



**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(A):

Aguirre Almeida Alexis Adrian

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 Arquitecto Alexis Adrián Aguirre Almeida, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital**

REVISOR

Ing. Echeverría Llumipanta, Neptalí Armando

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Echeverría Llumipanta, Neptalí Armando

Guayaquil, a los 15 días 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, **Alexis Adrián Aguirre Almeida**

DECLARO QUE:

El trabajo de **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 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 días del mes de marzo del año 2026

EL AUTOR



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**ALEXIS ADRIAN
AGUIRRE ALMEIDA**

ALEXIS ADRIAN AGUIRRE ALMEIDA



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

AUTORIZACIÓN

Yo, Alexis Adrián Aguirre Almeida

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

Guayaquil, a los 15 días del mes de marzo del año 2026

EL AUTOR:



ALEXIS ADRIÁN AGUIRRE ALMEIDA



**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

CONTROL PLAGIO AGUIRRE

ID : 6e4d5feddb735bc690cf941d6e44ee6c7202f2b4



9%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : CONTROL PLAGIO AGUIRRE.txt

Tamaño del archivo original : 1,23 MB

Número de palabras : 7914

Número de caracteres : 54913

Depositante : Neptali Armando Echeverria

Llumipanta

Fecha de depósito : 11 de abril de 2026

Tipo de carga : interface

fecha de fin de análisis : 11 de abril de 2026



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**ALEXIS ADRIAN
AGUIRRE ALMEIDA**

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento en primer lugar a Dios, y a las personas que han sido un apoyo fundamental durante mi formación académica y en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A a mis padres,

José Amable y Patricia, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Gracias por creer siempre en mí y motivarme a seguir adelante en todo lo que hago.

A mi hermano,

José Rodolfo, por su compañía, apoyo y motivación que han sido importante durante este proceso.

Asimismo, deseo expresar un sincero agradecimiento a mi novia, Lisette, por amor, paciencia y comprensión.

Gracias a todos por su apoyo, ánimo y confianza han sido una fuente de motivación para culminar este importante logro.



ALEXIS ADRIAN AGUIRRE ALMEIDA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a la memoria de mi abuelo Rodolfo, quien hoy descansa en el cielo. Su cariño, y el orgullo que siempre expresó por mis logros ha sido una fuente primordial de motivación a lo largo de mi vida. Aunque ya no esté físicamente presente, su recuerdo y sus palabras continúan acompañándome y guiando mis pasos.

Asimismo, dedico este trabajo a mi familia, quienes con su amor, apoyo y confianza han sido un pilar fundamental en cada etapa de mi formación. Gracias por estar siempre a mi lado, por impulsarme a seguir adelante y por creer en mí siempre.



ALEXIS ADRIAN AGUIRRE ALMEIDA

CONTENIDO

Resumen Ejecutivo.....	X
Introducción	1
Problemática.....	3
Objetivos.....	4
□ Objetivo General.....	4
□ Objetivo específico	4
Marco Conceptual.....	4
Los Sistemas de información Geográfica	5
Datos vectoriales.....	6
Datos raster.....	7
Rol del COE-P en la Gestión de Emergencias	7
Selección de Sitios y Análisis Multicriterio (MCDA).....	8
Accesibilidad Vial	10
Datos y fuentes.....	10
Inventario de información geoespacial	10
Metodología.....	13
Área de estudio	14
Recopilación de información geoespacial	15
Preprocesamiento de la información geográfica.....	16
Generación de variables espaciales	17
Identificación de zonas potenciales	18
Elaboración de productos cartográficos	19
Criterios, estandarización y ponderación	19
Definición de criterios de evaluación.....	19
Estandarización de criterios	20
Identificación de zonas restringidas	21
Criterios de evaluación territorial.....	22
Determinación de zonas de influencia.....	23
Criterio topográfico.....	25
Priorización por concentración poblacional	25
Ponderación de variables.....	26

Resultados	28
Mapas intermedios por criterio	28
Mapa final de idoneidad territorial	30
Identificación de áreas potenciales	32
Selección de alternativas (Top 5)	32
Discusión y justificación del sitio recomendado.....	34
Conclusiones	36
Recomendaciones.....	37
Bibliografía y anexos	39
Anexos	40

TABLAS

Tabla 1	23
Tabla 2	32
Tabla 3	32
Tabla 4	34
Tabla 5	34
Tabla 6	34
Tabla 7	35
Tabla 8	35
Tabla 9	36
Tabla 10	37
Tabla 11	38
Tabla 12	44
Tabla 13	45

FIGURAS

Ilustración 1	25
Ilustración 2	40
Ilustración 3	42
Ilustración 4	44

Resumen Ejecutivo.

El presente trabajo práctico se fundamenta en el análisis mediante SIG y la utilización de un análisis multicriterio para poder definir el lugar adecuado para la implantación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial COE-P, el cual se busca sea implementado en la provincia del Guayas, ya que es susceptible a la presencia de eventos que afecten al territorio y a su población, este tipo de infraestructura es de gran importancia ya que permite generar un accionar rápido y una coordinación eficiente entre instituciones, para brindar soluciones adecuadas y con un buen manejo de los recursos necesarios para atender los eventos adversos que se susciten.

La provincia del Guayas presenta condiciones desfavorables en ámbitos climáticos, poblacionales y afectaciones por elementos y eventos adversos. Entre los eventos que se presentan con mayor frecuencia se encuentran las inundaciones, movimientos en masa, incendios, emergencias sanitarias y riesgos tecnológicos asociados a la presencia de instalaciones industriales y sistemas de transporte de combustibles. Esto genera la necesidad de contar con un lugar que sea estratégico y funcional para coordinar de manera eficiente las acciones de prevención, preparación y respuesta ante las emergencias suscitadas.

Con el propósito de identificar la localización más adecuada para el emplazamiento del Centro de Operaciones de Emergencia Provincial, se desarrolló una metodología basada en un análisis geoespacial y la evaluación multicriterio, utilizando como herramienta principal el software QGIS para el procesamiento y análisis de la información. El estudio se fundamentó en la recopilación y análisis de diversas capas de información geográfica provenientes de instituciones oficiales, entre las que se incluyen el Instituto Geográfico Militar (IGM), el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAE), el Ministerio de Transporte y Obras Públicas

(MTOPO), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el United States Geological Survey (USGS).

En total se analizaron trece variables territoriales, relacionadas con factores de riesgo natural, accesibilidad, restricciones ambientales, infraestructura existente y características físicas del terreno. Entre estas variables se incluyen zonas que son susceptibles a inundación, áreas de movimientos en masa, pendientes del terreno, red vial, uso y cobertura del suelo, áreas protegidas, infraestructura energética, presencia de instalaciones industriales y **riesgos tecnológicos**. Cada una de estas variables paso por procesos de estandarización, reclasificación y ponderación, con el fin de integrarlas dentro de un modelo de evaluación del territorio.

La utilización del modelo de análisis multicriterio ayudo a generar una integración de las distintas capas de información geoespacial usadas en el modelo SIG, en el cual por medio de procesos de análisis de las capas raster, además con la implementación de zonas/rangos de influencia, procesos de reclasificación de variables establecidas en el modelo y también la superposición de capas, todo esto ayudo a obtener un mapa de idoneidad en donde se representa de manera gráfica los distintos niveles de aptitud del territorio de la provincia del guayas para poder implementar este tipo de infraestructura destinada a la gestión adecuada de emergencias.

Mediante este análisis se obtuvieron cinco zonas identificadas como idóneas para la ubicación de la infraestructura del COE-P. Se consideraron como aptas ya que cumplían con todos los parámetros que se ponderaron en el análisis SIG, el cual se basó en ciertos criterios tales como: la adecuada y fácil accesibilidad, bajo riesgo a amenazas naturales, adecuado uso de suelo, baja presencia de riesgos tecnológicos y una disponibilidad territorial, Por ello se determinaron como zonas adecuadas para el desarrollo adecuado de este tipo de infraestructura operativa

A partir de los resultados obtenidos se identificaron cinco áreas con condiciones favorables para la posible localización del Centro de Operaciones de Emergencia Provincial. Estas zonas presentan características adecuadas en términos de accesibilidad vial, menor exposición a amenazas naturales, compatibilidad con el uso del suelo y disponibilidad territorial para el desarrollo de infraestructura operativa.

Los resultados obtenidos generan una buena información técnica y objetiva para poder ser empleada en la toma de decisiones en materia de planificación territorial y la gestión de riesgos, demostrando además la gran importancia y utilidad de los Sistemas de Información Geográfica como herramientas de apoyo para el análisis de escenarios territoriales y la identificación de localizaciones adecuadas para la implementación de zonas para la mitigación de riesgos.

Introducción

Como zona de análisis se tiene a la provincia del Guayas, la cual está ubicada en la región costa del territorio ecuatoriano, es de gran importancia en el ámbito comercial, económico, demográfico y territorial del Ecuador. Este territorio es representativo por su topografía predominantemente plana, grandes llanuras y uno de las importantes redes hidrográficas conformadas por los ríos Daule, Babahoyo y el río Guayas. Estas condiciones físico-geográficas hacen que, en este territorio durante el temporal invernal, sea mayormente susceptible a afectaciones por eventos adversos relacionados con el clima,

Desde el punto de vista demográfico, esta provincia concentra una gran cantidad de la población nacional, siendo la ciudad de Guayaquil el mayor centro urbano, comercial y portuario del país. El alto número de población, junto con la presencia de importantes infraestructuras industriales, comerciales y logísticas, incrementa la vulnerabilidad de esta provincia a enfrentarse con muchos tipos de amenazas.

En este contexto, la gestión eficiente de emergencias requiere la existencia de mecanismos institucionales que permitan coordinar de manera adecuada las acciones de prevención, preparación y respuesta ante cualquier tipo de evento. La articulación entre instituciones como los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), el Servicio Integrado de Seguridad ECU-911, la Policía Nacional, el Cuerpo de Bomberos, el Ministerio de Salud Pública y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas resulta fundamental para garantizar una respuesta oportuna y centralizada ante las situaciones de emergencia.

Ante esta situación la implementación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P), se la propone como una alternativa de vital importancia para mejorar y focalizar la coordinación entre instituciones el momento de atención de eventos adversos, Este de infraestructura ayuda a tener un orden, optimizar los recursos, organizar logística para acción rápida y permite tomar decisiones acertadas de manera conjunta entre las instituciones involucradas.

Sin embargo, el principal reto para poder implantar este tipo de COE-P, es la correcta selección del sitio en donde será ubicada la infraestructura, esto debido a que el lugar debe cumplir con ciertas condicionantes como: seguridad, buena accesibilidad y capacidad operativa, teniendo en cuenta estos parámetros se permite considerar como adecuados a los sitios, ya que si no se cumplen con estos criterios el funcionamiento correcto se puede ver afectado directamente, dificultando la operatividad durante la atención de emergencias.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo la integración y el uso de Sistemas de Información Geográfica, junto con la implementación de un análisis multicriterio, estas herramientas son fundamentales para la determinación y selección del sitio más adecuado y con mayor idoneidad territorial en toda la provincia del Guayas, y así poder establecer esta infraestructura en un lugar que se seguro y apto para su correcta operación.

Problemática

Para la implementación del CEO Provincial se tiene muchos desafíos y entre ellos es la correcta elección del lugar en donde poder ubicarla infraestructura operativa. Ya que la localización de este tipo de equipamientos depende de que se garantice condiciones territoriales idóneas, inclusive cuando se presenten situaciones de emergencia adversas.

En el caso de la provincia del Guayas que es la zona de análisis, gran parte de su territorio presenta una característica geomorfológica plana, además se tiene la presencia de importantes sistemas fluviales, esteros y zonas de humedales lo cual incrementa significativamente su susceptibilidad frente a eventos de inundación, estas condiciones naturales limitan el desarrollo de este tipo de infraestructura.

A esto se suma, la presencia de factores como los asentamientos humanos, infraestructuras industriales, sistemas de transporte de combustibles y redes de infraestructura energética los cuales se convierten en riesgos adicionales que deben ser tomados en cuenta en el proceso de análisis, ya que son de mucha importancia al momento de la toma de decisiones.

Otro aspecto fundamental que influye en la selección del sitio es la conectividad vial, ya que un Centro de Operaciones de Emergencia requiere contar con accesos eficientes que permitan

la movilización rápida de recursos humanos y logísticos hacia las diferentes zonas afectadas durante una emergencia. Factores como la congestión vehicular, el deterioro de la infraestructura vial o la interrupción de rutas debido a eventos climáticos extremos pueden afectar significativamente la capacidad de respuesta ante emergencias.

De igual forma la presencia cercana de instalaciones industriales o riesgos tecnológicos presentan un riesgo alto y debe ser analizado para evitar situaciones críticas, que dificulten el accionar, frente a este contexto resulta necesario la aplicación de herramientas los sistemas de información geográfica ayudado de metodologías para poder evaluar y ejecutar una mejor toams de decisiones

Objetivos

- Objetivo General.

Determinar la ubicación óptima para la implementación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial en la provincia del Guayas mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y un modelo de análisis multicriterio con el que se pueda realizar la evaluación de las condiciones territoriales, ambientales y de accesibilidad.

- Objetivo específico

- 1- Recopilar, organizar y depurar información geoespacial proveniente de diferentes instituciones oficiales, garantizando su compatibilidad y correcta integración dentro de un entorno de análisis SIG.

- 2- Evaluar variables del territorio vinculadas con amenazas naturales, riesgos tecnológicos, accesibilidad vial, características topográficas y condiciones de uso del suelo, las cuales inciden en la idoneidad del territorio para la localización de un COE-P.
- 3- Emplear técnicas de análisis geoespacial y geoprocesamiento para generar capaz de información homogeneizadas que permitan evaluar cada uno de los criterios definidos en el estudio.
- 4- Aplicar un modelo de análisis multicriterio aplicando una ponderación de variables, con el fin de generar un mapa de idoneidad mediante la integración de variables.
- 5- Identificar y justificar de manera técnica y representar cartográficamente las áreas del territorio provincial que se consideren las mejores ubicaciones para un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial.
- 6- Elaborar mapas cartográficos y un además informe técnico que fundamente la selección de las mejores alternativas de los sitios útiles dentro de la provincia del Guayas.

Marco Conceptual

Los Sistemas de información Geográfica

Sistemas de Información Geográfica (SIG), son herramientas tecnológicas que nos permiten trabajar con información espacial, permitiendo su fácil almacenamiento, gestión y análisis, además permite una fácil representación de la información geográfica. Mediante este tipo de sistemas es posible realizar el estudio de los distintos fenómenos territoriales, ya que permite el desarrollo y combinación de bases de datos espaciales con herramientas de análisis, ayudando a entender patrones, relaciones espaciales y dinámicas que interfieren en el desarrollo del territorio.

Según Longley et al. (2015), los SIG ayudan a el análisis de información territorial mediante la integración de datos geográficos provenientes de diversas fuentes, lo que permite la generación de modelos espaciales que apoyan la toma de decisiones en distintos campos, como la planificación territorial, la gestión ambiental, la gestión de riesgos y el desarrollo de infraestructura.

En este contexto los SIG permiten trabajar mayormente con dos tipos de datos geoespaciales: datos vectoriales y datos raster, cada uno con sus características espaciales, que facilitan la representación de las distintas características del territorio de manera diferente, esto dependiendo del tipo de información que se pretenda realizar en el análisis.

Datos vectoriales.

Los datos vectoriales se utilizan para poder representar elementos espaciales, por medio de la implementación de puntos, líneas y polígonos, lo que permite establecer de forma precisa la ubicación y además la forma de los objetos geográficos. Estos datos son de gran importancia para poder representar elementos puntuales dentro del territorio como las carreteras, los ríos, los límites administrativos, infraestructura y edificaciones, estos datos de gran importancia para un análisis.

Además, que su estructura facilita el trabajar con una gran exactitud y precisión geométrica, también permitiendo realizar análisis de relación entre elementos espaciales, es de gran uso y aplicación en estudios de planificación y gestión territorial (Longley et al., 2015).

Datos raster.

Por otro lado, los datos raster describen la información a través de una malla de celdas o píxeles, en el cual cada pixel representa un valor que contiene información y características geoespaciales. Esta información es más utilizable para el desarrollo y análisis de variables continuas, como la altura del terreno, la temperatura, la lluvia o la cobertura del suelo

Este formato es bastante útil para cuando se necesita realizar el análisis de superficies, hacer modelos o simulaciones, ya que nos permite el trabajo de integración de la información de una forma más rápida y continua (Burrough & McDonnell, 1998).

Rol del COE-P en la Gestión de Emergencias

Para la gestión de las emergencias se necesita de una correcta coordinación entre las distintas instituciones, por ello para tener un buen manejo de información y de recursos al momento de la atención de emergencias presentada en territorio, un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial, cumple un rol fundamental frente a eventos adversos.

De acuerdo al Manual del Comité de Operaciones de Emergencias de la Secretaría de Gestión de Riesgos, este tipo de centros de operaciones permite mejorar el manejo de recursos de manera estratégica y focalizada, permitiendo así una toma de decisiones de manera conjunta y rápida, permitiendo un accionar más organizado ante situaciones críticas.

Para que esta función sea efectiva, la infraestructura del COE debe garantizar eficiencia operativa y resiliencia, lo que implica que el centro debe ser capaz de operar incluso cuando el entorno cercano se encuentre severamente afectado por un desastre (Federal Emergency

Management Agency [FEMA], 2022). Por esta razón, la selección del sitio donde se ubique esta infraestructura estratégica constituye un aspecto clave dentro de la planificación territorial y la gestión del riesgo.

Selección de Sitios y Análisis Multicriterio (MCDA)

La elección del sitio para la implementación adecuada de la infraestructura que será destinada a la gestión de emergencias, es un proceso complejo, en el cual intervienen múltiples variables territoriales. Ya que no es solamente suficiente la consideración de un solo factor, sino que se debe analizar aspectos como los riesgos y restricciones ambientales, que uso tiene el suelo y además un aspecto importante el cual es la accesibilidad.

Para la toma y selección de alternativas adecuadas, la implementación de un Análisis Multicriterio (MCDA), es una metodología muy utilizada para abordar este tipo de problemas, ya que permite evaluar diferentes alternativas considerando varios criterios que trabajan en conjunto, permitiendo realizar una ponderación mediante la clasificación según su rango de importancia relativa, ayudando a realizar una comparación de opciones y con ello eligiendo la más apta (Hamad & Sheikh Suleimany, 2025).

Dentro de este tipo de análisis se consideran diferentes grupos de criterios que influyen en la idoneidad territorial para la ubicación de infraestructuras estratégicas.

- **Criterios de Seguridad Física (Ponderación Alta):** La literatura técnica y los manuales de diseño establecen que la **protección frente a amenazas naturales**, como inundaciones y movimientos en masa, constituye uno de los factores más determinantes en la localización de infraestructuras críticas (U.S. Department of Defense, 2008). En regiones

como la provincia del Guayas, donde la topografía y la hidrografía influyen significativamente en la ocurrencia de inundaciones, estos criterios permiten identificar zonas clasificadas como **no aptas o poco aptas** para el desarrollo de equipamientos estratégicos.

- **Criterios de Restricción Normativa:** Otro aspecto fundamental en la selección de sitios corresponde al cumplimiento de la normativa ambiental vigente. En este sentido, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) establece zonas destinadas a la conservación de ecosistemas y biodiversidad, donde el desarrollo de nuevas infraestructuras se encuentra restringido o regulado (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2019). Estas áreas funcionan como filtros de exclusión dentro del proceso de selección territorial.

Aplicación de SIG y modelamiento espacial

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten el análisis e integración de información de distintas fuentes, mediante el uso de las herramientas que permiten analizar el territorio y permite determinar la idoneidad de los lugares.

- **Análisis de Superficie:** Permite revisar la morfología del terreno, ya que es fundamental para determinar y evitar problemas relacionados a desplazamientos o deslizamientos de tierras (U.S. Department of Defense, 2008).
- **Zonas de Influencia (Buffers):** La generación de zonas de influencia ayuda a definir infraestructura que estén en los rangos que se plantean como espacio de análisis, además de analizar y prevenir afectaciones relacionadas a riesgos tecnológicos, así proporcionar zonas que sean seguras y adecuadas

- **Rasterización y Normalización:** Para trabajar con variables distintas, como la distancia de vías y la pendiente, se es necesario que toda la información que se vaya a analizar mantenga una misma escala, para con ello poder tener toda la información de manera organizada y clasificada, para que el análisis no tenga inconsistencias.

Accesibilidad Vial

La accesibilidad es un aspecto clave, para que los centros de operaciones puedan generar una respuesta eficiente y rápida, por ende, la ubicación adecuada para la implementación es aquella que permita una buena cobertura territorial mayormente a zonas en las que se tenga mayor concentración poblacional.

- **Isócronas y Áreas de Servicio:** El análisis de accesibilidad mediante herramientas como QNEAT3 permite determinar qué tan bien se distribuye la red vial alrededor de un punto candidato. Según FEMA (2022), un COE debe tener acceso a múltiples rutas para evitar quedar aislado por cierres viales o congestión.

Datos y fuentes

Inventario de información geoespacial

Para el desarrollo del presente estudio se realizó la búsqueda, recopilación y selección de información geoespacial de fuentes de varias instituciones oficiales y de ciertos repositorios de datos abiertos, tales como el Instituto Geográfico Militar (IGM), el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAE), el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el United States Geological Survey (USGS).

La información obtenida corresponde tanto a capas vectoriales como raster, las cuales constituyen la base principal para el desarrollo del análisis territorial y la aplicación del modelo de evaluación multicriterio orientado a determinar la ubicación óptima para la implementación del COE-P en la provincia del Guayas.

Se obtuvo información mediante capas vectoriales de parte del Instituto Geográfico Militar (IGM), información relacionada a amenazas naturales, infraestructura existente y los límites administrativos de la provincia y de los cantones que integran la misma, esta información permitió el análisis de antenas parabólicas, líneas de transmisión eléctrica, subestaciones eléctricas, áreas de inundaciones, zonas de movimientos en masa, todo ello de gran utilidad para realizar el análisis de idoneidad del territorio

Por otra parte, del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAE) se obtuvieron capas vectoriales correspondientes a Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS) y al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), las cuales permiten identificar restricciones ambientales y territoriales que deben ser consideradas dentro del proceso de selección de sitios.

En lo que respecta al tema de accesibilidad, se encontró y se trabajó en base a una capa de información vectorial tomada de las fuentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), esta información es clave para realizar el análisis de conexión vial y acceso a las diferentes zonas de la provincia del Guayas.

Además, que se utilizó información sustraída de del Ministerio de Agricultura y ganadería (MAG), sobre el uso cobertura del suelo, con ello se analizó como está distribuido el suelo y que

ocupación predomina, permitiendo evaluar si las zonas potenciales son compatibles para la implantación del Centro de Operaciones

Para analizar y evaluar las variables como la altitud y la forma morfológica del territorio se obtuvo información de modelos digitales de elevación en formato raster, permitiendo determinar que zonas presentan vulnerabilidad a sucesos de amenazas naturales, esto se pudo analizar mediante datos obtenidos de los repositorios del United States Geological Survey (USGS).

Tabla 1

Datos geospaciales recopilados acorde a los criterios y subcriterios

Categoría	Capas	Fuente
Límites administrativos	Guayas, Límites Cantonales	IGM
Infraestructura y equipamientos	Antenas Parabólica, Subestacion_P, Edificio_Area	IGM
Infraestructura energética	Linea_Transmision_electrica	IGM
Accesibilidad y transporte	Vias	MTOP
Amenazas naturales	Area_Inundacion, Movimiento_Masa	IGM
Restricciones ambientales	ACUS, SNAP	MAE
Características físicas del suelo	Geopedologica	IGM
Uso y cobertura del suelo	Uso_Suelo3	MAG
Información topográfica	DEM, DEM_guayas	USGS

Nota. Se recopilaron datos de distintas fuentes

Finalmente, todas las capas geospaciales recopiladas fueron organizadas y preparadas para su posterior procesamiento en el software QGIS, donde se realizó la estandarización del

sistema de referencia espacial, la depuración de la información y el recorte de las capas de acuerdo con el área de estudio correspondiente a la provincia del Guayas.

Después de obtener toda la información geoespacial de las distintas instituciones oficiales, fue organizada por capas y se realizó un proceso de estandarización, para poder trabajar de manera adecuada y en base a un solo sistema de información geográfica, esto fue necesario ya que varias de las capas obtenidas se encontraban en distinto sistema de referencia. Por ello se adoptó como sistema de referencia al WGS 84 / UTM Zona 17 Sur, ya que la mayoría de información disponible manejaba este sistema, en base a esto se generó una reproyección de todas las capas, con el fin de integrar y evitar errores al momento del procesamiento de los datos.

Metodología

El desarrollo de la presente investigación se realizó basado en un análisis espacial por medio de herramientas de información geográfica, para ello se implementó el uso del software QGIS, siendo una herramienta fundamental para el manejo, organización, procesamiento, análisis e integración de la información geoespacial territorial

La metodología empleada se basa en la utilización de un modelo de evaluación multicriterio, ya que este tipo de análisis permite evaluar de manera simultánea varios factores y variables que influyen en el procesamiento de la información geoespacial, permitiendo identificar cuáles son las zonas con mayor adecuación para ubicar la infraestructura del COE-P.

El proceso metodológico se desarrolló en distintas etapas, que va desde la recopilación de la información geográfica de fuentes oficiales, el procesamiento y análisis de datos, generación de

las variables, el uso y aplicación del modelo multicriterio, hasta la generación de un mapa de idoneidad del territorio de la provincia de las Guayas y así con ello identificar las zonas consideradas como aptas.

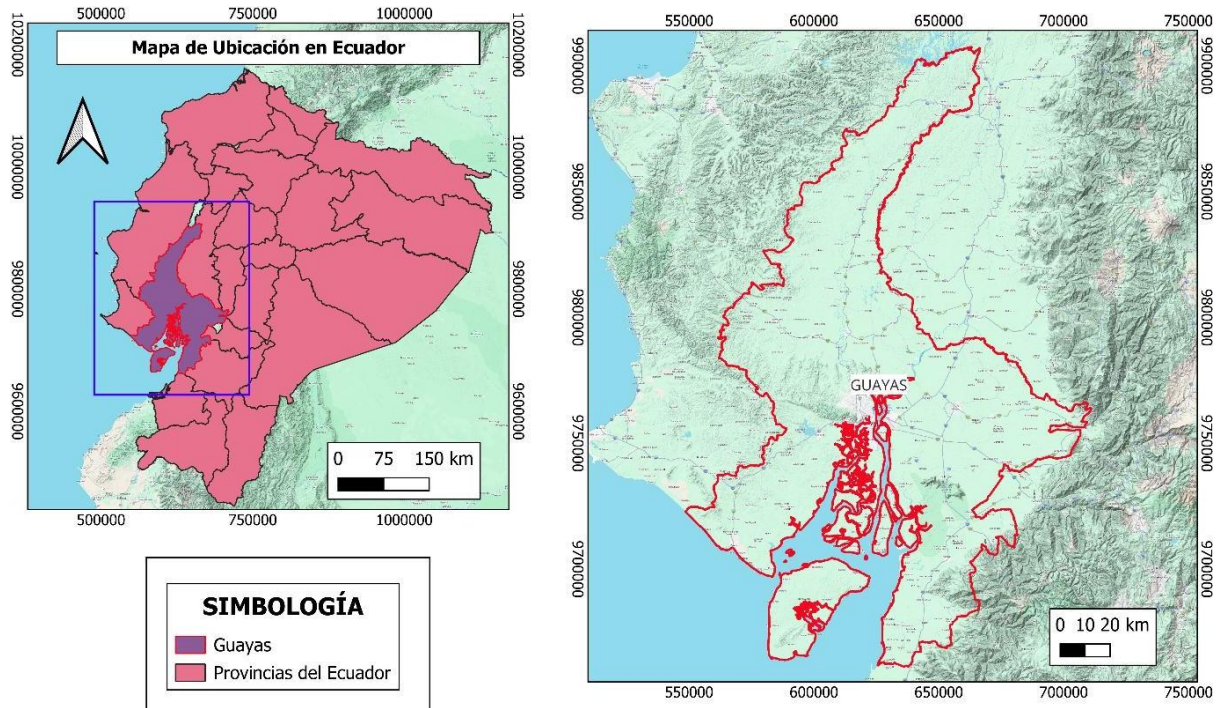
Área de estudio

Se estableció como el área de estudio la provincia del Guayas, la cual se encuentra localizada en la región costa o litoral dentro del territorio continental del Ecuador. Esta zona es muy conocida por que concentra una elevada cantidad poblacional ya que está conformada por 25 cantones, 50 parroquias urbanas y 29 parroquias rurales. Además, es de gran importancia en términos de economía, ya que abarca uno de los más grandes centros portuarios del país, y genera una dinámica social constante vinculada mayormente al comercio, agricultura y servicios (Prefectura del Guayas, 2024).

Para definir el rango territorial de estudio en el modelo SIG, se utilizó la capa correspondiente a los límites administrativos de la provincia. A partir de esta delimitación se procedió a realizar el corte de las capas vectoriales y raster obtenidas previamente de las fuentes oficiales, esto se lo realizó con el fin de trabajar ya únicamente en el territorio de la provincia del Guayas. Mediante esto se elaboró el mapa de ubicación de la zona de estudio de esta investigación

Ilustración 1

Mapa de ubicación del área de estudio



Recopilación de información geoespacial

La primera fase del estudio consistió en la recopilación de información geoespacial proveniente de diferentes fuentes institucionales. Para el análisis se utilizaron capas vectoriales y capas raster, las cuales contienen información relacionada con variables ambientales, territoriales y de infraestructura. La utilización de estas capas permitió construir una base de datos geográfica que representa las principales características territoriales de la provincia del Guayas.

Las capas utilizadas incluyeron información sobre:

- red vial
- uso del suelo
- zonas susceptibles a inundación

- movimientos en masa
- áreas protegidas
- infraestructura eléctrica
- infraestructura industrial
- antenas de telecomunicaciones
- modelo digital de elevación

Preprocesamiento de la información geográfica

Una vez recopilada la información geoespacial, se realizó un proceso de preparación de los datos con el fin de garantizar su correcta integración dentro del análisis territorial, en esta etapa se ejecutaron diversas operaciones de geoprocésamiento orientadas a organizar, limpiar y delimitar la información espacial utilizada en el estudio. Asimismo, todas las capas fueron ajustadas a una misma resolución espacial, lo que permitió garantizar la compatibilidad entre los diferentes datasets utilizados dentro del modelo de análisis.

Entre las principales operaciones realizadas se encuentran:

- recorte de capas geográficas según el límite provincial
- verificación de geometrías
- homologación de formatos de datos
- conversión de capas vectoriales a formato raster cuando fue necesario

Generación de variables espaciales

Posteriormente se procedió a la generación de las variables espaciales necesarias para el desarrollo del análisis multicriterio. En esta fase se derivaron nuevos productos cartográficos a partir de las capas originales mediante herramientas de análisis espacial.

Uno de los datos principales que se obtuvo fue la pendiente del terreno, la cual se obtuvo mediante el uso del Modelo Digital de Elevación. Esta variable para verificar la topografía del territorio, con esto establecer las zonas más convenientes para el planteamiento del COE-P.

De igual manera, se generaron diferentes capas de distancia o proximidad respecto a elementos territoriales relevantes, tales como la red vial, la infraestructura eléctrica y los complejos industriales. Estas capas permitieron analizar la relación espacial entre los distintos elementos del territorio y las posibles áreas de localización del equipamiento.

Integración del modelo de análisis multicriterio

Una vez generadas todas las variables espaciales necesarias, se procedió a la aplicación del modelo de evaluación multicriterio. Este proceso consistió en la integración de las diferentes capas temáticas mediante operaciones de álgebra de mapas, con el objetivo de obtener una superficie continua de idoneidad territorial.

Este modelo ayudo a analizar de manera conjunta varias variables que influyen al momento de buscar la ubicación adecuada del equipamiento, con este análisis se generó un mapa en donde se demuestra las zonas que son más o menos adecuadas. Antes de realizar la integración de

información todas las variables espaciales fueron previamente revisadas y organizadas, para que se puedan analizadas dentro del modelo de evaluación

Además, la integración de todos los criterios empleado se lo realizo mediante la aplicación de una Combinación Lineal Ponderada(WLC), para asignarle una ponderación según su rango de importancia y poder realizar el cálculo del índice de idoneidad, esto dado mediante la aplicación de su fórmula:

$$S = \sum W_i * X_i$$

En esta expresión la (S) hace referencia al valor de idoneidad, la (Wi) corresponde a los pesos asignados a cada criterio establecido en el modelo y (Xi) es el valor ponderado de cada variable propuesta para el desarrollo del análisis multicriterio.

Identificación de zonas potenciales

Como resultado del modelo de análisis se obtuvo un mapa de idoneidad territorial, el cual representa los distintos niveles de aptitud del territorio para la localización del equipamiento.

A partir de este mapa se desarrolló una capa binaria ponderada entre 0 y 1, lo que permitió identificar y separar de manera clara todas las zonas dentro de la provincia que cumplen con los parámetros establecidos en el modelo.

Posteriormente, las áreas nombradas como idóneas fueron analizadas tomando en cuenta como consideración a los cantones que concentran el mayor número de población dentro de la provincia, no con el motivo se segregan información, sino más bien con la finalidad de generar una

priorización de las ubicaciones que permitan generar una mejor cobertura y atención el momento de la atención de emergencias dentro del territorio

Accesibilidad territorial

Con la finalidad de realizar el análisis de que tan accesibles son las zonas que se identificaron como idóneas, se procedió un estudio de conectividad, por medio de la aplicación de herramientas de análisis de redes en el software QGIS, primero se definió un área de influencia de 5.500 metros. Luego de utilizar el complemento QNEAT3 ya que este nos permite trabajar con redes de transporte y calcular el área de cobertura, mediante esto se pudo determinar el nivel de accesibilidad por medio del sistema vial existente de las distintas zonas identificadas .

Elaboración de productos cartográficos

Finalmente, de acuerdo al análisis y estudio realizado, se generaron mapas cartográficos, en los cuales se ven representados todos los resultados que se obtuvieron durante todo el procesamiento de la información geográfica. Éstos mapas generados sirven como una base de apoyo en la selección de las mejores alternativas para la propuesta de ubicación de la infraestructura del Centro de Operaciones de Emergencias Provinciales.

Criterios, estandarización y ponderación

Definición de criterios de evaluación

Para poder desarrollar el modelo multicriterio, se establecieron varios criterios enfocados en la evaluación de la idoneidad de un sitio para poder emplazar el COE-P, los criterios

establecidos se definieron a partir de revisión de información relacionada en la planificación del territorio, la gestión de riesgos y la determinación de una ubicación estratégica. Ya que este tipo de equipamiento debe situarse en un lugar seguro, contar con una buena accesibilidad y rápida conexión con el resto del territorio para dar atención a cualquier evento adverso que se suscite.

En este sentido es necesario tener en consideración muchos factores asociados, para tener una visión más completa de las condiciones y características del territorio que se está analizando.

Entre los principales criterios considerados dentro del modelo se encuentran:

- topografía del terreno
- zonas susceptibles a inundación
- accesibilidad vial
- infraestructura eléctrica
- uso del suelo
- riesgos tecnológicos
- áreas protegidas y zonas con restricciones ambientales

La incorporación de estos criterios permitió construir un modelo de análisis territorial que integra variables de distinta naturaleza dentro de un mismo sistema de evaluación espacial.

Estandarización de criterios

Debido a que la información vectorial y raster que se obtuvo no se manejaban en las mismas unidades de medida y presentaban distintas escalas, fue necesario generar un procedimiento de estandarización de información, para cada una de las capas para que así tengan un mismo sistema

y se pueda generar una integración adecuada al momento del modelamiento de la información. Este procedimiento se desarrolló mediante herramientas de análisis raster, asignando valores entre 0 y 3, donde cada número indica el nivel de aptitud del territorio, además permite integrar de mejor manera todas las variables usadas en el modelo, mediante una superposición ponderada.

Tabla 2

Escala de valores de aptitud territorial

Valor	Clasificación	Justificación
0	No Apto	Zona de Impacto Directo
1	Poco Apto	Zona de riesgo moderado
2	Medianamente Apto	Zona de amortiguamiento
3	Apto	Zona Segura

Nota. Se recopilieron datos de distintas fuentes

Esta clasificación permitió homogeneizar la información, facilitando su integración dentro del análisis multicriterio y permitiendo comparar las variables consideradas en el estudio.

Identificación de zonas restringidas

Dentro del proceso de evaluación territorial se identificaron determinadas áreas que presentan restricciones ambientales o condiciones de riesgo que impiden su utilización para la localización de infraestructura estratégica. Estas áreas fueron consideradas como zonas excluyentes dentro del modelo, asignándoles automáticamente el valor de 0 (No apto) durante el proceso de estandarización. La exclusión de estas zonas permite reducir los errores del modelo y garantizar que las áreas seleccionadas cumplan con condiciones mínimas de seguridad territorial.

Entre las zonas restringidas que se consideraron dentro del análisis se incluyen principalmente aquellas que están expuestas a amenazas naturales, áreas bajo protección ambiental y las áreas cercanas a zonas de instalaciones de riesgos tecnológicos. Este tipo de zonas no fueron tomadas en cuenta para la localización de la infraestructura del equipamiento, ya que presentan condiciones que pueden representar riesgos o limitaciones

Tabla 3

Zonas restringidas consideradas en el modelo

Item	Criterio	
1	Áreas de inundación	0
2	Zonas de movimientos en masa	0
3	Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)	0
4	Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS)	0
5	Riesgos tecnológicos por cercanía a instalaciones peligrosas	0

Criterios de evaluación territorial

El modelo de análisis multicriterio consideró diversos criterios espaciales que influyen directamente en la localización adecuada de infraestructura estratégica. Estos criterios permiten evaluar tanto las condiciones físicas del terreno como la disponibilidad de infraestructura y la accesibilidad territorial. El Modelo Digital de Elevación utilizado presenta una resolución espacial de 50 metros por píxel, lo que permitió generar la variable pendiente y evaluar las condiciones topográficas del terreno.

Tabla 4

Criterios de evaluación territorial

Item	Criterio	Descripción
1	Red vial	Determina el nivel de accesibilidad territorial
2	Modelo Digital de Elevación (DEM)	Permite analizar las condiciones topográficas
3	Líneas de transmisión eléctrica	Infraestructura energética disponible
4	Subestaciones eléctricas	Soporte energético para el equipamiento

Determinación de zonas de influencia

Para evaluar la proximidad o distancia respecto a determinados elementos territoriales, se aplicaron zonas de influencia mediante buffers, estableciendo rangos de distancia que permiten determinar distintos niveles de aptitud territorial.

Definición de Criterios de distancia y ponderación de aptitud

Para cada variable aplicada en el modelo se establecieron distintos rangos de distancia dependiendo de la variable a analizar, esto permitió evaluar la aptitud del territorio

Tabla 5

Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)

Distancia (m)	Valor	Clasificación	Justificación
0 – 500	0	No apto	Zona de impacto directo
600	1	Poco apto	Zona de riesgo moderado
800	2	Medianamente apto	Zona de amortiguamiento
1000	3	Apto	Zona segura

Tabla 6

Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS)

Distancia (m)	Valor	Clasificación	Justificación
0 – 300	0	No apto	Zona de impacto directo
500	1	Poco apto	Zona de riesgo moderado
700	2	Medianamente apto	Zona de amortiguamiento
900	3	Apto	Zona segura

Tabla 7

Zonas susceptibles a inundación

Distancia (m)	Valor	Clasificación	Justificación
0 – 200	0	No apto	Zona de impacto directo
400	1	Poco apto	Zona de riesgo moderado
600	2	Medianamente apto	Zona de amortiguamiento
800	3	Apto	Zona segura

Tabla 8

Red vial

Distancia (m)	Valor	Clasificación	Justificación
50	0	No apto	Riesgo directo (ruido y accidentes)
100	1	Poco apto	Muy cercano a la vía
200	3	Apto	Distancia adecuada
500	2	Medianamente apto	Accesible pero más distante

Criterio topográfico

Las condiciones topográficas fueron evaluadas mediante el análisis de la **pendiente del terreno**, obtenida a partir del Modelo Digital de Elevación. La pendiente fue reclasificada en rangos de aptitud territorial de la siguiente manera:

Tabla 9

Clasificación de pendiente

Pendiente (%)	Valor	Clasificación
0 – 5	0	Baja
5 – 15	1	Media
15 – 30	3	Alta
30 – 90	2	Escarpada

Priorización por concentración poblacional

Finalmente, con el objetivo de mejorar la cobertura territorial del equipamiento analizado, se consideraron los cantones con mayor cantidad de población dentro de la provincia del Guayas, esta priorización permitió orientar el análisis hacia zonas estratégicas con mayor demanda potencial de servicios de gestión de emergencias. Los cantones priorizados dentro del análisis fueron:

Tabla 10

Cantones priorizados según concentración poblacional

Cantón	Población aproximada
Guayaquil	2.7 millones

Cantón	Población aproximada
Durán	303 mil
Samborondón	134 mil
Milagro	199 mil
Daule	173 mil

Ponderación de variables

Una vez estandarizadas todas las variables espaciales se procedió a asignar un peso relativo a cada criterio, considerando su nivel de influencia dentro del modelo de evaluación territorial.

La asignación de la ponderación y de los pesos se la aplico mediante la implementación del método de Procesos de Análisis Jerárquico (AHP), dado que este método nos permite realizar la comparación de criterios para definir su nivel de prioridad dentro del modelado SIG.

Además, se verifico en el modelo espacial que las comparaciones realizadas esto mediante un cálculo de Razón de Consistencia, para verificar que las capaz que obtengan un valor menor a 0.1 se las considera en un nivel de idoneidad aceptable, con esto los valores que se obtuvieron fueron posteriormente normalizados, asegurando que la suma total los valores asignados a cada criterio sea igual a 1.00.

Mediante esto se obtuvo que a los criterios que tienen relación con amenazas naturales se les asigno un mayor peso, esto debido a que su incidencia puede afectar directamente a la seguridad de la infraestructura proyectada, de la misma forma se consideró como un punto importante la accesibilidad vial ya que esto influye de manera directa al momento de generar una respuesta rápida al momento de la atención de las emergencias.

Como resultado del modelo se identificaron más de 3 000 zonas potencialmente idóneas dentro del territorio provincial. Sin embargo, muchas de estas superficies presentaban dimensiones reducidas, por lo que se aplicó un filtro adicional descartando aquellas áreas menores a 20 000 m², esto se lo realizó mediante criterio técnico considerando esta cantidad de área como el espacio mínimo que se requeriría para poder emplazar este tipo de infraestructuras

Finalmente, como resultado del análisis realizado se seleccionaron cinco zonas consideradas como óptimas, ya que cumplen con todos los criterios establecido en el modelo, las ponderaciones de pesos y con las condiciones mínimas de superficie establecida para la localización del Centro de Operaciones.

La siguiente tabla presenta los 13 criterios evaluados y sus ponderaciones relativas:

Tabla 11

Ponderación de criterios del modelo multicriterio

Criterio	Peso
Área de inundación	0.14
Movimientos en masa	0.12
Pendiente	0.10
Vías (accesibilidad)	0.12
Uso de suelo	0.09
Textura del suelo	0.07
SNAP	0.08
ACUS	0.06
Líneas eléctricas	0.06
Plantas transformadoras	0.05
Riesgo tecnológico	0.04
Riesgos menores	0.04
Antenas de telecomunicaciones	0.03
Total	1.00

Resultados

A partir de la aplicación del modelo de análisis multicriterio mediante Sistemas de Información Geográfica, se obtuvieron diversos resultados cartográficos que permitieron identificar las áreas con mayor idoneidad territorial para la localización de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas.

Los resultados obtenidos en este estudio se los evidencia mediante la generación de mapas de acuerdo a los criterios usados en el modelo de información geográfica, además se representa un mapa con la idoneidad del territorio de la provincia del Guayas y las alternativas de los sitios con un amplio potencial para poder implementar la infraestructura.

Mapas intermedios por criterio

El análisis multicriterio se desarrolló en base a una consideración de trece variables espaciales que representan aspectos fundamentales para determinar la ubicación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas. A partir de estos criterios se generaron mapas, que permitieron visualizar de manera gráfica como es la distribución territorial de las variables y evaluar su influencia al momento de la toma de decisiones de aptitud.

Entre los principales mapas intermedios se encuentran:

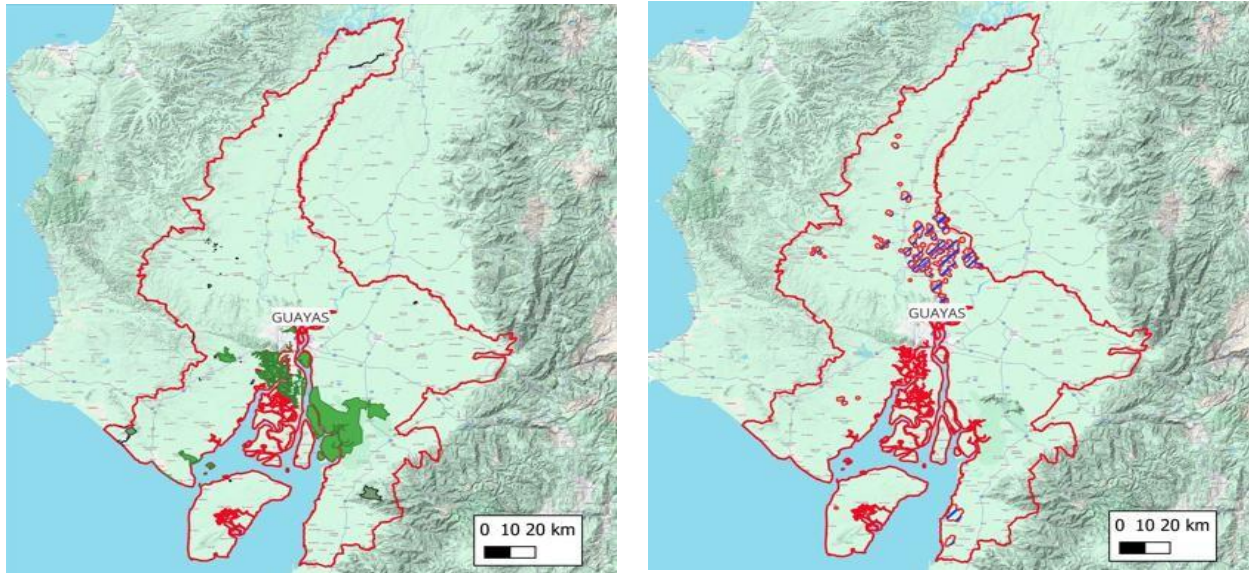
- **Mapa de pendiente (Slope):** derivado del Modelo Digital de Elevación (DEM) con resolución de 50 m, permitió identificar áreas con condiciones topográficas adecuadas para la construcción y operación del equipamiento.

- **Mapa de zonas susceptibles a inundación:** identificó sectores con riesgo hidrológico, los cuales fueron excluidos del análisis de localización para garantizar la seguridad de la infraestructura.
- **Mapa de proximidad a infraestructura eléctrica:** consideró líneas de transmisión y subestaciones, evitando áreas que podrían representar riesgos asociados a interferencias o accidentes.
- **Mapa de proximidad a áreas protegidas:** incluyendo SNAP y ACUS, permitió excluir zonas con restricciones ambientales significativas.
- **Mapa de accesibilidad vial:** generado a partir de la red de vías principales, evaluó el nivel de conectividad y la capacidad de movilización hacia y desde las posibles ubicaciones.
- **Mapa de riesgos tecnológicos:** Se realizó a partir de la identificación de infraestructuras consideradas potencialmente peligrosas, como son las plantas industriales, las estaciones de combustible, poliductos y redes energéticas.

Todos los criterios de los mapas elaborados fueron nuevamente clasificados dentro de escala de aptitud territorial asignándoles un valor del 0 al 3, con ello se estandarizo los criterios para facilitar la integración dentro del modelo multicriterio.

Ilustración 2

Mapa de áreas protegidas y Mapa de inundaciones



Mapa final de idoneidad territorial

Una vez integradas todas las variables mediante operaciones de álgebra de mapas y la ponderación de criterios, se generó el mapa final de idoneidad territorial, el cual representa espacialmente las áreas con mayor potencial para la localización de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial.

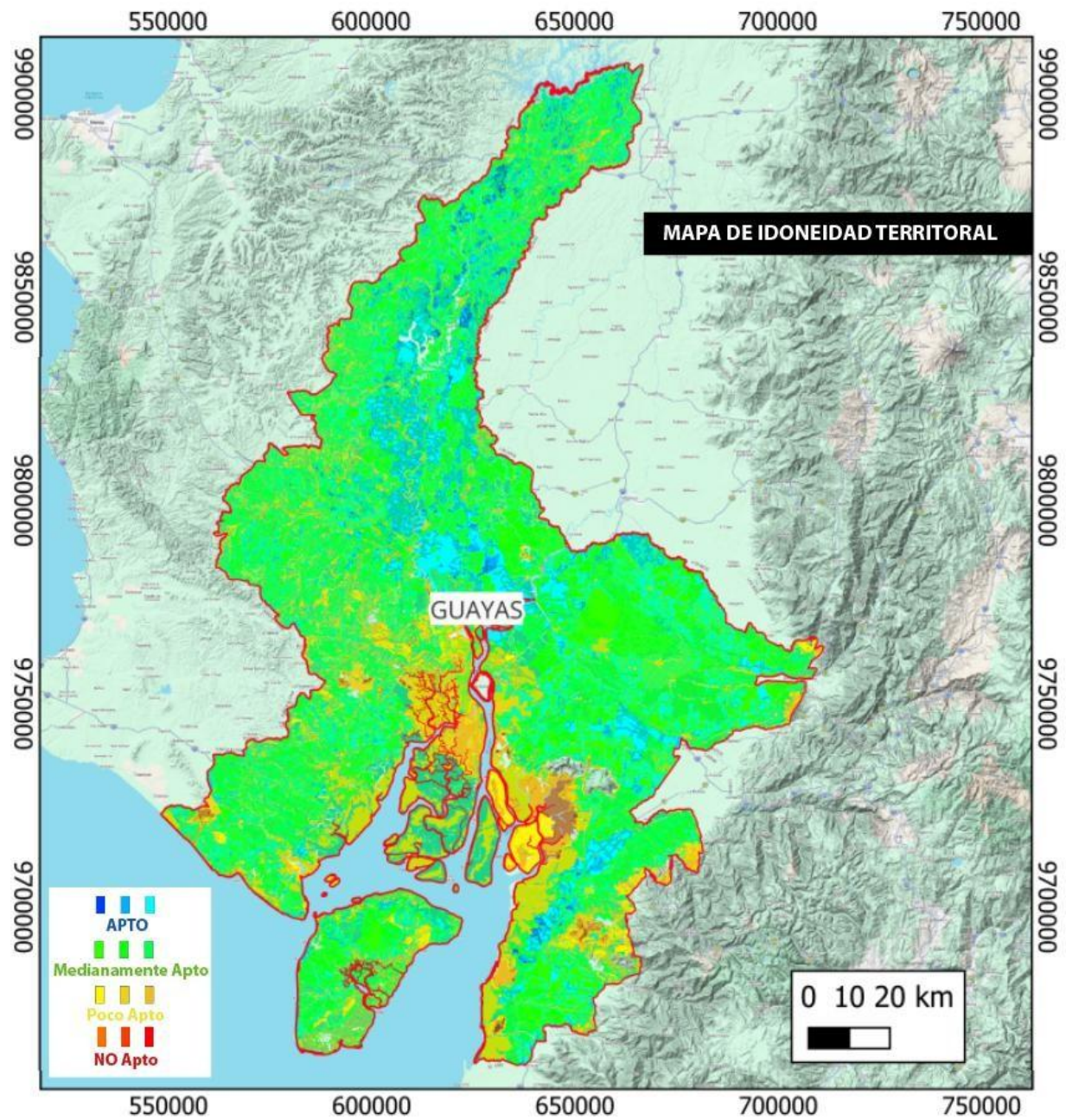
El resultado del análisis permitió clasificar el territorio en diferentes niveles de aptitud:

- **No apto**, correspondiente a áreas con restricciones ambientales o altos niveles de riesgo.
- **Poco apto**, asociado a zonas con condiciones desfavorables para la implementación del equipamiento.
- **Medianamente apto**, correspondiente a áreas que presentan condiciones aceptables, pero con ciertas limitaciones.
- **Apto**, esto corresponde a las áreas que cumplen con condiciones adecuadas, estas se encuentran principalmente en zonas donde la topografía es regular, tiene vías de acceso

rápido, y no presenta en su contexto cercano ninguna amenaza sea natural o que este expuesta a riesgos tecnológicos.

Ilustración 3

Mapa de idoneidad



Identificación de áreas potenciales

A partir del mapa final, se identificaron inicialmente más de 3 000 zonas potencialmente idóneas. Sin embargo, muchas presentaban áreas demasiado pequeñas, lo que podría limitar el desarrollo del equipamiento y su operatividad. Para garantizar la viabilidad, se aplicó un filtro mínimo de área de 20 000 m², criterio prudencial adoptado para asegurar que los lotes seleccionados tuvieran superficie suficiente para instalaciones, accesos, parqueos y áreas logísticas asociadas al COE-P.

Posteriormente, se tomó como objeto de estudio a los cantones de la provincia que tienen mayor concentración poblacional, no buscando generar una segregación de la información, sino enfocado en realizar una priorización de los sitios que permitan cubrir la atención en territorio de manera eficiente y eficaz, sin tener contratiempos al momento de atención ante emergencias, por ello es que los cantones que se consideró fueron Guayaquil, Duran, Samborondon, Milagro y Daule.

Selección de alternativas (Top 5)

Con base en los resultados obtenidos del análisis de idoneidad territorial se identificaron 5 lugares que presentan las condiciones establecidas en los criterios de modelo de evaluación. Para completar el análisis de las áreas se aplicó la herramienta QNEAT3, la cual permitió analizar la red vial existente determinado las distancias de cobertura de las redes cubiertas por la red vial a partir de los puntos considerados como potenciales ubicaciones. Este análisis se realizó considerando una distancia promedio de cobertura de 5.500 metros, permitiendo evaluar el alcance territorial de cada alternativa.

Tabla 12

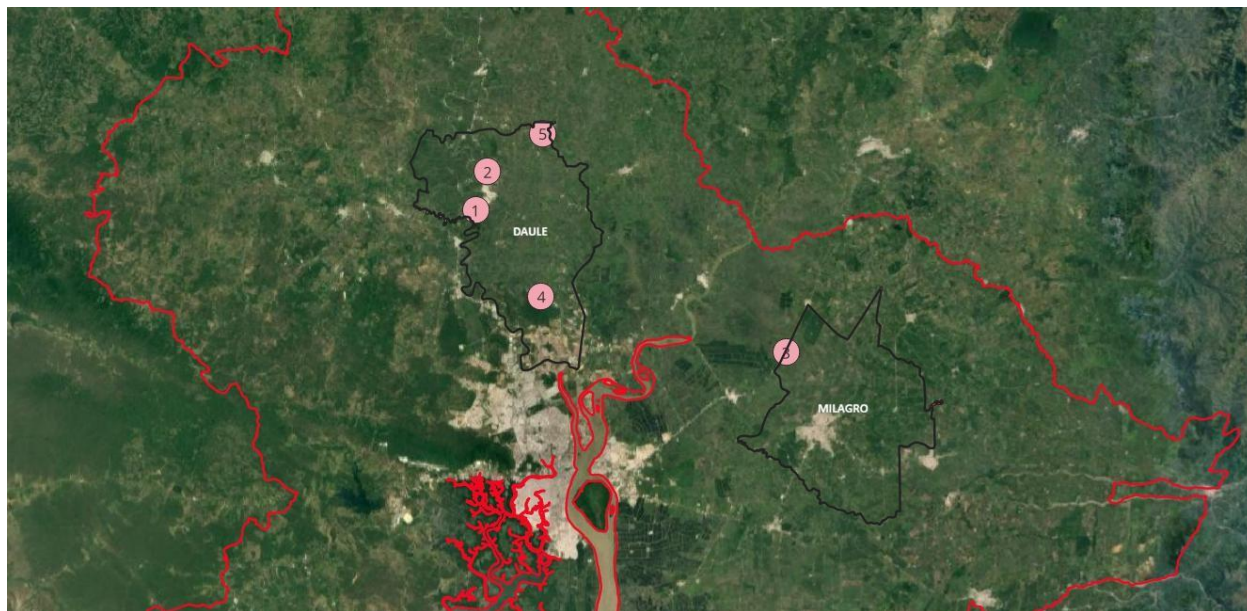
Alternativas territoriales seleccionadas.

ID	Cantón	Área (m ²)	Ranking de idoneidad
2713	Daule	121 500	1
3147	Milagro	39 263	2
2919	Daule	294 247	3
2907	Daule	229 457	3
2799	Daule	30 809	4

Estas zonas corresponden a los lugares que presentan mejores condiciones de idoneidad en todo el territorio de análisis.

Ilustración 4

Mapa de áreas idóneas



Además, se realizó una comparación de los resultados obtenidos en el modelo multicriterio. Estos valores corresponden al índice de idoneidad generado mediante la combinación lineal ponderada (WLC), el cual refleja el nivel de aptitud del territorio.

A partir de este análisis, se confirmó que las zonas seleccionadas presentan los mejores resultados dentro del modelo, lo que justifica su elección como las opciones más adecuadas para la localización del COE-P.

Tabla 13

Comparación de alternativas TOP 5

Zona	Cantón	Idoneidad	Accesibilidad	Riesgo	Superficie (m ²)	Evaluación
Zona 1	Daule	2.85	Alta	Baja	121 500	Muy adecuada
Zona 2	Milagro	2.70	Alta	Media	39 263	Adecuada
Zona 3	Daule	2.65	Media	Baja	294 247	Adecuada
Zona 4	Daule	2.50	Media	Media	229 457	Regular
Zona 5	Daule	2.40	Baja	Baja	30 809	Regular

Discusión y justificación del sitio recomendado

Los resultados obtenidos a partir del análisis espacial permitieron identificar diversas áreas dentro de la provincia del Guayas que presentan condiciones favorables para la localización de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P). La evaluación conjunta de variables relacionadas con la accesibilidad territorial, la exposición a amenazas naturales, la disponibilidad de infraestructura y las restricciones ambientales permitió determinar de forma objetiva qué sectores del territorio ofrecen mejores condiciones para la instalación de este tipo de equipamiento estratégico.

Uno de los factores más importantes dentro del análisis fue la parte de conectividad vial ya que para poder implementar el centro de operaciones de emergencias se depende en gran medida la rapidez con la que se pueda movilizar y gestionar los recursos, personal y equipos hacia las zonas en donde susciten las emergencias, Por tal motivo las áreas que recibieron una mejor valoración son aquellas que presentan cercanías a vías principales de tráfico fluido mejorando los tiempos de respuesta

Otro de los aspectos importantes al momento del análisis fue la consideración de que los lugares no se encuentren cercanos a fuentes de riesgos tecnológicos, evidencia de riesgos naturales históricamente detectados y que las condiciones del terreno sean de fácil acceso, esto permite que se eviten riesgos directos y que el COE-P pueda funcionar incluso en situaciones críticas.

De igual manera, se incorporaron criterios relacionados con la normativa ambiental, evitando la ubicación del equipamiento en áreas protegidas o en ecosistemas que presentan alta sensibilidad ecológica. Esta consideración permite asegurar el cumplimiento de la legislación ambiental vigente y promover una planificación territorial responsable, reduciendo posibles impactos negativos sobre el entorno natural.

A partir de la evaluación de los diferentes criterios territoriales se identificaron inicialmente múltiples zonas con condiciones favorables para la implantación del COE-P. No obstante, al considerar las necesidades operativas del equipamiento, se priorizaron únicamente aquellas superficies que disponían de una extensión suficiente para el desarrollo de la infraestructura y sus áreas complementarias.

Como resultado de este análisis se obtuvieron cinco alternativas de sitios los cuales se encuentran ubicados principalmente en los cantones Daule y Milagro, ya que mediante el análisis de idoneidad estos 2 sectores presentan buenas condiciones, además que su ubicación nos permite tener una conexión rápida hacia cantones de gran demanda como lo son Guayaquil y Duran. La presencia mayoritaria de alternativas dentro del cantón Daule se debe primordialmente gracias a su posición estratégica en la red vial del territorio provincial, así como a la disponibilidad de áreas con condiciones adecuadas y extensas para la instalación de una infraestructura de gran escala.

En consecuencia, las cinco áreas seleccionadas representan los espacios con mayor idoneidad territorial para la implementación del COE-P, ya que combinan condiciones adecuadas de accesibilidad, seguridad frente a amenazas naturales, disponibilidad de terreno y cumplimiento de restricciones ambientales. Estos resultados evidencian que el uso de Sistemas de Información Geográfica y métodos de análisis multicriterio constituye una herramienta eficaz para apoyar procesos de planificación territorial y toma de decisiones.

Conclusiones

El desarrollo del presente estudio permitió aplicar herramientas de análisis geoespacial para evaluar la idoneidad territorial de diferentes áreas dentro de la provincia del Guayas con el objetivo de determinar posibles ubicaciones para la implementación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial.

La integración de trece variables en el modelo de análisis facilito la identificación, el descarte y la selección de áreas que sobretodo presentan condiciones favorables en términos de

accesibilidad, seguridad territorial y compatibilidad ambiental. Como resultado del análisis se identificaron cinco áreas que cumplen con los criterios establecidos dentro del modelo de evaluación y que cuentan con la superficie mínima requerida para la implementación de infraestructura destinada a la gestión de emergencias.

Los resultados obtenidos mediante el uso de un análisis multicriterio y los Sistemas de Información Geográfica representaron una combinación de herramientas beneficiosas para la planificación territorial y la localización de infraestructura estratégica, además que nos permite representar de forma gráfica las condicionantes usadas, ayudando a entender como actúa el territorio y que condiciones presenta.

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio se plantean una serie de recomendaciones orientadas a fortalecer los procesos de planificación territorial y la gestión de infraestructura estratégica destinada a la atención de emergencias.

Se debería promover la implementación este tipo de análisis de manera más profunda y el uso de herramientas tecnológicas para generar mejores tomas de decisiones. También sería conveniente que en futuros estudios se incluyan variables adicionales, como la disponibilidad de servicios básicos, condiciones del suelo o escenarios de crecimiento urbano, lo que permitiría enriquecer el análisis.

Otra recomendación importante es realizar estudios técnicos más detallados en las zonas seleccionadas, con el fin de evaluar aspectos como la capacidad del suelo y la viabilidad constructiva.

De igual manera, se recomienda que las autoridades locales y provinciales promuevan procesos de planificación territorial que integren la gestión del riesgo como un componente fundamental del desarrollo territorial, garantizando que la localización de infraestructura estratégica responda a criterios técnicos que permitan reducir la vulnerabilidad ante desastres naturales.

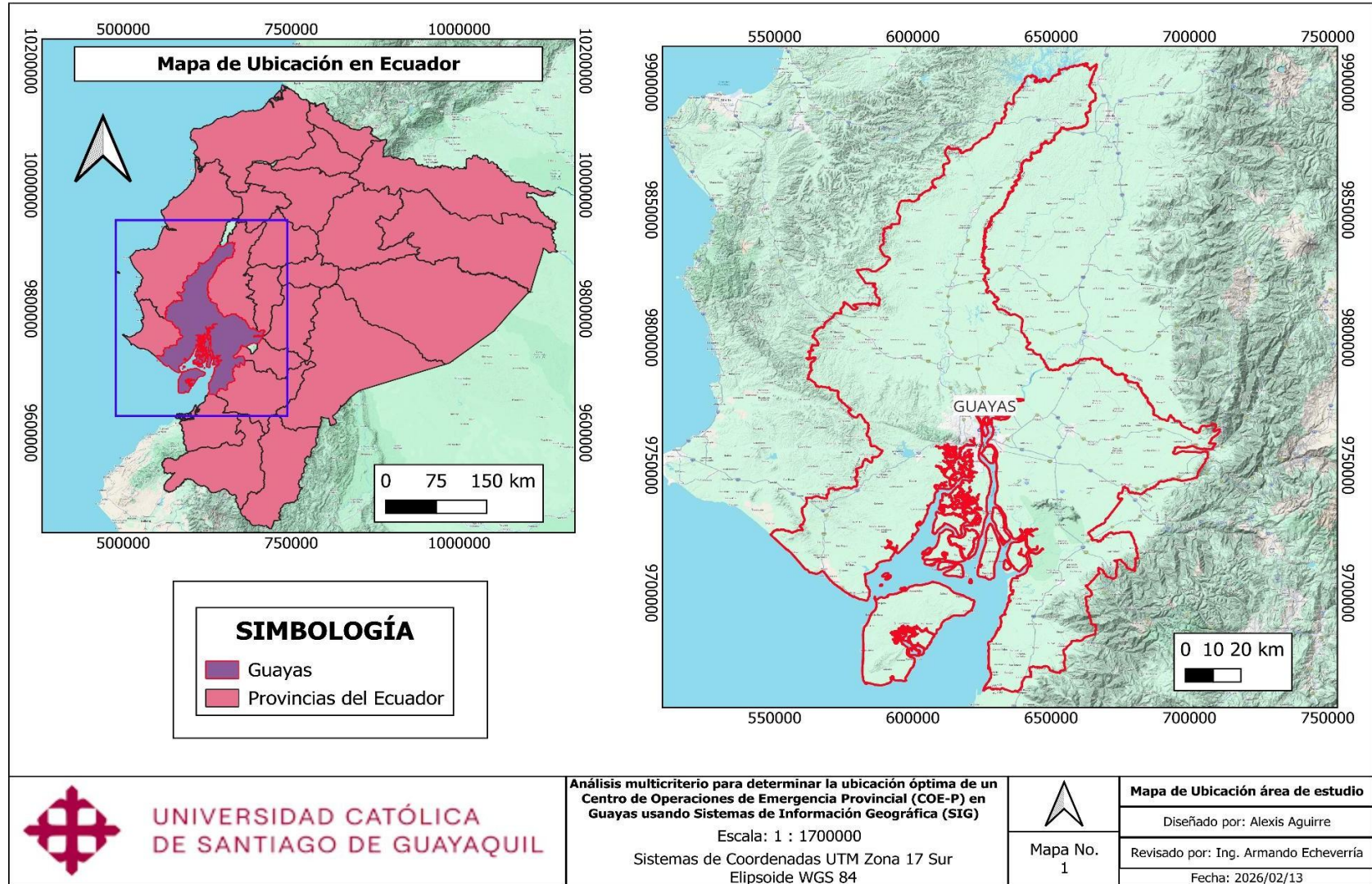
En conclusión, como una recomendación se pretende que los métodos aplicados en el presente trabajo de investigación puedan ser usados como insumo técnico para el desarrollo de futuras investigaciones destinadas a determinar algún aspecto en determinado territorio, ya que fue de gran importancia conocer cómo se puede integrar herramientas para poder llegar a obtener un resultado analizando varios factores al mismo tiempo, generando un cruce de información.

Bibliografía

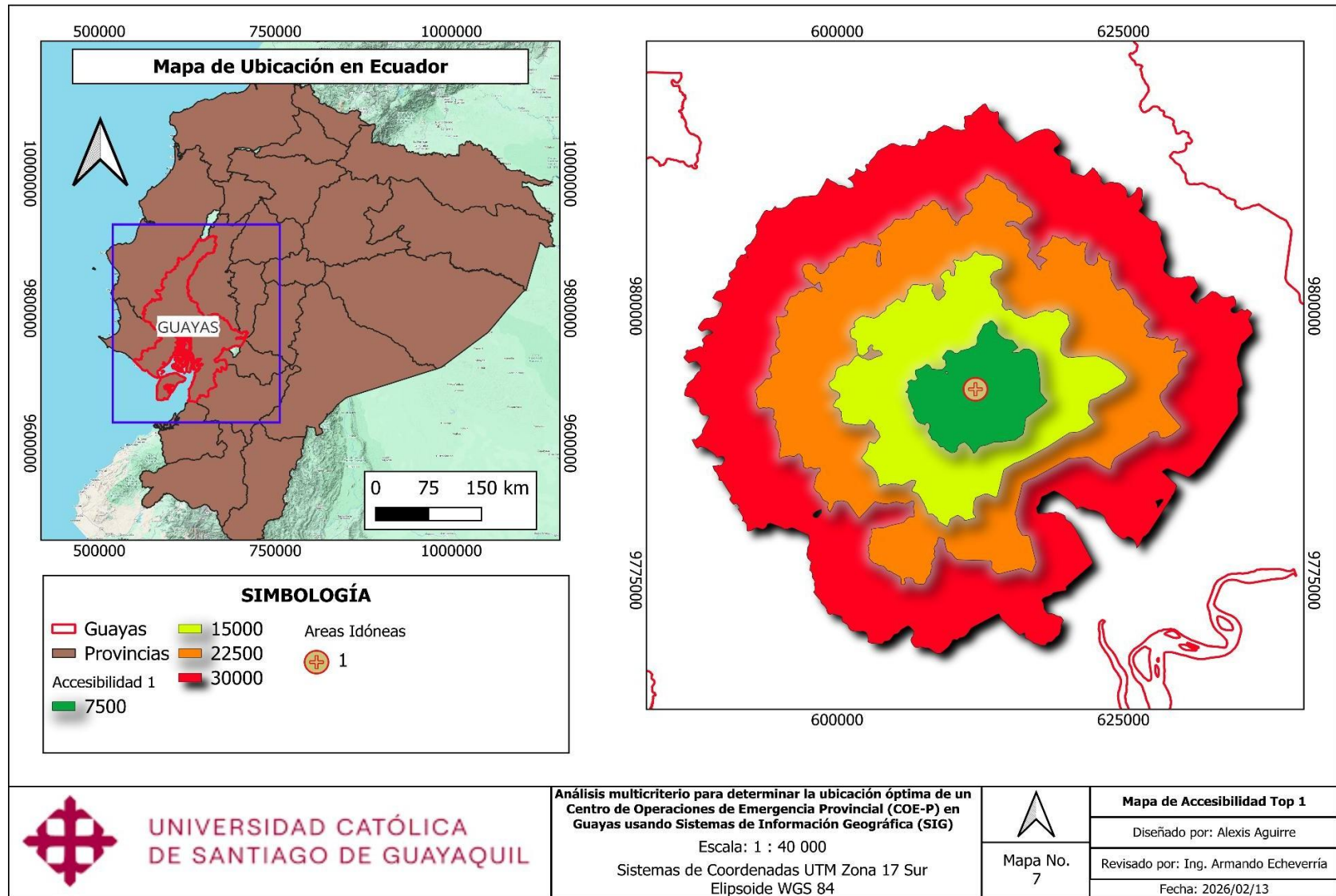
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
- Cardona, O. D. (2005). *Indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgos: Programa para América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Eastman, J. R. (2012). *IDRISI Selva manual*. Clark Labs, Clark University.
- Federal Emergency Management Agency. (2022). *Emergency operations center assessment checklist*. FEMA.
- Forman, R. T. T. (2014). *Urban ecology: Science of cities*. Cambridge University Press.
- Hamad, R., & Sheikh Suleimany, M. (2025). Multi-criteria decision analysis for site selection of critical infrastructure. *Journal of Spatial Decision Support Systems*, 14(2), 45–62.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information systems and science* (4th ed.). Wiley.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703–726.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2019). *Sistema nacional de áreas protegidas del Ecuador*. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2017). *Manual del Comité de Operaciones de Emergencia (COE)*. Gobierno del Ecuador.
- U.S. Department of Defense. (2008). *Unified facilities criteria (UFC): Security engineering facilities planning manual*. Department of Defense.

Anexos

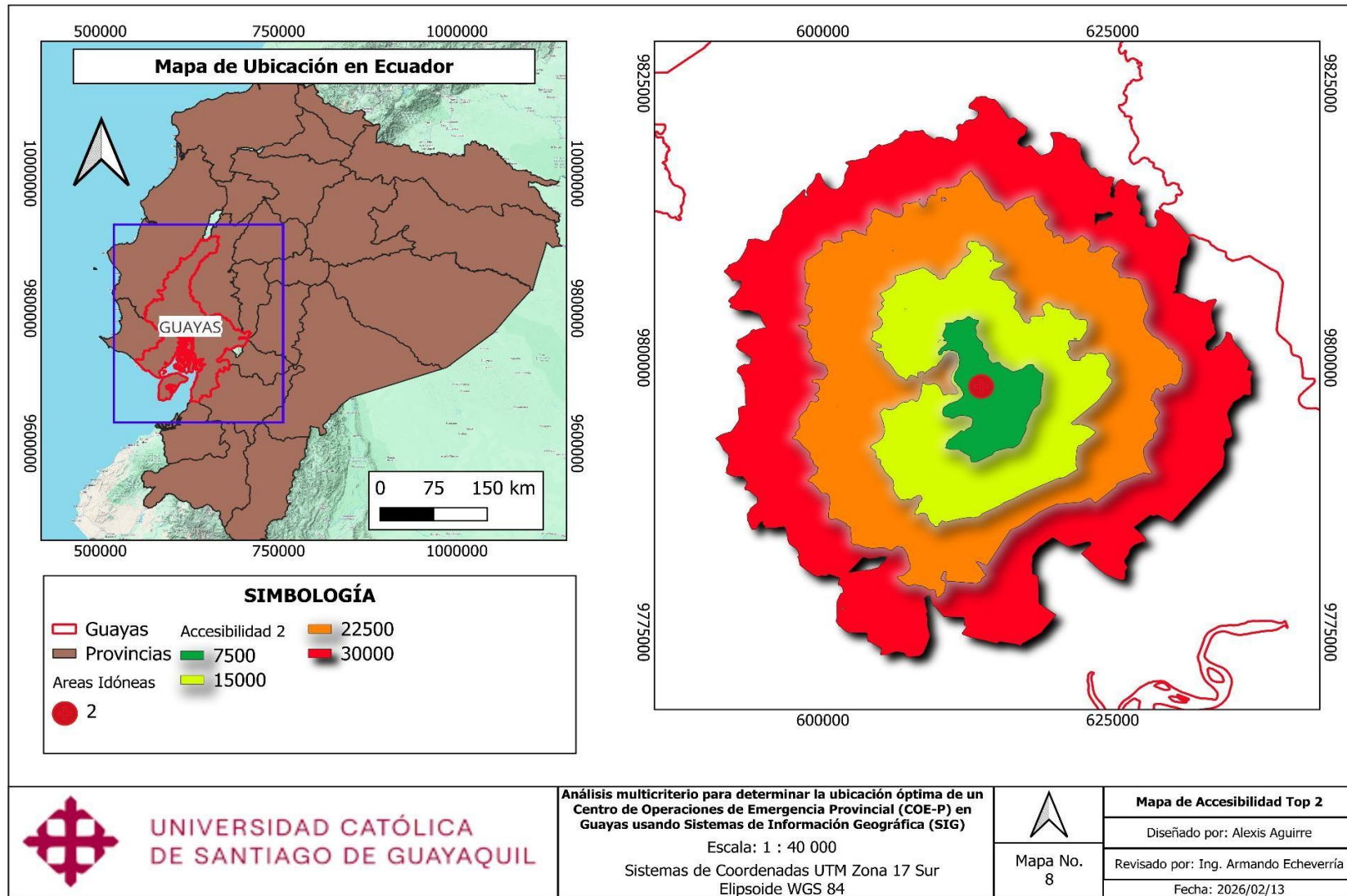
Anexo 1. Mapa general de ubicación del área de estudio.



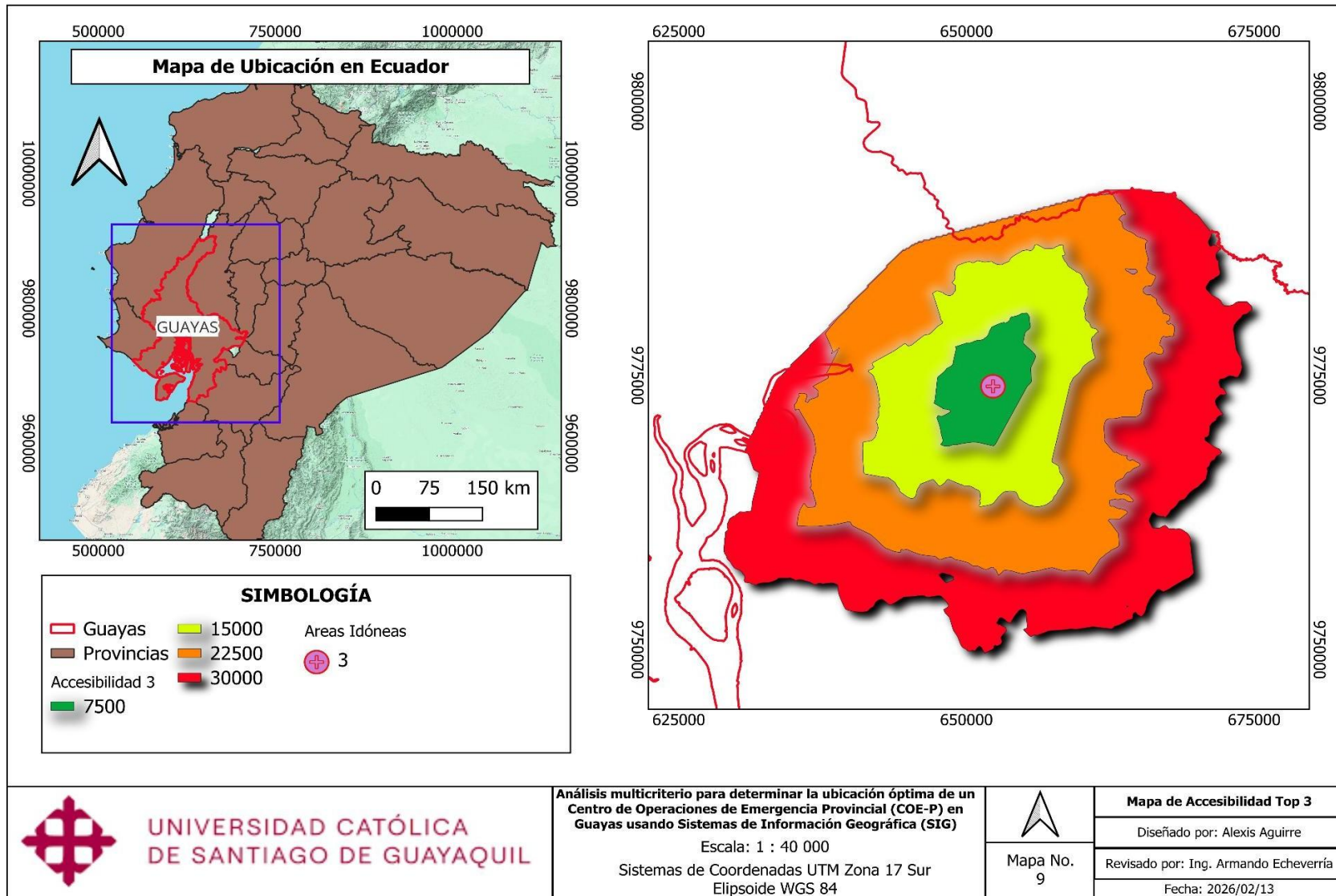
Anexo 2. Mapa de accesibilidad. Área 1



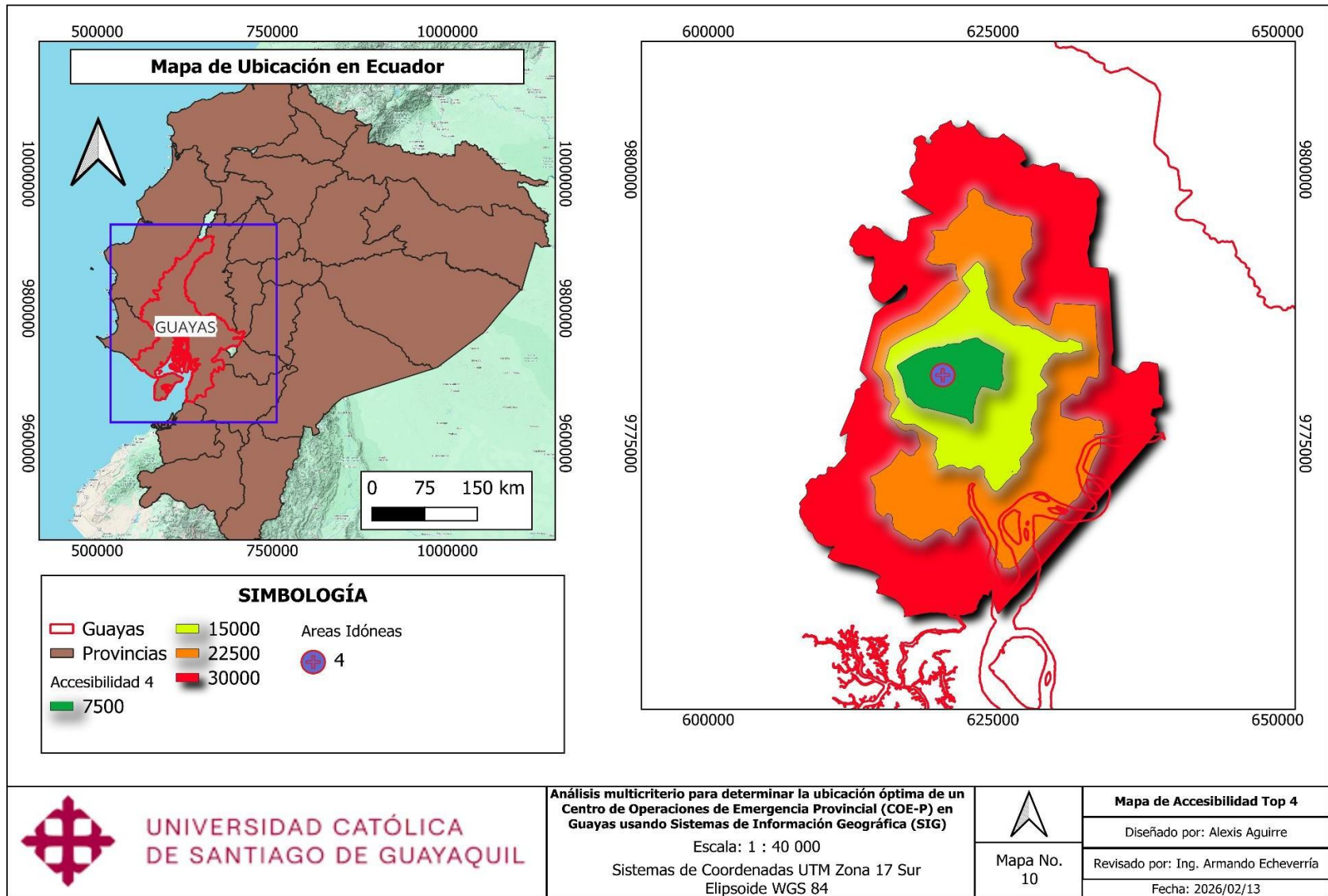
Anexo 3. Mapa de accesibilidad. Área 2



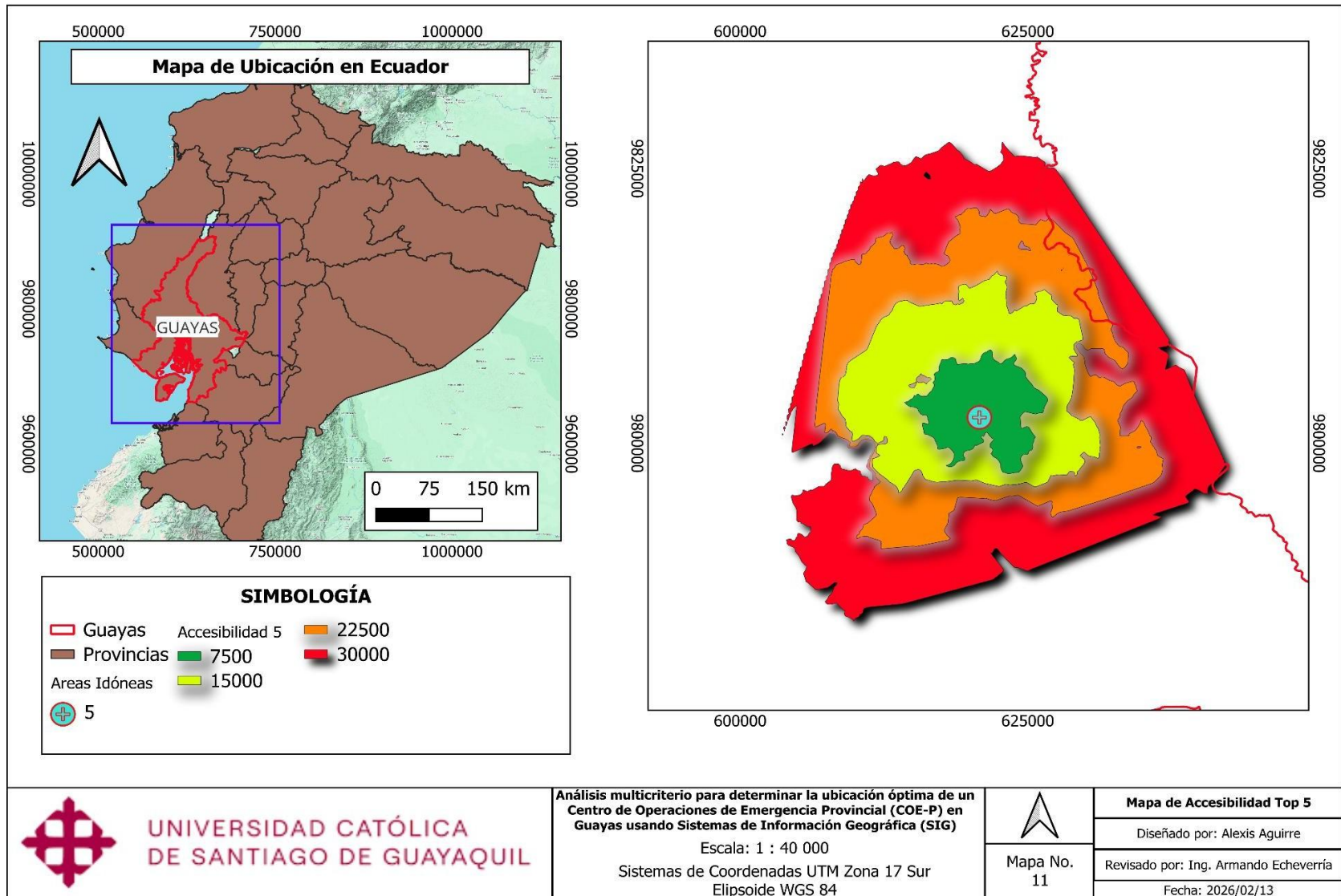
Anexo 4. Mapa de accesibilidad Área 3



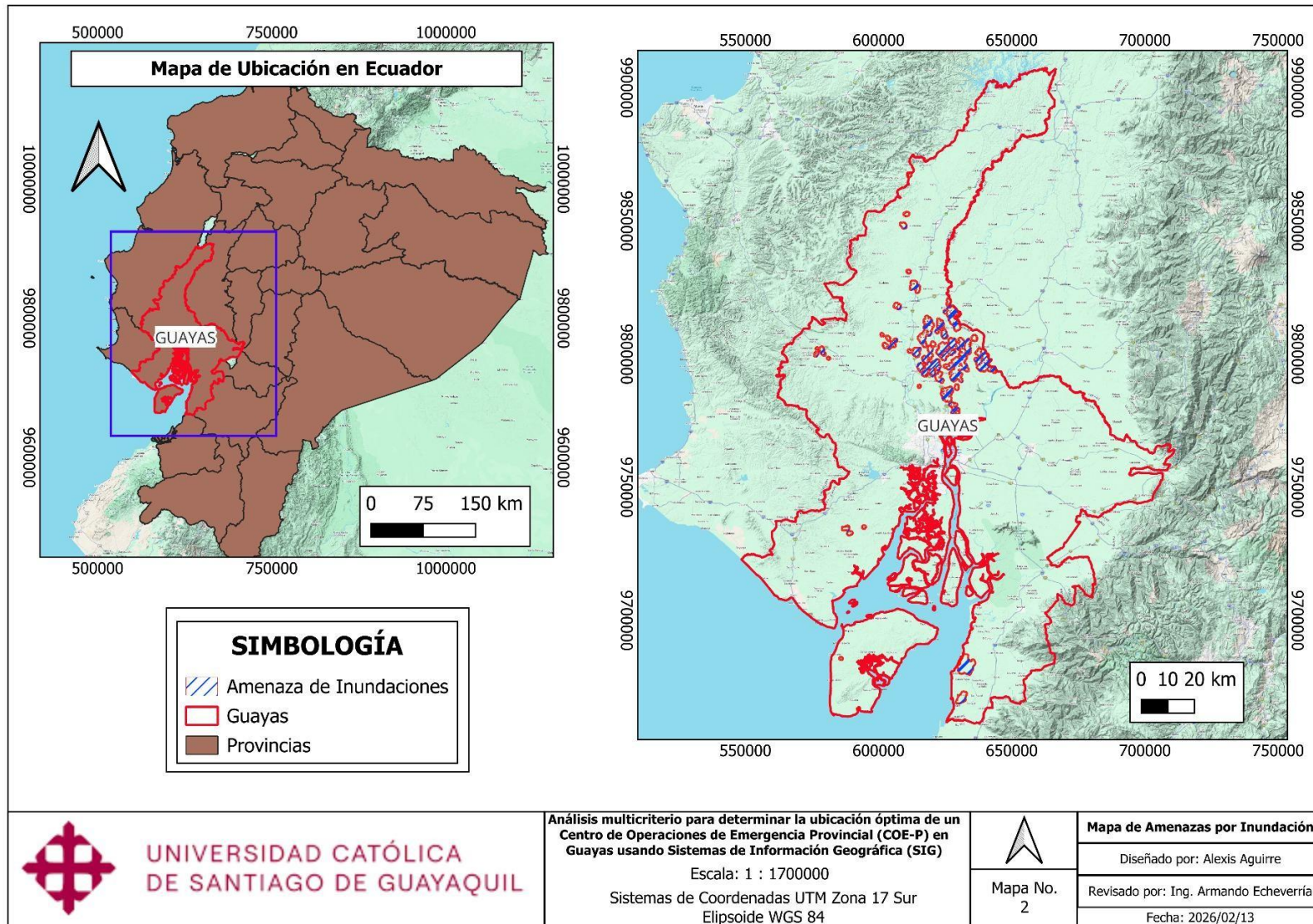
Anexo 5. Mapa de accesibilidad. Área 4



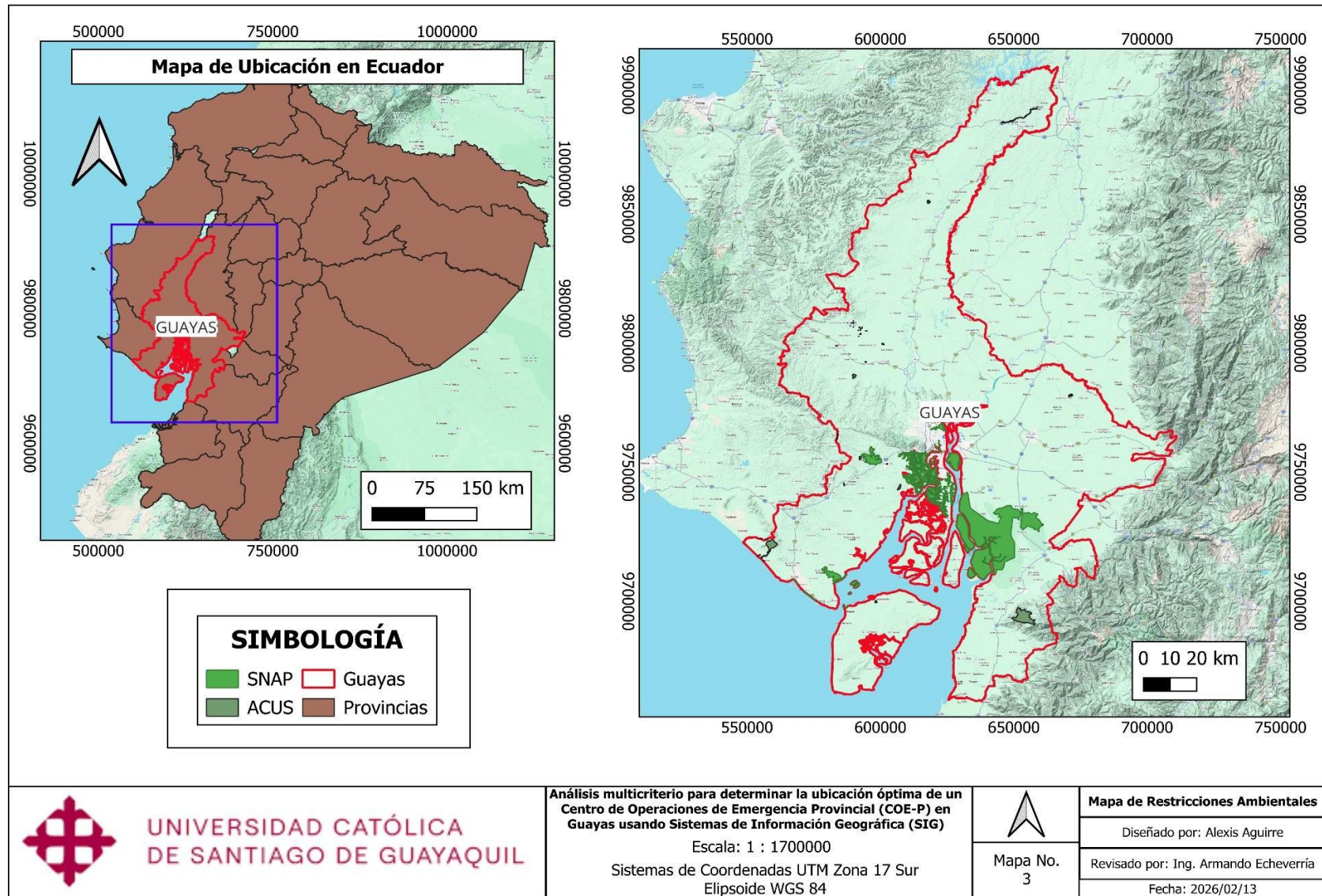
Anexo 6 . Mapa de accesibilidad. Área 6



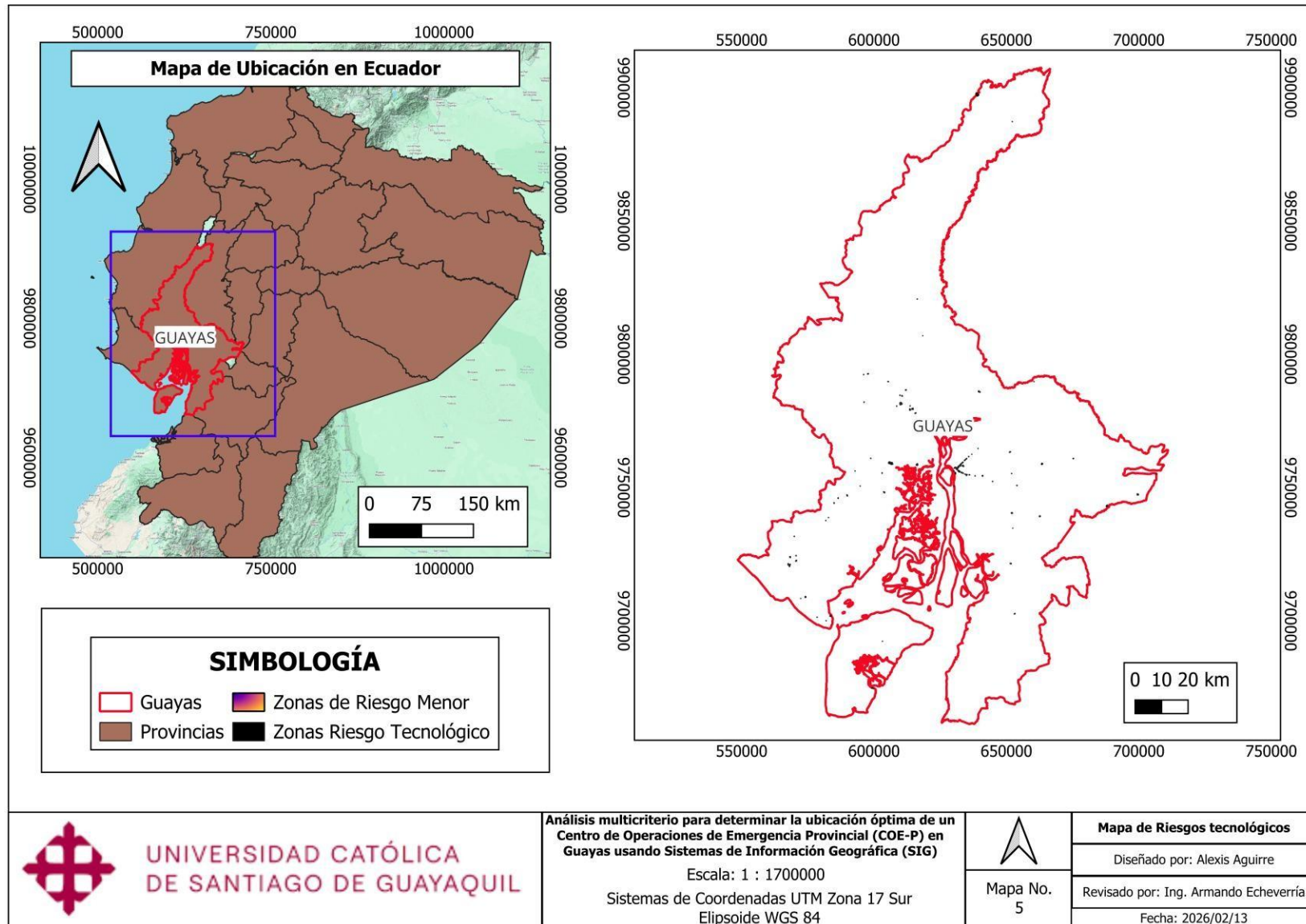
Anexo 7 . Mapa de amenaza de inundación.



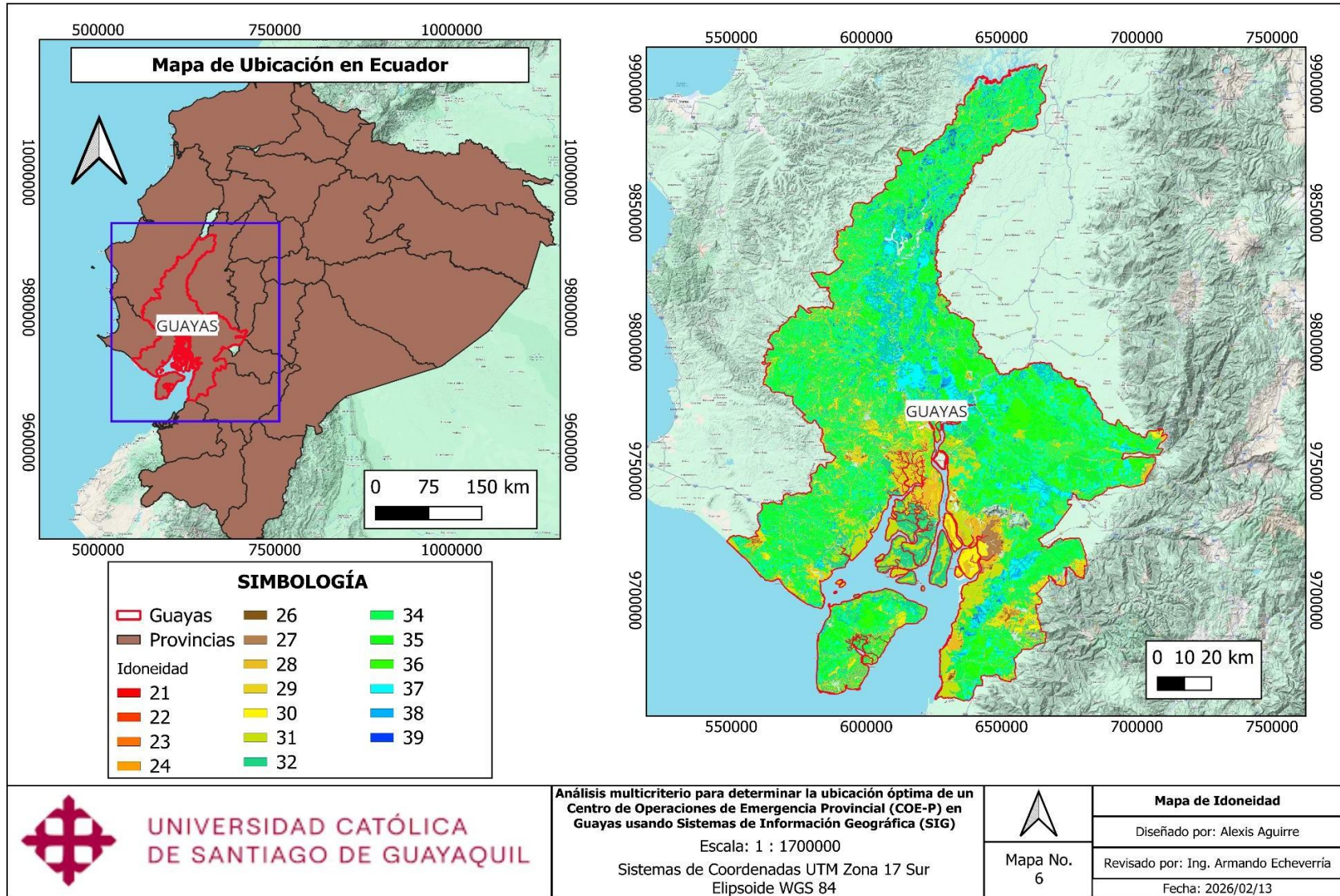
Anexo 8 . Mapa de restricciones ambientales / uso de suelo.



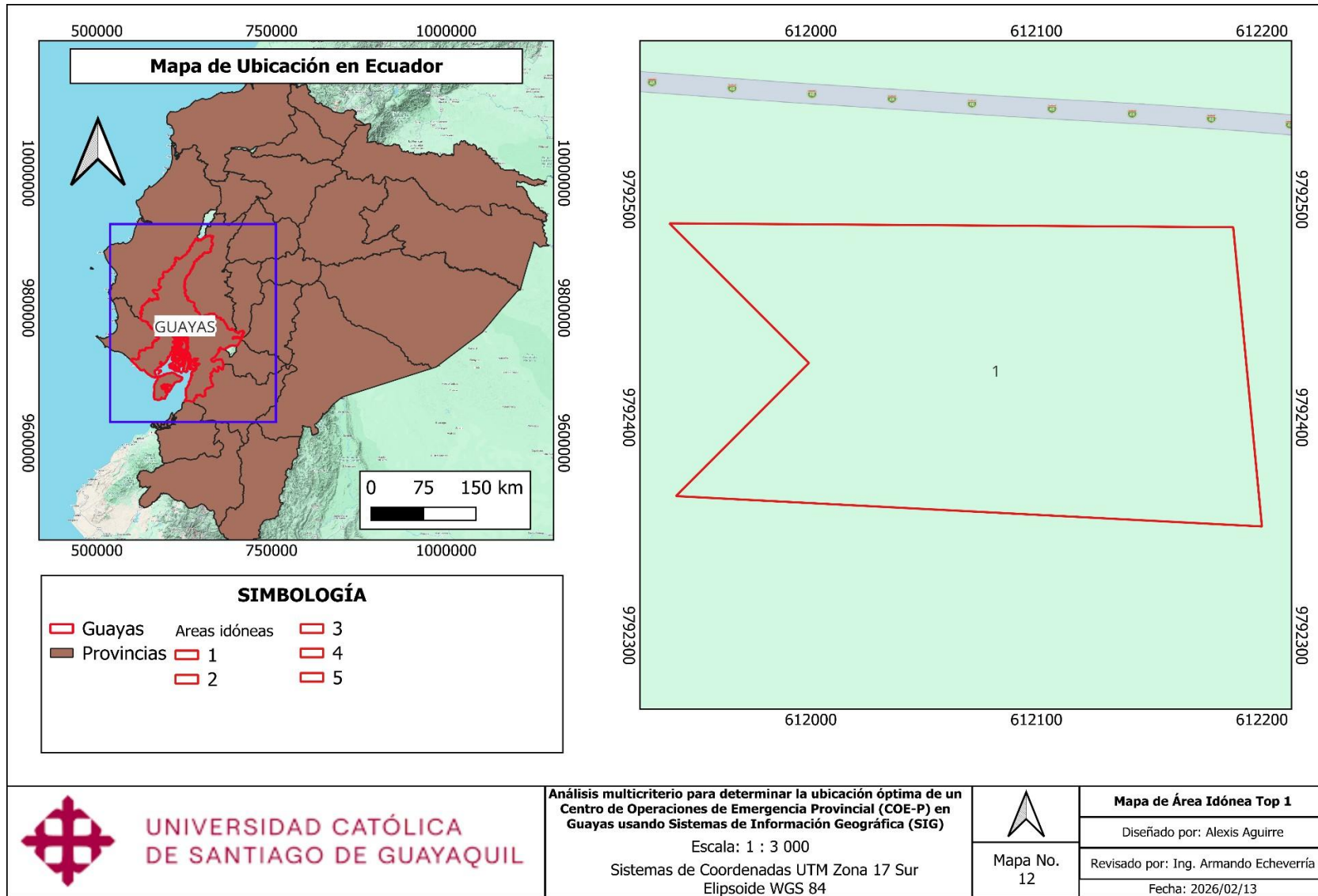
Anexo 9 . Mapa de riesgos tecnológicos y riesgos menores



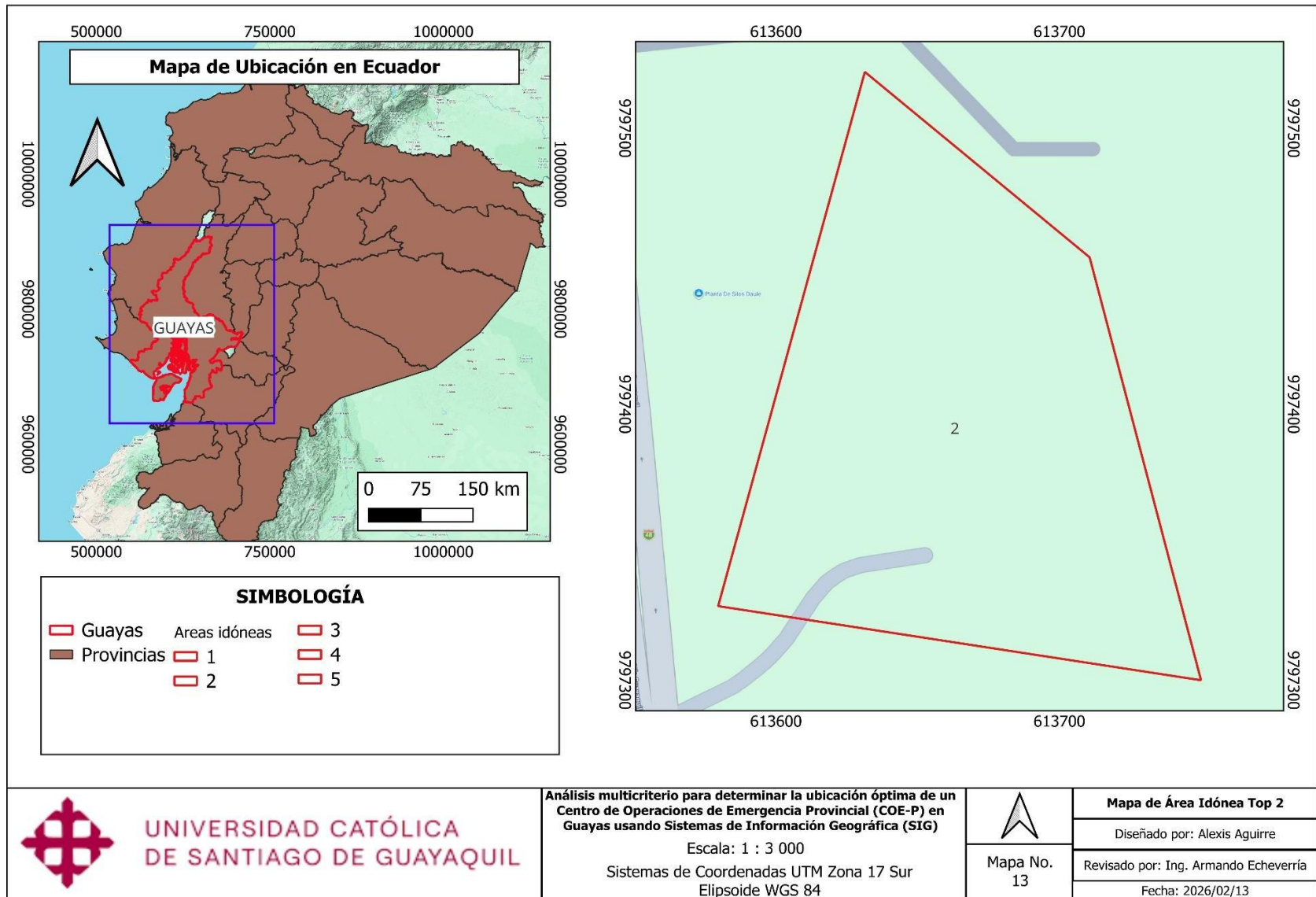
Anexo 10 . Mapa final de idoneidad.



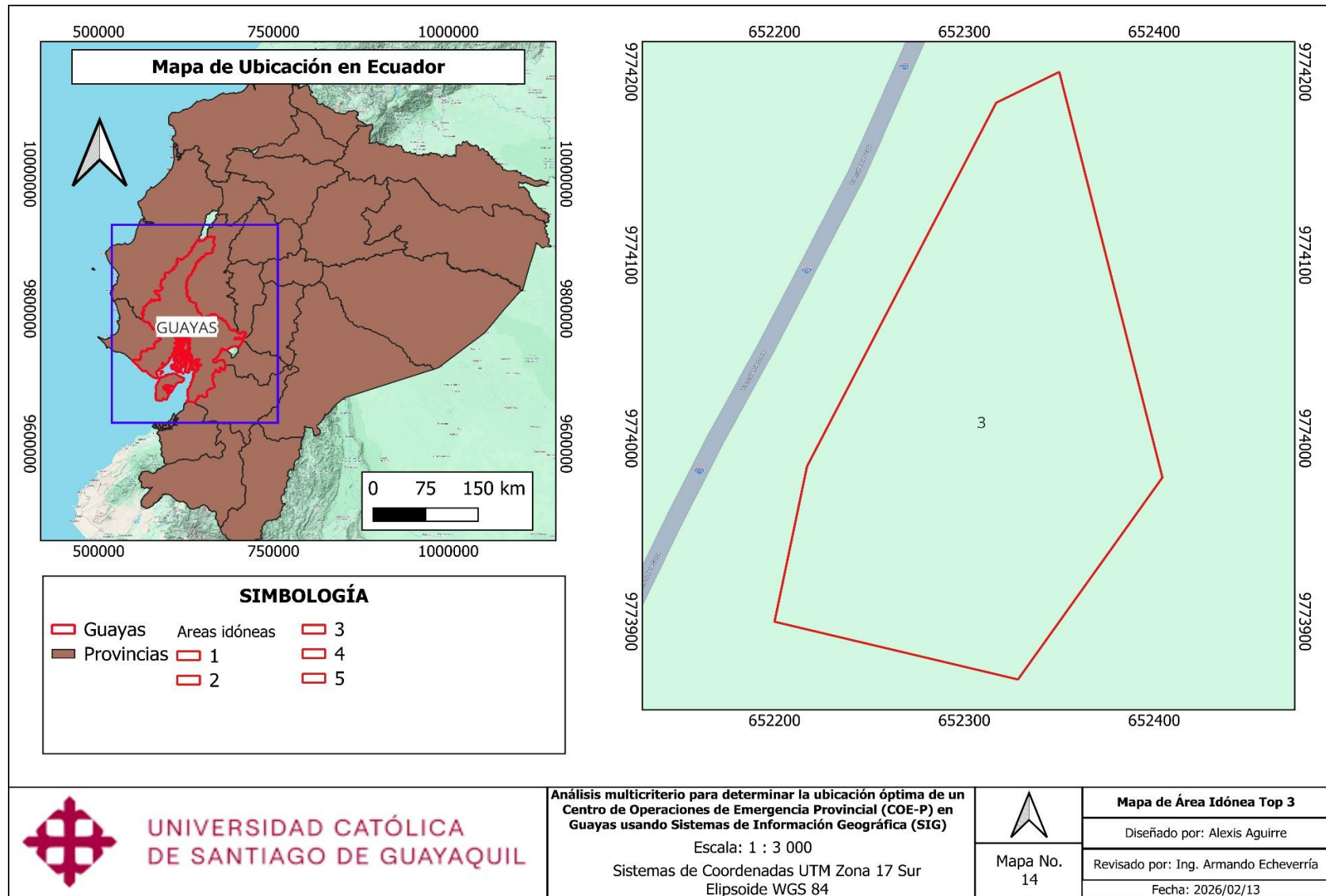
Anexo 11 . Mapa de alternativas Top 1.



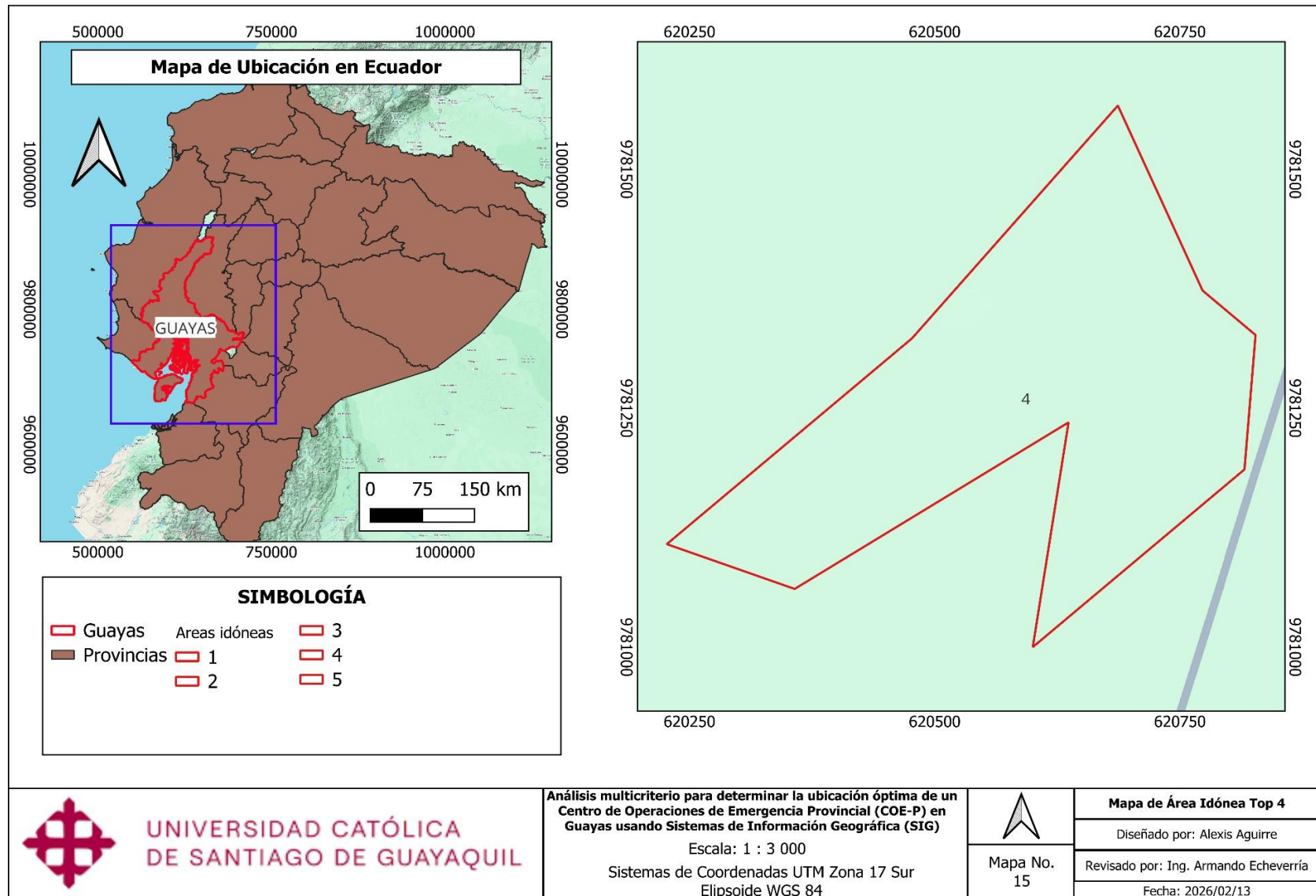
Anexo 12 . Mapa de alternativas Top 2.



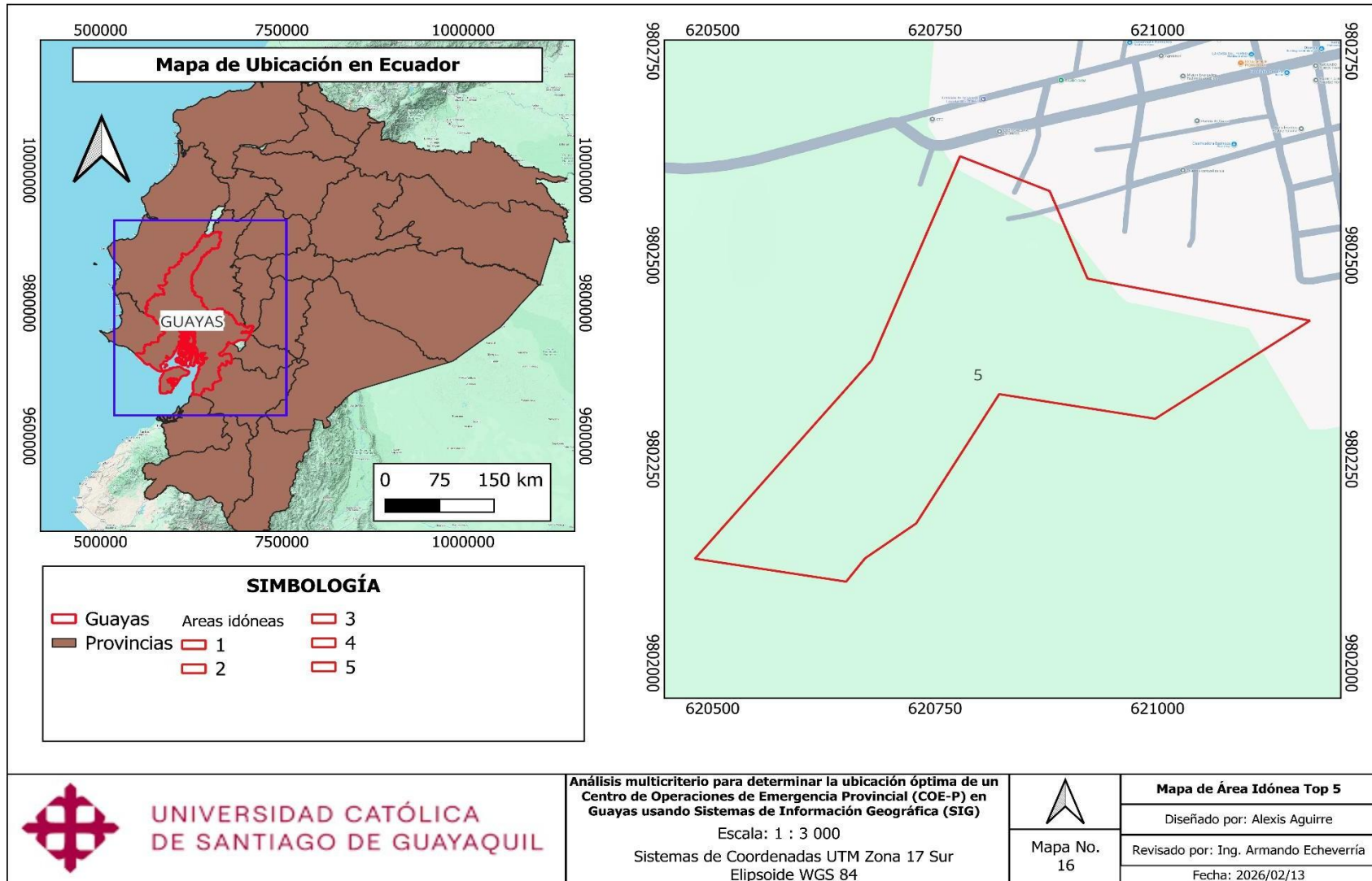
Anexo 13 . Mapa de alternativas Top 3.



Anexo 14 . Mapa de alternativas Top 4.



Anexo 15 . Mapa de alternativas Top 5.





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, Alexis Adrián Aguirre Almeida, con C.C: 1805487129 autor del trabajo de titulación: **Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).** previo a la obtención del grado de **MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 15 de marzo de 2026



Validar Únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ALEXIS ADRIAN
AGUIRRE ALMEIDA

f. _____

Alexis Adrián Aguirre Almeida

C.C: 1805487129



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):	Aguirre Almeida Alexis Adrián	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Echeverría Llumipanta Neptalí Armando	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:	Subsistema de Posgrado	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital	
GRADO OBTENIDO:	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15-03-2026	No. DE PÁGINAS: 54
ÁREAS TEMÁTICAS:	Análisis multicriterio, Sistemas de Información Geográfica	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Gestión de emergencias, análisis espacial, inundaciones	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	El presente trabajo práctico se fundamenta en el análisis mediante SIG y la utilización de un análisis multicriterio para poder definir el lugar adecuado para la implantación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial COE-P, el cual se busca sea implementado en la provincia del Guayas, ya que es susceptible a la presencia de eventos que afecten al territorio y a su población, este tipo de infraestructura es de gran importancia ya que permite generar un accionar rápido y una coordinación eficiente entre instituciones, para brindar soluciones adecuadas y con un buen manejo de los recursos necesarios para atender los eventos adversos que se susciten.	
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 987273915	E-mail: alexis.aguirre@cu.ucsg.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Neptalí Armando Echeverría Llumipanta	
	Teléfono: +593-4-3804600	
	E-mail: neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		