



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

TEMA:

Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

AUTOR:

Ing. Agro. Sánchez Fernández Rodrigo Alberto

**Previo a la obtención del Grado Académico:
Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía
Automatizada y Fotogrametría Digital**

**Guayaquil, Ecuador
2026**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA
AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Ingeniero Agrónomo **Rodrigo Alberto Sánchez Fernández**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital**.

REVISOR

Ing. Neptali Armando Echeverría Llumipanta

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Armando Echeverría

Guayaquil, a los 08 del mes de abril del año 2026



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA
AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Rodrigo Alberto Sánchez Fernández

DECLARO QUE:

El trabajo **“Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).”** previa a la obtención del **Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de investigación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 08 del mes de abril del año 2026

EL AUTOR



Firmado electrónicamente por:
**RODRIGO ALBERTO
SANCHEZ
FERNANDEZ**

Rodrigo Alberto Sánchez Fernández



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA
AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

AUTORIZACIÓN

Yo, Rodrigo Alberto Sánchez Fernández

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital** titulado: **“Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 08 del mes de abril del año 2026

EL AUTOR:



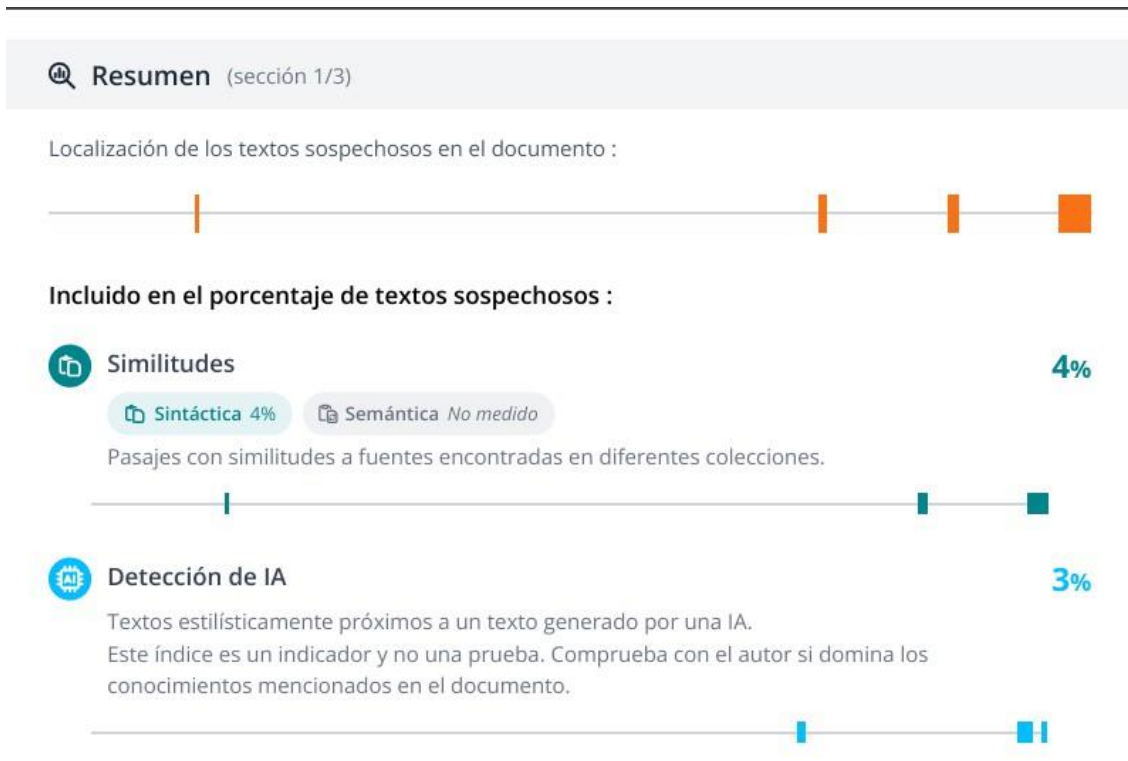
firmado electrónicamente por:
**RODRIGO ALBERTO
SANCHEZ
FERNANDEZ**

Rodrigo Alberto Sánchez Fernández



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA
AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL

REPORTE COMPILATIO



AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía constante y mi mayor fortaleza a lo largo de este importante proceso de mi vida. Por haberme concedido salud, sabiduría y la capacidad de tomar decisiones que me permitan crecer no solo a nivel profesional, sino también como ser humano. Su presencia en cada etapa de este camino, en aquellos momentos de dificultad, incertidumbre y desafío me sostuvo con su apoyo y me permitió continuar.

A través de la oración, he encontrado en Él la claridad para reconocer mis errores, la humildad para aprender de ellos y la fortaleza para corregir mi rumbo. Ha sido quien ha iluminado mis pensamientos y ha orientado mis acciones, recordándome siempre la importancia de actuar con valores, perseverancia y fe.

Este logro no habría sido posible sin su amor infinito y su compañía silenciosa pero constante, que me impulsó a no rendirme y a seguir adelante a pesar de los obstáculos. Cada paso dado durante este proceso ha estado acompañado de su bendición, permitiéndome llegar hasta este momento con gratitud en el corazón.

Rodrigo A. Sánchez Fernández

DEDICATORIA

A mis padres quienes se merecen toda mi vida, mis logros, esfuerzos y metas: A mi madre Lizzette Fernández por haber sido pilar fundamental en cada proceso y decisión en la que he tomado gracias a su amor incondicional, enseñanzas, consejos y ejemplo en toda mi vida. A mi padre Fabián Sánchez por ser un gran amigo y enseñarme que la vida a pesar de ser difícil siempre encontraras respaldo y apoyo en las personas que más te quieren y quieren lo mejor para ti.

A mi hermana mayor Darlene por ser esa mujer virtuosa, la cual siempre ha cuidado de mí y que es un ejemplo de vida, constancia y perseverancia en todo lo que ha logrado, inclusive su logro más grande que es ser la mejor madre para mis tres hermosos sobrinos. A mi hermana menor Sussy con quien crecí aprendiendo más de ella, que ella de mí y me demostró con su humildad, amor y servicio hacia las personas que más necesitan, que aún existen personas que pueden cambiar el mundo con empatía.

A mis abuelos que hoy me guían desde el cielo, Alberto Fernández y Gustavo Sánchez, quienes me enseñaron que la familia es lo más importante al ser unos excelentes padres, esposos, abuelos, quienes me inculcaron la empatía y humildad que debe tener una persona para lograr sus objetivos. Estoy seguro que se sienten orgullosos de la persona en la que me estoy convirtiendo.

Rodrigo A. Sánchez Fernández

INDICE

1. Introducción y Problemática	2
2. Objetivo general	5
2.1 Objetivos específicos	5
3. Marco Conceptual	6
4. Datos y fuentes	9
5. Metodología.....	10
6. Resultados.....	15
8. Discusión y justificación del sitio recomendado	23
9. Conclusiones y recomendaciones	26
9.1 Conclusiones	26
9.2 Recomendaciones	26
10. Bibliografía	28

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de área de estudio.....	12
Figura 2 Configuración inicial del proyecto en el complemento QGIS AHP Plugin	13
Figura 3 Definición de criterios en QGIS AHP Plugin.....	14
Figura 4 Matriz de comparación por pares.....	15
Figura 5 Resumen de ponderaciones obtenidas mediante el método AHP en QGIS ...	16
Figura 6 Mapa de Susceptibilidad a Inundaciones.....	18
Figura 7 Mapa de zonas inundadas.....	19
Figura 8 Mapa Red de vías primarias	20
Figura 9 Mapa de pendientes	21
Figura 10 Mapa de cobertura de suelo	22
Figura 11 Mapa de instituciones públicas	23
Figura 12 Mapa de idoneidad.....	24
Figura 13 Selección del cantón	25

1. Introducción y Problemática

La provincia del Guayas es considerada una de las provincias más pobladas y con mayor movimiento en Ecuador, en donde la actividad económica del país, la parte social y productiva son claves para el funcionamiento de toda la región ecuatoriana. Aproximadamente, se conoce que existe más de 4 millones de habitantes, lo cual determina una alta densidad poblacional que proporcionalmente representa alta capacidad de infraestructura urbana, industrial y de transporte (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023). Estos datos ubican a esta provincia como un punto estratégico para el desarrollo nacional, pero así mismo, está expuesta a un sin número de eventualidades de origen natural, ubicándolo como una provincia vulnerable.

En años últimos, Guayas, ha tenido diversos momentos naturales como inundaciones, incendios, accidentes industriales, y otras eventualidades asociados a riesgos naturales y tecnológicos. Se han registrado aproximadamente 200 inundaciones y casi 50 colapsos estructurales en la provincia, en donde de manera deliberada, las autoridades se han visto obligadas a activar el COE provincial (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2024). De manera particular, en las zonas bajas han existido inundaciones lo cual es una de las consecuencias con una alta amenaza en esta región litoral del Ecuador, donde en definitiva han existido afectaciones en viviendas, vías, actividades productivas, etc.

Cuando se habla de planificación territorial es importante comprender como la gestión integral del riesgo se convierte en una parte importante para tomar decisiones en diferentes estados del gobierno. En tal virtud y en la actualidad, una de estas herramientas importantes para coordinar distintas acciones cuando existen emergencias es el Centro de Operaciones de Emergencia (COE), la cual está encargada de articular en diferentes entidades, ya sean público o privadas, respuestas rápidas para evitar o contrarrestar cualquier siniestro.

Para garantizar la operatividad y la adaptación del futuro Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P), hay que determinar 6 ámbitos que se deben cumplir para determinar la idoneidad de este centro basado en la gestión de riesgos. En primer

lugar, el acceso: el lugar que se fuera a seleccionar debe tener y presentar una adecuada conexión con la red vial principal del Guayas, ya que de esta manera se permite el acceso eficiente y eficaz desde diferentes partes de la provincia y así se facilite la movilización y transporte del recurso humano para la pronta atención a cualquier eventualidad que se presente. En segundo lugar, es importante la aptitud y disponibilidad de un suelo: este es importante ya que se necesita una superficie continua y que su uso sea compatible con los planes de ordenamiento territorial, en donde se eviten trámites de reclasificación y posibles conflictos normativos. Tercero, la exposición a amenazas naturales: los modelos provinciales de inundación restringen la búsqueda a zonas con un índice igual o inferior a 0.3, de tal forma se logre proteger la continuidad operativa durante eventos hidrometeorológicos severos a desarrollarse mucho más en temporada invernal.

En cuarto lugar, se considera la morfología del terreno: el Modelo Digital de Elevación muestra que las cotas se mantienen entre seis y veinte metros sobre el nivel del mar, con pendientes menores al 2 %. Estas condiciones favorecen el desarrollo del proyecto, ya que reducen la necesidad de realizar movimientos de tierra y permiten que en el futuro se puedan realizar ampliaciones con mayor facilidad. Como quinto punto, tener en cuenta la verificación física utilizando teledetección: usar imágenes satelitales que permitan identificar cuerpos de agua y usos incompatibles que a menudo no se encuentran en una cartografía oficial, proporcionando así una evaluación más actualizada y coherente del entorno. Finalmente se incorpora la proximidad a instituciones públicas como un criterio complementario dentro del análisis. Este aspecto considera la cercanía a entidades clave para la gestión de emergencias, tales como hospitales, cuerpos de bomberos, unidades policiales y organismos de respuesta.

2. Objetivo general

Determinar la localización óptima para un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial en la provincia del Guayas, mediante técnicas de análisis espacial y un modelo de evaluación multicriterio utilizando SIG.

2.1 Objetivos específicos

- Aplicar técnicas de análisis multiespacial utilizando QGIS
- Integrar datos espaciales como variables de formato vector o ráster para considerar el mejor sitio.
- Realizar una evaluación multicriterio para definir la ubicación óptima
- Generar mapas técnicos que representen la solución propuesta.

3. Marco Conceptual

El análisis multicriterio utilizando SIG, con el tiempo se ha ido convirtiendo en una metodología estratégica que predomina para encontrar infraestructuras complejas, puesto que permite entrelazar información y datos espaciales heterogéneos con juicios de expertos (Malczewski & Rinner, 2015). Existen varios modelos que pueden ser utilizados para cumplir con este fin, cada una con fortalezas y limitaciones que es importante diferenciar al momento de tomar decisiones para poder utilizarlas en el presente estudio.

El primer modelo corresponde a los métodos jerárquicos de ponderación, entre los que destacan el Analytic Hierarchy Process (AHP) y su extensión, el Analytic Network Process (ANP). El método AHP permite descomponer el problema en diferentes jerarquías, lo que facilita su análisis. A partir de esta estructura se realizan comparaciones por pares entre los criterios, con el fin de determinar su nivel de importancia relativa y obtener coeficientes de prioridad. Además, el método incorpora un índice de coherencia que permite verificar si los juicios realizados durante las comparaciones son consistentes (Saaty, 1980). La principal ventaja de este enfoque es su transparencia y facilidad de seguimiento en el proceso de toma de decisiones. La lógica utilizada puede explicarse de manera clara tanto a autoridades como a actores del sector privado. Además, su aplicación resulta sencilla en QGIS, ya que puede implementarse mediante complementos como MCDA o SAGA Spatial Multi-criteria Evaluation, lo que facilita su uso dentro del análisis espacial (Malczewski, 1999). Aunque tiene cierta limitación cuando asume independencia entre criterios; cuando existen evidentemente ciertas retroalimentaciones, el ANP presenta una solución, pero es mucho más complejo (Ho et al., 2012).

Un segundo modelo refiere a métodos de concordancia o comúnmente conocido como outranking, entre estos: Electre, Promethee. Estos algoritmos se relacionan en dominancia parcial entre soluciones, sin necesidad de exigir una normalización entre todas las variables en una misma escala, lo cual los hace robustos frente a indicadores cualitativos (Govindan & Jepsen, 2016). Sin embargo, desde un punto lógico no es tan

intuitiva para usuarios que no están familiarizados con la teoría de decisión y la cantidad de parámetros, por lo cual crece rápidamente, y dificulta la exposición de resultados en procesos participativos (Behzadian et al., 2010).

Una tercera línea de análisis corresponde a los métodos basados en la aproximación a la solución ideal, como Topsis y Vikor. Estos métodos resultan útiles cuando todos los atributos evaluados son de tipo cuantitativo. Su funcionamiento consiste en ordenar o clasificar las alternativas de acuerdo con su distancia respecto a un escenario considerado “ideal” y otro “antideal”, utilizando para ello medidas como la distancia euclidiana (Chen, 2012). No obstante, según algunas fuentes y estudios que se han realizado con anterioridad, mencionan que el ranking final se puede llegar a alterar fácilmente si es que por algún motivo llegara a variar las ponderaciones, por más pequeñas que sean la mismas, de tal forma, esto obliga a hacer algunos análisis mucho más extensos de sensibilidad (Li et al., 2022).

Como último punto, existen los enfoques difusos y meta heurísticos, uno de ellos es el Fuzzy-AHP, también la redes neuronales y algoritmos genéticos. Si tenemos en cuenta este método, nos permite introducir la incertidumbre presente en algunos procesos para tomar decisiones y de tal forma, hacen mucho más fácil la exploración de un amplio conjunto de posibles soluciones (Kahraman & Kaya, 2019). No obstante aplicar este método requiere identificar algunas funciones de pertenencia o ajustar parámetros de evolución, lo que conlleva un mayor conocimiento estadístico y una mayor capacidad para procesar. Estos requisitos demandan más tiempo y también recursos informáticos, por lo que superan o sobrepasan el alcance temporal y presupuestario del presente estudio.

Analizando y haciendo una revisión exhaustiva de estas principales metodologías de análisis multicriterio, se establece que la combinación del Analytic Hierarchy Process (AHP) con el método de Weighted Linear Combination (WLC) permite mantener un balance adecuado entre el rigor técnico, la claridad en el proceso de toma de decisiones y la factibilidad de su aplicación para definir la ubicación más adecuada de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P). El problema puede

organizarse en una estructura jerárquica que incluye factores como la accesibilidad vial, la exposición a amenazas naturales, la compatibilidad del uso del suelo y las condiciones topográficas del terreno. Esta forma de estructurar el análisis se ajusta bien al enfoque del AHP, ya que el método permite comparar los distintos criterios entre sí para establecer su importancia relativa y transformarla en valores numéricos de prioridad. Además, la consistencia de estas comparaciones puede evaluarse mediante el índice de consistencia propuesto por Saaty, lo que aporta mayor confiabilidad al proceso de decisión (Saaty, 1980).

Si comparamos con otros métodos de decisión multicriterio, el AHP tiene ventajas muy significativas en términos de interpretación y fácil aplicación, a comparación de métodos como el outranking (Electre o promethee), necesitan una definición de los parámetros de veto, concordancia y discordancia, los cuales dificultan la interpretación de los resultados en procesos de planificación territorial por su falta de transparencia para quienes tomarán las decisiones (Behzadian et al., 2010; Malczewski & Rinner, 2015). Por otro lado, algunos enfoques basados en la distancia a una solución ideal como Topsis o Vikor, estos resultan beneficiosos cuando todas las variables que se analicen son solo de tendencia cuantitativa; No obstante, su aplicación puede verse afectada por la sensibilidad a cambios en los pesos de los criterios. A esto se suma que los procesos de normalización necesarios pueden hacer que el análisis resulte más complejo. (Chen, 2012).

De tal forma, existe una metodología mucho más avanzada, como versiones del AHP o enfoques que se encuentran basados en algoritmos metaheurísticos, que necesitan procedimientos de calibración mucho más complejos y recursos computacionales en mayor cantidad, por lo cual resulta menos práctico en estudios enfocados a la planificación territorial y mucho más aún en toma de decisiones institucionales (Kahraman & Kaya, 2019).

Bajo este contexto, combinar el método AHP para poder definir en primer lugar la importancia de cada criterio y de ahí combinarlo con el método WLC donde ya integramos las variables de manera espacial dentro de QGIS representa la mejor

estrategia para el presente caso práctico. De esta forma podemos construir un modelo de idoneidad territorial que facilita identificar las áreas más favorables para ubicar un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial en el Guayas.

4. Datos y fuentes

Cuadro 1. Capas geoespaciales utilizadas en el análisis

Capa geográfica	Tipo de dato	Fuente	Uso en el análisis
Límite provincial del Ecuador	Vector	CONALI	Delimitación del área de estudio
Red vial	Vector	OpenStreetMap	Análisis de accesibilidad territorial
Uso y cobertura del suelo	Raster	MAATE	Evaluación de compatibilidad territorial
Modelo Digital de Elevación (DEM)	Raster	UCGS	Cálculo de pendiente
Zonas susceptibles a inundación	Vector	MAATE	Identificar zonas con mayor probabilidad de inundación
Historial de inundaciones	Vector	INAMHI	Identificar áreas con antecedentes de inundación
Instituciones públicas	Vector	OpenStreetMap	Apoyo a la gestión de emergencias

Los datos geoespaciales utilizados en el presente estudio fueron obtenidos de fuentes oficiales y repositorios de datos abiertos. Estas capas proporcionan información territorial relevante para el desarrollo del análisis multicriterio orientado a la identificación de zonas óptimas para la localización de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas.

Antes de iniciar el análisis, todas las capas geográficas fueron procesadas en el software QGIS. Para asegurar la compatibilidad entre los diferentes datos espaciales,

la información se ajustó a una resolución homogénea de 30 × 30 metros y se re proyectó al sistema de coordenadas EPSG:32717 (UTM zona 17 Sur). Este proceso permitió estandarizar los datos y evitar problemas de alineamiento que pueden presentarse cuando se combinan capas con resoluciones espaciales diferentes. (Malczewski, 2006)

5. Metodología

Seleccionar un sitio adecuado para establecer un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) se necesita considerar varios factores en cuanto al acceso, las condiciones del terreno, riesgos naturales y también normativas territoriales. Estos elementos son complejos de analizar, por lo cual, es importante utilizar herramientas que permitan analizar de manera integrada y objetiva.

Una de estas herramientas o método de análisis es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), el cual es uno de los métodos de decisión multicriterio más utilizado, ya que permite organizar el problema en diferentes niveles y transformar las valoraciones cualitativas de cada uno de los criterios en valores cuantitativos. No obstante, esta metodología tiene un índice de consistencia (CR) el cual permite verificar la coherencia de las comparaciones que se realizan entre cada uno de los criterios (Saaty, 1980; Ishizaka & Labib, 2011). Esto nos ayuda a tener transparencia al momento de tomar decisiones, lo cual resulta importante cuando los resultados del análisis deben ser presentados y justificados ante instituciones responsables de la planificación territorial y la gestión del riesgo.

Cada una de las capas utilizadas en el análisis: susceptibilidad a inundaciones, historial de inundaciones, cobertura y uso del suelo, distancia a vías primarias, pendiente e instituciones públicas, fue reclasificada a una escala ordinal de 0 a 3. Este proceso permitió reducir las diferencias entre los criterios y, al mismo tiempo, mantener una lógica de evaluación en la que los valores más altos representan condiciones más favorables para la localización del sitio. La definición de los rangos se basó en la

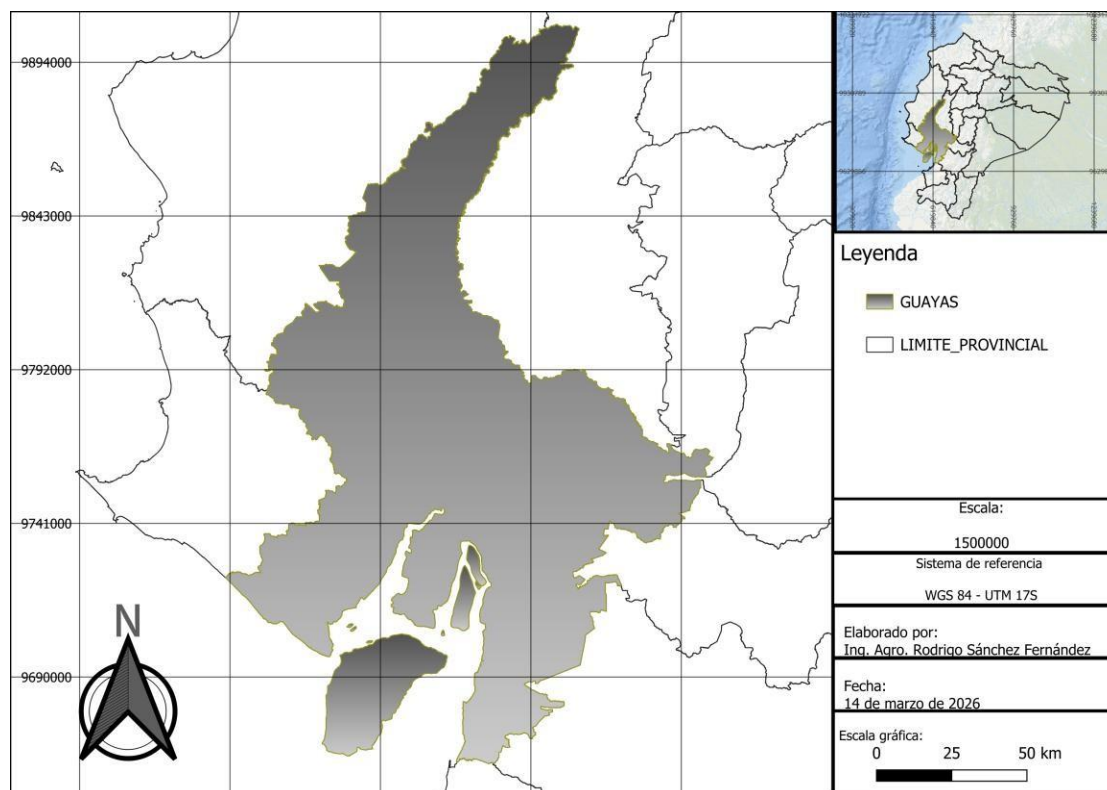
distribución de los datos mediante percentiles, en criterios establecidos en normativa técnica y en la consulta a especialistas en el área (Malczewski, 1999).

Tener en cuenta estos 6 criterios nos ayuda a garantizar que el Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P), tenga seguridad, eficiencia y eficacia al momento de alguna emergencia. El estar susceptibles a alguna amenaza por inundación, es importante tener en cuenta la capacidad de reacción y así evitar interrupciones críticas en la distribución por modelos hidrológicos (Jiménez & Sandoval, 2021). De manera complementaria, la capa de inundaciones históricas nos permite tener un mejor campo amplio de visión para la toma de decisiones del cómo se han venido desarrollando eventos naturales hidrológicos, de tal forma se pueda reducir el riesgo en zonas vulnerables (Mas et al., 2020). Por otra parte, la capa de cobertura y uso de suelo determina la viabilidad económica y legal de cambiar, por ejemplo, un espacio agrícola a uso industrial, lo que puede adquirir un tiempo de tramitación mucho más largo si no se considera con antelación (FAO, 2021). Las distancias que existe entre el posible Centro de operaciones de emergencia provincial y las vías primarias es importante para que exista una mayor capacidad de coordinación y desplazamiento hacia las zonas afectadas durante una emergencia. En este sentido, para reducir tiempos de respuesta, mejorar logística por movilizar recursos y se garantice una comunicación más eficaz entre las instituciones encargadas de la gestión del riesgo, es importante tener una ubicación cercana a la red vial principal. Por otro lado, la pendiente influye específicamente para el tema de construcción del centro, que sea seguro (Sánchez et al., 2019). Por último, la proximidad a instituciones públicas se determina como un criterio estratégico para fortalecer la conexión entre entidades como hospitales, cuerpos de bomberos, policías y organismos de respuesta.

La Figura 1 muestra el límite espacial de la provincia del Guayas como área de estudio del presente análisis. Se observa en el mapa el contorno provincial en color gris, mientras que los límites de las provincias se muestran en líneas más claras solo para el detalle referencial del territorio.

Delimitar el área de estudio es el punto de partida para iniciar con el análisis espacial, porque dentro del límite territorial es donde se evalúan los diferentes criterios geográficos que permiten identificar las zonas más adecuadas para la ubicación del Centro de Operaciones de Emergencia Provincial.

Figura 1 Mapa de área de estudio

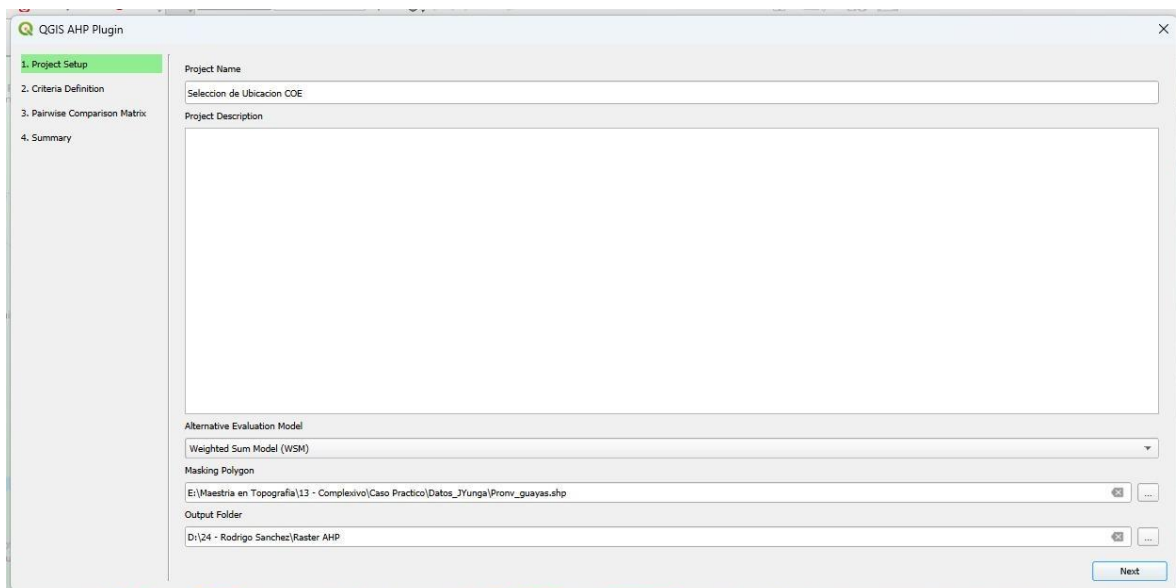


Para poder aplicar el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) de manera adecuada, fue necesario unificar todas las capas de información en un mismo formato. En este caso, las capas vectoriales se transformaron a formato raster, permitiendo así compararlas de forma homogénea. Se decidió trabajar con una resolución de 30 × 30 metros, tomando como referencia el Modelo Digital de Elevación (DEM), ya que era la más detallada disponible. De esta manera, se evitó la pérdida de información y se garantizó un análisis más preciso al trabajar píxel por píxel.

El siguiente paso consistió en asegurar que todas las capas raster coincidieran perfectamente entre sí. Para ello, se utilizó la herramienta “Align Raster” de QGIS, lo que permitió que cada píxel quedara exactamente alineado con su correspondiente en las demás capas. Este proceso es fundamental, ya que incluso un pequeño desfase, aunque sea de medio píxel puede generar errores al momento de aplicar los pesos del AHP y combinar la información.

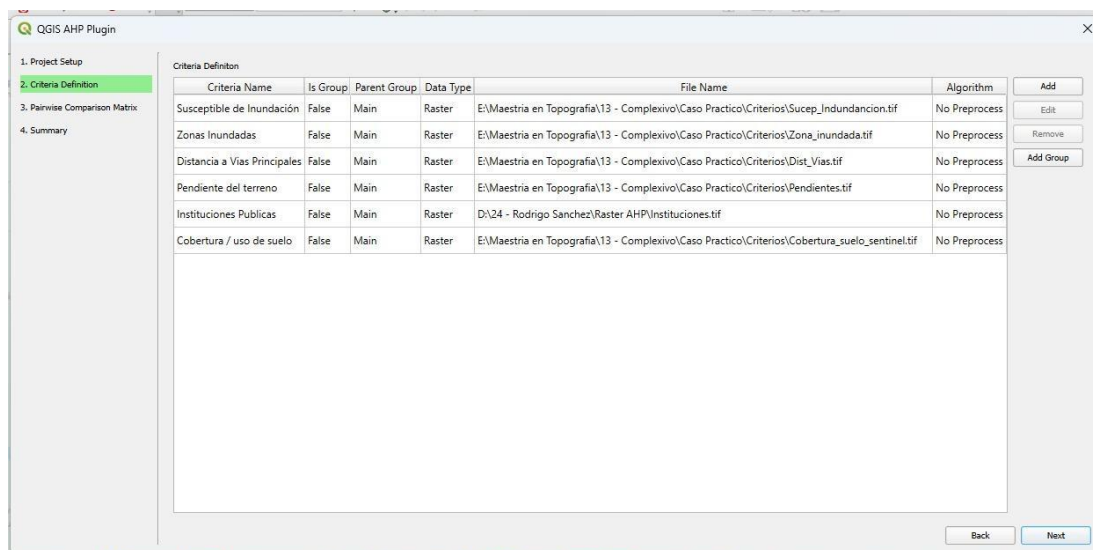
En la figura 2 se muestra el complemento QGIS AHP Plugin con el que se trabaja, ya que este permite organizar de manera ordenada el proyecto enfocado en la selección de la ubicación del COE-P. En esta etapa se ingresaron los datos generales del modelo, entre ellos el nombre del proyecto, el tipo de evaluación seleccionado, el polígono que delimita el área de estudio y la carpeta destinada para guardar los resultados. Para el procesamiento se eligió el modelo Weighted Sum Model (WSM), debido a que facilita la integración de los distintos criterios una vez que han sido normalizados y ponderados.

Figura 2 Configuración inicial del proyecto en el complemento QGIS AHP Plugin



Una vez configurado el proyecto, se continuó con la etapa de definición de criterios en el complemento QGIS AHP Plugin (Figura 3). En este paso se ingresaron las capas temáticas que servirían como base para evaluar la mejor ubicación del COE. Los criterios considerados fueron susceptibilidad de inundación, zonas inundadas, distancia a vías principales, pendiente del terreno, instituciones públicas y cobertura/uso de suelo, todos cargados en formato raster para su posterior procesamiento dentro del modelo.

Figura 3 Definición de criterios en QGIS AHP Plugin



En la figura 4 se muestra la tercera etapa del análisis, se elaboró la matriz de comparación por pares mediante el complemento QGIS AHP Plugin, con el fin de establecer la importancia relativa de cada criterio dentro del proceso de selección de la ubicación del COE. Esta fase se fundamenta en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) propuesto por Saaty, el cual permite comparar dos criterios a la vez, asignando un valor de preferencia según su nivel de importancia dentro del problema analizado.

Esta imagen representa una matriz cuadrada de comparación por pares, en donde cada uno de los criterios es comparado de manera individual con los demás. La finalidad es identificar cuál influye mayormente en la decisión final.

Figura 4 Matriz de comparación por pares

	Susceptible de Inundación	Zonas Inundadas	Distancia a Vías Principales	Pendiente del terreno	Instituciones Publicas	Cobertura / uso de suelo
Susceptible de Inundación	1	2	4	4	7	5
Zonas Inundadas	1/2	1	3	3	5	4
Distancia a Vías Principales	1/4	1/3	1	2	4	3
Pendiente del terreno	1/4	1/3	1/2	1	3	2
Instituciones Publicas	1/7	1/5	1/4	1/3	1	1/2
Cobertura / uso de suelo	1/5	1/4	1/3	1/2	2	1

Consistency Index: 0.029157728901741918

Para que se entienda un poco mejor, tomando el ejemplo de la susceptibilidad de inundación fue jerarquizada por encima de las demás variables del modelo, al considerarse más importante que las zonas inundadas con un valor de 2, debido a que permite identificar áreas con posibilidad de afectación futura y, por tanto, anticipar escenarios de riesgo en la localización del COE-P.

De igual manera, este criterio presentó una mayor relevancia frente a la distancia a vías principales y la pendiente del terreno, con valores de 4 en ambos casos, lo que refleja que, dentro del análisis, se priorizó la seguridad del emplazamiento por encima de la accesibilidad y de las condiciones topográficas.

6. Resultados

Para resultados finales ya se comienza a interpretar los valores obtenidos de la consistencia cálculo en QGIS y el complemento devolvió una **Consistency Ratio (CR)** de 0.029, lo cual explica tiene un alto nivel de coherencia.

Esto indica que el nivel de inconsistencia es muy bajo, es decir, apenas de 2,9 %, por lo que las ponderaciones obtenidas pueden considerarse válidas y confiables para continuar con el análisis multicriterio.

Los pesos confirman esa concordancia (Figura 5), Los resultados obtenidos en el resumen del complemento QGIS AHP Plugin muestran que el criterio con mayor peso fue la susceptibilidad de inundación (39,4 %), seguido de zonas inundadas (25,8 %), distancia a vías principales (14,3 %), pendiente del terreno (10,0 %), cobertura/uso de suelo (6,4 %) e instituciones públicas (4,1 %).

Figura 5 Resumen de ponderaciones obtenidas mediante el método AHP en QGIS

Project Name: Selección de Ubicación COE
Output Folder: D:\24 - Rodrigo Sanchez\Raster AHP

Criteria Summary

Criteria Name	Is Group	Parent Group	Data Type	File Name	Algorithm	Groupwise Weight	Weight
Susceptible de Inundación	False	Main	Raster	E:\Maestria en Topografía\13 - Complexivo\Caso ...	No Preprocess	39.4 %	39.4 %
Zonas Inundadas	False	Main	Raster	E:\Maestria en Topografía\13 - Complexivo\Caso ...	No Preprocess	25.8 %	25.8 %
Distancia a Vías Principales	False	Main	Raster	E:\Maestria en Topografía\13 - Complexivo\Caso Practico\Criterios\Dist_Vias.tif	No Preprocess	14.3 %	14.3 %
Pendiente del terreno	False	Main	Raster	E:\Maestria en Topografía\13 - Complexivo\Caso Practico\Criterios\Pendientes.tif	No Preprocess	10.0 %	10.0 %
Cobertura / uso de suelo	False	Main	Raster	E:\Maestria en Topografía\13 - Complexivo\Caso ...	No Preprocess	6.4 %	6.4 %
Instituciones Publicas	False	Main	Raster	D:\24 - Rodrigo Sanchez\Raster AHP\Instituciones.tif	No Preprocess	4.1 %	4.1 %

Back START

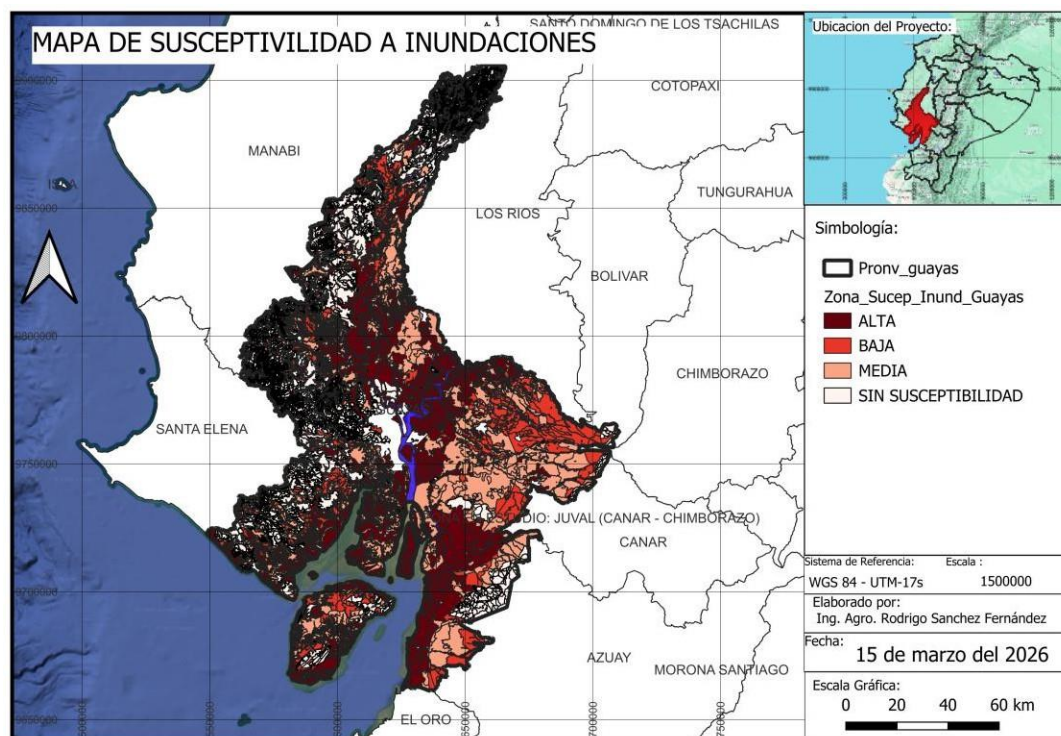
La gráfica de pesos evidencia una clara jerarquización de los criterios evaluados. Las barras o porcentajes más altos corresponden a susceptibilidad de inundación y zonas inundadas, lo que demuestra que el análisis dio prioridad a la reducción del riesgo frente a eventos hídricos. Posteriormente aparecen distancia a vías principales y pendiente del terreno, con valores intermedios que reflejan su importancia para garantizar accesibilidad y condiciones adecuadas del terreno.

Finalmente, se ubican cobertura/uso de suelos e instituciones públicas, dado que ambas influyen en forma muy baja dentro del modelo. Una vez concluido, esto afirma que la decisión espacial estuvo orientada principalmente por los criterios de funcionalidad y criterios de seguridad operativa.

Los pesos demuestran que este modelo no sólo se enfocó en el lugar más conveniente, sino que dicho lugar sea seguro, accesible y de manera física, también sea apto para el funcionamiento del COE-P.

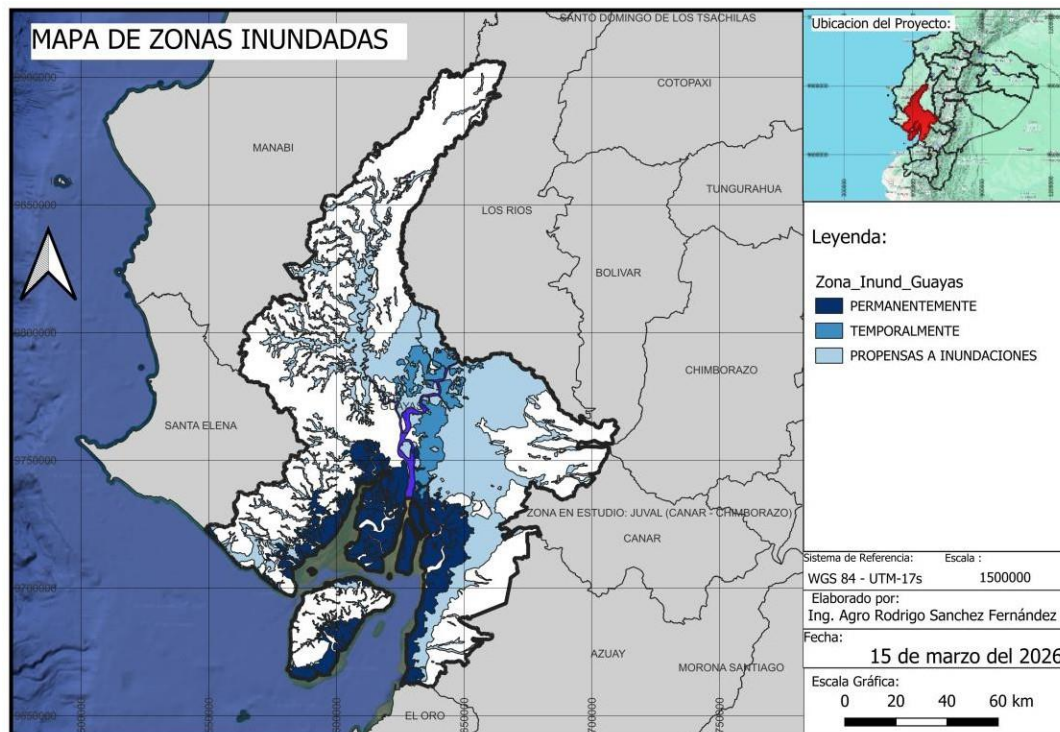
En la figura 6 se puede visualizar el mapa de susceptibilidad a inundaciones. En donde dentro del mapa se incluyó una capa de clasificación donde distribuye el territorio en zonas de alta, media, baja y sin susceptibilidad. Se puede identificar áreas asociadas a los sistemas aluviales del río Guayas, que pueden ser expuestos en mayor gravedad a este tipo de eventos. De manera visual, se observa que una parte importante del territorio provincial se encuentra dentro de la zona de “alto riesgo”, lo cual evidencia y respalda la relevancia que se asignó a cada criterio dentro del análisis multicriterio, reflejada su ponderación dentro del AHP (Jiménez & Sandoval, 2021).

Figura 6 Mapa de Susceptibilidad a Inundaciones



En la figura 7 se presentan las zonas de inundación histórica dentro del área de estudio. En este caso, se distinguen tres categorías principales: áreas permanentemente inundadas, zonas con inundaciones temporales y aquellas que son simplemente propensas a este tipo de eventos. Los tonos más oscuros representan los sectores donde se han registrado anegamientos constantes durante los últimos años. Al observar el mapa, se nota que varias de estas zonas coinciden con áreas previamente identificadas con alta susceptibilidad, lo que refuerza la confiabilidad del análisis y confirma la importancia de considerar este criterio dentro del estudio (Mas et al., 2020).

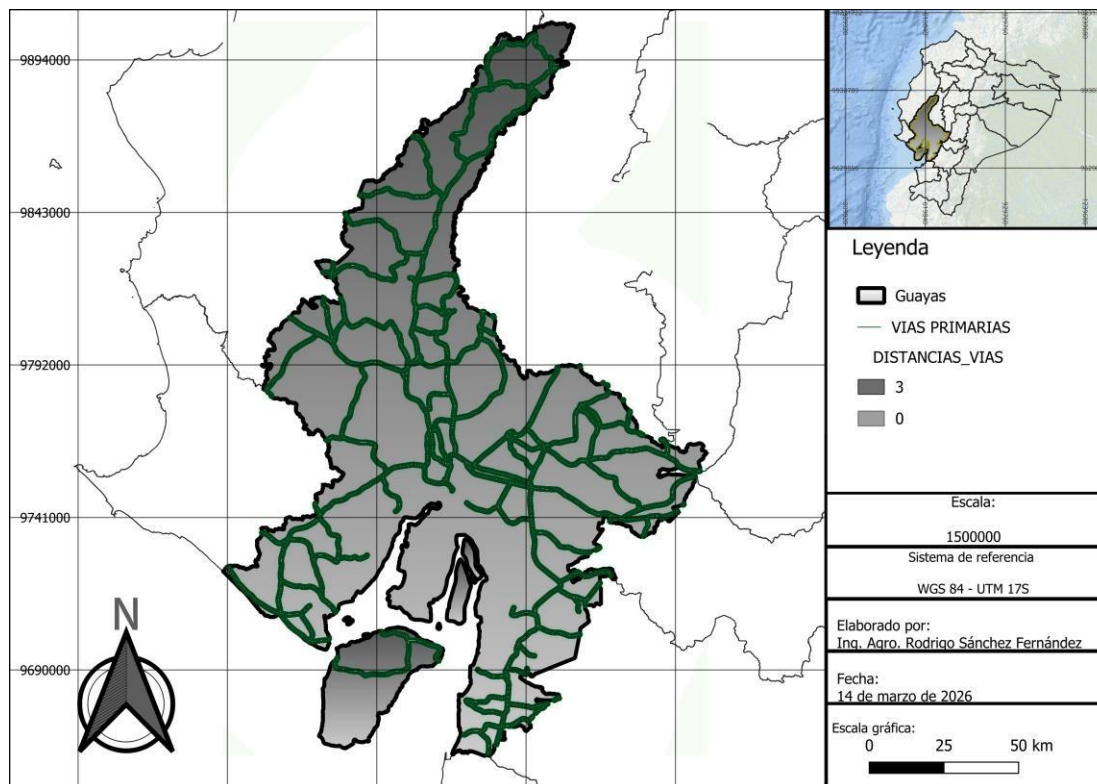
Figura 7 Mapa de zonas inundadas



La Figura 8 presenta la red de vías primarias de la provincia del Guayas, las cuales constituyen los principales corredores de movilidad y conectividad territorial dentro del área de estudio. Estas vías se representan mediante líneas verdes que recorren gran parte del territorio provincial, conectando los principales centros poblados y facilitando la comunicación entre los diferentes cantones.

A partir de esta red vial se generó un ráster de distancia a vías primarias, representado mediante una escala de grises. En esta escala, los tonos más oscuros indican zonas con mayor proximidad a las vías principales, mientras que los tonos más claros corresponden a áreas más alejadas de esta infraestructura. Posteriormente, esta variable fue reclasificada en una escala ordinal de 0 a 3, donde los valores más altos “3” representan áreas cercanas a la red vial “<1 Km” y, por lo tanto, con mayor idoneidad dentro del modelo, mientras que los valores más bajos “0” corresponden a zonas más distantes y con menor accesibilidad “>7 Km”.

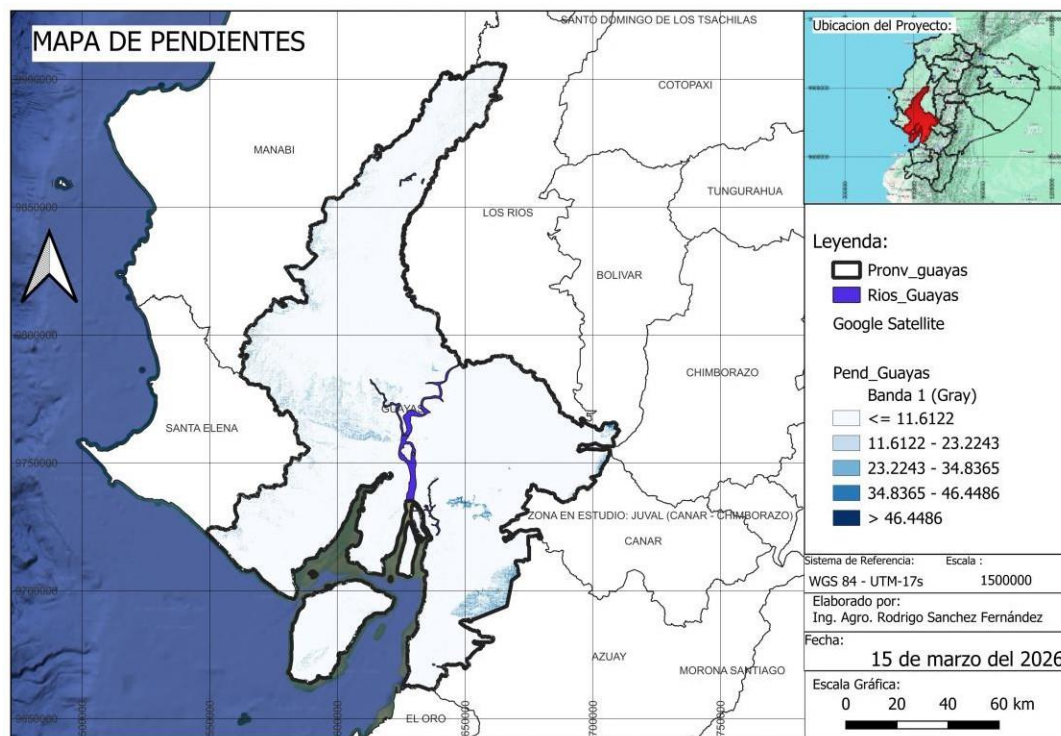
Figura 8 Mapa Red de vías primarias



La Ilustración 9 corresponde al análisis de pendientes del área de estudio. El mapa se generó a partir de un modelo en escala de grises que representa valores desde 0° hasta $58,06^{\circ}$. Para facilitar su interpretación, especialmente para quienes no están familiarizados con este tipo de datos, se incorporaron cuatro rangos de pendiente ($0-15^{\circ}$, $15-30^{\circ}$, $30-45^{\circ}$ y $45-60^{\circ}$), de acuerdo con la clasificación definida en la metodología.

En el mapa se visualiza las zonas con mayores inclinaciones, mientras que las áreas que son más planas se encuentran hacia el suroeste de la provincia. Estas condiciones resultan favorables para el desarrollo de infraestructura, ya que necesita menores requerimientos de adecuación del terreno y, por tanto, menos costos de construcción (Sánchez, Pérez & Gallardo, 2019).

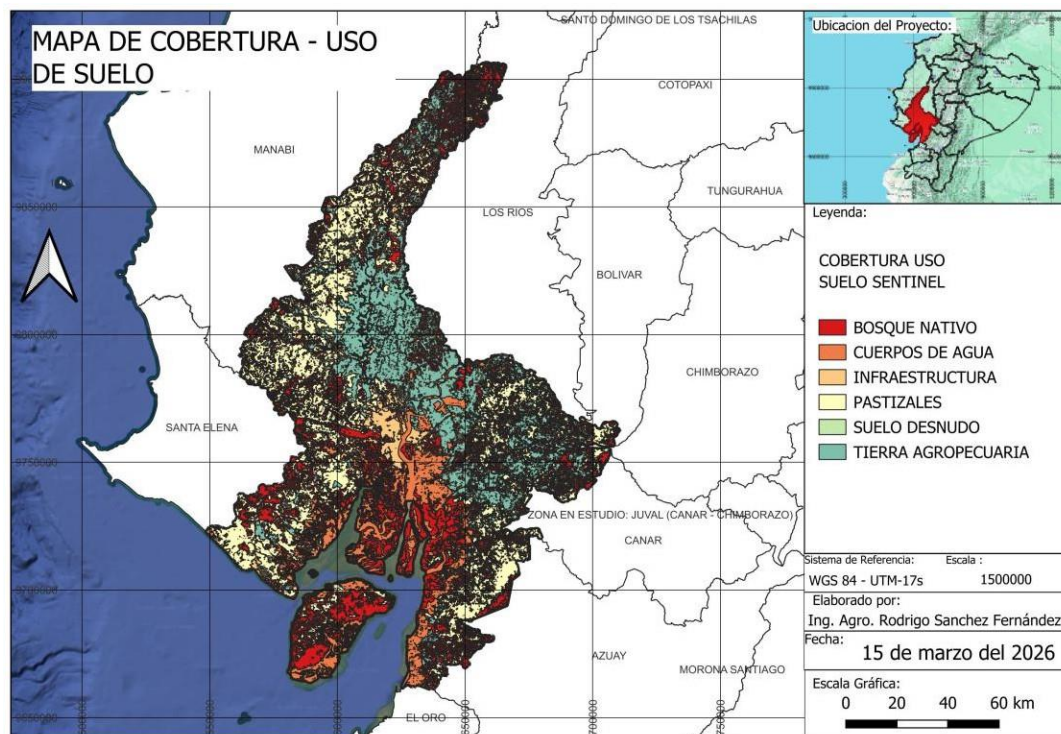
Figura 9 Mapa de pendientes



La figura 10 muestra la cobertura y uso del suelo del área de estudio, obtenida a partir de imágenes Sentinel-2 mediante un proceso de clasificación supervisada. En el mapa se distinguen diferentes categorías como bosque, cuerpos de agua, infraestructura, pastizales, suelo desnudo y áreas agropecuarias. Cada una de estas clases se representa con colores diferenciados, lo que facilita su interpretación y permite identificar rápidamente la distribución de los distintos usos del territorio.

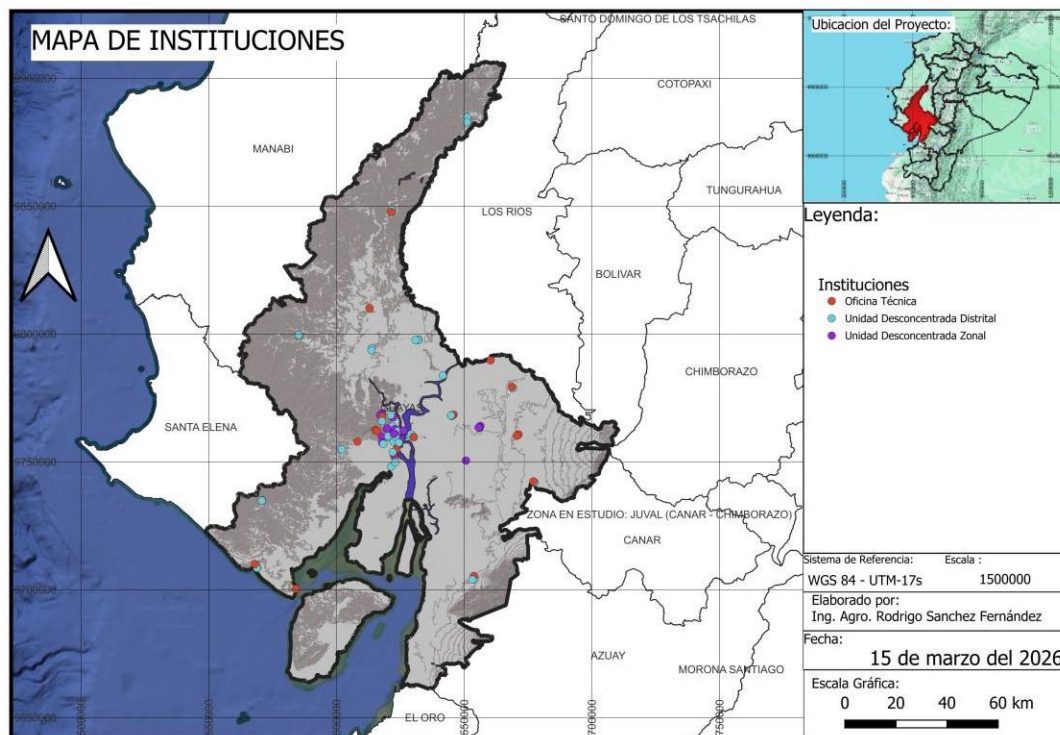
Aunque este criterio tuvo un peso menor dentro del análisis multicriterio, su aporte es importante, ya que permite reconocer zonas donde la implementación del proyecto sería más viable desde el punto de vista económico y normativo, así como áreas donde, por sus características o restricciones, no sería recomendable desarrollar infraestructura (FAO, 2021).

Figura 10 Mapa de cobertura de suelo



La figura 11 muestra la distribución de las instituciones públicas en el área de estudio, diferenciadas en Oficina Técnica, Unidad Desconcentrada Distrital y Unidad Desconcentrada Zonal. A partir del mapa se identifica una mayor presencia de estas entidades en la parte central del territorio, en comparación con las zonas periféricas, donde su localización es más dispersa. Esta variable fue considerada en el análisis porque la cercanía a instituciones públicas puede aportar ventajas en términos de coordinación interinstitucional, apoyo operativo y gestión de respuesta, aspectos que resultan relevantes para la ubicación del COE.

Figura 11 Mapa de instituciones públicas

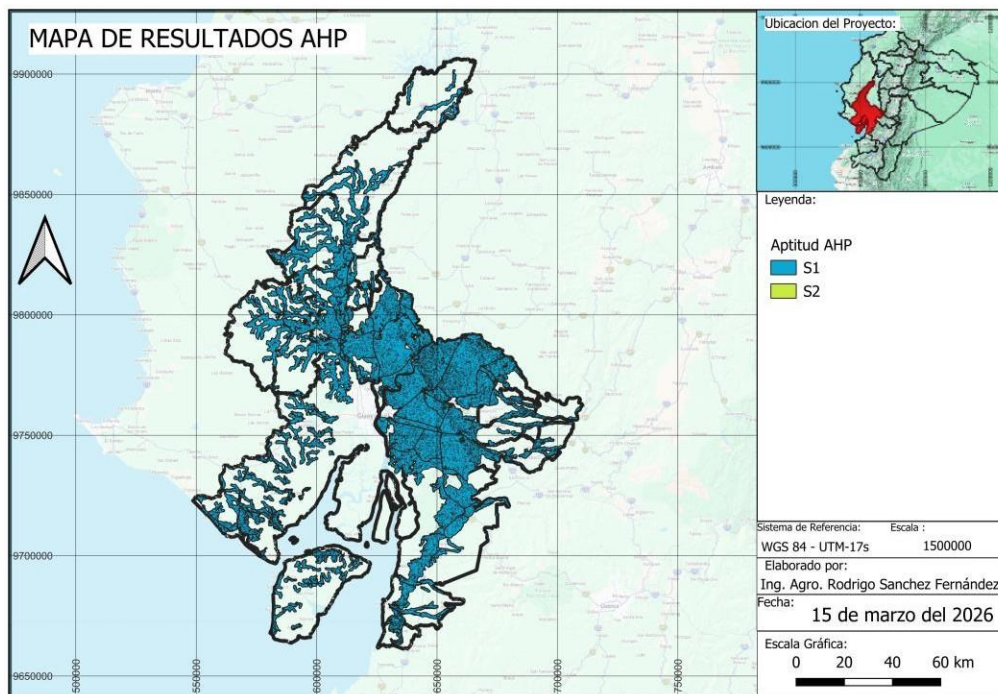


8. Discusión y justificación del sitio recomendado

El procesamiento devolvió 427 235,33 ha catalogadas como S1 “Altamente sustentable”; 99 037,36 ha como S2 “Moderadamente sustentable” y aproximadamente 1.116 545,05 ha que no se consideran sustentable. Si se contrasta con la superficie total de la provincia del Guayas (1 590 585,61 ha), S1 representa apenas 26,86 %, S2 un 6,23 %, prácticamente seis de cada diez hectáreas no cumplen los criterios mínimos debido a que el área que no se considera sustentable está por encima del 60%, una proporción que subraya la pertinencia de filtrar bien antes de proponer ubicaciones (Malczewski, 1999).

En la figura 12 se puede visualizar las zonas que se consideran más adecuadas para ubicar el COE-P, una vez concluido el análisis multicriterio. Las áreas S1 (color turquesa en el mapa) presentan la mayor idoneidad y se concentran mayormente en la zona centro-sur, donde existen mejores condiciones de accesibilidad y menor riesgo. Mientras que las zonas S2 presentan algunas limitaciones, por lo que serían opciones secundarias.

Figura 12 Mapa de idoneidad

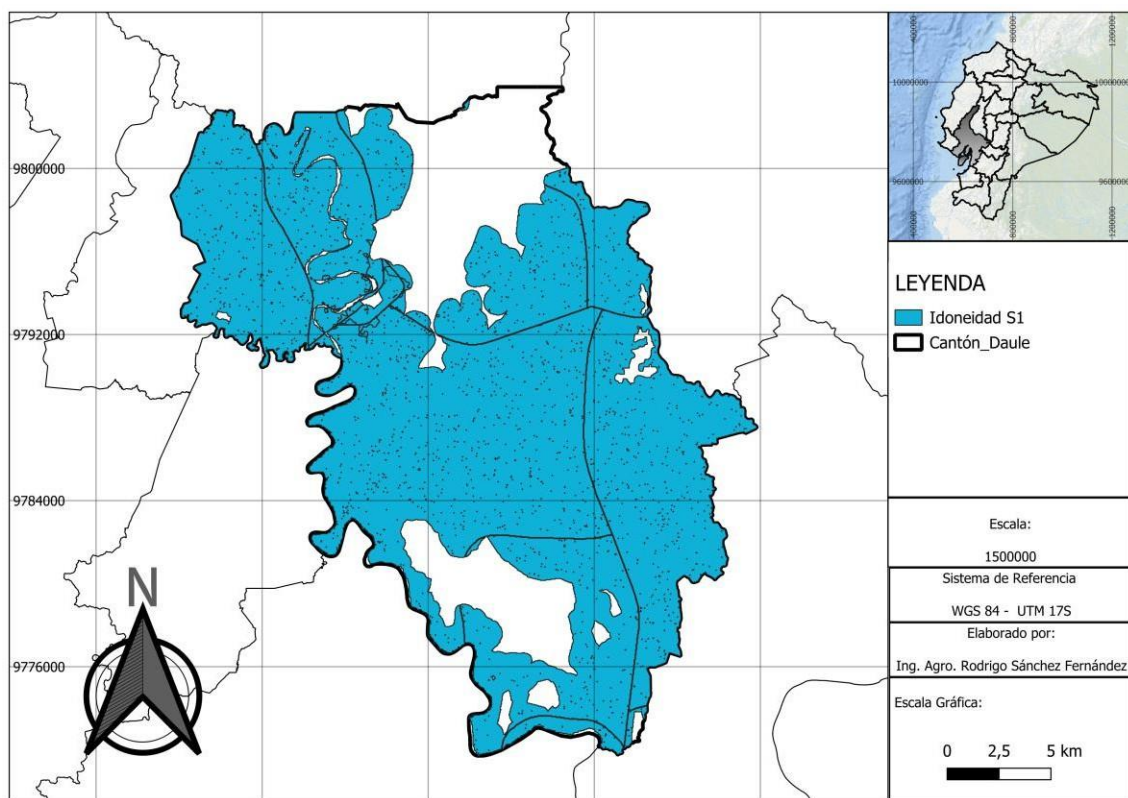


A simple vista se podría considerar ubicar a Guayaquil como el más idóneo para el establecimiento del COE-P, sin embargo, teniendo en cuenta la congestión vehicular dentro de la capital, esta solución de no escoger a Guayaquil, apunta a la descentralización, concentrar otro COE-P en Guayaquil prolongaría la congestión actual de la vía Perimetral.

Para esto, la recomendación, más idónea sería ubicar el Centro de Operaciones de Emergencia Provincial en el cantón **Daule**, debido a que ayuda bastante su posición geográfica, ya que este se ubica en la red vial provincial, a la confluencia por la vía

Guayaquil – El Empalme (E48), lo cual es importante ya que esta vía también conecta a Daule con otros cantones importantes de la provincia, formando un corredor de alta movilidad. Además de otros ejes a considerar como Guayaquil-Daule; Daule-Salitre; Daule-La Aurora-Guayaquil, etc.

Figura 13 Selección del cantón Daule



Así, aunque Guayaquil encabece el ranking en términos absolutos de ser el más idóneo, también se consideran parámetros como la combinación de centralidad logística, menor coste de suelo y efecto descentralizador que convierte a Daule en la opción más equilibrada y, sobre todo, estratégica para ubicar el nuevo COE-P.

9. Conclusiones y recomendaciones.

9.1 Conclusiones

El presente estudio concluyó que la integración de herramientas SIG y el método AHP en QGIS permiten identificar objetivamente los lugares más idóneos para la ubicación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas.

La metodología aplicada permitió cumplir con los objetivos propuestos. Como primer punto, las capas que fueron obtenidas de fuentes oficiales se procesaron bajo una misma resolución de 30 x 30 m, lo cual garantiza consistencia en el análisis. Segundo, la reclasificación de cada una de las variables en una misma escala, hizo más fácil la integración de los criterios heterogéneos, manteniendo así, una lógica uniforme para la evaluación. Así mismo, la utilización del método AHP permitió distribuir pesos a cada criterio de manera estructurada, asegurando coherencia en la toma de decisiones.

A nivel cantonal, si bien Guayaquil presenta altos niveles de idoneidad, se identificaron alternativas más estratégicas, en este caso el cantón Daule, ya que mantiene cercanía al principal centro urbano donde existe muy poca congestión, dispone de buena conectividad a la red vial provincial y cumple con condiciones adecuadas para la operación del COE-P. Bajo estas características, se considera que este cantón es el sitio óptimo al permitir una respuesta más eficiente y coordinada ante cualquier eventualidad de emergencia.

En este sentido, aplicar el análisis multicriterio en SIG se vuelve una herramienta eficaz para la toma de decisiones en la gestión de riesgo, la planificación territorial y la implementación de infraestructuras estratégicas como los Centros de Operaciones de Emergencia.

9.2 Recomendaciones

- Avanzar a la fase de verificación in situ. Se sugiere realizar sondajes geotécnicos y un levantamiento lidar de alta resolución en las áreas S1 de Daule para corroborar pendientes microtopográficas y drenajes finos.

- Complementar el modelo con variables económicas dinámicas (precio del m², conectividad eléctrica, disponibilidad de agua).
- Replicar la metodología en otras provincias, con el fin de crear un portafolio nacional de suelos logísticos y fomentar, así, un desarrollo territorial más equilibrado.
- Capacitar al personal técnico de los municipios en QGIS y AHP, de modo que puedan ajustar los pesos y rangos cuando dispongan de nueva información local o cambien las prioridades de la cadena de suministro.

10. Bibliografía

- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2010). A state-of the-art survey of PROMETHEE. *Applied Soft Computing*, 11(2), 474- 500. <https://doi.org/10.xxxx/asc.2010.05.003>
- Chen, T. Y. (2012). Multiple criteria decision analysis with TOPSIS method. *International Journal of Operations Research*, 9(2), 197-209.
- FAO. (2021). Land cover classification system (v. 3). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Govindan, K., & Jepsen, M. R. (2016). ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 1-29.
- Ho, W., Ma, X., & Xu, X. (2012). Analytic network process in multicriteria decision making: A survey. *Computers & Industrial Engineering*, 63(4), 102-118.
- INEC. (2023). Proyección poblacional provincial 2020-2025. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the Analytic Hierarchy Process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336-14345. <https://doi.org/10.xxxx/>
- Jiménez, R., & Sandoval, P. (2021). Evaluación de la amenaza por inundaciones en ecosistemas costeros. *Revista de Geografía Aplicada*, 15(2), 45-59. <https://doi.org/10.xxxx/>
- Kahraman, C., & Kaya, İ. (2019). A fuzzy-analytic hierarchy process approach for location *Soft Computing*, <https://doi.org/10.xxxx/soft.2018.112>
- Li, Y., Chen, L., & Zhang, M. (2022). Sensitivity of TOPSIS rankings to weight variations. *Information* <https://doi.org/10.xxxx/ins.2021.11.028>
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
- Malczewski, J. (2006). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). *Multicriteria decision analysis in geographic information science*. Springer.
- Mas, J.-F., Flores, J. J., & Reyes, M. (2020). Validación de modelos espaciales de inundación mediante registros históricos. *Geociencia y Ambiente*, 8(1), 12-24.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.

Sánchez, J., Pérez, M., & Gallardo, E. (2019). Evaluación de la estabilidad de taludes para plataformas logísticas. *Ingeniería Civil y Medio Ambiente*, 25(4), 33-42.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2024). Boletín estadístico de emergencias hidrometeorológicas (oct. 2023-mar. 2024).



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Rodrigo Alberto Sánchez Fernández, con C.C: # 0705778371 autor del trabajo de titulación: **“Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).”** previo a la obtención del grado de **MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 08 de abril de 2026



Firmado electrónicamente por:
RODRIGO ALBERTO
SANCHEZ
FERNANDEZ

f. _____

Ing. Agro. Rodrigo Alberto Sánchez Fernández
C.C: 0705778371



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Rodrigo Alberto Sánchez Fernández		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Echeverría Llumipanta Neptalí Armando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Subsistema de Posgrado		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
GRADO OBTENIDO:	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	08 de abril de 2026	No. DE PÁGINAS:	28
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistema de Información Geográfica, Gestión de riesgos		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Gestión de riesgos, Planificación territorial, Toma de decisiones, Ordenación de territorio, Prevención de desastres		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	La adecuada localización de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) constituye un factor estratégico para garantizar una respuesta eficiente ante eventos adversos y desastres naturales. En la provincia del Guayas, caracterizada por una alta concentración poblacional, una compleja red vial y la exposición a múltiples amenazas de origen natural y antrópico, resulta fundamental identificar un emplazamiento que optimice la coordinación y gestión de emergencias. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo determinar la ubicación óptima de un COE-P mediante la aplicación de un análisis multicriterio apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología integra variables espaciales relacionadas con accesibilidad vial, proximidad a centros poblados, infraestructura crítica, exposición a amenazas naturales, disponibilidad de servicios básicos y condiciones físicas del territorio. Cada criterio es ponderado mediante técnicas de evaluación multicriterio para establecer su nivel de importancia dentro del proceso de selección. Posteriormente, los criterios son procesados y combinados en un entorno SIG utilizando herramientas de análisis espacial para generar un mapa de aptitud territorial que identifica las zonas más favorables para la implantación del COE-P.		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0988375901	E-mail: rodrigo.sanchez@cu.ucsg.edu.ec /rodri-2001@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Neptalí Armando Echeverría Llumipanta		
	Teléfono: +593-4-3804600		
	E-mail: neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			