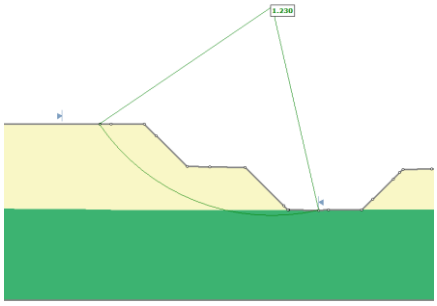
ESCOMBRERA 3	
Perfil A1 – A1´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-26 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil A2 – A2´ / Análisis Pseudoestatico

ESCOMBRERA 3	
Perfil A2 – A2´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**

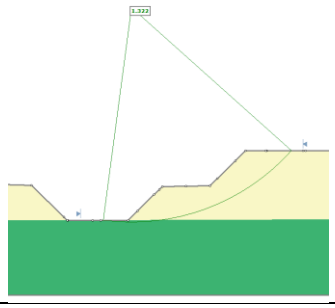
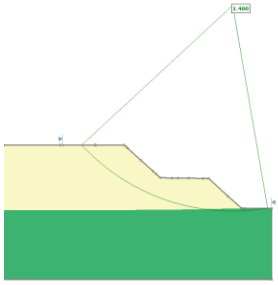
	

Tabla-27 Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Pseudoestatico

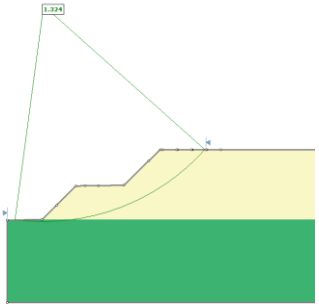
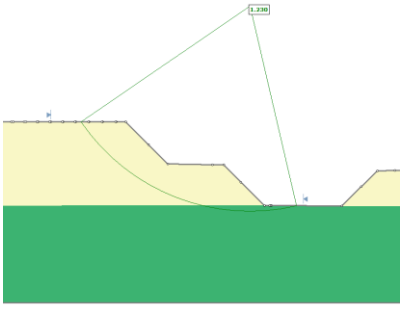
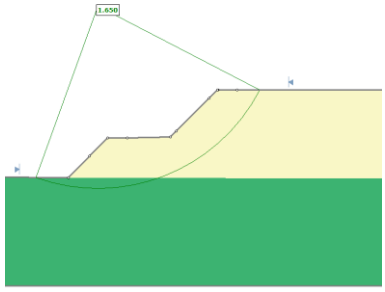
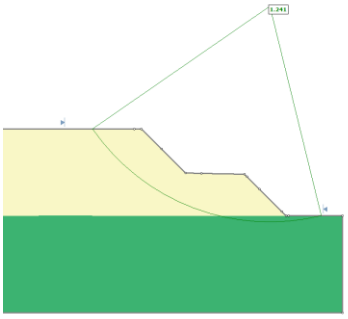
ESCOMBRERA 3	
Perfil B1 – B1´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-28 *Factores de seguridad Escombrera 3 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Pseudoestatico*

ESCOMBRERA 3	
Perfil B2 – B2´	
Talud 1	**Talud 2**

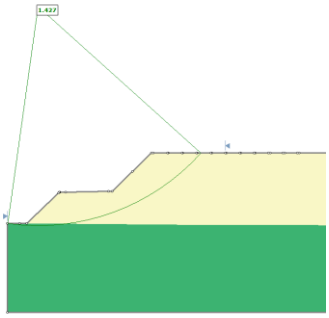
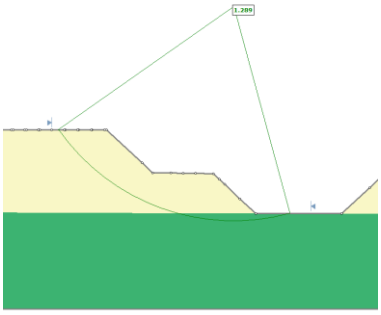
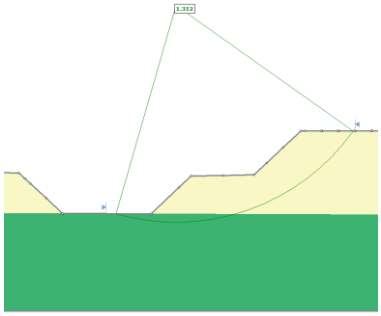
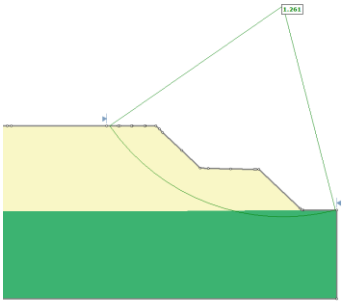
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-29 Factores de seguridad Escombrera 2 / Perfil A1 – A1´ y A2 – A2´ / Análisis Pseudoestatico

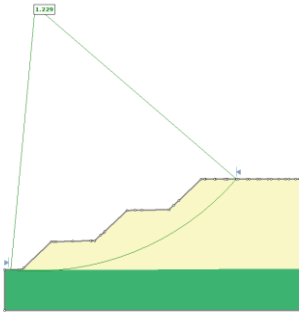
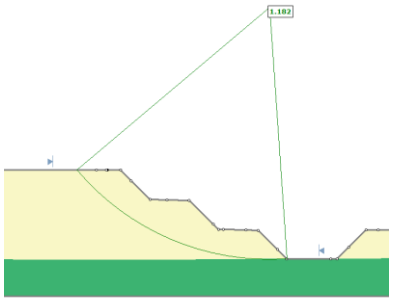
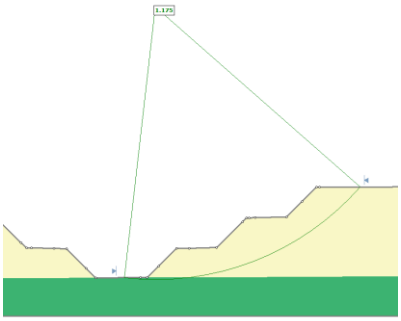
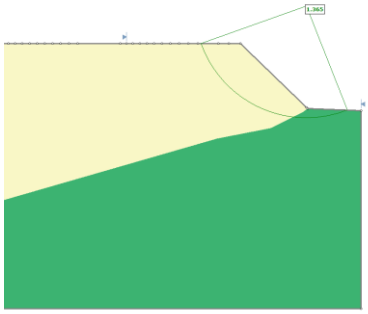
ESCOMBRERA 5	
Perfil A1 – A1 y A2 – A2´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-30 Factores de seguridad Escombrera 5 / Perfil B1 – B1´ / Análisis Pseudoestatico

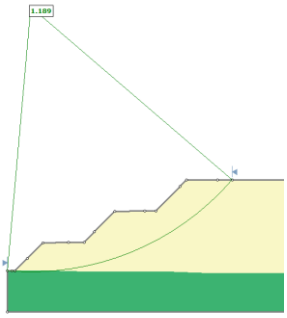
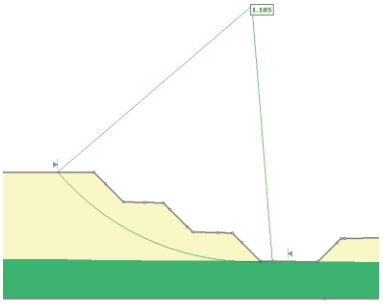
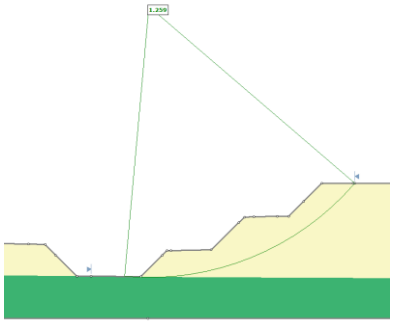
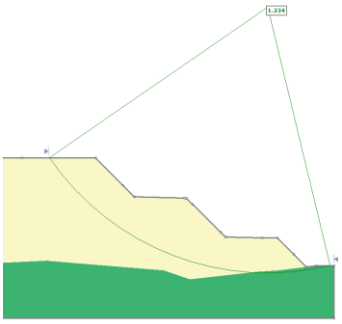
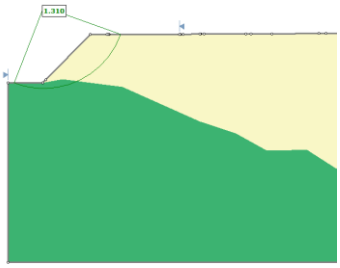
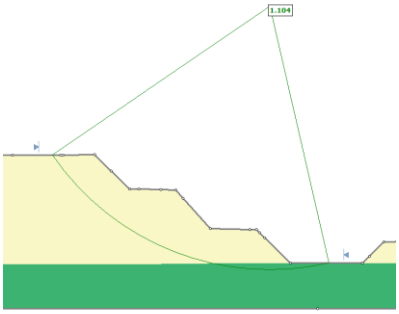
ESCOMBRERA 5	
Perfil B1 – B1´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**
	

Tabla-31 Factores de seguridad Escombrera 5 / Perfil B2 – B2´ / Análisis Pseudoestatico

ESCOMBRERA 5	
Perfil B2 – B2´	
Talud 1	**Talud 2**
	
Talud 3	**Talud 4**

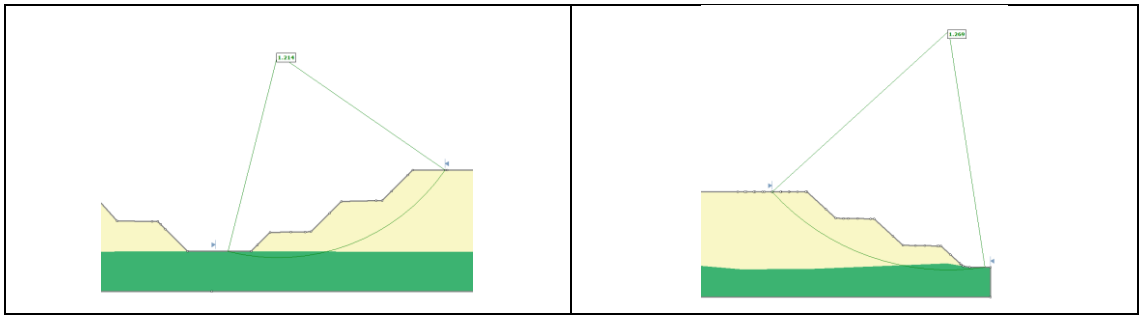


Tabla-32 Tabla resumen, análisis de estabilidad de taludes de escombreras

Factores de seguridad				
Escombrera	**Perfil**	**Talud**	**FS Estático**	**FS Pseudoestatico**
2	A1-A1´	1	1.67	1.24
	A1-A1´	2	4.68	1.93
	A1-A1´	3	5.75	1.73
	B1 – B1´	1	1.7	1.37
	B1 – B1´	2	1.6	1.22
	B2 – B2´	1	1.82	1.54
	B2 – B2´	2	1.61	1.34
3	A1-A1´	1	1.64	1.35
	A1-A1´	2	1.6	1.34
	A1-A1´	3	1.7	1.4
	A1-A1´	4	1.69	1.44
	A2-A2´	1	1.67	1.39
	A2-A2´	2	1.56	1.23
	A2-A2´	3	1.6	1.32
	A2-A2´	4	1.67	1.40
	B1 – B1´	1	1.6	1.32
	B1 – B1´	2	1.58	1.23
	B1 – B1´	3	1.71	1.65
	B1 – B1´	4	1.6	1.24
	B2 – B2´	1	1.71	1.43
	B2 – B2´	2	1.65	1.29
	B2 – B2´	3	1.71	1.31
	B2 – B2´	4	1.6	1.26
5	A1 – A1 y A2 – A2´	1	1.6	1.23
	A1 – A1 y A2 – A2´	2	1.52	1.18
	A1 – A1 y A2 – A2´	3	1.52	1.76
	A1 – A1 y A2 – A2´	4	1.6	1.37
	B1 – B1´	1	1.54	1.19
	B1 – B1´	2	1.54	1.19
	B1 – B1´	3	1.60	1.26
	B1 – B1´	4	1.5	1.23
	B2 – B2´	1	1.61	1.31
	B2 – B2´	2	1.42	1.104
	B2 – B2´	3	1.58	1.21
	B2 – B2´	4	1.7	1.27

Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024

5.8. ASENTAMIENTOS

El análisis de asentamientos de la escombrera, modelada mediante el software GEO5, permitió obtener información detallada sobre el comportamiento del terreno frente a las cargas generadas por el depósito de material. Los resultados mostraron asentamientos totales y diferenciales que se mantienen dentro de rangos aceptables para garantizar la estabilidad de la estructura y la seguridad de las operaciones.

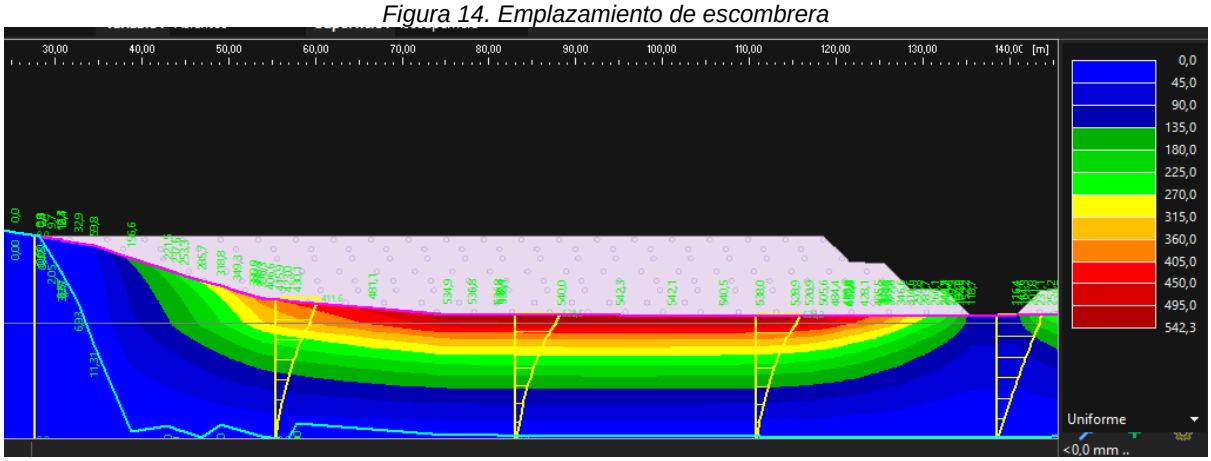
Se observaron deformaciones inmediatas asociadas a la respuesta elástica del suelo, así como asentamientos consolidados vinculados a la disipación de presiones intersticiales en estratos cohesivos. Las mayores deformaciones se concentraron en zonas específicas donde las características del terreno mostraron una menor capacidad portante.

Los cálculos indicaron que el asentamiento total estimado se encuentra dentro de los límites permisibles, sin generar afectaciones críticas en la estabilidad de la escombrera. Asimismo, los asentamientos diferenciales fueron mínimos, lo que reduce la posibilidad de deformaciones que pudieran comprometer la funcionalidad del depósito.

Estos resultados respaldan la viabilidad técnica del diseño actual de la escombrera y refuerzan la importancia de un monitoreo continuo durante su operación para identificar y mitigar posibles variaciones en las condiciones del terreno.

Los asentamientos esperados como se detalla en el Anexo 5 con su respectiva memoria de cálculo siendo los mismos de 50cm aproximadamente siendo los mismo inaceptables para la construcción o emplazamiento de las escombreras.

Figura 14. Emplazamiento de escombrera



Elaboración: Equipo Consultor Kawsus Cía. Ltda. 2024.
Fuente: Kawsus Cía. Ltda. 2024.

6. BIBLIOGRAFÍA

Ángeles, D. R. (2013). Compendio de GEOLOGIA General. Lima: MACRO

Braja M.: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, THOMSON LEARNING, 594 (1999).

Braja M.: Principios de Ingeniería de Cimentaciones. THOMSON LEARNING, 594 (2001)

Bowles, J. (1982). Foundation analysis and design – International student edition, Third Edition. McGraw-Hill International Book Company, pp 130-159.

Gonzales, A. (1999). Estimativos de parámetros de resistencia al corte con el SPT. X Jornadas Geotécnica de la Ingeniería Colombiana. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2009). Chile

Hoek, E. and Bray, J. (1977). Rock Slope Engineering, 1 st edn, Inst. Minning and Metallurgy, London, UK.

Hoek, E. and Bray, J. (2005). Rock Slope Engineering - Civil and Minning. Taylor & Francis e-Library, New York, NY 10016, pp 176-187.

Hoek, E. and Brown, E. (1988). The Hoek -Brown failure criterion, a 1988 update. Proc. 15a Canadian Rock Mechanics Symposium. Univ. Toronto.

L. I. G. d. Vallejo, M. Ferrer, L. Ortuño y C. Oteo, INGENIERÍA GEOLÓGICA, Madrid: PEARSON EDUACIÓN, 2002.

López, R. (2003). Determinación in situ de propiedades ingenieriles de los suelos y su relación con el ensayo normal de penetración. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015). Capítulo V. Geotecnia y Cimentaciones

NEVI-12_Volumen_3. (2013). Volumen 3 Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos y Puentes. Quito: Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP.

Nuñez Del Arco. GEOLOGIA DEL ECUADOR. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 253, (2003)

Patrone Y Prefumo. La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones. Métodos de prevención y control. Primeras Jornadas de Ingeniería de Cimentaciones. 2005

Programa de Financiamiento para Gestión de Riesgos Del Banco del Estado, 2010

Prevención de desastres naturales en la cuenca del Paute, PRECUPA, Informe Final, marzo 1998

SUAREZ, Jaime. Deslizamientos, ANALISIS GEOTECNICO, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. 582, (1998).