



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

TEMA 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)**

AUTOR:
Gaibor Narváez Leonel Mauricio

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 Civil, **Leonel Mauricio Gaibor Narváez**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital**.

REVISOR

Ing. Armando Echeverría

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Armando Echeverría

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo 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, **Leonel Mauricio Gaibor Narváez**

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 15 del mes de marzo del año 2026

EL AUTOR



Validar Únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**LEONEL MAURICIO
GAIBOR NARVAEZ**

Leonel Mauricio Gaibor Narváez



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

AUTORIZACIÓN

Yo, Leonel Mauricio Gaibor Narváez

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación 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 15 del mes de marzo del año 2026

EL(LOS) AUTOR(ES):



Leonel Mauricio Gaibor Narváez



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

REPORTE COMPILATIO



Informe de análisis

Compilatio Magister+ | UCSG-EC- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

INFORME LEONEL MAURICIO GAIBOR NARVÁEZ 05072026-signed-signed-signed

ID : 53253549096bbc8cdcb790ce379a809650e50d2a



9%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : INFORME LEONEL MAURICIO GAIBOR NARVÁEZ
05072026-signed-signed-signed.txt
Tamaño del archivo original : 3,51 MB
Número de palabras : 10.436

Depositante : Neptali Armando Echeverría Llumipanta
Fecha de depósito : 10 de julio de 2026
Tipo de carga : Interface
fecha de fin de análisis : 10 de julio de 2026

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para culminar esta etapa importante de mi formación académica.

Mi profundo agradecimiento a mi madre, María Rosa Narváez, por su amor, apoyo incondicional y motivación constante, siendo un pilar fundamental en el logro de este objetivo.

Asimismo, agradezco a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por la formación académica brindada durante el desarrollo de esta maestría.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a mis compañeros de maestría y compañeros de trabajo, quienes con su apoyo, compañerismo y motivación contribuyeron al desarrollo y culminación de mi preparación profesional

Leonel Mauricio Gaibor Narváez

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación está dedicado a Dios, quien ha guiado mi camino y me ha dado la fortaleza necesaria para seguir adelante en cada etapa de mi vida.

Y de manera muy especial, dedico este logro a mi madre, María Rosa Narváez, quien con su ejemplo de esfuerzo, sacrificio y perseverancia ha sido una inspiración constante. Este logro también le pertenece, porque su apoyo y confianza han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

Leonel Mauricio Gaibor Narváez

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PROBLEMÁTICA	3
3.	OBJETIVOS	4
3.1.	OBJETIVO GENERAL	4
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
4.	METODOLOGÍA	4
4.1.	ÁREA DE ESTUDIO	4
4.2.	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	6
4.3.	FUNDAMENTO TEÓRICO DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO	7
4.3.1.	ANÁLISIS MULTICRITERIO JERÁRQUICO	8
4.3.2.	COMPARACIÓN POR PARES Y PESOS DE LOS CRITERIOS	9
4.3.3.	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	10
4.4.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC)	11
4.5.	FLUJOGRAMA	12
4.6.	CRITERIOS Y VARIABLES DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO	13
4.6.1.	VARIABLE - INFRAESTRUCTURA VIAL	14
4.6.2.	VARIABLE - CENTROS POBLADOS	15
4.6.3.	VARIABLE - PENDIENTE DE TERRENO	16
4.6.4.	VARIABLE – USO DE SUELO	17
4.6.5.	VARIABLE – SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES	18
4.6.6.	VARIABLE – SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE MASAS (DESLIZAMIENTO)	19
5.	EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO MEDIANTE PONDERACIÓN DE VARIABLES	19

5.1.	EVALUACIÓN DE LA MATRIZ DE COMPARACIÓN	20
5.1.1.	ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD	21
5.1.2.	ANÁLISIS DE RIESGO	22
5.1.3.	ANÁLISIS DE IDONEIDAD	23
6.	MODELACIÓN Y ANÁLISIS SIG	24
6.1	SOFTWARE SIG	24
6.2.	CONVERSIÓN Y VALIDACIÓN DE CAPAS.....	25
6.3.	PROCESAMIENTO ESPACIAL	25
6.3.1.	RECORTE DE CAPAS GEOESPACIALES	25
6.3.2.	MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM)	26
6.3.3.	CONVERSIÓN VECTORIAL A RASTER	27
6.3.4.	ANÁLISIS DE PROXIMIDAD (EUCLIDEAN DISTANCE).....	28
6.3.5.	RECLASIFICACIÓN DE RÁSTER	28
6.3.6.	WEIGHTED OVERLAY (SUPERPOSICIÓN PONDERADA)	29
7.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO.....	30
7.1.	MAPA DE ACCESIBILIDAD	31
7.2.	MAPA DE RIESGOS	32
7.3.	MAPA DE IDONEIDAD.....	33
7.4.	MAPA DE RIESGOS SÍSMICOS	35
7.5.	MAPA DE RIESGOS TECNOLÓGICOS Y/O PELIGROSOS	36
7.6.	POSIBLES LOCALIZACIONES ALTERNATIVAS - (TOP 3)	37
7.7.	LOCALIZACIÓN ÓPTIMA - JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	39
7.7.1.	ISÓCRONAS DE TIEMPO REAL DE DESPLAZAMIENTO	42
7.7.2.	VALIDACIÓN CATASTRAL	43
8.	CONCLUSIONES	44

9.	RECOMENDACIONES	45
10.	BIBLIOGRAFÍA	46
11.	ANEXOS	47
11.1.	LÁMINA 1. MAPA DE UBICACIÓN GENERAL	47
11.2.	LÁMINA 2. MAPA DE ANÁLISIS DE PROXIMIDAD - VÍAS	48
11.3.	LÁMINA 3. MAPA DE ANÁLISIS DE PROXIMIDAD - POBLADOS.....	49
11.4.	LÁMINA 4. MAPA DE PENDIENTE DE TERRENO	50
11.5.	LÁMINA 5. MAPA DE USO DE SUELO	51
11.6.	LÁMINA 6. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIÓN	52
11.7.	LÁMINA 7. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (DESLIZAMIENTO)	53
11.8.	LÁMINA 8. MAPA DE ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD	54
11.9.	LÁMINA 9. MAPA DE ANÁLISIS DE RIESGOS.....	55
11.10.	LÁMINA 10. MAPA DE ANÁLISIS DE IDONEIDAD	56
11.11.	LÁMINA 11. MAPA DE RIESGOS SÍSMICOS.....	57
11.12.	LÁMINA 12. MAPA DE EVENTOS PELIGROSOS	58

1. INTRODUCCIÓN

La provincia del Guayas se encuentra en su mayor parte dentro de la Cuenca del Guayas, considerada la de mayor influencia en la costa del Pacífico sudamericano. Aunque dispone de abundantes recursos hídricos, varios de ellos presentan niveles significativos de contaminación. Además, a pesar de la riqueza de sus recursos naturales y de las favorables condiciones de suelo y clima, estos se han visto afectados por actividades antrópicas y el uso inadecuado del suelo, lo que ha generado conflictos, problemas sociales y una disminución en la productividad agrícola. Por otro lado, la provincia del Guayas se caracteriza por ser una de las más pobladas del país y es clave en el desarrollo económico nacional. Está conformada por 25 cantones, 56 parroquias urbanas y 29 rurales. Su ubicación geográfica es estratégica, ya que cuenta con una gran diversidad de climas, tipos de suelo, grupos étnicos y recursos hídricos, lo que la sitúa entre las provincias más importantes del Ecuador. Asimismo, posee una amplia variedad de ecosistemas y espacios naturales que representan un significativo potencial en los ámbitos turístico, ecológico y productivo (Prefectura del Guayas, 2021).

En el presente informe, la implementación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial se plantea como una infraestructura crítica destinada a fortalecer la gestión integral del riesgo de desastres. Un COE-P no solo facilita la coordinación entre Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), ECU-911, Policía Nacional, Cuerpos de Bomberos, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Infraestructura y demás entidades competentes, sino que también consolida la toma de decisiones basada en información oportuna y confiable (SNGR, 2022). De acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), es fundamental contar con sistemas de gobernanzas sólidas y estructuras organizativas permanentes que garanticen la continuidad de las operaciones, incluso en situaciones de crisis prolongadas, esto permite responder de manera eficaz y sostenida ante eventos adversos.

Según el acuerdo global del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030 de la ONU resalta la importancia de fortalecer tanto la infraestructura crítica como la capacidad institucional, ya que estos elementos son clave para proteger la vida de las personas, sus bienes y sus medios de subsistencia.

De este modo, definir la ubicación adecuada de un COE-P es una decisión compleja y estratégica, debido que comprende analizar varios factores al mismo tiempo. Entre los elementos como la accesibilidad, los niveles de exposición a diferentes amenazas, el uso del suelo, las restricciones ambientales y la cercanía a infraestructuras esenciales. En el caso de la provincia del Guayas, esta decisión tiene una relevancia enorme. Existen amplias zonas con alta susceptibilidad a inundaciones debido a su topografía plana y su cercanía a ríos y esteros.

Además, algunos sectores de la Provincia presentan riesgos tecnológicos que van asociados por actividades industriales y logísticas, por lo tanto, es necesario realizar un análisis integral del territorio. La ubicación inadecuada podría comprometer la operatividad del COE-P en un momento de alta complejidad, ajustando su capacidad de respuesta ante una emergencia.

Debido a lo mencionado, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se establecen como herramientas esenciales para el estudio y análisis del territorio. Los Sistemas de Información Geográfica permiten integrar, procesar y visualizar información espacial mediante múltiples fuentes, facilitando la evaluación simultánea de variables heterogéneas en un entorno georreferenciado (P. A. Longley et al., 2015). Estos sistemas pueden simular distintos escenarios de riesgo, estudiar las redes de transporte, calcular tiempos de desplazamiento y definir zonas con restricciones ambientales. Esto brinda un respaldo técnico confiable que facilita una mejor planificación del territorio.

El análisis multicriterio espacial se convierte en una herramienta muy útil, debido que permite evaluar diferentes factores al mismo tiempo y tener decisiones más óptimas cuando se elige la ubicación adecuada en entornos complejos. Este enfoque combina distintos criterios cuantitativos y cualitativos mediante procesos de estandarización y ponderación que reflejan su importancia relativa en la decisión final (J. Malczewski, 1999).

Entre las técnicas empleadas se encuentra el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), desarrollado por Saaty, que permite asignar pesos a los criterios a partir de comparaciones pareadas y verificar la coherencia de las decisiones (T. L. Saaty, 1980). Integrado en un entorno SIG como ArcGIS o QGIS, el análisis multicriterio permite generar mapas de idoneidad territorial que identifican zonas con mayor aptitud para la implantación del COE-P, minimizando riesgos y generando accesibilidad para una mejor cobertura operativa.

En consecuencia, el presente estudio propone desarrollar un análisis multicriterio para determinar la ubicación adecuada de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas utilizando Sistemas de Información Geográfica. Este análisis aporta un rigor metodológico al proceso de selección y decisión, además fortalece la planificación territorial orientada a la resiliencia, contribuyendo al cumplimiento de estándares internacionales en gestión del riesgo y protección de infraestructura crítica.

2. PROBLEMÁTICA

La principal problemática con respecto a la ubicación óptima del COE-P es la accesibilidad vial. La falta de conectividad limita la movilización oportuna de recursos y personal, reduciendo la eficiencia de respuesta. La planificación de la infraestructura debe considerar la accesibilidad vial y mitigación de riesgos naturales como criterios esenciales de resiliencia territorial (UN-HABITAT, 2014).

Asimismo, el territorio de la Provincia del Guayas comprende de amplias zonas montañosas bajas derivadas al sistema hidrográfico del río Guayas, con la consecuencia de inundaciones estacionales. La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos identifica esta amenaza como la más frecuente en la región litoral, mismo que se agrava por escenarios de variabilidad climática señalados por el IPCC (IPCC, Climate Change 2022). La ubicación de la infraestructura estratégica en zonas de susceptibilidad de inundación incrementa el riesgo de operatividad y pérdidas económicas.

Adicionalmente, la presencia de instalaciones industriales como la zona de poliducto y oleoducto introduce a riesgos tecnológicos que deben ser considerados con un enfoque de multiamenaza, conforme lo menciona el reporte de la United Nations Office for Disaster Risk Reduction del 2022. A ello se añade las restricciones ambientales y normativas vinculadas a ecosistemas sensibles regulados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, así como también las disposiciones de uso de suelo que delimitan áreas adecuadas.

Finalmente, persiste la ausencia de un procedimiento técnico reproducible que integre accesibilidad, amenazas, riesgos tecnológicos y restricciones ambientales en un modelo único. El uso de Sistemas de Información Geográfica mediante herramientas como ArcGIS o QGIS permite aplicar análisis multicriterio espacial para sustentar decisiones de localización con criterios cuantificables y transparentes (Malczewski, J., & Rinner, C., 2015)

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la ubicación óptima para un COE-P en la provincia del Guayas utilizando SIG y un modelo de evaluación multicriterio.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar, depurar y estandarizar capas geoespaciales relevantes (vías, riesgos, topografía, uso de suelo, infraestructura crítica, etc.).
- Modelar accesibilidades (distancias y/o tiempos de desplazamiento) hacia zonas y nodos estratégicos.
- Desarrollar y aplicar un modelo multicriterio ponderado para generar un mapa de idoneidad territorial.
- Identificar y justificar técnica y cartográficamente las mejores alternativas de ubicación.
- Elaborar productos cartográficos y un informe técnico que sustenten la recomendación final.

4. METODOLOGÍA

En el presente informe se desarrolla y se combina de manera sistemática las variables geográficas, ambientales y criterios requeridos para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas. Para este fin, se emplearon herramientas especializadas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten analizar los criterios necesarios con el fin de tomar decisiones fundamentadas y técnicamente sustentadas.

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

La Provincia del Guayas se ubica en la región Litoral de la República del Ecuador. Su capital es la ciudad de Guayaquil, considerada como el centro geográfico de mayor desarrollo industrial y comercial del país. Se estima que la población que habita en la Provincia actualmente es de 4.3 millones de habitantes. La Provincia

del Guayas se extiende en una superficie total de 15.899,60 km², se encuentra constituida por 25 cantones (Ver Anexos. Lamina 1. Mapa de Ubicación General) Posee una extensa área geográfica correspondiente a llanuras aluviales, dando como resultado suelos con pendiente muy leves o inexistente (< 5%), que ocupan más de la mitad del territorio provincial. Están ubicados principalmente al este y norte (excepto El Empalme) de la provincia y presentan altitudes en su mayor parte, menores a 5m, pero alcanza hasta los 20m. (Ver Figura 1.)

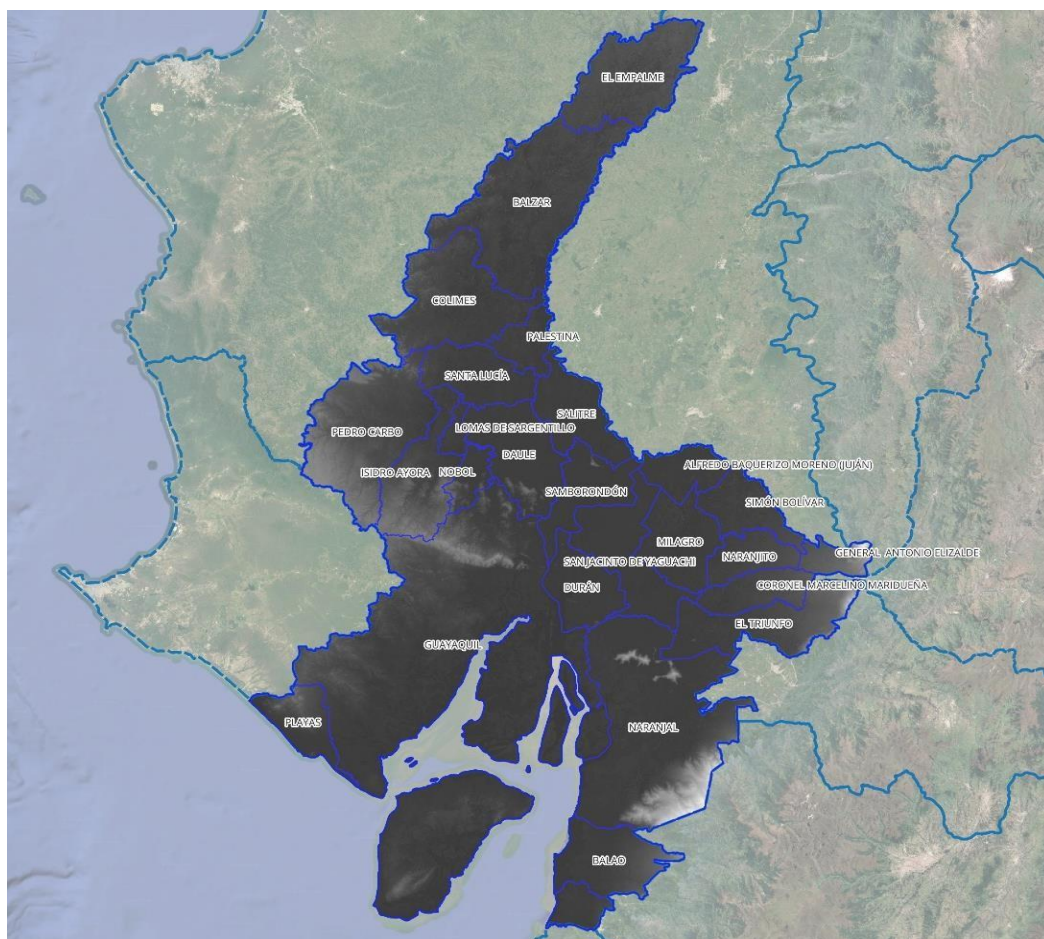


Figura 1. Delimitación Provincia del Guayas

Por otro lado, las zonas más altas de la provincia se pueden encontrar al este de los cantones Bucay y El Triunfo, así como también en el cantón Naranjal: en la cordillera El Batán y en la zona sureste del cantón, con alturas que van desde los 200m hasta los 300m. Seguidos por la cordillera Chongón Colonche, que involucra a los cantones Pedro Carbo, Isidro Ayora y Guayaquil, con alturas que no sobrepasan los 200m (PDOT, GAD Guayas 2024-2027).

La provincia tiene una superficie de 1,589.960 hectáreas y está compuesta por 13 aptitudes de uso del suelo. De acuerdo con los datos obtenidos por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el 38.51% de la superficie de la provincia del Guayas está destinada al uso agrícola, es decir, que 612.329,40 hectáreas de suelo se encuentran en la producción agrícola del arroz, banano, cacao, entre otros productos adicionales propios del territorio (PDOT, GAD Guayas 2024-2027).

La ubicación del COE-P tiende a mejorar la eficiencia operativa y sostenibilidad territorial. Por lo tanto, la selección óptima del mismo corresponde a parámetros técnicos, geoespaciales y regulatorios que garanticen su factibilidad física, desempeño funcional y compatibilidad ambiental.

Para la presente investigación se optó por un centro de operaciones de mediana magnitud de aproximadamente 20.000 m², sustentado en un análisis comparativo de las dimensiones identificadas en infraestructuras logísticas existentes en la provincia como el centro de operaciones ECU-911 ubicado en La Puntilla - Samborondón, apoyado en la interpretación de imágenes satelitales obtenidas a través de Google Earth.

4.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Para el desarrollo del presente informe se recopiló datos geoespaciales de tipo vectorial y ráster para el análisis espacial multicriterio empleado, obtenidas mediante las fuentes principales como el Instituto geográfico militar (IGM), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGP), Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAATE) y Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR). Teniendo en consideración que la investigación se desarrolla a nivel provincial, fue necesario elegir una escala cartográfica que permita representar el territorio con suficiente detalle, aplicando una visión general del área de estudio, pero no limitando su cobertura. En este sentido, se optó por una escala de 1:50.000, ya que ofrece un mayor nivel de precisión y detalle, lo que la hace adecuada para análisis de carácter local.

Teniendo en consideración el área de estudio en la Provincia del Guayas, los datos geoespaciales de tipo vectorial y ráster fueron proyectados al sistema de referencia espacial WGS 84 / UTM zona 17S (EPSG:32717), con el propósito de asegurar la interoperabilidad y exactitud en los procesos de análisis geoespacial. Cabe mencionar que, los datos de tipo ráster fueron obtenidos mediante la plataforma ASTER GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and

Reflection Radiometer) de una resolución espacial a 30 metros por píxel, el mismo permite garantizar la compatibilidad espacial, minimizar distorsiones en el análisis multicriterio y mantener una simetría adecuada y eficiente en el detalle geográfico (García, 2021).

Se recopilaron las siguientes capas detalladas en la Tabla 1. en el cual presenta su tipología de procesamiento, además su fuente geográfica y el año de su presentación:

Data	Tipo	Fuente	Año
Límites Provinciales	Polígono	CONALI	2022
Bosques y Vegetación (SNAP)	Polígono	MAATE	2021
Área zonas urbanas	Polígono	IGM	2013
Curvas de nivel	Línea	IGM	2013
Redes hidrográficas	Línea	IGM	2013
Infraestructura Vial	Línea	IGM	2013
Cobertura y Uso de suelo	Polígono	MAGAP	2015
Susceptibilidad a inundaciones	Polígono	SNGR	2024
Susceptibilidad a deslizamiento de masas	Polígono	SNGR	2011
Modelo Digital de Elevación	Ráster	ASTER GDEM	2024

Tabla 1. Datos geográficos recopilados

4.3. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO

El Análisis multicriterio AMC es una herramienta que ayuda a comprender y evaluar situaciones complejas que no pueden comprobarse fácilmente en un laboratorio. Su utilidad radica en que permite abordar problemas de planificación y toma de decisiones considerando varios factores al mismo tiempo, facilitando así la elección de la mejor alternativa con base en diferentes criterios relevantes. (Triantaphyllou, 2019).

4.3.1. ANÁLISIS MULTICRITERIO JERÁRQUICO

El Análisis Multicriterio Jerárquico es una metodología que permite simplificar problemas complejos al dividirlos en partes más pequeñas y manejables. Estas partes se organizan en forma de una jerarquía, lo que facilita entender cómo se relacionan entre sí. A partir de ello, se asignan valores numéricos según la importancia de cada elemento, reflejando las preferencias o criterios del análisis. Finalmente, todos estos valores se integran para identificar cuál de las variables tiene mayor prioridad en la toma de decisiones (Leguizamón Sierra & Yepes González, 2014). Este método fue desarrollado por Saaty en 1980.

Con este enfoque, el método AHP nos permite elegir entre distintas alternativas considerando un conjunto de criterios o variables, en la cual se organizan de forma jerárquica y pueden presentar conflictos entre sí. Dentro de esta estructura, el objetivo principal se ubica en el nivel superior, mientras que los criterios y subcriterios se distribuyen en niveles inferiores, conformando un esquema ordenado de decisión mostrada en la Figura 2. El procedimiento de este método es efectivo, cuando los criterios y subcriterios están definidos con claridad, además son pertinentes al problema analizado y conservan independencia entre sí, evitando redundancias. Asimismo, se recomienda que el número de elementos en cada nivel jerárquico no exceda de siete, con el fin de facilitar las comparaciones por pares y reducir la complejidad del proceso de evaluación (Saaty, 1980).

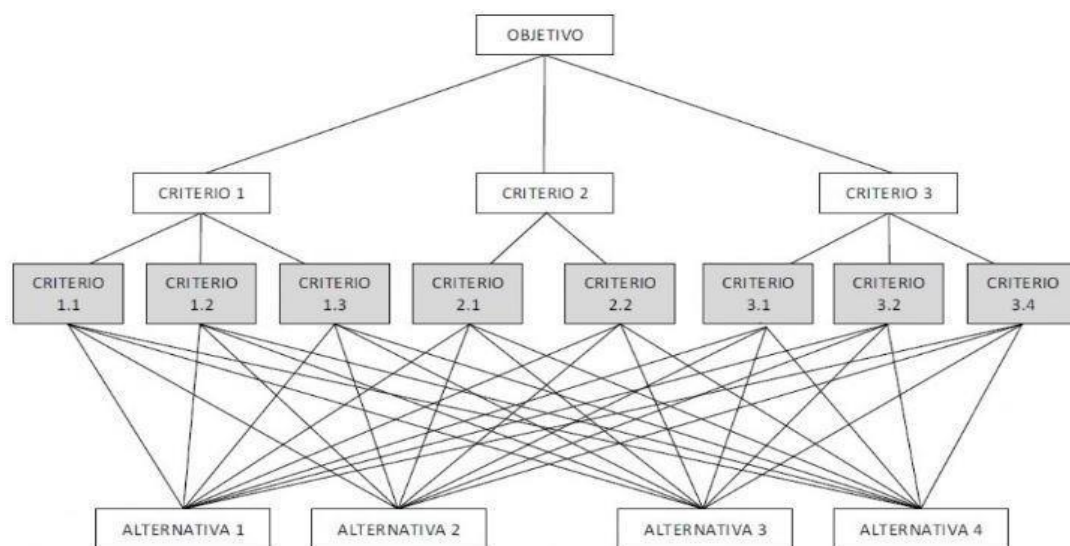


Figura 2. Estructura Jerárquica AHP (Adaptado por Víctor Yepes Pisqueras, 2018)

4.3.2. COMPARACIÓN POR PARES Y PESOS DE LOS CRITERIOS

Saaty (1980) planteó un método basado en la comparación por pares, es decir, se analizan los criterios de dos en dos para poder asignarles un valor relativo. De esta manera, se construye una matriz cuadrada de tamaño $n \times n$, donde n representa el número total de criterios evaluados.

Para que estas comparaciones sean coherentes, es importante que se cumpla el principio de homogeneidad, lo que significa que todos los elementos comparados deben ser de un orden de magnitud similar. Además, con el fin de expresar la importancia o preferencia entre cada par de criterios, Saaty propuso una escala discreta. En esta escala, los valores pares (2, 4, 6 y 8) funcionan como puntos intermedios entre los valores impares (Ramírez, Mirta Liliana, 2004).

El método AHP utiliza una escala fundamental del 1 al 9, la cual ha demostrado ser adecuada y confiable en diversas aplicaciones prácticas, ya que permite representar de manera clara los juicios de valor en la toma de decisiones. (Ver Tabla2.)

Intensidad numérica	Definición	Descripción
1	De igual importancia	Dos actividades contribuyen de forma igual al objetivo
3	Moderadamente importante	La experiencia y juicio hace que uno es medianamente más importante que el otro
5	Fuertemente importante	La experiencia y juicio hace que uno es mucho más que moderadamente importante
7	Muy fuertemente	La experiencia y juicio hace que uno es muy fuertemente importante que el otro
9	Extremadamente importante	La experiencia y juicio hace que uno es extremadamente importante que el otro
Recíprocos	Si a la actividad i se le ha asignado uno de los números distintos a cero mencionados, cuando se compara con la j entonces j tiene el recíproco cuando se le compara con i	
2,4,6,8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Tabla 2. Escala de Evaluación (Saaty, 1980)

4.3.3. ÍNDICE DE CONSISTENCIA

Según Marcos Dos Santos (2017), no es recomendable reemplazar la escala de Saaty por otra como la escala de Likert, debido que no siempre se obtiene similares valores de Índices de Consistencia en los juicios emitidos por el decisor utilizando ambas escalas. La escala de Saaty no contiene valores decimales, solo enteros, aunque esto no impide generar valores decimales.

Para el cálculo inicial, se obtiene el vector propio de la matriz de comparación, el cual permite determinar la importancia relativa de cada criterio por cada peso, dada por la siguiente ecuación:

$$\lambda_i = (\text{Matriz de pares})(\text{Matriz de pesos})$$

La consistencia se evalúa a través del índice de consistencia (Consistency Index, CI), el cual se calcula utilizando el valor propio máximo $\lambda_{\max}$ y el tamaño de la matriz n . Cuando este índice es igual a cero, significa que las comparaciones realizadas son totalmente coherentes.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Una vez calculado el CI, se determina la razón de consistencia (CR), que permite verificar si los resultados son aceptables. Este valor debe mantenerse dentro de los límites establecidos como se observa en la Tabla 3. Si el CR supera ese umbral, es necesario revisar las ponderaciones asignadas, debido que podrían existir inconsistencias en las comparaciones. En cambio, el índice aleatorio (RI) sirve como referencia, porque representa el nivel de consistencia esperado en una matriz generada al azar, y se utiliza para comparar y validar los resultados obtenidos. (ver Tabla 4).

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5 %
4	9%
5 o mayor	10 %

Tabla 3. Porcentajes máximos de ratio de consistencia CR (Saaty, 1980)

Tamaño matriz (n)	RI	Tamaño matriz (n)	RI
1	0.00	6	1.24
2	0.00	7	1.32
3	0.58	8	1.41
4	0.90	9	1.45
5	1.12	10	1.49

Tabla 4. Índice Aleatorio RI (Saaty, 1980)

Una vez que se ha comprobado que las comparaciones son consistentes, se procede a calcular los pesos, los cuales indican la importancia relativa de cada criterio o la prioridad de las distintas alternativas frente a un criterio específico. Para obtener estos valores, el método AHP original utiliza el sentido de los autovalores, donde se resuelve la siguiente ecuación:

$$A * w = \lambda_{max} * w$$

donde A corresponde a la matriz de comparación, w representa el vector de preferencias o autovector y λ_{max} el valor propio máximo asociado a dicha matriz.

4.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC)

De acuerdo con Sosa et al., (2023) los Sistemas de Información geográfica son herramientas potentes para recopilar, almacenar y gestionar datos espaciales mediante mapas (ver Figura 3). Sus métodos y herramientas se han utilizado ampliamente en planificación, para la asignación de recursos, en particular agrícolas, así como en aplicaciones de ingeniería, gestión de sistemas de transporte, entre otros. Esta herramienta permite gestionar gran cantidad de datos e información, siendo usada tanto en el sector público como el privado.

No obstante, Sepúlveda (2021) indica que la implementación de herramientas SIG permite mejorar la manera en que se maneja los procesos de planeación y control territorial, permitiendo desde distintos enfoques multidisciplinarios, resolver conflictos espaciales, territoriales y ambientales, además de contribuir en la conservación del territorio haciendo que sea un instrumento de apoyo para la toma de decisiones.

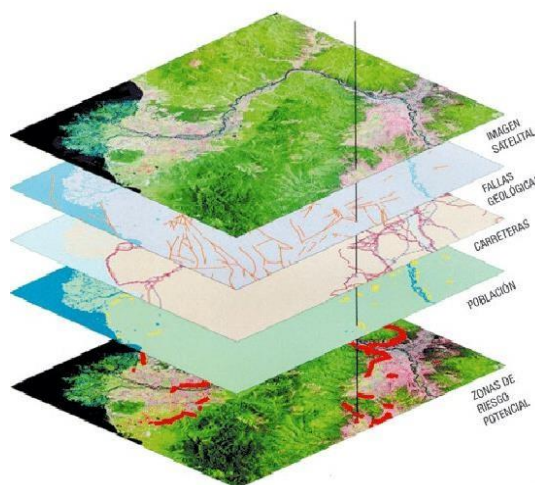


Figura 3. Organización datos SIG (ESRI, 2014)

Los SIG se han convertido en herramientas esenciales en el ámbito de la gestión y el ordenamiento territorial por su capacidad en el procesamiento, producción, análisis y modelización de fenómenos espaciales (Laguna Marín- Yaseli y Nogués Bravo, 2001). Desde el punto de vista del ordenamiento territorial, su vinculación directa radica en la utilización de procedimientos o funciones que permiten evaluar e integrar las múltiples alternativas y limitaciones que brinda el territorio en la definición de algún tipo de uso del suelo.

Es así que la Evaluación Multicriterio (EMC) adquiere un papel fundamental, dado que el sustento teórico donde se enmarca es la Teoría de la Decisión, la cual fundamenta la elección de una dentro de un grupo de alternativas, indispensables en la toma de decisión y concretamente en la planificación territorial. Particularmente, ha sido muy utilizada en la evaluación de la aptitud y capacidad del territorio para el acoger nuevas urbanizaciones, con el propósito de dirigir el futuro crecimiento urbano hacia las zonas más aptas (Gutiérrez Angonese et al., 2010).

4.5. FLUJOGRAMA

En el presente estudio se desarrollaron dos fases metodológicas: en la primera fase se definió el área de estudio y la recopilación de la información geográfica de la provincia del Guayas, en la segunda fase se realizó una referencia a la definición de los criterios que influirán en la Evaluación Multicriterio (EMC) y en el análisis de la información SIG en el software ArcGIS y QGIS, como se observa en la Figura 4.

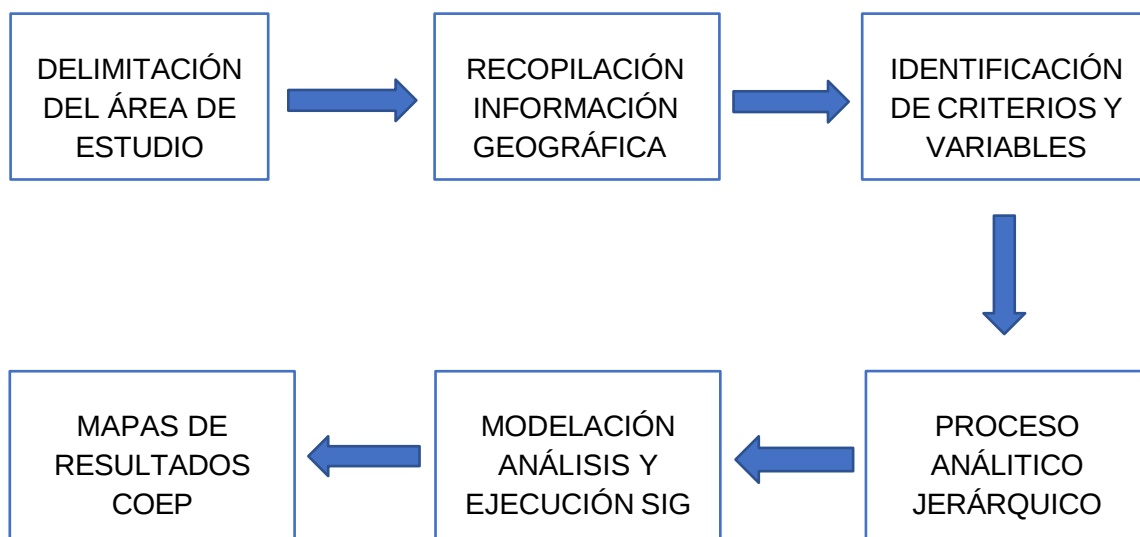


Figura 4. Flujograma de Evaluación

4.6. CRITERIOS Y VARIABLES DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO

En un proceso de análisis multicriterio, las variables corresponden a los distintos factores que intervienen en la selección de decisiones y que son evaluados de manera comparativa según criterios previamente establecidos. Estas pueden organizarse en criterios y subcriterios, y su naturaleza puede ser tanto cuantitativa como cualitativa (Berumen Sergio, 2007)

La selección del lugar más adecuado para ubicar un COE-P depende de varios factores del territorio que pueden influir, de forma directa o indirecta, en su funcionamiento, viabilidad y permanencia en el tiempo. En esta etapa, se establecieron criterios espaciales clave que consideran aspectos como la accesibilidad, la exposición a amenazas naturales y las condiciones físicas del terreno, con el propósito de asegurar una decisión bien sustentada desde el punto de vista técnico.

Para el desarrollo de este proyecto, el criterio de las variables fue determinado por un criterio que permite evaluar el nivel de idoneidad de cada zona del territorio para la ubicación óptima del COE-P, donde un valor de 1 indica condiciones altas de idoneidad, un valor de 2 tiene una representación moderada de idoneidad y un valor de 3 representa baja idoneidad, detallados en la Tabla 5.

Criterio	Significado	Descripción
1	Alta idoneidad	Zonas que tienen las mejores condiciones para instalar el COE-P, ya que ofrecen el entorno más favorable para su implementación y operación eficiente.
2	Idoneidad media	Zonas que presentan varias limitaciones importantes. Aunque no se descartan por completo, sus condiciones no son las más adecuadas, además se consideran opciones poco recomendables para la infraestructura.
3	Baja idoneidad	Zonas que no tienen las condiciones necesarias, debido a su alta vulnerabilidad ambiental, poseen uso de suelo incompatible o falta de accesibilidad. Se recomienda descartar en la etapa final del análisis.

Tabla 5. Criterios para la Evaluación Multicriterio (Elaboración propia)

Este criterio clasificado estructura cada descripción bajo una escala homogénea, esto permite su integración dentro del entorno SIG. De esta manera, se facilita la aplicación de técnicas como el álgebra de mapas y el modelo de superposición ponderada (Weighted Overlay), relacionadas con los pesos relativos derivados de la matriz de comparación por pares del método AHP de Saaty, garantizando coherencia y rigor en el proceso de evaluación espacial.

4.6.1. VARIABLE - INFRAESTRUCTURA VIAL

La accesibilidad vial constituye uno de los criterios relevantes en el análisis de la ubicación óptima del COE-P, debido que determina la capacidad de respuesta ante eventos adversos y la eficiencia en la articulación entre instituciones. En territorios expuestos a amenazas naturales como inundaciones, sismos, deslizamientos o incendios, la conectividad y el estado de la infraestructura vial incurre directamente en los tiempos de movilización de recursos y personal técnico.

En la provincia del Guayas, donde existe dinamismo urbano, rural e industrial, la red vial presenta conexiones jerárquicas denominadas vías primarias, secundarias y terciarias que condicionan la accesibilidad territorial. La presencia de ejes estratégicos como la Guayaquil–Daule–Samborondón, así como

corredores hacia zonas agrícolas y costeras, configura un sistema de movilidad clave para la gestión de emergencias.

En la Tabla 6. se determina los criterios de ponderación para el análisis efectuado de la infraestructura vial según su jerarquía y nivel de conectividad, en la cual la localización más cercana a vías primarias implica una alta accesibilidad, debido que facilita la conexión vial y disminuye la exigencia de realizar inversiones para la habilitación o mejora de accesos complementarios. (Ver Anexos. Lamina 2. Mapa de Análisis de Proximidad – Vías)

Criterio	Significado	Descripción
1	Alta Accesibilidad	< 1000 metros
2	Media Accesibilidad	1000 - 3000 metros
3	Baja Accesibilidad	> 3000 metros

Tabla 6. Criterios - variable Infraestructura Vial (Elaboración propia)

4.6.2. VARIABLE - CENTROS POBLADOS

El COE-P requiere ubicarse en zonas que permitan una rápida articulación con entidades gubernamentales, cuerpos de socorro, hospitales y centros logísticos, los cuales generalmente se encuentran en áreas urbanas consolidadas. Sin embargo, el criterio urbano no solo debe ser analizado por la cercanía a zonas con alta densidad de población. También es importante considerar aspectos como la disponibilidad de espacio, la compatibilidad con el uso del suelo y el nivel de exposición a posibles amenazas. De este modo, las áreas periurbanas son una buena opción, debido que ofrecen un balance entre buena accesibilidad, menor congestión y mayor disponibilidad de terreno.

En la Tabla 7. se dispone que la ubicación sea determinada en base a la distancia a zonas urbanas teniendo como criterio que a menor distancia genera una zona congestionada con reducida disponibilidad territorial, en cambio al contrario con una distancia lejana apropiada produce una mejor disponibilidad de espacio sin congestión por accesibilidad. (Ver Anexos. Lamina 3. Mapa de Centros Poblados)

Criterio	Significado	Descripción
1	Alta Accesibilidad	> 1000 metros
2	Moderadamente cerca (conectividad equilibrada)	500 - 1000 metros
3	Muy cerca (congestionamiento y reducción territorial)	< 500 metros

Tabla 7. Criterios - variable Centros Poblados (Elaboración propia)

4.6.3. VARIABLE - PENDIENTE DE TERRENO

La pendiente del terreno influye directamente en la factibilidad constructiva, la estabilidad estructural y la funcionalidad operativa de la infraestructura. Desde el enfoque de gestión de riesgos, la selección de zonas con variables topográficas adecuadas reduce la vulnerabilidad ante deslizamientos de tierra, erosión, inestabilidad del suelo y dificultades de acceso ante situaciones críticas. De acuerdo con la clasificación establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (2013, p. 49), el terreno se clasifica según su pendiente en cuatro tipos: plano, cuando tiene inclinaciones menores al 5%; ondulado, entre el 6% y el 12%; montañoso, entre el 13% y el 40%; y escarpado, cuando supera el 40% de pendiente.

La provincia del Guayas presenta en su topografía relieves planos a ligeramente ondulados, pero con presencia de zonas de mayor pendiente como son las colinas y laderas. Si bien las zonas planas facilitan la implantación de infraestructuras por su costo de construcción, también debe considerarse el conjunto con variables complementarias como riesgo de inundación y propiedades del suelo.

Mediante la Tabla 8. se identifica el análisis de pendiente a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE), del cual se aplica una reclasificación. Teniendo en consideración que las pendientes bajas suelen considerarse de alta idoneidad para la construcción de infraestructura crítica, pendientes moderadas presentan aptitud condicionada, y pendientes elevadas son catalogadas como zonas de baja o nula aptitud. (Ver Anexos. Lamina 4. Mapa de Pendiente de Terreno)

Criterio	Significado	Descripción
1	Pendiente plana – Mayor estabilidad estructural	0% – 12%
2	Pendiente mediana – Evaluación del terreno	12% - 40%
3	Pendiente alta – Peligro e inestabilidad	> 40%

Tabla 8. Criterios - variable Pendiente de terreno (Elaboración propia)

4.6.4. VARIABLE – USO DE SUELO

El uso de suelo define la compatibilidad funcional, normativa y territorial del equipamiento dentro del espacio geográfico. La selección adecuada del suelo garantiza que la infraestructura se ubique en áreas donde las actividades existentes no generen conflictos legales, ambientales o sociales, y donde se garantice la continuidad operativa en estados de emergencia.

La provincia del Guayas presenta una gran variedad de usos de suelo como zonas urbanas consolidadas, áreas industriales, suelos agrícolas especialmente dedicados a la producción de banano y arroz, además presenta áreas naturales protegidas y cuerpos de agua. Esta diversidad hace necesario analizar la idoneidad de cada sector, teniendo en consideración la normativa de ordenamiento territorial como los planes de desarrollo y uso del suelo vigentes en cantones como Guayaquil, Durán o Samborondón.

Con el fin de facilitar este análisis, el uso del suelo se organiza mediante una escala de valoración. Como las zonas sin cobertura vegetal o vegetación arbustiva que tiene una mayor puntuación, mientras que áreas protegidas, cuerpos de agua o suelos agrícolas de alta productividad tienen una valoración baja o restrictiva. Esta clasificación permite incorporar el uso del suelo dentro de un modelo de superposición ponderada, junto con otros criterios como la accesibilidad vial, la pendiente del terreno y los riesgos naturales.

En la tabla 9. se establece los criterios de ponderación, con los resultados de la modelación fue comparado con un ráster sentinel-2 de la plataforma Copernicus, el cual deduce de forma más detallada las condiciones actuales del territorio. (Ver Anexos. Lamina 5. Mapa de Uso de Suelo)

Criterio	Significado	Descripción
1	Apto – Suelo desnudo, áreas libres sin conflicto de uso de suelo	Áreas arbustiva y herbácea y/o zonas sin cobertura vegetal
2	Moderadamente Apto – Zonas Antrópicas	Zonas Urbanas y rurales, con altos costos por el suelo
3	No Apto - Terrenos con alta actividad productiva y/o zonas con áreas protegidas	Áreas agrícolas, Alta vegetación forestal Zonas agropecuarias

Tabla 9. Criterios - variable Uso de suelo (Elaboración propia)

4.6.5. VARIABLE – SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES

La variable susceptibilidad a inundación constituye un componente esencial en la evaluación territorial para la localización óptima del COE-P, debido a la proximidad a ríos, esteros y cuerpos de agua que pueda representar un factor de riesgo significativo para la infraestructura crítica, especialmente en esta provincia con alta dinámica hídrica.

En la provincia del Guayas, la presencia de zonas hídricas como el Río Guayas y sus afluentes establece una amplia red de drenaje que condiciona la ocupación del suelo y la susceptibilidad a inundaciones periódicas. Las variaciones de caudal y fenómenos climáticos extremos, incrementan la vulnerabilidad de áreas contiguas a riberas y zonas bajas.

Criterio	Significado	Descripción
1	Zona lejana – Menor riesgo hídrico	> 1000 metros
2	Intervalo mediano – Riesgo moderado	500 - 1000 metros
3	Proximidad inmediata – Riesgo a inundación	< 500 metros

Tabla 10. Criterios - variable Susceptibilidad a Inundación (Elaboración propia)

En la tabla 10. El análisis de la variable implica la incorporación de capas vectoriales que representan ríos, esteros, canales y cuerpos de agua, así como la generación de zonas de influencia (buffers) para establecer distancias de seguridad. (Ver Anexos. Lamina 6. Mapa de Susceptibilidad a Inundaciones)

Estas distancias permiten identificar áreas con diferentes niveles de aptitud, donde los sectores más alejados de la red hídrica suelen presentar mayor idoneidad para la implantación de infraestructura estratégica.

4.6.6. VARIABLE – SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE MASAS (DESLIZAMIENTO)

La susceptibilidad a movimientos en masa constituye un criterio clave, dado que este tipo de infraestructura debe garantizar estabilidad física y operatividad continua ante escenarios adversos.

Los deslizamientos de tierra e inestabilidad de terrenos pueden poner en riesgo la estabilidad de las construcciones, bloquear vías de acceso y dificultar la capacidad de respuesta de las instituciones en momentos de emergencia.

En la tabla 11. se considera la susceptibilidad a estos fenómenos como un criterio restrictivo: las zonas con mayor probabilidad de inestabilidad reciben una menor valoración, mientras que aquellas con condiciones más estables son consideradas más adecuadas. (Ver Anexos. Lamina 7. Mapa de Susceptibilidad de deslizamientos)

Criterio	Significado	Descripción
1	Baja - estable	Nulo o bajo riesgo
2	Medio susceptible	Zona de riesgo moderado
3	Alto - inestabilidad	Zona de alto riesgo

Tabla 11. Criterios - variable Susceptibilidad a movimientos de masas

5. EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO MEDIANTE PONDERACIÓN DE VARIABLES

Con el propósito de integrar las diferentes variables evaluadas, se aplicó un análisis multicriterio utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

Esta metodología permite asignar una importancia referente a cada criterio a partir de matrices de comparación por pares, facilitando la valoración sistemática de su influencia dentro del modelo.

A continuación, se presenta la matriz de comparación general, con la finalidad de evaluar cada análisis multicriterio con sus respectivas variables consideradas.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Wi	Ci	LAMDAi
C1	1.00								
C2		1.00							
C3			1.00						
C4				1.00					
C5					1.00				
C6						1.00			

Tabla 12. Matriz de comparación de variables

5.1. EVALUACIÓN DE LA MATRIZ DE COMPARACIÓN

Es una estructura matemática cuadrada, en la cual los elementos ubicados en la diagonal principal toman siempre el valor de uno, ya que cada criterio se compara consigo mismo y, por tanto, posee igual importancia. Asimismo, los valores situados en posiciones simétricas respecto a la diagonal son inversos entre sí; es decir, si en la parte superior se asigna un determinado valor al comparar un criterio con otro, en la posición opuesta se coloca su recíproco, garantizando coherencia matemática en la matriz.

Mediante las siguientes tablas se efectuarán los análisis planteados.

Id.	VARIABLES DE EVALUACION	PESOS
C1	Infraestructura vial	
C2	Zona Urbana (Centros Poblados)	
C3	Pendiente de terreno	
C4	Susceptibilidad a Inundaciones	
C5	Uso de suelo	
C6	Susceptibilidad a movimientos de masas	

Tabla 13. Id. de variables de evaluación

Se han determinado seis variables de evaluación identificadas por un Id. (Identificación) para la ponderación en la matriz de comparación, para el mismo se utilizó una plantilla formulada diseñada en Excel. A continuación, se detalla los análisis de accesibilidad, análisis de riesgo ambiental y análisis idoneidad, considerando que la calificación se da en función del problema (vulnerabilidad/amenaza/riesgo), que es directamente proporcional.

5.1.1. ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD

El análisis de accesibilidad establece en la evaluación, las condiciones de conectividad y facilidad de desplazamiento hacia un sitio potencial, con el objetivo de determinar su nivel de accesibilidad para la instalación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P). Este análisis busca identificar áreas que permitan una movilización rápida y eficiente de recursos, personal y equipos de respuesta ante eventos adversos.

Para este análisis se consideraron variables relacionadas con la infraestructura vial, susceptibilidad a inundaciones, pendiente de terreno y uso de suelo. Estos factores permiten evaluar la capacidad de accesibilidad y la cobertura operativa que podría tener el COE-P dentro del territorio de estudio.

Para este análisis se construyó una matriz de comparación, con el fin de determinar la importancia relativa de cada variable dentro del análisis de accesibilidad como se visualiza en la Tabla 14.

	C1	C3	C4	C5	Wi	Ci	LAMDAi
C1	1.00	1	0.25	0.5	0.59	0.14	1.10
C3	1	1.00	1	2	1.19	0.28	0.97
C4	4	1	1.00	2	1.68	0.39	1.07
C5	2	1/2	1/2	1.00	0.84	0.19	1.05

Tabla 14. Matriz de comparación Análisis de Accesibilidad

Pi	8.00	3.50	2.75	5.50	4.31		4.19	λ_{max}
----	------	------	------	------	------	--	------	-----------------

A partir de esta matriz se calcularon los pesos de cada criterio y se verificó la consistencia de las ponderaciones obtenidas, garantizando así la confiabilidad del proceso de evaluación multicriterio.

		PESOS
C1	Infraestructura vial	0.14
C3	Pendiente de terreno	0.28

		PESOS
C4	Susceptibilidad a Inundaciones	0.39
C5	Uso de suelo	0.19
		1.00

Ci=	0.06333654
Rci=	0.90
CR=	0.0704

Consistente

5.1.2. ANÁLISIS DE RIESGO

En el análisis de riesgo se realizó una evaluación orientada a evaluar el nivel de exposición del área de estudio frente a amenazas naturales y condiciones físicas del entorno que podrían influir en la viabilidad y funcionamiento del COE-P.

Para este fin, se consideraron cuatro variables principales: pendiente de terreno, susceptibilidad a inundaciones, uso de suelo y susceptibilidad a deslizamientos, las cuales representan factores de estabilidad y seguridad del sitio.

Asimismo, se elaboró una matriz de comparación que permitió establecer la relevancia de cada variable considerada dentro del estudio de riesgo. Por medio de este proceso se evaluó la relación de importancia entre los criterios, los resultados se presentan en la Tabla 15.

	C3	C4	C5	C6	Wi	Ci	LAMDAi
C3	1.00	1	2	2	1.41	0.33	1.00
C4	1	1.00	2	2	1.41	0.33	1.00
C5	1/2	1/2	1.00	1	0.71	0.17	1.00
C6	1/2	1/2	1	1.00	0.71	0.17	1.00

Tabla 15. Matriz de comparación Análisis de Riesgos

Pi	3.00	3.00	6.00	6.00	4.24		4.00
----	------	------	------	------	------	--	------

A partir de esta matriz se calcularon los pesos de cada criterio y se verificó la consistencia de las ponderaciones obtenidas.

		PESOS
C3	Pendiente de terreno	0.33
C4	Susceptibilidad a Inundaciones	0.33

		PESOS
C5	Uso de suelo	0.17
C6	Susceptibilidad a movimientos de masas	0.17
		1.00

Ci=	0
Rci=	0.90
CR=	0.000

Consistente

El Radio de Consistencia cumple con la metodología aplicada.

5.1.3. ANÁLISIS DE IDONEIDAD

En este último análisis, se integra diversos criterios previamente ponderados, con el propósito de identificar las áreas con mayor idoneidad y aquellas menos adecuadas para la instalación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P).

También, se elaboró una matriz de comparación que permitió establecer la relevancia relativa de cada variable. Esto permite representar de manera espacial el grado de aptitud del territorio detallado en la Tabla 16.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Wi	Ci	LAMDAi
C1	1.00	4	1	0.25	0.5	0	0.71	0.09	1.12
C2	1/4	1.00	0.25	0.25	0.5	0.5	0.40	0.05	0.88
C3	1	4	1.00	1	2	2	1.59	0.21	0.82
C4	4	4	1	1.00	2	2	2.83	0.37	1.28
C5	2	2	1/2	1/2	1.00	1	1.00	0.13	0.91
C6	4	2	1/2	1/2	1	1.00	1.19	0.15	1.04

Tabla 16. Matriz de comparación Análisis de Idoneidad

Pi	12.25	17.00	4.00	3.50	7.00	6.75	7.71		6.06
----	-------	-------	------	------	------	------	------	--	------

Una vez concluido la asignación de los valores de las ponderaciones, se establecen los pesos definitivos correspondientes a cada criterio. A continuación, se muestran los valores resultantes derivados de este procedimiento.

Id.	VARIABLES DE EVALUACION	PESOS
C1	Infraestructura vial	0.09
C2	Zona Urbana (Centros Poblados)	0.05
C3	Pendiente de terreno	0.21
C4	Susceptibilidad a Inundaciones	0.37
C5	Uso de suelo	0.13
C6	Susceptibilidad a movimientos de masas (deslizamientos)	0.15
		1.00

Ci=	0.01117671	
Rci=	1.24	
CR=	0.090	Consistente

Finalmente comprobamos que el CR tenga un resultado consistente.

6. MODELACIÓN Y ANÁLISIS SIG

6.1 SOFTWARE SIG

Para el presente análisis se utilizó tres tipos de software: QGIS Desktop 3.40.3, ArcGIS Desktop 10.5 y Global Mapper v18.0.0 son programas de Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto ampliamente utilizado para la gestión, análisis y representación de información geoespacial. Por las múltiples opciones de análisis y procesamiento vectorial y ráster, fueron utilizados para realizar el análisis multicriterio para la ubicación óptima de un COE-P, debido que permiten integrar diferentes capas geoespaciales como la red vial, uso del suelo, pendientes, etc.

Mediante herramientas de análisis como álgebra de mapas y la superposición ponderada, se integró estas variables y asignarles pesos según su importancia en el modelo de evaluación. Por último, mediante QGIS se generó mapas de idoneidad territorial que permiten establecer las zonas más óptimas para la ubicación del COE-P, mejorando la accesibilidad, la seguridad y el desempeño operativo del COE-P.

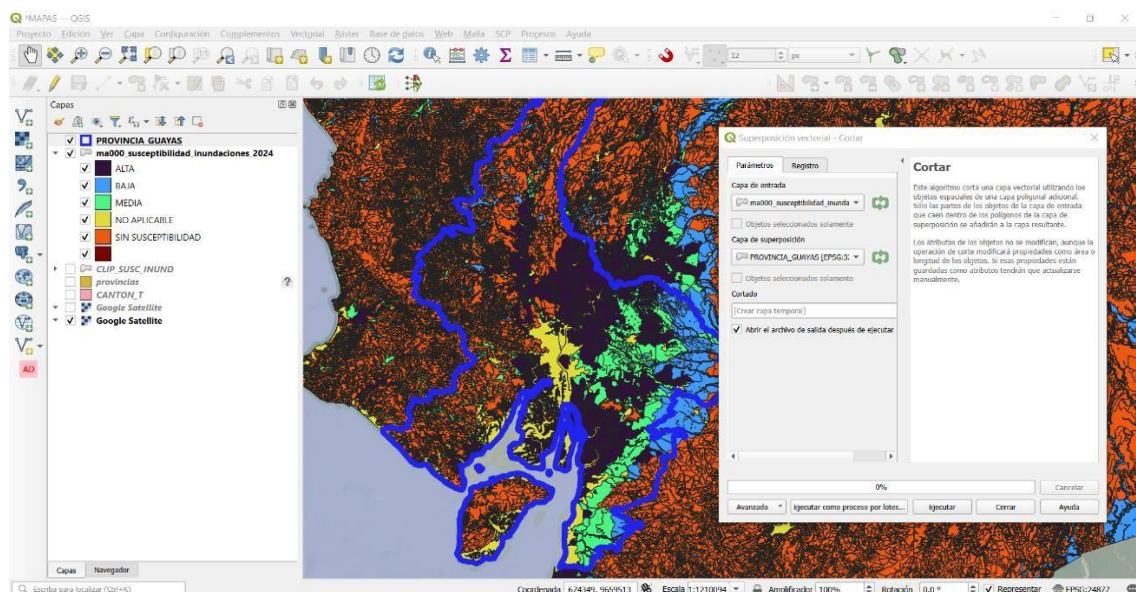
6.2. CONVERSIÓN Y VALIDACIÓN DE CAPAS

En un análisis multicriterio desarrollado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) como ArcGIS o QGIS, es fundamental realizar correctamente la conversión del sistema de proyección de coordenadas y la validación de las capas geoespaciales antes de iniciar cualquier proceso de análisis. Estas acciones permiten asegurar que toda la información espacial utilizada sea compatible, precisa y adecuada para la superposición y comparación entre variables. Mediante el uso de Arctoolbox en el programa ArcGIS se realizó la proyección y transformación para definir el sistema de referencia espacial de las capas geoespaciales, las mismas no tenían un sistema de coordenadas definido o su vez estaba en un sistema de coordenadas geográficas.

6.3. PROCESAMIENTO ESPACIAL

6.3.1. RECORTE DE CAPAS GEOESPACIALES

Las capas vectoriales recopiladas se encontraban, en su mayoría, disponible a escala nacional. Por esta razón, fue necesario realizar un recorte de las capas utilizando como límite el área administrativa de la provincia del Guayas. Este procedimiento permitió excluir la información correspondiente a otras provincias que no era relevante para el área de estudio. De esta manera, se logró reducir la cantidad de datos procesados, lo que contribuyó a optimizar el desempeño durante el procesamiento en el SIG y a obtener resultados más precisos y eficientes en los análisis espaciales realizados.



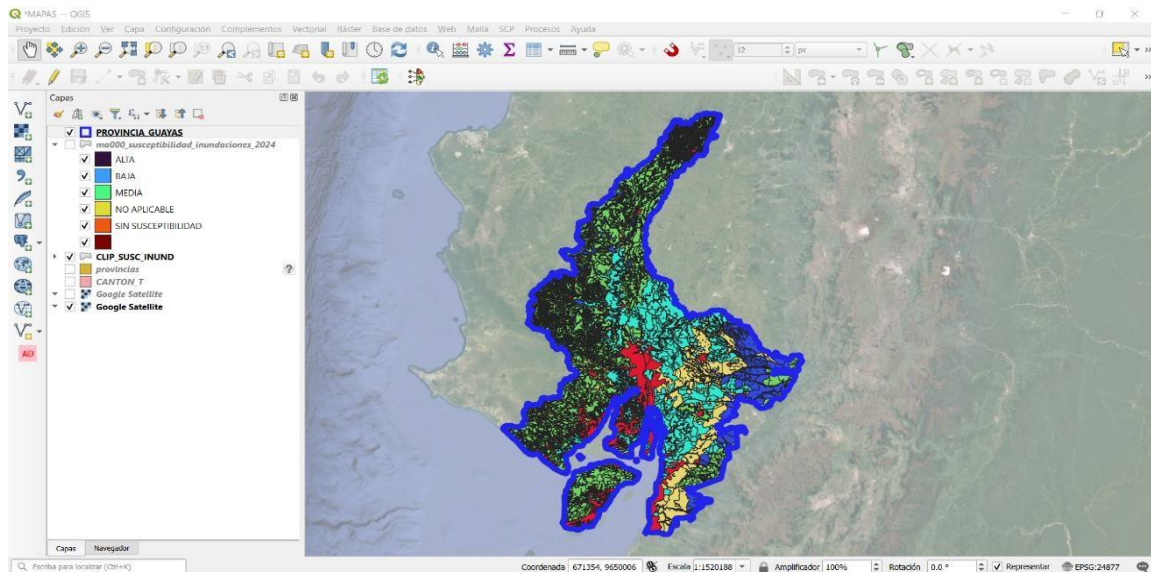


Figura 5. Herramienta de Geoproceso – Cortar (QGIS)

Mediante el componente Procesamiento en el software QGIS y su herramienta de geoproceso Cortar se ejecutó los recortes de las capas necesarias para una mejor funcionalidad como se muestra en la figura 5.

6.3.2. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM)

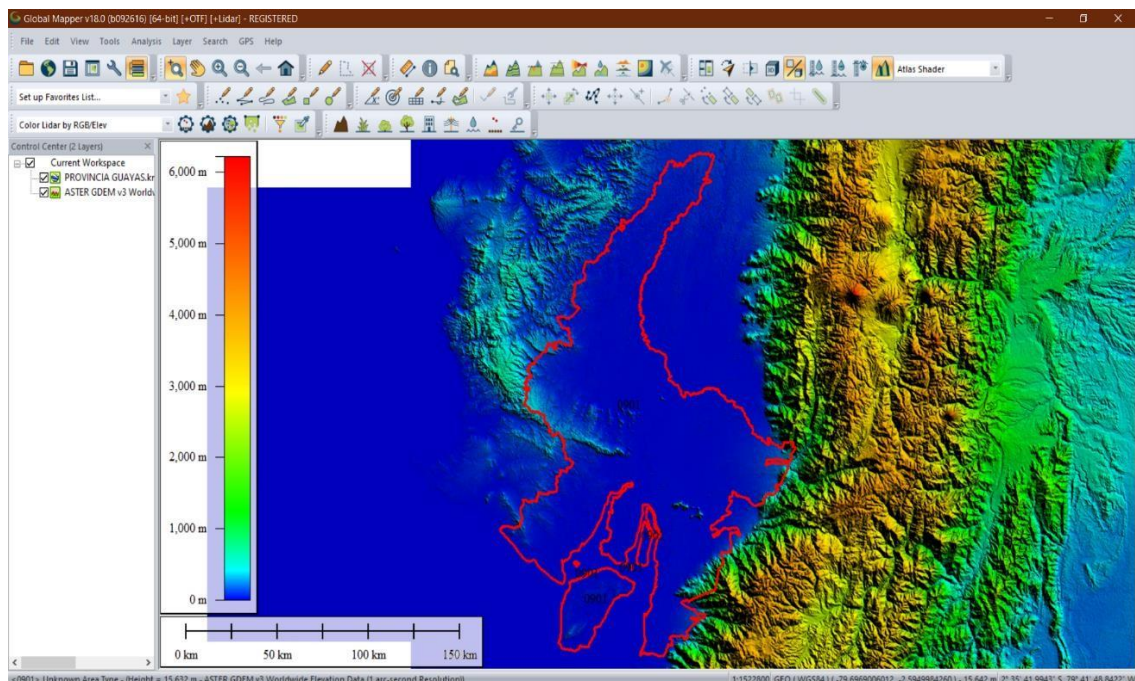


Figura 6. Plataforma ASTER GDEM (Global Mapper v18.0)

En el presente estudio, el DEM fue generado utilizando el software Global Mapper V18.0, mediante la conexión a la plataforma ASTER Global Digital Elevation (<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>), el cual tiene una cobertura que comprende desde los 83 grados de latitud norte hasta los 83 grados de latitud sur, abarcando el 99 % de la superficie terrestre. Este algoritmo de producción optimizado facilita una resolución espacial mejorada y de mayor precisión horizontal y vertical. El ASTER GDEM mantiene un formato GeoTIFF y una estructura de cuadrícula y teselas de 30 metros y teselas de 1 x 1 grado, mostrado en la figura 6.

6.3.3. CONVERSIÓN VECTORIAL A RASTER

La conversión de capas vectoriales a formato ráster constituye un procedimiento fundamental dentro de los análisis espaciales basados en modelos multicriterio, el mismo fue ejecutado en el software QGIS.

El procedimiento se realizó con el componente Arctoolbox de ArcGIS 10.5, con la herramienta Conversion Tools – To Raster – Feature to raster (vectorial a ráster), con una resolución espacial homogénea de 40 metros para todas las capas generadas, con el objetivo de mantener uniformidad en el análisis. Esta estandarización facilitó la integración y el manejo conjunto de las distintas capas que representan diversos fenómenos espaciales, especialmente considerando la naturaleza heterogénea de los datos, lo que permitió garantizar mayor coherencia y compatibilidad, como se muestra en la figura 7.

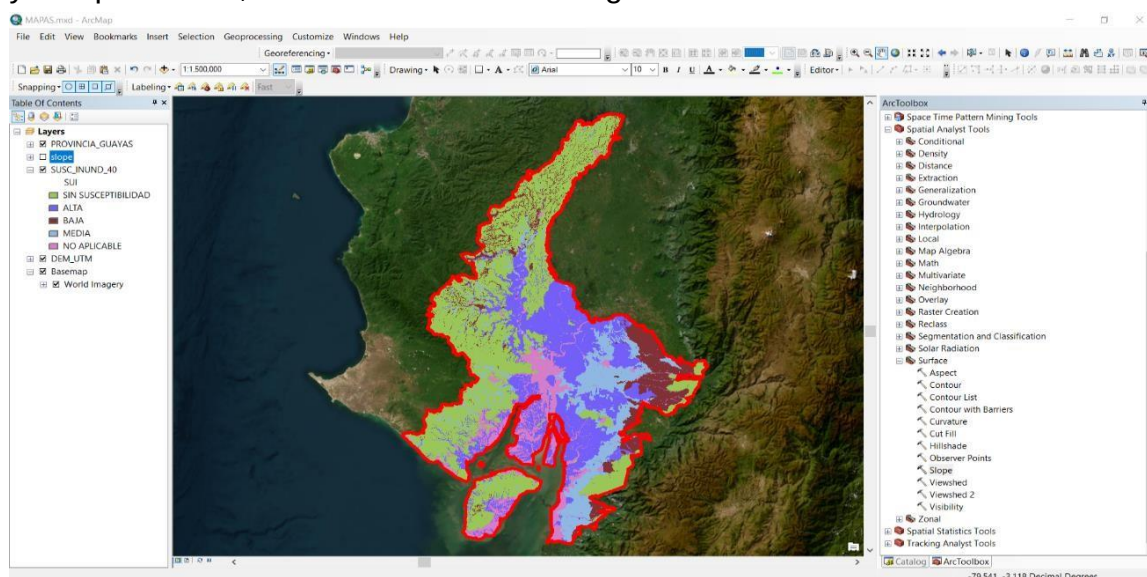


Figura 7. Capa Vectorial a raster (ArcGIS 10.5)

6.3.4. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD (EUCLIDEAN DISTANCE)

El análisis de proximidad mediante la distancia euclidiana se emplea para evaluar la cercanía del territorio respecto a dos variables en análisis: la infraestructura vial y los centros poblados, las cuales influyen directamente en la accesibilidad y funcionalidad de un posible emplazamiento para un Centro de Operaciones de Emergencia (COEP).

El proceso se ejecutó con el componente Arctoolbox – Spatial Analyst Tools - Distance - Euclidean Distance en ArcGIS, la cual permite calcular la distancia lineal desde cada celda del territorio hacia el elemento más cercano de una capa vectorial determinada. A partir de las capas de vías (polilíneas) y centros poblados (puntos), se generaron superficies ráster donde cada celda contiene un valor de distancia expresado en metros, indicando la proximidad respecto a la red vial o a los centros poblados más cercanos, como se muestra en la figura 8.

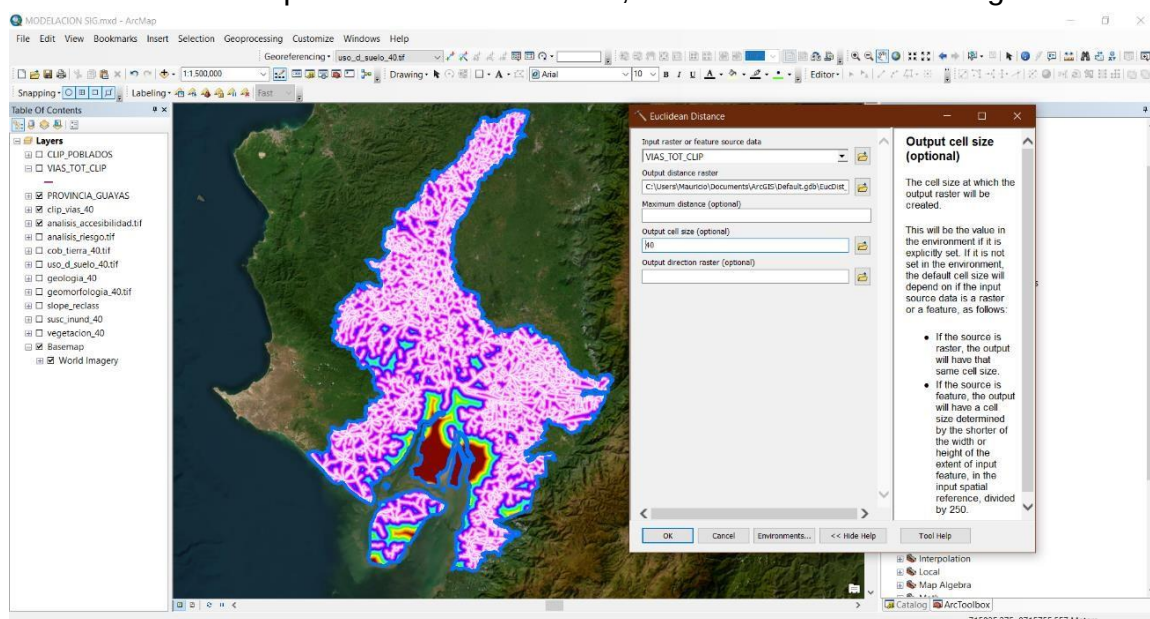


Figura 8. Análisis de proximidad - vías (ArcGIS 10.5)

6.3.5. RECLASIFICACIÓN DE RÁSTER

La reclasificación constituye una fase esencial dentro de los análisis espaciales multicriterio, especialmente cuando se requiere integrar diversas variables territoriales con unidades y escalas diferentes. Este procedimiento tiene como objetivo estandarizar los valores del ráster para que puedan ser comparados e integrados posteriormente en un modelo de superposición ponderada.

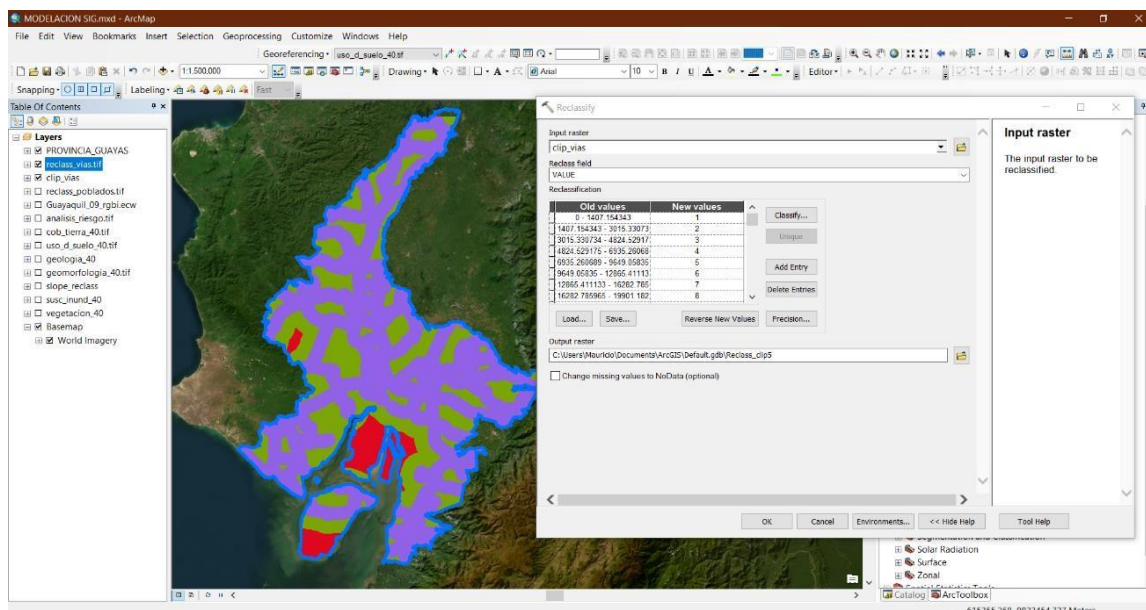


Figura 9. Análisis de proximidad - vías (ArcGIS 10.5)

El procedimiento se ejecutó en ArcGIS 10.5, mediante el componente Arctoolbox, con la herramienta Spatial Analyst Tools - Reclass – Reclassify, durante el proceso de reclasificación, los valores originales de cada ráster se agruparon en rangos específicos y se les asignaron valores estandarizados, en una escala de 1 a 3. En esta escala, el valor 1 representa las condiciones más favorables para la localización del Centro de Operaciones de Emergencia (COE-P), mientras que el valor 3 representa a zonas con menor idoneidad o con mayores restricciones, como se visualiza en la figura 9.

6.3.6. WEIGHTED OVERLAY (SUPERPOSICIÓN PONDERADA)

En el modelo de superposición ponderada o Weighted Overlay se integran todas las capas estandarizadas, asignando a cada una un peso específico según su nivel de importancia dentro del análisis, obtenido mediante el método de matriz de comparación de Saaty.

Esta estandarización permite que los diferentes criterios puedan ser comparados entre sí, asignando valores de peso que representan el grado de idoneidad o conveniencia de cada área dentro del territorio de estudio facilitando un proceso de análisis sistemático y objetivo. Los pesos ponderados reflejan la influencia que cada criterio tiene en la determinación del sitio más adecuado para la implementación del COE-P.

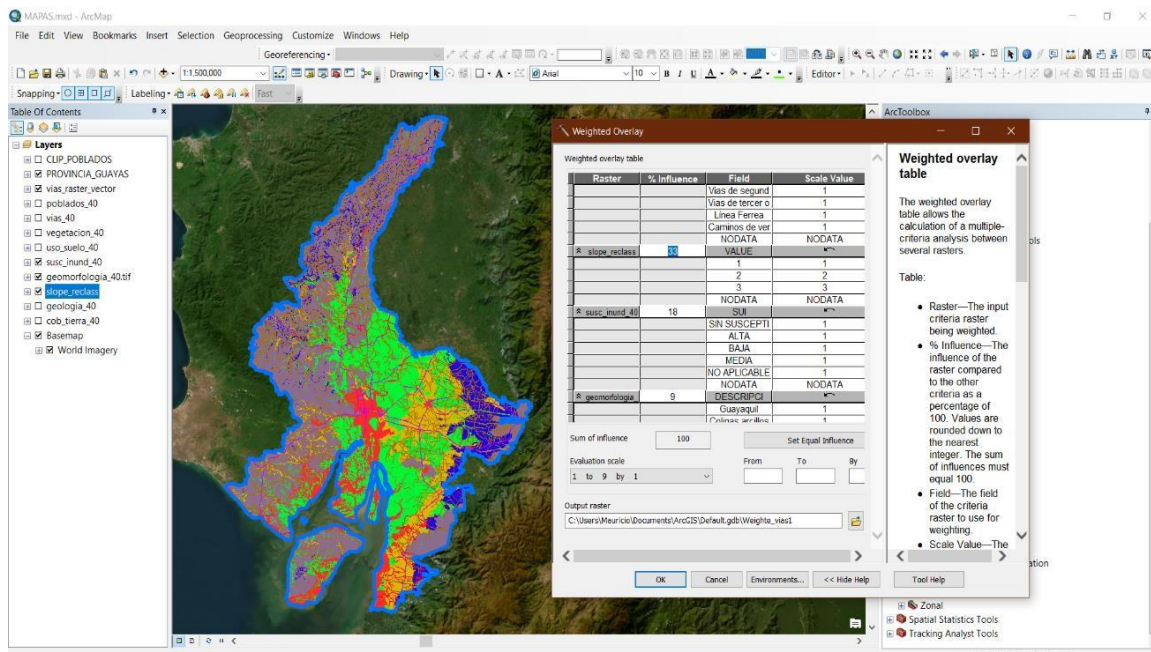


Figura 10. Herramienta Weighted Overlay (ArcGIS 10.5)

Cabe mencionar que este proceso fue aplicado mediante el software ArcGIS 10.5 con el componente Arctoolbox en la herramienta Spatial Analyst Tools – Overlay – Weighted Overlay para integrar a las diferentes capas rasterizadas y mediante los pesos ponderados obtenidos en la metodología se obtiene los productos cartográficos que permite identificar las áreas que presentan mejores condiciones de accesibilidad, menor exposición a amenazas naturales, condiciones topográficas adecuadas y compatibilidad con el uso del suelo, como se visualiza en la figura 10.

7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO

Mediante el análisis empleado se obtienen los resultados derivados de la aplicación de herramientas de análisis espacial y técnicas de evaluación multicriterio. Para ello, se utilizó información geoespacial, conformada por distintas capas temáticas como el uso del suelo, pendiente del terreno, infraestructura vial, entre otras variables del territorio. Estos datos fueron procesados mediante ArcGIS 10.5, lo que permitió analizar de manera integrada las condiciones del área de estudio e identificar sectores con diferentes niveles de interés, aptitud o riesgo de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación. Los resultados presentan los mapas temáticos de accesibilidad, riesgos e idoneidad detallados a continuación:

7.1. MAPA DE ACCESIBILIDAD

El mapa de accesibilidad permite identificar las áreas de la provincia que presentan condiciones favorables para la posible ubicación del COE-P. Para la elaboración de este análisis se consideraron cuatro criterios principales. El factor con mayor ponderación corresponde a la susceptibilidad de inundación (0.39), debido que la accesibilidad puede verse reducida debido al anegamiento de carreteras, caminos o infraestructuras. Otro criterio con alta importancia es la pendiente de terreno, evaluada mediante el modelo digital de elevación obtenida mediante la plataforma ASTER GDEM que permite conocer la topografía del terreno con un nivel de detalle adecuado para el análisis.

Los demás criterios analizados es el uso de suelo (0.19) que permite conocer las características actuales del territorio y la infraestructura vial (0.14), en la cual representa la conectividad y la eficiencia en el acceso vial, todas estas variables influyen en la accesibilidad para la instalación de la infraestructura gubernamental. En el mapa resultante (ver figura 11) se identifican áreas representadas en color verde, las cuales corresponden a zonas con accesibilidad media.

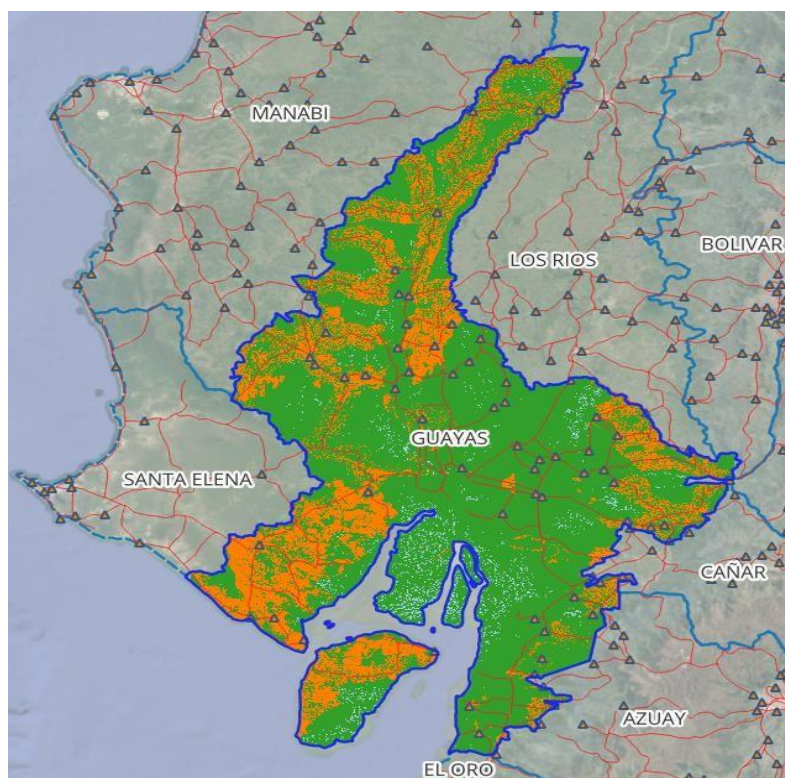


Figura 11. Ráster del Análisis de Accesibilidad

Estas se distribuyen de manera intermedia a lo largo de la provincia, generalmente ubicadas en sectores óptimos y no aptos. Cabe mencionar que tienen que realizarse estudios técnicos complementarios para la factibilidad final del proyecto.

Las zonas de color naranja representan áreas con accesibilidad alta. Las mismas se ubican principalmente en el noroeste y suroeste de la provincia. Estas zonas tienen las condiciones favorables para la implementación del COE-P, debido a su proximidad a vías principales, pendientes adecuadas, poca cobertura vegetal y bajo riesgo de inundación, variables que facilitan el desarrollo logístico del COE-P.

Asimismo, las zonas representadas de color celeste corresponden a áreas de accesibilidad baja, ubicadas principalmente en la zona costera de la provincia. Estas zonas presentan limitaciones relacionadas con la accesibilidad vial deficiente y una mayor susceptibilidad a inundaciones, por lo tanto, reduce significativamente su idoneidad para la instalación del COE-P.

7.2. MAPA DE RIESGOS

El mapa de riesgos muestra la composición territorial de las áreas que presenta el incremento o reducción de la probabilidad de que ocurra un evento peligroso o sus impactos dentro de la provincia del Guayas, considerando su relevancia para la posible localización del COE-P. Este resultado se obtuvo a partir de un modelo de evaluación multicriterio que integró cuatro variables principales, cuyos pesos fueron determinados mediante el método AHP. Entre ellas, la susceptibilidad a inundaciones y pendiente de terreno obtuvieron la mayor ponderación (0.33), está primera debido a que la provincia presenta una alta vulnerabilidad a factores como la cercanía a ríos, intensidad de las lluvias y su capacidad de drenaje.

La variable pendiente de terreno se presenta de manera directa debido que se relaciona principalmente con las condiciones de estabilidad del suelo. Por otro lado, el uso del suelo y la susceptibilidad a movimientos en masa se consideraron con un peso menor (0,17). El primero influye en el nivel de riesgo, debido que cada tipo de cobertura tiene distinta capacidad para absorber, infiltrar o retener el agua. Por su parte, la susceptibilidad a movimientos en masa refleja qué tan probable es que un terreno experimente deslizamientos, derrumbes o caída de materiales. El producto cartográfico (ver figura 12) identifica tres niveles principales de riesgo. Las zonas de color amarillo corresponden a sectores con alto riesgo, ubicadas principalmente en el centro y sureste de la provincia.

Estos sectores son zonas propensas a inundaciones y también a deslizamientos, condiciones que suelen agravarse durante la temporada de lluvias. En cambio, las áreas representadas de color verde indican un nivel de riesgo medio. Son zonas que tienen condiciones intermedias, que pueden estar expuestas a ciertos eventos naturales, consideradas viables si se realizan evaluaciones técnicas adecuadas y si aplican medidas de mitigación.

Finalmente, las zonas de color rojo corresponden a áreas de bajo riesgo, ubicadas principalmente en el norte y suroeste de la provincia. Estas áreas se caracterizan por terrenos relativamente planos, estables y distante de cuerpos de agua, por lo tanto, reduce su vulnerabilidad respecto a los eventos vinculados a la época lluviosa. Debido a estas condiciones favorables, estas zonas se consideran las más adecuadas para la implementación del COE-P.

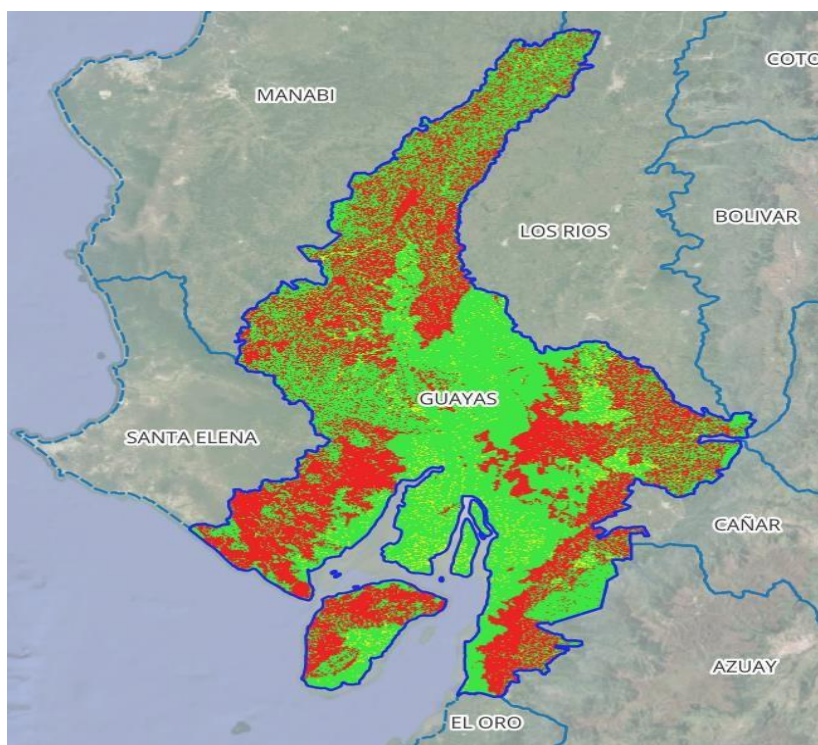


Figura 12. Ráster del Análisis de Riesgos

7.3. MAPA DE IDONEIDAD

En el mapa de idoneidad se consideraron siete variables con la ponderación respectiva para el análisis efectuado. Entre los factores con mayor influencia el criterio de susceptibilidad de inundación (0.37) y la pendiente de terreno (0.21), que dentro del estudio ejecutado han sido las variables de mayor análisis porque

permiten evaluar las condiciones físicas del territorio. Al integrarlas en un análisis multicriterio, se pueden identificar las zonas más seguras, estables y adecuadas para la implementación factible del proyecto.

La susceptibilidad de masas tiene una ponderación de (0.15) debido que permite identificar las áreas que presentan mayor probabilidad de sufrir procesos de inestabilidad del terreno, como deslizamientos. Por otra parte, la variable uso de suelo tiene un peso de (0.13), infraestructura vial (0.09) y la proximidad a zonas urbanas (0.05), estas dos últimas recibieron valores menores.

No obstante, estos factores también son relevantes porque influyen directamente en la accesibilidad, conectividad y funcionalidad del territorio para el desarrollo de diferentes actividades.

El ráster obtenido del análisis (ver figura 12) permite identificar tres niveles de idoneidad. Como primer punto, las áreas representadas de color verde, se concentran principalmente en el sur de la provincia del Guayas. Estas zonas se caracterizan por presentar alta susceptibilidad a inundaciones, condiciones de suelo poco adecuadas considerando la inestabilidad por su pendiente, factores que reducen significativamente su idoneidad para el desarrollo del proyecto.

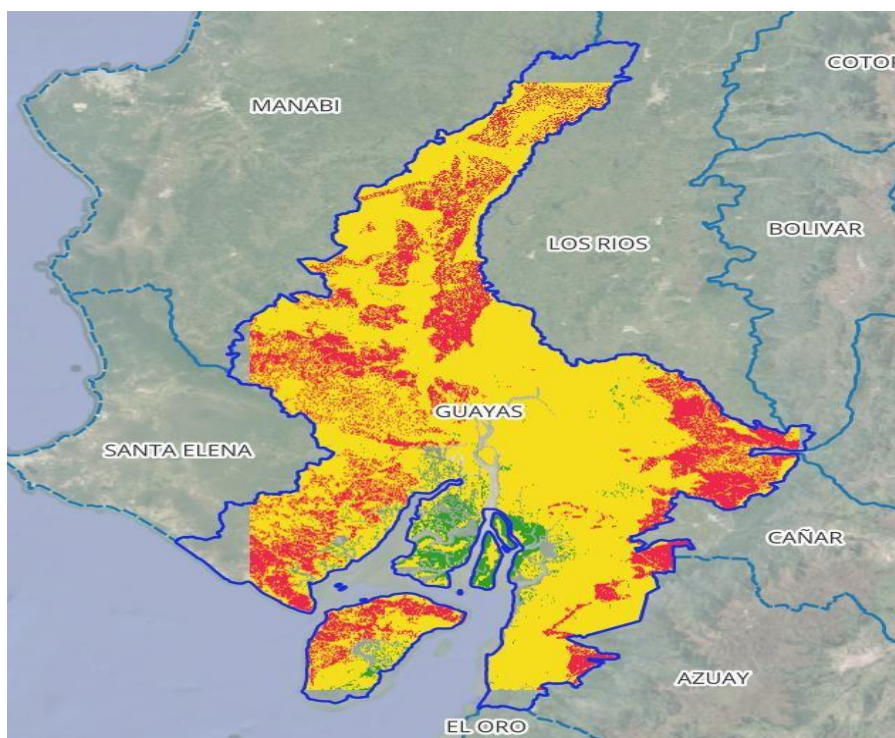


Figura 13. Ráster del Análisis de Idoneidad

Las áreas de idoneidad media, representadas de color amarillo, se delimitan cercana a las zonas aptas. Aunque pueden presentar limitaciones, estas podrían ser analizadas mediante evaluaciones técnicas.

Finalmente, las zonas clasificadas como idóneas, representadas en color rojo, se ubican principalmente en el noroeste y suroeste de la provincia. Estas zonas presentan condiciones adecuadas para su localización. Presenta una buena estabilidad de terreno, sin susceptibilidad a inundaciones y tienen accesibilidad vial que facilita la conexión con otros sectores. Además, su proximidad a zonas pobladas permite tener servicios básicos, mano de obra, comercio y equipamientos. Adicionalmente, el uso del suelo es compatible y la vulnerabilidad frente a riesgos naturales, como inundaciones o deslizamientos, es reducida. Por lo tanto, estas zonas se consideran adecuadas para la instalación del COE-P.

7.4. MAPA DE RIESGOS SÍSMICOS

El mapa de riesgos sísmicos representa una variable fundamental dentro de la planificación territorial y la gestión integral del riesgo de desastres, esto permite identificar y considerar las zonas con distintos niveles de amenaza sísmica.

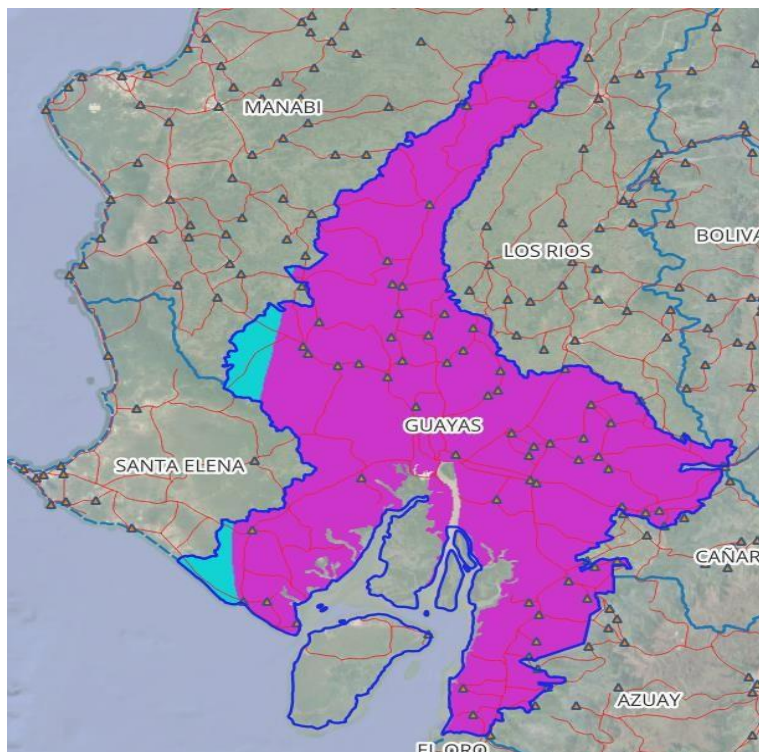


Figura 14. Ráster del Análisis Sísmico

Su importancia radica en la toma de decisiones orientadas a la reducción de vulnerabilidades, la prevención de desastres y la adecuada localización de infraestructuras estratégicas. En este análisis como se muestra en la figura 14. prevalece las zonas clasificadas con riesgo sísmico bajo, representadas en color magenta, esto sugiere que tiene condiciones favorables para la ubicación de la infraestructura crítica. Sin embargo, también se identifican zonas con riesgo medio y alto, especialmente en áreas que presentan condiciones inestables en el suelo.

7.5. MAPA DE RIESGOS TECNOLÓGICOS Y/O PELIGROSOS

El análisis de riesgos tecnológicos son asociados a instalaciones peligrosas como plantas industriales, estaciones de almacenamiento de combustibles o poliductos, los cuales presentan importantes limitaciones metodológicas y operativas debido a la restricciones en el acceso a la información geoespacial estratégica.

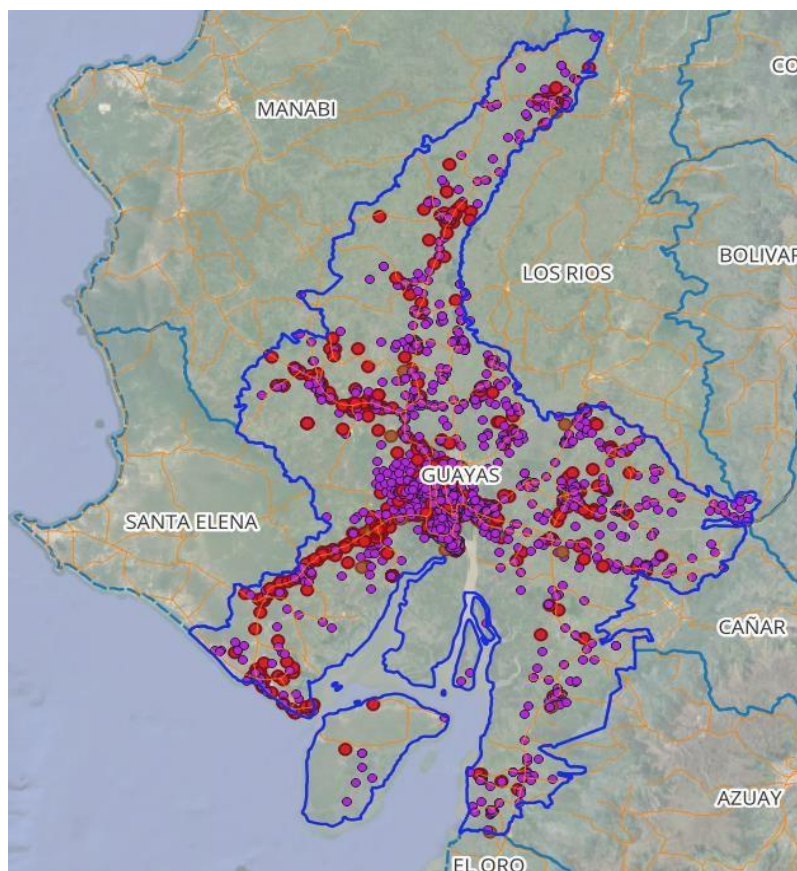


Figura 15. Eventos peligrosos en la Provincia del Guayas

En consecuencia, estos metadatos no son de libre acceso, lo que dificulta su incorporación en el análisis multicriterio efectuado para la ubicación óptima del COE-P. Ante esta limitación, se opta por emplear información alternativa, como el registro histórico de eventos peligrosos (contaminación, materiales peligrosos, incendios, entre otros), estos metadatos permiten identificar patrones espaciales y zonas recurrentes de incidentes (como se muestra en la figura 15.), facilitando la delimitación de áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de eventos tecnológicos adversos. Aunque no proporciona el mismo nivel de detalle, su accesibilidad y disponibilidad la convierten en una herramienta práctica para el análisis.

7.6. POSIBLES LOCALIZACIONES ALTERNATIVAS - (TOP 3)

El análisis multicriterio permite identificar tres alternativas estratégicas para la ubicación adecuada de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P). A continuación, se presenta el Top 3 de las posibles localizaciones, tal como también se puede visualizar en la Lámina 13.:

La Alternativa 1, localizada en Guayaquil – Km 19.4 Vía a la Costa, se caracteriza por presentar una baja densidad urbana y menor exposición a amenazas antrópicas. Su ubicación en la vía principal facilita la conectividad con Guayaquil, sin embargo, su principal limitación radica en una menor centralidad respecto al área de cobertura provincial, lo que podría incrementar los tiempos de respuesta ante emergencias en zonas más alejadas.

La Alternativa 2, está ubicada en el cantón Yaguachi – km 21 Vía Duran - Boliche, el cual presenta ventajas relevantes en accesibilidad vial, debido que se encuentra próximo a importantes ejes viales que conectan la región. Esta alternativa favorece la movilidad eficiente de recursos y personal en situaciones de emergencia. Sin embargo, esta zona puede presentar ciertas limitaciones relacionadas a la susceptibilidad a inundaciones y a la proximidad a áreas productivas, el cual debe ser evaluado de forma idónea.

Finalmente, la Alternativa 3, ubicada en el cantón Daule – Vía E48 Empalme - Nobol - Pascuales, destaca por su cercanía al área urbana de la ciudad y centralidad dentro de la provincia. Esta ubicación permite una mejor cobertura entre los cantones de la provincia del Guayas. Asimismo, presenta una adecuada conexión con la red vial existente y poca vulnerabilidad a amenazas naturales con respecto a las otras alternativas.

Estas características la sitúan como la opción más favorable desde el punto de vista técnico y operativo.

En conclusión, cada alternativa presenta ventajas y desventajas; sin embargo, la selección final debe basarse en una igualdad entre accesibilidad, centralidad y viabilidad territorial.

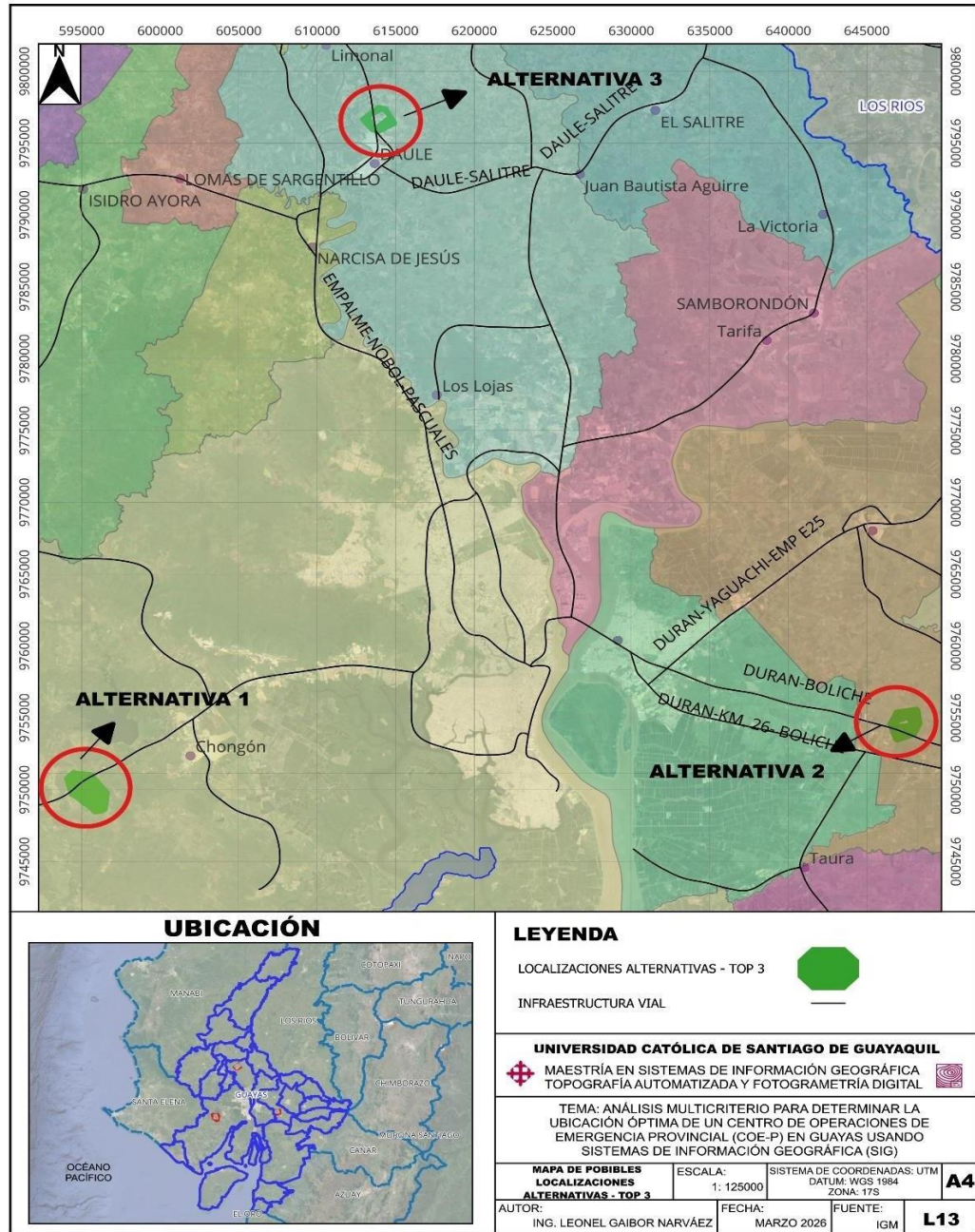


Lámina 13. Mapa de Posibles Localizaciones Alternativas – TOP 3

7.7. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA - JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

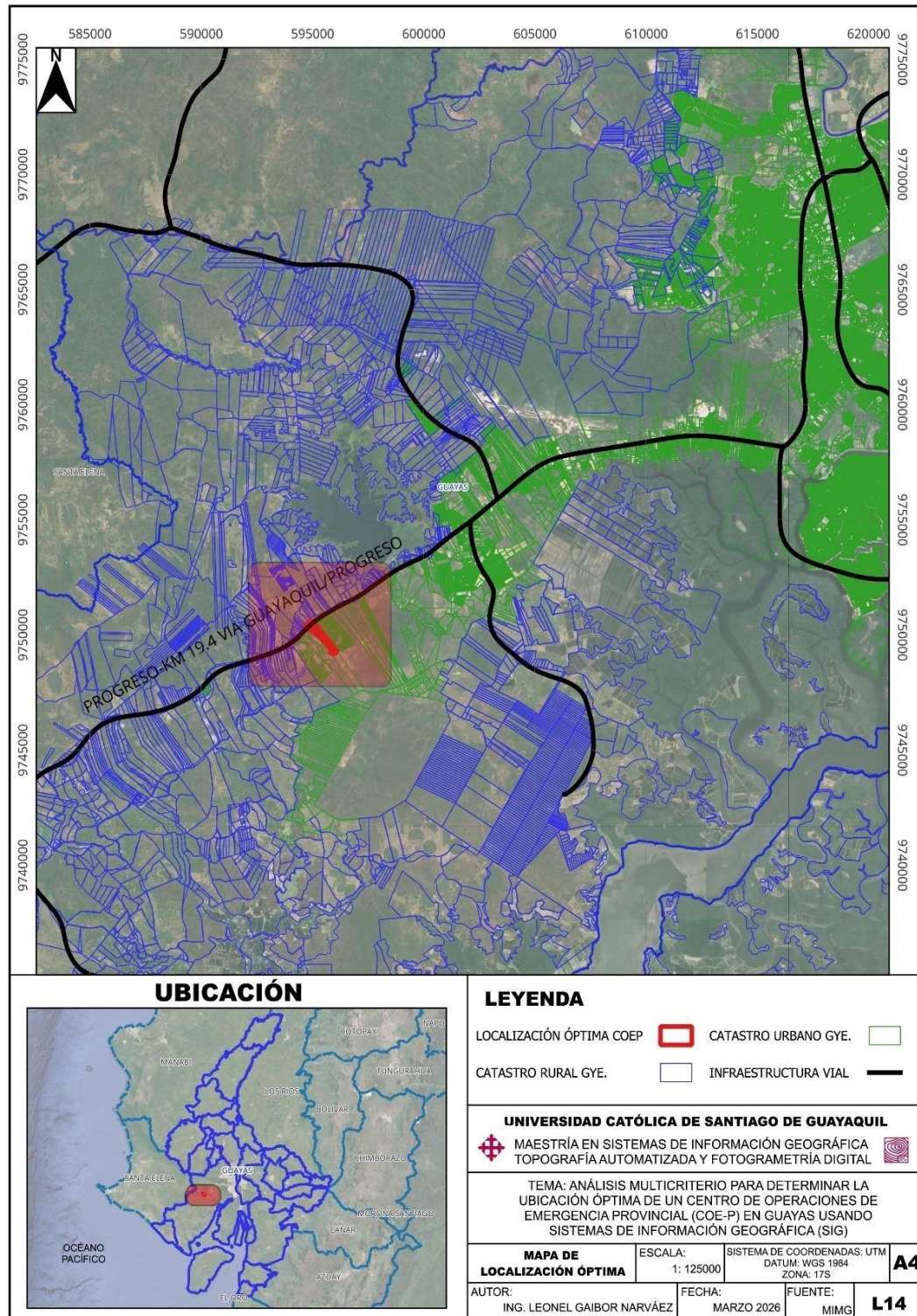


Lámina 14. Mapa de Localización Óptima

En la ciudad de Guayaquil como capital de la Provincia del Guayas se establece como la alternativa más adecuada para la ubicación del Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P), debido a que presenta condiciones territoriales, logísticas y ambientales favorables identificadas mediante el análisis multicriterio ejecutado y evidenciado según los resultados presentados (ver Lamina 14).

La primera variable analizada es la infraestructura vial, debido que la proximidad a una vía primaria facilita la movilidad de recursos, respuesta inmediata y personal técnico durante situaciones de emergencia. La ubicación óptima se encuentra en la carretera Km.19 Vía Guayaquil – Progreso, esto representa una baja congestión vehicular en la circulación. Esto mejora la coordinación entre instituciones y optimiza la distribución de recursos en momentos críticos.

Desde el punto de vista físico y ambiental, el área identificada presenta condiciones topográficas favorables, caracterizadas por pendientes bajas y terrenos relativamente estables, lo que reduce los riesgos asociados a procesos de inestabilidad del suelo (sin peligro a deslizamientos) y facilita la construcción de la infraestructura (ver figura 16).



Figura 16. Perfil de Elevación – Google Earth

Asimismo, la proximidad a la ciudad de Guayaquil representa un elemento clave para la coordinación interinstitucional y la articulación con entidades estratégicas como servicios de salud, instituciones gubernamentales y organismos de seguridad. La localización del COE-P está en un punto estratégico y cerca de cantones influyentes por su impacto comercial como Daule, Samborondón y Durán, por lo tanto, esto permite mantener un equilibrio entre accesibilidad territorial y desarrollo de la infraestructura estratégica. De igual manera, el análisis de susceptibilidad a inundaciones evidencia que la zona seleccionada presenta una menor exposición a cualquier amenaza natural, lo que reduce la probabilidad de que las instalaciones se vean afectadas por desbordamientos de ríos, acumulación de agua o eventos de lluvias intensas.

Del mismo modo, la compatibilidad del uso de suelo y la disponibilidad territorial en este sector periurbano no genera conflictos significativos con actividades productivas, áreas protegidas o zonas agrícolas de alta productividad, minimizando posibles impactos negativos sobre las actividades económicas del territorio. Por lo tanto, todos estos factores determinan que la zona seleccionada representa la opción más idónea para la implementación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial, al ofrecer condiciones óptimas de accesibilidad, estabilidad territorial y funcionalidad operativa para la gestión integral del riesgo (ver figura 17).



Figura 17. Localización Óptima vs Análisis de Idoneidad

7.7.1. ISÓCRONAS DE TIEMPO REAL DE DESPLAZAMIENTO

Este análisis permite delimitar áreas geográficas accesibles desde un punto determinado en un criterio de optimización de distancias, en la cual refleja de manera más precisa la capacidad de respuesta operativa ante emergencias, ya que evidencia qué zonas pueden ser atendidas en menor tiempo. En un análisis multicriterio, las isócronas se integran con otros factores como riesgo natural, uso de suelo e infraestructura, permitiendo ponderar la accesibilidad como un criterio clave. De esta manera, se favorece la selección de ubicaciones estratégicas que maximicen la cobertura territorial y minimicen los tiempos de respuesta, aspectos esenciales para la eficiencia y eficacia de un COE-P, como se muestra en la figura 18.

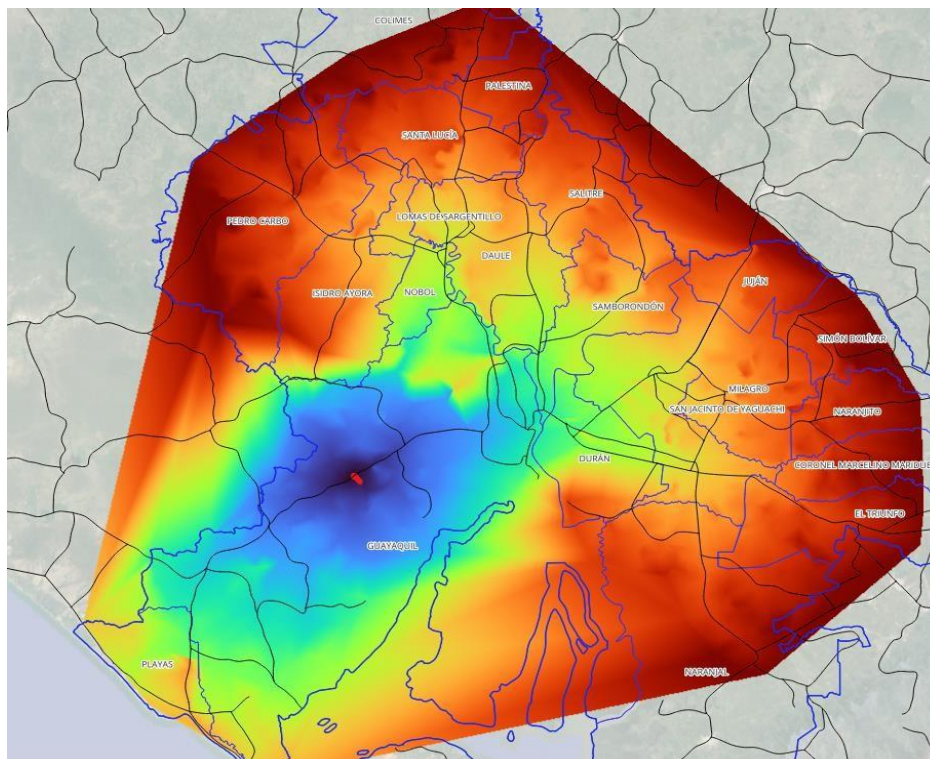


Figura 18. Análisis de isócronas de accesibilidad vial

Se puede evidenciar en el gráfico las diferencias en conectividad: las zonas en tonos azules y verdes, representan menores tiempos de desplazamiento, lo que indica una alta accesibilidad debido a la presencia de infraestructura vial más desarrollada y mayores velocidades de circulación. Por otro lado, las áreas en tonos amarillos, naranjas y rojos, ubicadas hacia la periferia reflejan mayores tiempos de acceso.

7.7.2. VALIDACIÓN CATASTRAL

Mediante el catastro del Sistema Municipal de Guayaquil revisamos la información detallada del predio con código catastral #96-6084-003 sobre las características físicas y legales del predio, como su ubicación exacta, límites, superficie, uso del suelo, infraestructura existente y disponibilidad de servicios básicos. Estos datos son importantes porque permiten verificar si el terreno cumple con los requerimientos territoriales y normativos para el COE-P.

Por medio del avalúo catastral se puede determinar si el costo del terreno es viable dentro del presupuesto institucional o si requiere un proceso de compra o expropiación. Este análisis contribuye a la toma de decisiones más eficientes con respecto a la inversión pública y eficiencia de recursos (ver figura 19).

CERTIFICADO DE AVALÚOS Y REGISTRO DE PREDIO URBANO					
Solicitante			Certificado N° : 2026 - 058498		
Cédula :	0930183033		Fecha/Hora Emisión :	15/MAR/2026 - 12:38	
Nombre :	GAIBOR NARVAEZ LEONEL MAURICIO ,		Válido Hasta :	14/MAY/2026	
Código Catastral :	096-6084-003-0-0-0-1				
NOMBRES REGISTRADOS					
Cédula	Nombre				
0992887494001	YEZZCELULAR S.A. .				
DATOS DEL PREDIO					
Ciudadela/Cooperativa/Barrio	Dirección	Manzana	Solar	Parroquia	
SIN CIUDADELA	GUAYAQUIL - SALINAS	6084	3	TARQUI	
DATOS SEGUN TÍTULO DE PROPIEDAD					
Otorgado en	Notaría	Repertorio	Fecha Inscripción	Nº Reg. Propiedad	Matrícula Inmobiliaria
GUAYAQUIL	VIGESIMA OCTAVA	67869	16-DIC-2022	27308	587123
LINDEROS Y MENSURAS SEGÚN TÍTULO DE PROPIEDAD					
NORTE	CON	561.00 mts.	SUR	CON	FORMA DEL SOLAR
CARRETERO GYQUIL - PROGRESO			ZONA DE RETIRO CANAL CEDEGE	300.00 mts.	IRREGULAR
ESTE	CON	1774.19 mts.	OESTE	CON	ÁREA SOLAR
MACROLOTE AGROALEMANA			PROPIEDAD LUIS FELIPE BAQUERIZO	1774.15 mts.	350000.00
AVALÚO DE LA PROPIEDAD					
VALOR MATRIZ EN PROP. HORIZONTAL	ALICUOTA EN PROP. HORIZONTAL	VALOR m2 DEL SOLAR	AVALUO DEL SOLAR		
-	0	\$0.85	\$*****297,500.00		
CONSTRUCCIÓN PRINCIPAL Y ANEXOS					
ANX. ÁREA CONST.	TIPO CONSTRUCCIÓN	VALOR m2 CONST.	AVALUO DE CONSTRUCCION		
TOTAL CONSTRUCCIÓN:					SOLAR VACIO
VALOR DE LA PROPIEDAD					\$*****297,500.00
REGISTRO DE CONSTRUCCIÓN:		CERTIFICADO DE REGISTRO CATASTRAL DE LA EDIFICACIÓN			
---		VIGENCIA			
OBSERVACIONES:					
Usuario: LOLNUNEC INCLUSION DE PREDIO AL SISTEMA CATASTRAL URBANO POR ESTAR UBICADO DENTRO DEL NUEVO LIMITE URBANO EN BASE A LA ORDENANZA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN GUAYAQUIL, APROBADA EN SESION DE CONCEJO MUNICIPAL EL 29 DE DICIEMBRE DEL 2011. CÓDIGO ANTERIOR RC 60349 IP 2633. ACTUAL COD. CAT. URBANO 96-6084-003		 JORGE LUIS ORLANDO SAAVEDRA COORDINACIÓN GENERAL DE CATASTRO Y AVALÚOS (E)			
Para las entidades públicas o privadas y/o personas naturales o jurídicas que reciben este documento, considerar lo siguiente: El certificado sólo tendrá validez una vez verificado en el Portal Web Municipal http://www.guayaquil.gob.ec					
- Este documento NO certifica la propiedad del bien. - Para solicitar la actualización de la información que consta en este documento, por favor, enviar un correo a tramitescatastro@guayaquil.gob.ec.					

Figura 19. Certificado de avalúo del predio #96-6084-003

8. CONCLUSIONES

El presente estudio integró el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) por medio de varios softwares como ArcGIS 10.5, QGIS Desktop y Global Mapper v18.0 junto con métodos de evaluación multicriterio, como el método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP), propuesto por Thomas L. Saaty en 1980, el cual constituyó una herramienta útil para ejecutar la toma de decisiones relacionadas con la planificación territorial y la localización de infraestructura estratégica. A través de este enfoque se integró y se analizó de forma ordenada distintas variables espaciales, el cual permitió obtener resultados claros y útiles para identificar las zonas más adecuadas donde podría implementarse un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P).

Durante el desarrollo del estudio se consideraron varios factores importantes, como la accesibilidad vial, la proximidad a áreas urbanas, la pendiente del terreno, el uso de suelo, así como la susceptibilidad a inundaciones y deslizamiento de tierra. Al analizar estas variables integralmente, se procedió a evaluar no solo las condiciones físicas del territorio, sino también los riesgos ambientales y la accesibilidad dentro de la provincia del Guayas. Como resultado, se realizaron mapas de accesibilidad, riesgo e idoneidad que facilitaron la identificación de las zonas con mejores condiciones.

Finalmente, los resultados indican que variables como la susceptibilidad a inundaciones y la pendiente del terreno tienen un peso importante al momento de seleccionar las áreas aptas, debido que pueden afectar directamente la estabilidad del suelo y el adecuado funcionamiento de la infraestructura, especialmente en estados de emergencia. Además, el análisis permitió identificar que la ciudad de Guayaquil en su área periurbana puntualmente en el Km.19 Vía Guayaquil – Progreso, como la alternativa más adecuada para la localización del COE-P provincial, principalmente por su conectividad vial, accesibilidad y posición estratégica dentro del territorio.

9. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda que las instituciones competentes, como la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, consideren el uso de los Sistemas de Información Geográfica y de metodologías de evaluación multicriterio como herramientas de análisis en la toma de decisiones sobre la ubicación de infraestructura estratégica. Este tipo de metodología permite integrar distintas variables del territorio y obtener análisis más claros, objetivos y técnico.

Asimismo, es de vital importancia considerar en estudios futuros utilizar información geoespacial más actualizada y evaluar nuevas variables que puedan estimarse en el análisis. Lo mencionado ayuda a mejorar la precisión de los resultados y a tener una visión más analítica del territorio.

También es recomendable realizar estudios técnicos más detallados de la ubicación del Centro de Operaciones de Emergencia Provincial. Por lo tanto, es clave considerar factores como estudios geotécnicos, planificación urbana, y disponibilidad de servicios, con el fin de garantizar que la ubicación cumpla las condiciones necesarias para su correcto funcionamiento.

Finalmente, se recomienda que la metodología utilizada en este informe se considere en otras provincias del país, con el fin de fortalecer la planificación territorial y mejorar la capacidad de respuesta frente a situaciones de emergencia.

10. BIBLIOGRAFÍA

Berumen, S. A. (2007). La toma de decisiones multicriterio. Madrid

Esri. (2014). GIS Best Practices. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

IPCC, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2022.

UNDRR, Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022, 2022.

Jacek Malczewski, & Claus Rinner. (2015). Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. Berlin: Springer.

Jacek Malczewski. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York: John Wiley & Sons.

Kang-Tsung Chang. (2019). Introduction to Geographic Information Systems (9th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Laguna, M., & Nogués-Bravo, D. (2001). Sistemas de información geográfica y análisis territorial. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire & David W. Rhind. (2015). Geographic Information Systems and Science (4th ed.). Hoboken, NJ

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador. (2022). Información geoespacial para la gestión del riesgo de desastres. Quito, Ecuador.

Sepúlveda, S. (2021). Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión territorial. Santiago: Editorial Académica.

Sosa, J., et al. (2023). Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. Revista de Estudios Geográficos.

T. L. Saaty. (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill.

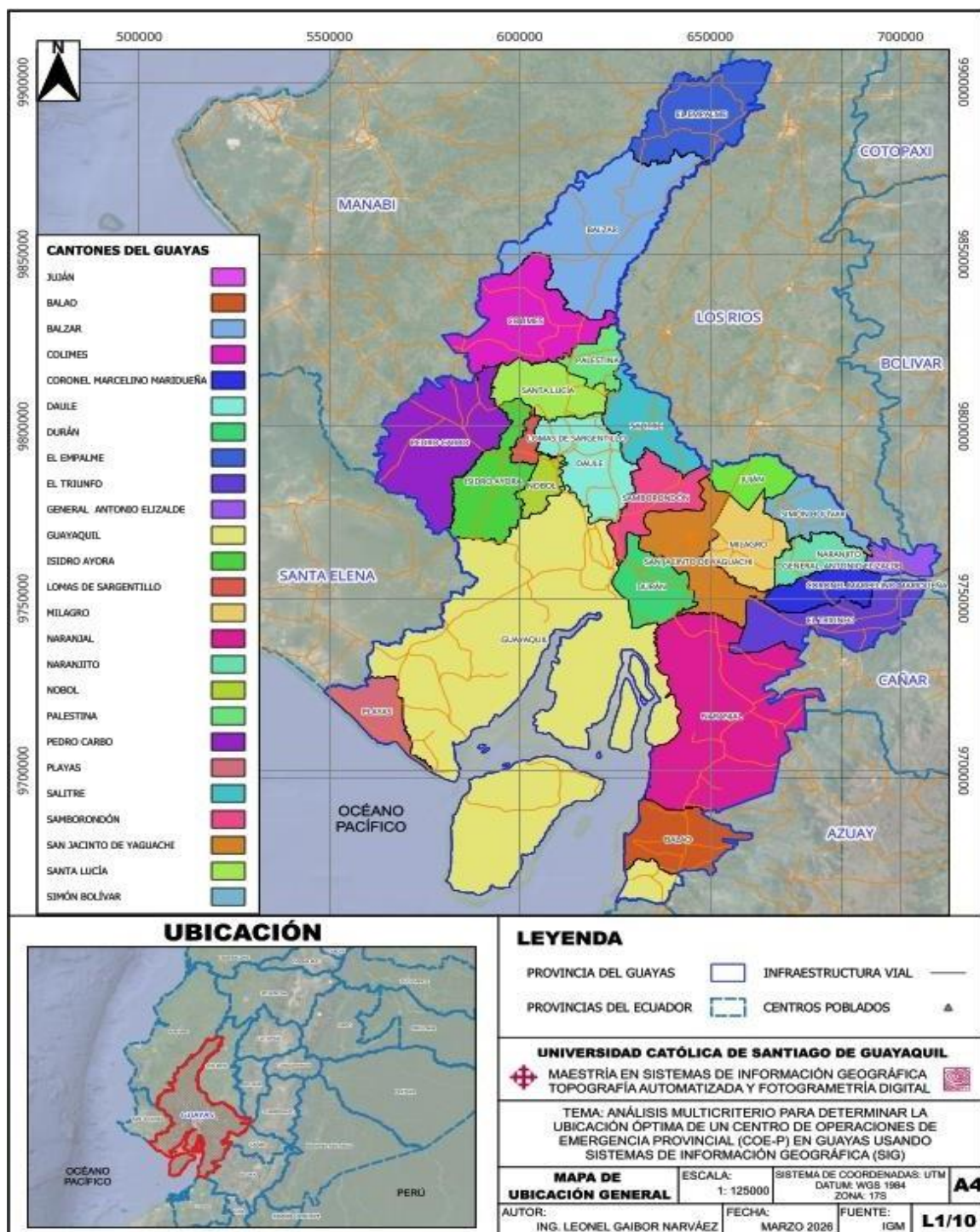
UN-Habitat, Planning for Climate Change, 2014.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland, 2019.

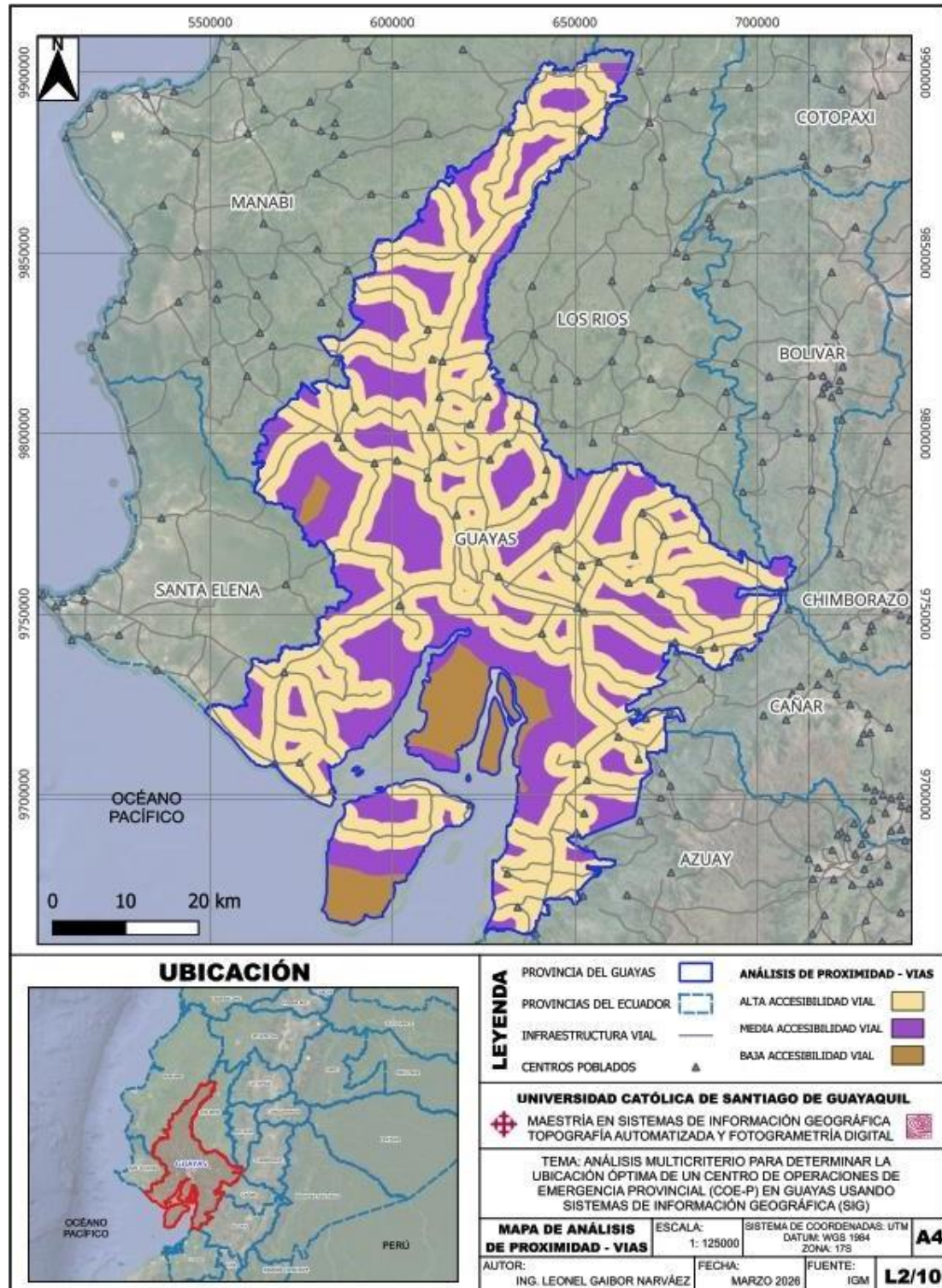
United Nations, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030, New York, USA, 2015.

11. ANEXOS

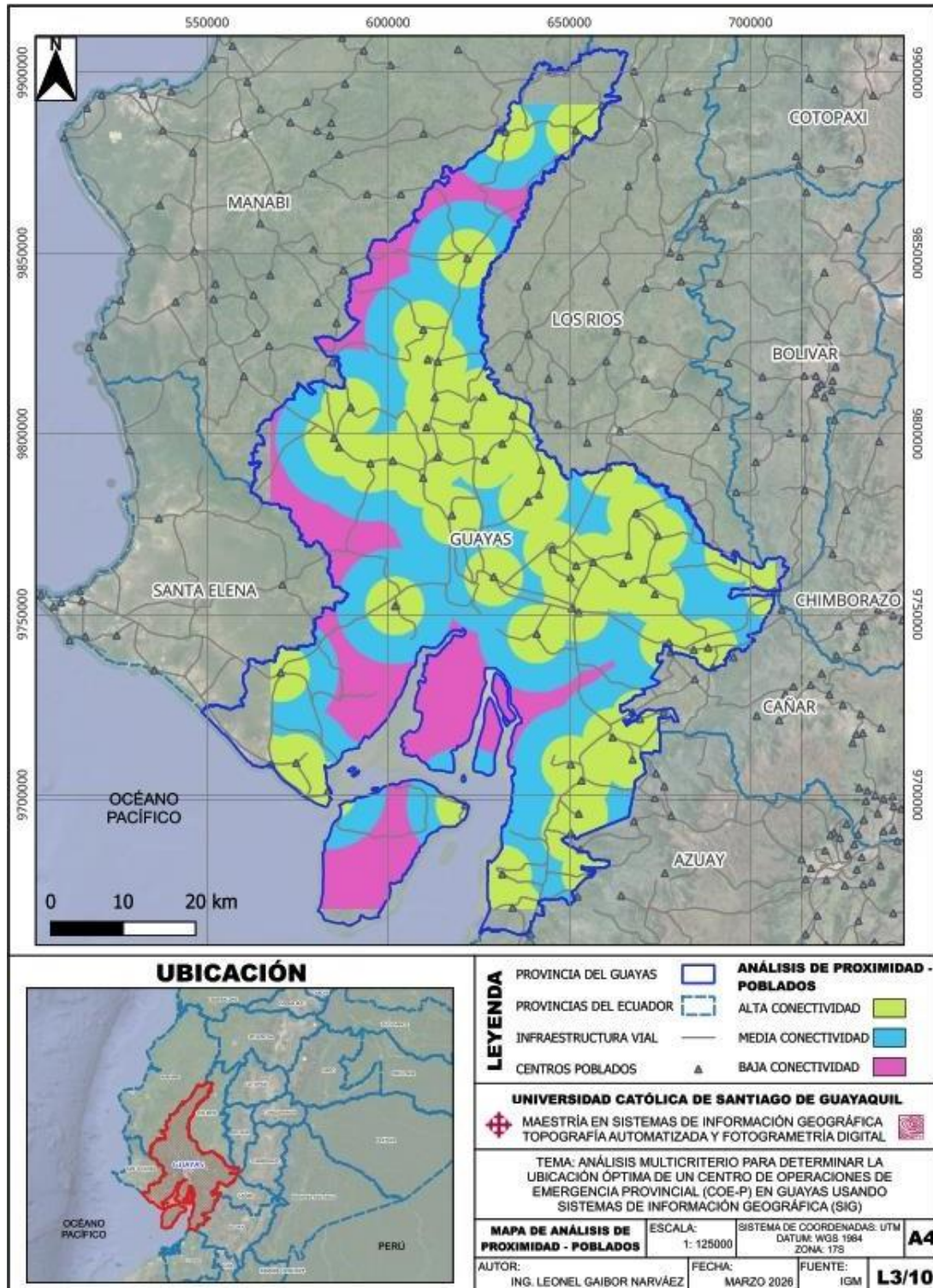
11.1. LÁMINA 1. MAPA DE UBICACIÓN GENERAL



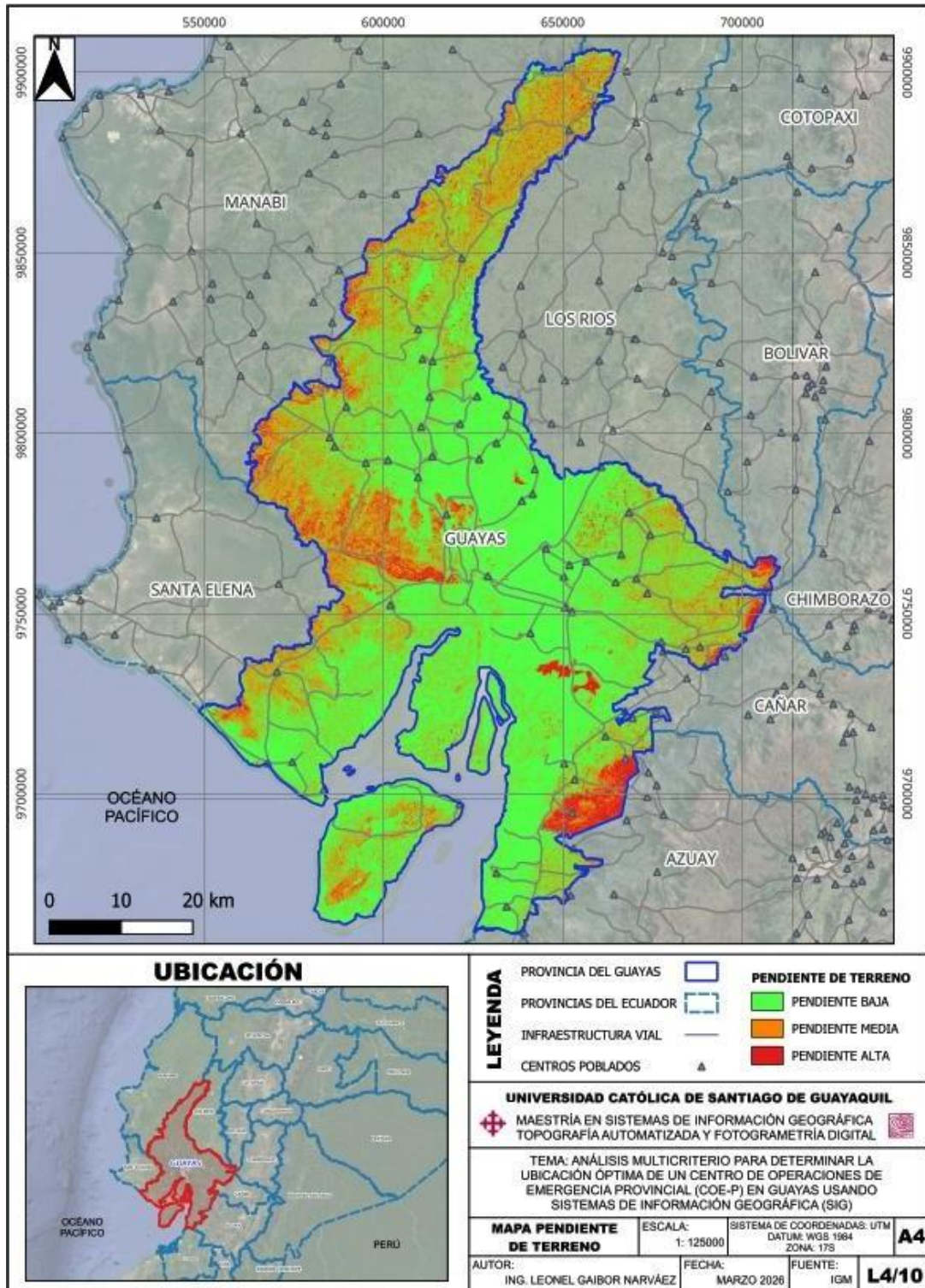
11.2. LÁMINA 2. MAPA DE ANÁLISIS DE PROXIMIDAD - VÍAS



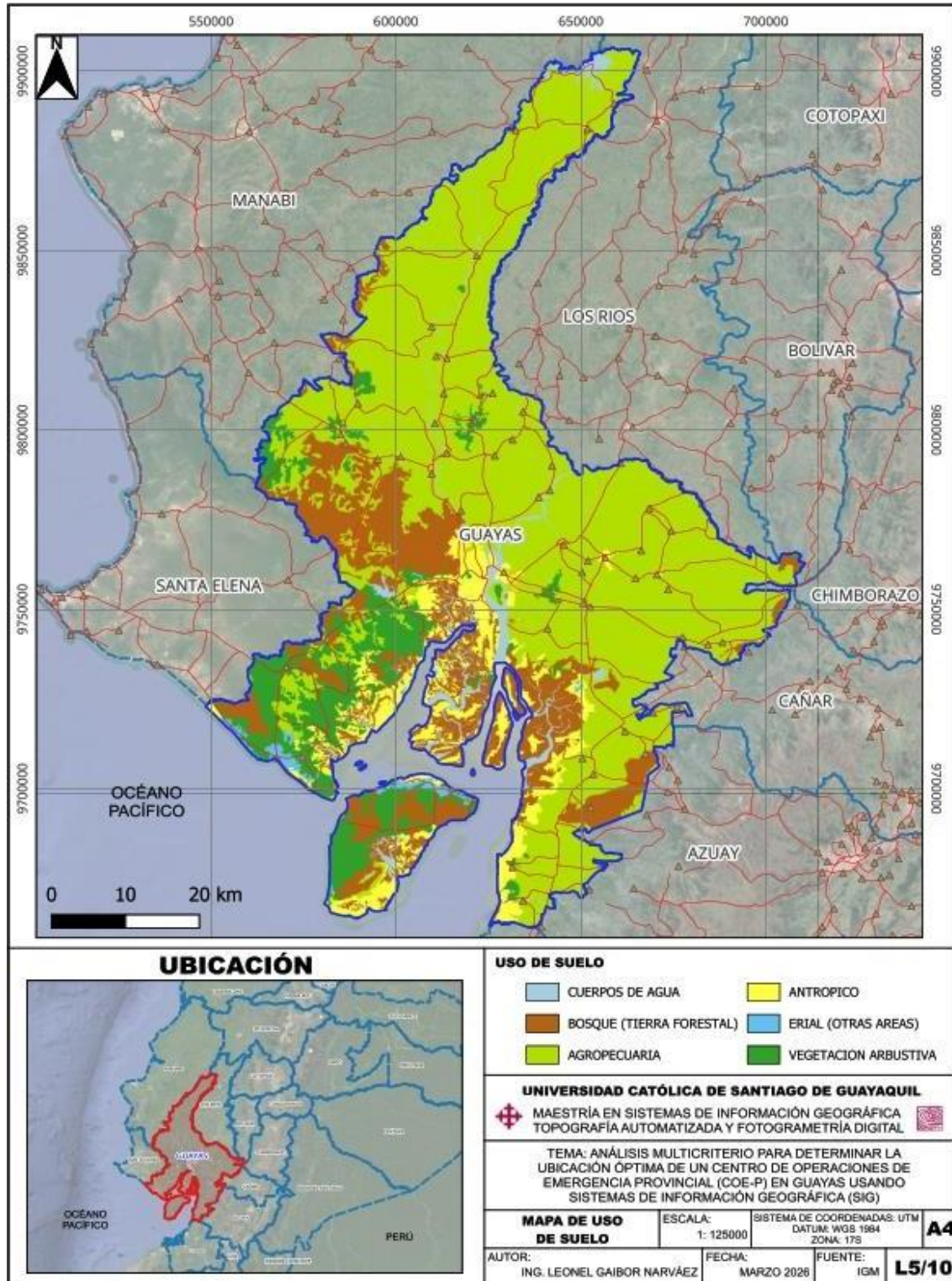
11.3. LÁMINA 3. MAPA DE ANÁLISIS DE PROXIMIDAD - POBLADOS



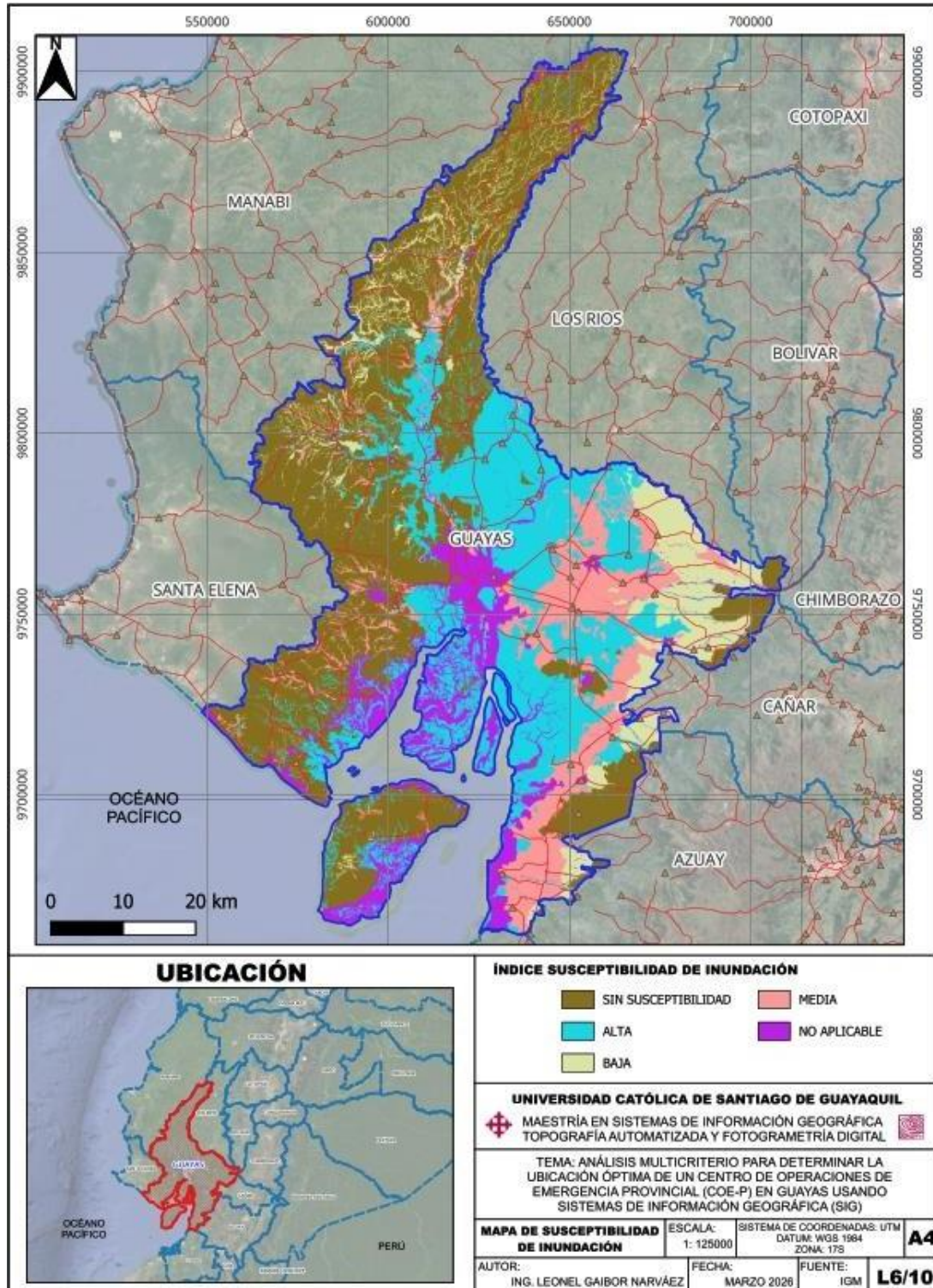
11.4. LÁMINA 4. MAPA DE PENDIENTE DE TERRENO



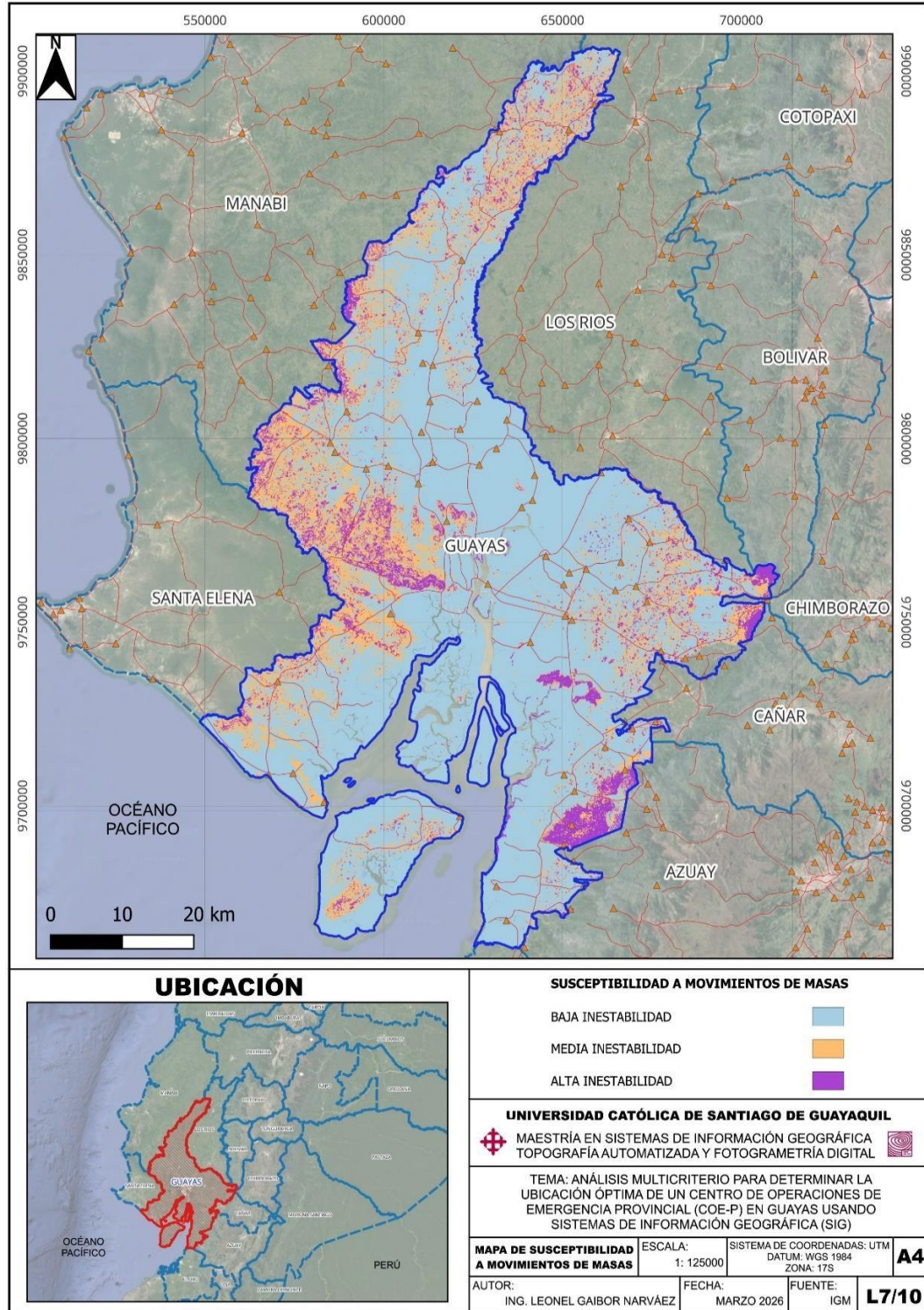
11.5. LÁMINA 5. MAPA DE USO DE SUELO



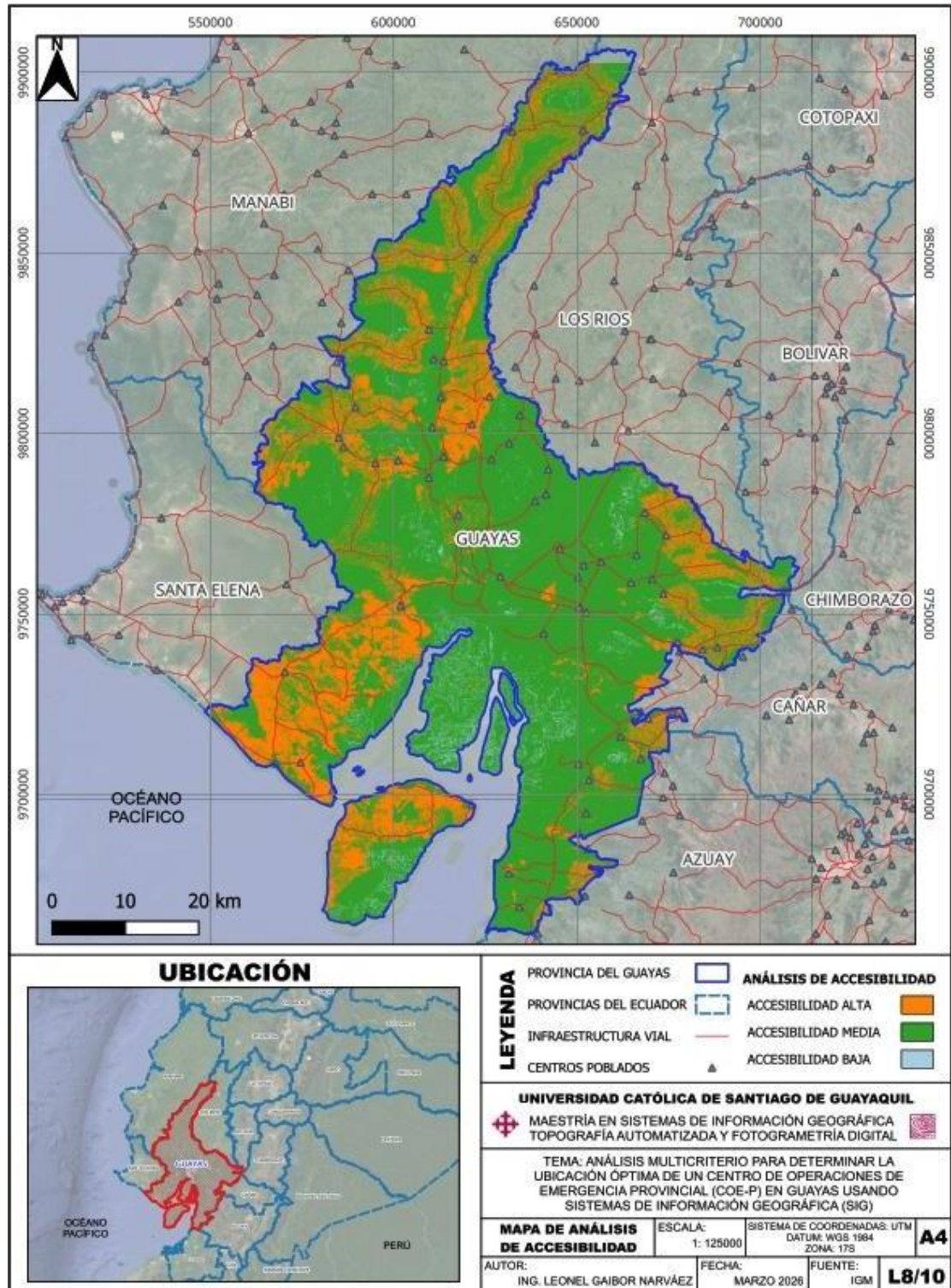
11.6. LÁMINA 6. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIÓN



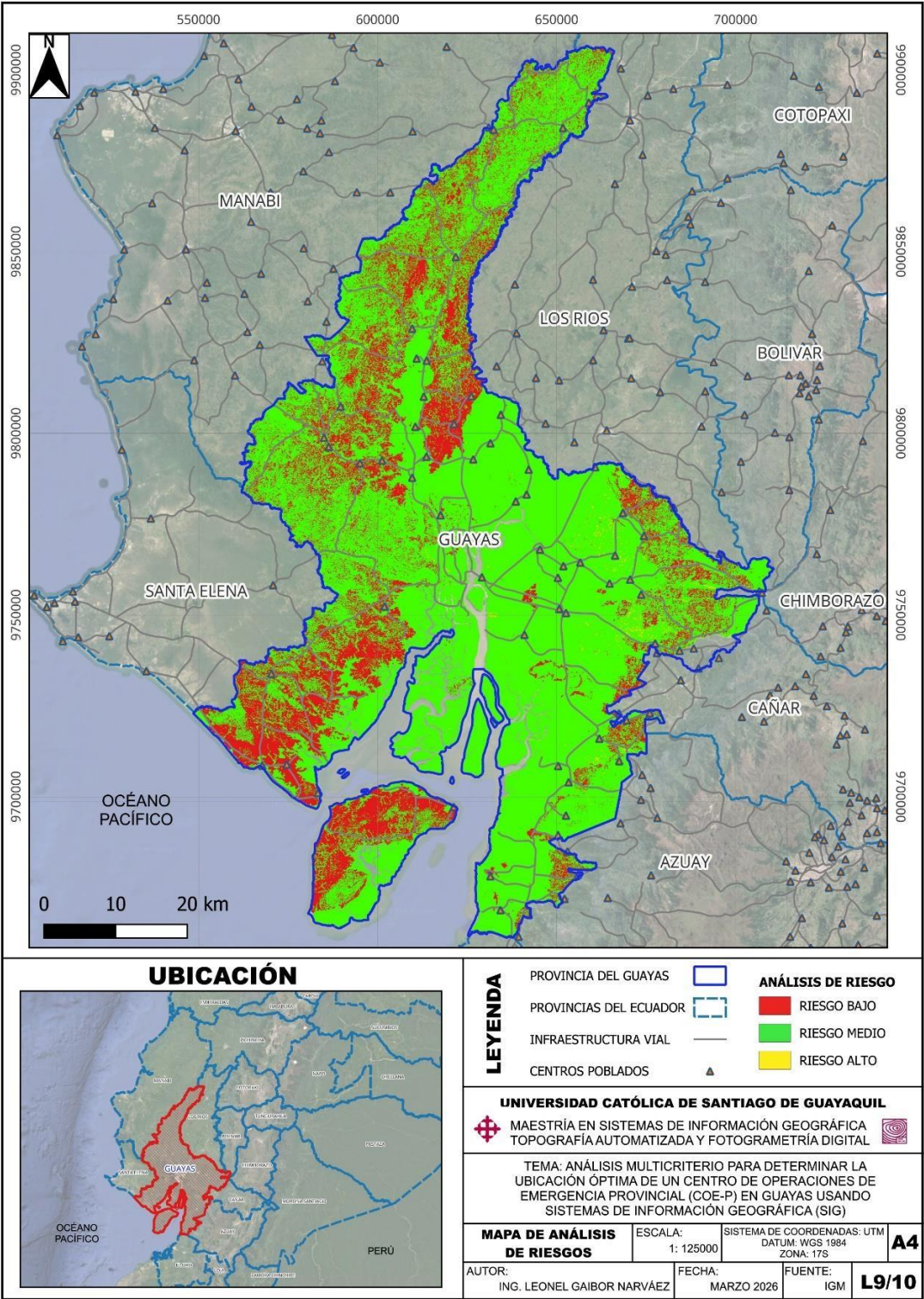
11.7. LÁMINA 7. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (DESLIZAMIENTO)



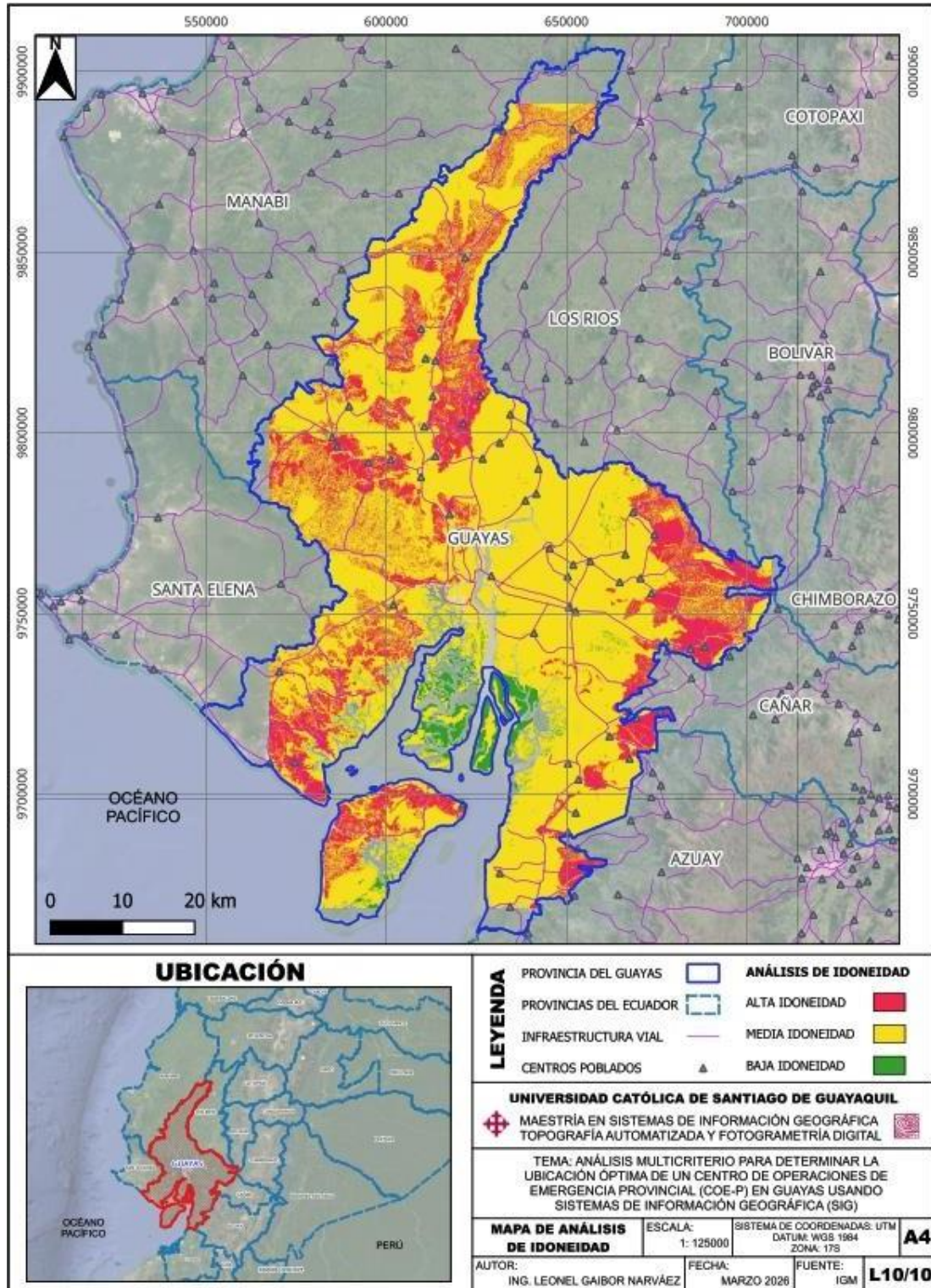
11.8. LÁMINA 8. MAPA DE ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD



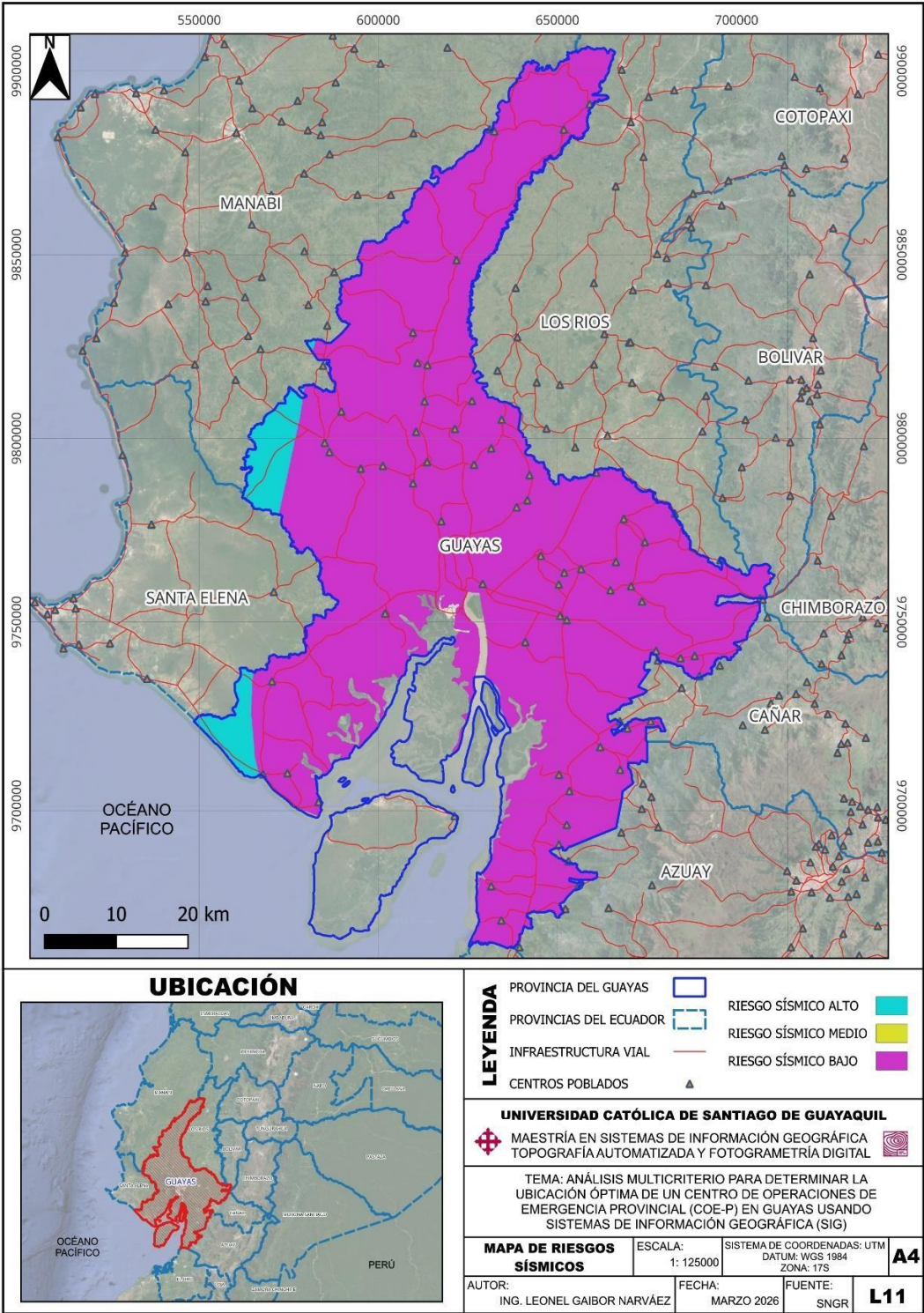
11.9. LÁMINA 9. MAPA DE ANÁLISIS DE RIESGOS



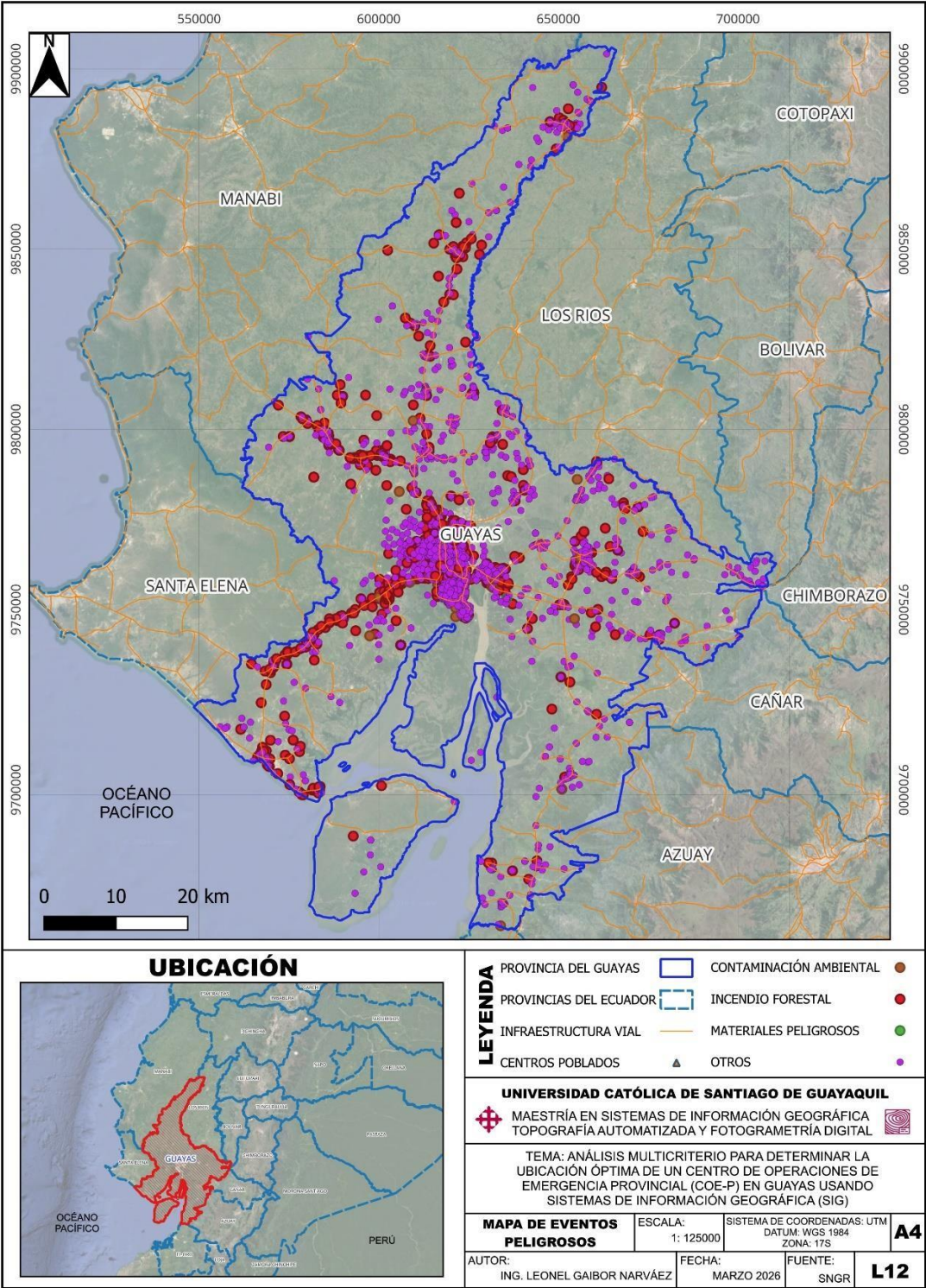
11.10. LÁMINA 10. MAPA DE ANÁLISIS DE IDONEIDAD



11.11. LÁMINA 11. MAPA DE RIESGOS SÍSMICOS



11.12. LÁMINA 12. MAPA DE EVENTOS PELIGROSOS





**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, Leonel Mauricio Gaibor Narváez, con C.C: # 0930183033 autor(a) 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, 15 de marzo de 2026



Validar Únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**LEONEL MAURICIO
GAIBOR NARVAEZ**

f. _____

Nombre: Leonel Mauricio Gaibor Narváez

C.C: 0930183033



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):	Gaibor Narváez Leonel Mauricio		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Echeverría Llumipanta Neptalí Armando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Sistema 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:	15 de marzo de 2026	No. DE PÁGINAS:	58
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de Información Geográfica, Análisis Multicriterio		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Gestión de riesgos de desastres, Planificación territorial, Infraestructura crítica, Accesibilidad		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): La adecuada localización de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) es un elemento fundamental para fortalecer la gestión del riesgo de desastres y garantizar una respuesta eficiente ante eventos adversos. El presente estudio tiene como objetivo determinar la ubicación óptima de un COE-P en la provincia del Guayas mediante la aplicación de un análisis multicriterio apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología integra criterios técnicos, territoriales y de accesibilidad, tales como la red vial, la proximidad a centros poblados, la disponibilidad de servicios básicos, la cercanía a infraestructura estratégica y la susceptibilidad a amenazas naturales. Cada criterio es estandarizado y ponderado mediante una técnica de evaluación multicriterio para su posterior integración en un entorno SIG, generando un modelo de aptitud territorial que identifica las zonas con mayor idoneidad para la implementación del COE-P. Los resultados proporcionan una base técnica y objetiva para la toma de decisiones, permitiendo seleccionar ubicaciones que optimicen la capacidad de coordinación, respuesta y logística durante situaciones de emergencia. Asimismo, la metodología propuesta puede ser replicada en otras provincias del país como una herramienta de apoyo para la planificación territorial y el fortalecimiento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-0993306061	E-mail: leonel.gaibor@cu.ucsg.edu.ec / mauriciobar.94@gmail.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:			



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	
----------------------------------	--