



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

**TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN:  
Localización óptima de un centro logístico regional mediante  
análisis multicriterio y SIG en la provincia del Guayas**

**AUTOR:  
Yunga Márquez, Javier Oswaldo**

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

**Guayaquil, Ecuador  
2025**



**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 **Javier Oswaldo, Yunga Márquez**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital**.

**REVISOR(A)**

---

**Neptalí Armando, Echeverría Llumipanta**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

---

**Neptalí Armando, Echeverría Llumipanta**

**Guayaquil, a los 15 del mes de junio del año 2025**



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

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Javier Oswaldo Yunga Márquez**

**DECLARO QUE:**

El trabajo **“Localización óptima de un centro logístico regional mediante análisis multicriterio y SIG en la provincia del Guayas”** previa a la obtención del **Grado Académico de c**, 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 junio del año 2025**

**EL AUTOR**

---

**Javier Oswaldo Yunga Márquez**



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

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Javier Oswaldo Yunga Márquez**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital** titulado: **“Localización óptima de un centro logístico regional mediante análisis multicriterio y SIG en la provincia del Guayas”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 15 del mes de julio del año 2025**

**EL AUTOR:**

---

**Javier Oswaldo Yunga Márquez**



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

REPORTE COMPILATIO



YungaJ

**< 1%**  
Textos sospechosos

**< 1% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas

**3% Idiomas no reconocidos (ignorado)**

**5% Textos potencialmente generados por IA (ignorado)**

Nombre del documento: Yunga\_J.pdf  
ID del documento: 65e13800e1088ae4817bc23fc4c00ba64ac73b2a  
Tamaño del documento original: 1,69 MB

Depositante: Neptali Amando Echeverria Lumipanta  
Fecha de depósito: 8/8/2025  
Tipo de carga: Interface  
Fecha de fin de análisis: 8/8/2025

Número de palabras: 5225  
Número de caracteres: 35.063

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por haberme brindado la oportunidad de cursar la Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital. Esta casa de estudios ha sido un pilar fundamental en mi formación académica y profesional, permitiéndome fortalecer mis conocimientos y competencias en un campo de creciente relevancia para el desarrollo territorial y tecnológico del país.

De manera especial, extendiendo mi gratitud a todos los docentes que formaron parte del claustro académico de la maestría. Su entrega, conocimiento y compromiso fueron decisivos en mi proceso de aprendizaje. Cada uno de ellos ha dejado una huella valiosa en mi trayectoria y ha contribuido a la construcción de este proyecto, que representa el fruto de una formación rigurosa, multidisciplinaria y de alto nivel.

A todos quienes hicieron posible esta etapa, gracias por su guía y por inspirarme a seguir aportando con responsabilidad y ética profesional al desarrollo de soluciones técnicas para los desafíos de nuestro entorno.

**Javier Oswaldo Yunga Márquez**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con todo mi corazón a mi familia, el motor que impulsa cada uno de mis pasos. A mi esposa Patty, a mi hija Jazmín y a mi hijo José, quienes han sido el sostén incondicional en este camino de esfuerzo, aprendizaje y superación.

Ustedes son y seguirán siendo el pilar fundamental de mi vida, mi fuente de fuerza y mi mayor inspiración. Este logro es tan mío como suyo.

**Javier Oswaldo Yunga Márquez**

## Contenido

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| <b>Problemática.</b> .....                                   | 1  |
| <b>Objetivo general</b> .....                                | 3  |
| <b>Objetivos específicos</b> .....                           | 3  |
| <b>Contexto</b> .....                                        | 3  |
| <b>Metodología.</b> .....                                    | 6  |
| <b>Resultado del análisis espacial y multicriterio</b> ..... | 9  |
| <b>Procesamiento y recalcificación de los raster</b> .....   | 10 |
| <b>Verificación de consistencia.</b> .....                   | 11 |
| <b>Ubicación recomendada y justificación técnica.</b> .....  | 19 |
| <b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....                  | 23 |
| <b>Conclusiones</b> .....                                    | 23 |
| <b>Recomendaciones</b> .....                                 | 24 |
| <b>Bibliografía.</b> .....                                   | 25 |

## Índice de ilustraciones

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Complemento AHP Application en Qgis .....    | 12 |
| Ilustración 2. Matriz calculada en excel.....               | 13 |
| Ilustración 3. Área de estudio.....                         | 14 |
| Ilustración 4. Mapa de Susceptibilidad a inundaciones ..... | 15 |
| Ilustración 5. Mapa de Zonas inundadas. ....                | 16 |
| Ilustración 6. Mapa Red Vial.....                           | 17 |
| Ilustración 7. Mapa de pendientes .....                     | 18 |
| Ilustración 8. Mapa de Cobertura - uso de suelo.....        | 19 |
| Ilustración 9. Distribución de clases .....                 | 20 |
| Ilustración 10. Mapa de resultados AHP.....                 | 21 |
| Ilustración 11. Selección del cantón .....                  | 22 |

## Problemática.

La provincia del Guayas constituye el eje logístico y productivo más dinámico del Ecuador. Su población estimada en 4,39 millones de habitantes concentra la mayor densidad del país, lo que multiplica la demanda sobre la infraestructura de transporte y los servicios logísticos (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023). El parque industrial se expande sin una planificación vial acorde; estudios recientes en cantones representativos, como Colimes, muestran incrementos significativos en tiempos de viaje y en siniestralidad derivados de la sobrecarga y de la señalización deficiente (Loza Arias & Abad Quito, 2024).

A esta presión se superponen riesgos hidrometeorológicos cada vez más frecuentes. Entre octubre de 2023 y marzo de 2024, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos registró 233 inundaciones y 32 colapsos estructurales en Guayas, obligando a activar repetidamente el COE provincial (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2024). Estos eventos interrumpen la cadena de suministro, aumentan las primas de seguro y reducen la resiliencia operativa de los actores logísticos.

La volatilidad en los volúmenes portuarios subraya la necesidad de diversificar la red. Aunque los puertos de Guayaquil y Posorja canalizaron cerca del 70 % de las exportaciones nacionales en 2023, la reestructuración de rutas navieras redujo a 350 000 TEU el movimiento anual de Contecon un año después (El Universo, 2025). Ante estas oscilaciones, la creación de un **Centro Logístico Regional (CLR)** surge como estrategia para descongestionar el cinturón vial de Guayaquil, estabilizar los costos de última milla y absorber picos de demanda portuaria. La iniciativa se alinea con la hoja de ruta 2024-2025 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, que promueve estándares de *smart logistics* mediante cooperación internacional (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2025).

Para definir la ubicación definitiva del Centro Logístico Regional (CLR), se realizó un diagnóstico técnico que permitió identificar cinco criterios fundamentales que toda zona candidata debía cumplir para asegurar tanto su funcionamiento eficiente como su sostenibilidad en el tiempo.

**Primero**, es la accesibilidad. La ubicación debe estar estratégicamente cerca de los principales corredores viales del país, lo que facilitará la conexión rápida con puertos, aeropuertos y áreas comerciales internas. Esto garantiza una distribución ágil de bienes y servicios. **Segundo**, se evalúa la disponibilidad y aptitud del terreno. Es indispensable que la superficie disponible sea continua, adecuada en extensión, y que su uso actual sea compatible con las disposiciones de ordenamiento territorial, evitando así retrasos derivados de trámites legales o conflictos normativos. **Tercero**, el riesgo ante amenazas naturales. Se consideraron mapas de riesgos como inundaciones, licuefacción del suelo o deslizamientos. Solo se contemplaron áreas con un índice de amenaza igual o menor a 0.3, buscando proteger la operación logística frente a eventos extremos relacionados con el clima.

El **cuarto** criterio es la morfología del terreno. El análisis del Modelo Digital de Elevación reveló que las zonas más favorables se encuentran entre los 6 y 20 metros sobre el nivel del mar, con pendientes menores al 2 %. Estas características facilitan la construcción y disminuyen la necesidad de realizar movimientos de tierra a gran escala. Por **último**, mediante el uso de imágenes satelitales de alta resolución se identificaron elementos como cuerpos de agua, construcciones no registradas y usos del suelo incompatibles. Este análisis complementario ofreció una visión actualizada del entorno, permitiendo descartar áreas que podrían presentar inconvenientes no visibles en la cartografía tradicional.

## **Objetivo general**

Identificar la ubicación adecuada para un Centro Logístico Regional (CLR) en la provincia del Guayas, a través del uso de herramientas de análisis espacial y evaluación multicriterio integradas en un entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permitan sustentar la decisión desde una perspectiva técnica, territorial y operativa.

## **Objetivos específicos**

- Aplicar técnicas de análisis espacial mediante QGIS.
- Integrar datos topográficos automatizados y fotogramétricos digitales para el análisis.
- Realizar una evaluación multicriterio para definir la ubicación óptima.
- Generar mapas técnicos que representen la solución propuesta.

## **Contexto**

El uso de análisis multicriterio en entornos SIG se ha consolidado como el enfoque metodológico más utilizado para determinar la ubicación de infraestructuras con altos niveles de complejidad, pues permite fusionar datos espaciales heterogéneos con juicios de los expertos (Malczewski & Rinner, 2015). Dentro de este paraguas existen varias familias de modelos, cada una con fortalezas y limitaciones que conviene contrastar antes de decidir su adopción en el presente estudio.

La primera familia la constituyen los métodos jerárquicos de ponderación, encabezados por el Analytic Hierarchy Process (AHP) y su extensión Analytic Network Process (ANP). AHP descompone el problema en distintos niveles jerárquicos y utiliza comparaciones por pares entre los elementos para obtener los valores de prioridad correspondientes, proporcionando un índice de coherencia que facilita la verificación de los juicios (Saaty, 1980). La principal ventaja es su transparencia y trazabilidad: la lógica de decisión puede explicarse

con facilidad a autoridades y actores privados, y se implementa sin esfuerzo adicional en QGIS mediante complementos como MCDA o SAGA Spatial Multi-criteria Evaluation (Malczewski, 1999). Su limitación radica en asumir independencia entre criterios; cuando existen retroalimentaciones evidentes, el ANP ofrece una alternativa, aunque a costa de aumentar la complejidad y la carga de datos (Ho et al., 2012).

Una segunda familia corresponde a los métodos de concordancia u “outranking” (ELECTRE, PROMETHEE). Estos algoritmos establecen relaciones de dominancia parcial entre alternativas sin exigir normalizar todas las variables en la misma escala, rasgo que los hace robustos frente a indicadores cualitativos (Govindan & Jepsen, 2016). Sin embargo, su lógica es menos intuitiva para usuarios no familiarizados con la teoría de decisión y el número de parámetros (umbrales de veto, concordancia y discordancia) crece rápidamente, dificultando la divulgación de resultados en procesos participativos (Behzadian et al., 2010).

Los métodos de aproximación de la solución ideal (TOPSIS, VIKOR) constituyen una tercera línea. Su aplicación es directa cuando todos los atributos son cuantitativos: las alternativas se ranquean según su distancia euclídea al escenario “ideal” y al “antideal” (Chen, 2012). No obstante, estudios comparativos advierten que el ranking final puede alterarse con facilidad ante pequeñas variaciones de las ponderaciones, lo que obliga a ejecutar extensos análisis de sensibilidad (Li et al., 2022).

Por último, los enfoques difusos y meta-heurísticos (Fuzzy-AHP, algoritmos genéticos, redes neuronales) permiten modelar incertidumbre y explorar espacios de solución amplios (Kahraman & Kaya, 2019). Su adopción requiere definir funciones de pertenencia o parámetros evolutivos cuyo ajuste demanda expertise estadístico y potencia de cómputo, recursos que rebasan el alcance temporal y presupuestario del presente caso práctico.

Una revisión crítica de las familias de análisis multicriterio confirma que la combinación Analytic Hierarchy Process (AHP) con Weighted Linear Combination (WLC) ofrece el equilibrio más sólido entre rigor técnico, claridad comunicativa y viabilidad operativa para ubicar el Centro Logístico Regional. La estructura jerárquica del problema—accesibilidad, aptitud del suelo, riesgo natural, morfología del terreno y verificación por teledetección—encaja con la lógica del AHP, que traduce las comparaciones pareadas de expertos en coeficientes de prioridad verificables mediante el índice de consistencia (Saaty, 1980). Frente a algoritmos “outranking” como ELECTRE o PROMETHEE, cuyos parámetros de veto y discordancia resultan opacos para los decisores, AHP mantiene la transparencia imprescindible para legitimar el proceso (Behzadian et al., 2010; Malczewski & Rinner, 2015). Si bien métodos ideal-point como TOPSIS o VIKOR son útiles cuando todas las variables son cuantitativas, su sensibilidad a pequeñas variaciones de peso y la necesidad de normalización externa complican el flujo de trabajo y aumentan la carga de validación (Chen, 2012). Enfoques difusos o meta-heurísticos (p. ej., Fuzzy-AHP o algoritmos genéticos) requieren calibraciones intensivas y potencia de cómputo que exceden los márgenes temporales y presupuestarios de este caso (Kahraman & Kaya, 2019).

Este enfoque acorta drásticamente los tiempos de procesamiento al eliminar la dependencia de software propietario, garantiza trazabilidad —los archivos de proyecto y los modelos de QGIS almacenan todas las reglas y ponderaciones— y facilita la capacitación de técnicos locales gracias a la extensa documentación y comunidad de usuarios. Asimismo, la salida raster de la WLC permite sobreponer límites administrativos, infraestructuras y zonas de exclusión para definir polígonos candidatos, mientras que la función Raster-layer statistics brinda métricas objetivas para comparar la robustez de los resultados ante variaciones de  $\pm 10\%$  en los pesos asignados (Eastman, 1999). La adaptabilidad del modelo favorece su actualización con nuevos datos—por ejemplo, un MDE de mayor resolución o cartografía de riesgos refinada—sin rediseñar la arquitectura

conceptual (Feng et al., 2023). En suma, la elección de AHP + WLC implementada en QGIS maximiza la transparencia y la reproducibilidad, al tiempo que asegura un retorno rápido y confiable de la información crítica para la toma de decisiones sobre la ubicación del Centro Logístico Regional.

## Metodología

La selección de un sitio para la implantación de un Centro Logístico Regional (CLR) implica articular variables de riesgo, accesibilidad, normativas y condicionantes físicos. Entre los métodos de decisión multicriterio, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) sobresale porque estructura el problema en niveles jerárquicos y traduce juicios cualitativos en valores cuantificables, manteniendo trazabilidad mediante el índice de consistencia (CR) (Saaty, 1980; Ishizaka & Labib, 2011). Este atributo de transparencia resulta esencial cuando las conclusiones deben ser defendidas ante financiadores y autoridades de planificación territorial.

Los datos espaciales se recopilaron a una resolución homogénea de 30 × 30 m y se reproyectaron al sistema EPSG:32717 (UTM 17S). La homogeneidad de celda evita errores de alineamiento que suelen arrastrarse cuando se mezclan resoluciones distintas (Malczewski, 2006). Cada capa **susceptibilidad a inundación, historial de inundaciones, cobertura / uso de suelo, distancia a vías primarias y pendiente**, se reclasificó a un rango ordinal 0–3 para reducir la varianza entre criterios y, al mismo tiempo, conservar la direccionalidad «**más es mejor**» necesaria para la combinación lineal ponderada (Malczewski, 1999). Los umbrales se derivaron de percentiles, normativa técnica y consultas a especialistas.

La decisión de emplear esos cinco criterios obedece al objetivo de garantizar que el Centro Logístico Regional (CLR), combine seguridad operativa y eficiencia en la cadena de suministro. La susceptibilidad a inundación anticipa escenarios

futuros de anegación basados en modelos hidrológico-geomorfológicos; controlar este factor evita interrupciones críticas en la distribución (Jiménez & Sandoval, 2021). Complementariamente, la capa de inundaciones históricas aporta evidencia empírica de eventos pasados, reduciendo el riesgo de subestimar zonas vulnerables (Mas et al., 2020). La cobertura/uso de suelo determina la viabilidad jurídica y económica de cambiar, por ejemplo, un área agrícola a uso industrial, asunto que puede duplicar el tiempo de tramitación de licencias si no se considera con antelación (FAO, 2021). La distancia a vías primarias refleja costos de transporte y tiempo de llegada al mercado, variables críticas para la competitividad de un CLR (Litman, 2022). Por último, la pendiente incide directamente en los costos de movimiento de tierras y las condiciones de seguridad durante la construcción y operación (Sánchez et al., 2019). Estos criterios, en conjunto, capturan la ecuación riesgo-costo-acceso que guía la localización logística.

Una vez normalizados los rásteres, se cargaron en la pestaña **Criteria Definition** de **AHP-Application**. El complemento obliga a que cada clase de idoneidad tenga un rango abierto ( $\text{Min} < \text{Max}$ ); por ello los intervalos se definieron como [0–1), [1–2), [2–3) y [3–4). Esta precaución evita el error de “*rango nulo*” y asegura que el algoritmo asigne correctamente las etiquetas N, S3, S2 y S1.

Tabla 1. Matriz de Comparación pareada, Creada por el Autor

| Fila \ Columna | Susc. Inund. | Z. Inundada | Uso Suelo | Dist. Vía | Pendiente |
|----------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Susc. Inund.   | <b>1</b>     | 3           | 5         | 4         | 4         |
| Z. Inundada    | 1/3          | <b>1</b>    | 4         | 3         | 3         |
| Uso Suelo      | 1/5          | 1/4         | <b>1</b>  | 1/4       | 1/3       |
| Dist. Vía      | 1/4          | 1/3         | 4         | <b>1</b>  | 2         |
| Pendiente      | 1/4          | 1/3         | 3         | 1/2       | <b>1</b>  |

La construcción de la matriz de comparaciones pareadas requirió traducir la lógica de los expertos a la escala 1–9 de Saaty. Al comparar susceptibilidad a inundación con zonas inundadas se otorgó un valor 3, juzgándose que el riesgo modelado es ligeramente más influyente que la evidencia histórica, pues anticipa cambios en patrones de lluvia. Frente a cobertura de suelo, la susceptibilidad recibió un 5 porque una zona segura pero ambientalmente protegida aún permite alternativas regulatorias, mientras que un área susceptible compromete la integridad del CLR sin solución técnica viable de bajo costo.

Al contraponerla con distancia a vías se asignó 4, suponiendo que la empresa podría soportar un trayecto ligeramente más largo si con ello evita daños por inundación. Un valor 4 también se aplicó contra pendiente, priorizando la seguridad hídrica sobre los costos de nivelación de terreno. Para el par zonas inundadas y distancia a vías se eligió 3, pues la huella histórica es considerada “fuerte” pero no dominante respecto al acceso diario de transporte. El cruce cobertura y distancia a vías recibió un  $\frac{1}{4}$  (equivalente a 4 en sentido inverso), reconociendo que la logística pesa más que la facilidad de reclasificación de suelo. La relación pendiente y distancia a vías se estableció en  $\frac{1}{2}$ , asumiendo que un incremento moderado en pendiente puede resolverse con ingeniería, mientras que alejarse de la red vial genera costos operativos permanentes.

Una vez completada la mitad superior de la matriz, el complemento generó los recíprocos automáticos y calculó el autovalor máximo ( $\lambda_{\max}$ ) y el vector propio asociado. Con  $n = 5$  criterios, el índice de consistencia (CI) sigue la fórmula

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{Ecuación 1. Índice de consistencia}$$

$$Rci = \frac{1,98 * (n - 2)}{n} \quad \text{Ecuación 2. Índice Aleatorio}$$

$$CR = Ci/Rci \quad \text{Ecuación 3. Ratio de consistencia}$$

La combinación de una escala ordinal corta, una matriz de comparaciones debidamente justificada y la verificación del índice de consistencia proporciona un marco sólido para la localización de un CLR.

## Resultado del análisis espacial y multicriterio.

Los datos de partida provinieron íntegramente del repositorio digital del Instituto Geográfico Militar (IGM, 2024), un servicio público que pone a disposición de la comunidad académica archivos cartográficos sin costo y con licencias de libre distribución. Esa gratuidad resulta clave porque asegura la trazabilidad y, sobre todo, la posibilidad de que futuros investigadores repliquen el modelo sin enfrentar barreras de pago ni restricciones de uso. Entre los conjuntos descargados hubo capas vectoriales en formato SHP, como la red de vías troncales y el inventario de cobertura/uso del suelo, además de productos ya nativos en ráster, por ejemplo, el modelo de elevación digital (DEM) y la cartografía básica de pendientes.

Para aplicar el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) fue necesario “llevar todo al mismo idioma”, así que las capas vectoriales se rasterizaron. Se optó por adoptar la resolución del DEM de  $30 \times 30$  m, porque era la más fina disponible y, por ende, evitaba perder detalle al comparar píxel contra píxel. Conviene señalar que un tamaño de celda de 30 m equivale, grosso modo, a la escala cartográfica 1:100000; la conversión se obtiene de la relación estándar donde la dimensión mínima legible en papel son 0,28 mm (García et al., 2021). Con esa referencia, la rejilla común heredó tanto la precisión altimétrica como la cobertura territorial completa del país.

El paso siguiente fue alinear todas las mallas. Se usó la herramienta “*Align Raster*” de QGIS para que cada píxel coincidiera exactamente con su homólogo en las demás capas; un descuadre en de medio píxel hubiera introducido errores al multiplicar los pesos del AHP (Malczewski, 1999). Finalizado el alineamiento, la base de datos espacial quedó lista: cinco rásteres, misma extensión, misma

resolución y un sistema de referencia único (UTM 17 S). Sólo entonces se procedió a la reclasificación y a la ponderación multicriterio

### **Procesamiento y recalcificación de los raster**

Reclasificar fue, en esencia, el paso que “normalizó” la conversación entre capas que originalmente no se entendían. Un índice de susceptibilidad habla de probabilidades, la distancia se expresa en metros y el uso de suelo emplea etiquetas alfanuméricas; si esos números se mezclan sin ajuste, el criterio con la escala más grande domina el resultado y se distorsiona la selección (Malczewski,1999). Por esa razón se utilizó la herramienta Reclassify by Table de QGIS, que permite asignar nuevos valores a cada rango de forma explícita y reproducible.

Para la susceptibilidad a inundaciones se decidió que los valores que el modelo hidrológico catalogaba como “alta” o “muy alta” se convirtieran en 0, porque son zonas que, por sentido común, conviene descartar de inmediato; la clase “media” pasó a 1, “baja” a 2 y “muy baja” a 3, conservando la lógica de “mayor número, mayor idoneidad”. Las inundaciones históricas se simplificaron en tres niveles: áreas permanentemente anegadas quedaron en 0, las que se inundan de forma temporal adoptaron 2, y las “propensas” pero sin registro reciente se asignaron a 3; de este modo se evita sobre penalizar zonas que solo necesitan obras de drenaje menores (Mas et al., 2020).

La capa de cobertura-uso de suelo se concentró en lo esencial para un centro logístico: cuerpos de agua y bosque pasaron a 1, suelos descubiertos y pastizales a 2, y la infraestructura ya consolidada a 3 porque reduce costos de urbanización (FAO, 2021). En cuanto a la distancia a vías principales, se establecieron cuatro franjas concéntricas: de 4 000 a 8 000 m se etiquetó como 0, de 2 000 a 4 000 m

como 1, de 1 000 a 2 000 m como 2, y de 0 a 1 000 m como 3; esta gradación refleja el incremento casi exponencial del costo-kilómetro en el transporte de carga (Litman, 2022). Por último, la pendiente heredada del DEM se reclasificó en tramos de 15°: laderas entre 45° y 60° recibieron 0 porque exigen movimientos de tierra prohibitivos, pendientes de 30° a 45° un 1, de 15° a 30° un 2, y las suaves de 0° a 15° un 3, coherente con manuales de diseño de explanadas logísticas (Sánchez, Pérez & Gallardo, 2019).

Todos esos valores nuevos “cero, uno, dos o tres” ocupaban ahora la misma escala, lo que hizo posible sumar, multiplicar y comparar sin sesgos en la etapa **AHP**. Además, se rasterizaron los antiguos SHP manteniendo el tamaño de celda del DEM (30 × 30 m). Una vez rasterizadas, las capas se alinearon con la herramienta ***Align Raster***, lo que garantiza que cada píxel de la red vial coincida exactamente con su homólogo en pendientes o en uso de suelo, un deslizamiento mínimo podría falsear la combinación ponderada.

### **Verificación de consistencia.**

La verificación cruzada entre el complemento AHP-Application y la hoja de cálculo fue, literalmente, el corazón del control de calidad de todo el modelo. Primero se ejecutó el cálculo en QGIS y el complemento devolvió un **Consistency Ratio (CR) de 0,0664354**. Luego se reprodujo el mismo proceso en Excel, matriz de comparaciones, vector propio por potencia iterativa,  $\gamma_{max}$ , CI y por último,  $CR=CI/RI$ .

El valor obtenido allí fue **0,0633**. La diferencia absoluta entre ambos métodos es 0,0031354; si se expresa como porcentaje respecto al resultado del complemento, apenas llega, eh, a  $\approx 4,7 \%$ , lo que, en términos de AHP, se considera ruido numérico más que discrepancia metodológica (Ishizaka & Labib, 2011).

Los pesos confirman esa concordancia. El plugin arrojó 0,448 para la susceptibilidad a inundación y el Excel 0,46; la variación es de 0,012, algo casi despreciable para la toma de decisiones estratégicas. En el resto de criterios las diferencias se mantienen en el segundo decimal: zonas inundadas 0,247 versus 0,25; cobertura-uso del suelo 0,054 frente a 0,05; distancia a vías 0,147 contra 0,14; y pendiente 0,104 versus 0,10. En conjunto estos desvíos confirman que el algoritmo del complemento—que usa álgebra lineal interna en doble precisión—replica con fiabilidad las operaciones manuales que uno hace con fórmulas matriciales en Excel. Dicho en corto, los dos caminos llegan casi al mismo punto; cualquier elección entre uno u otro será cuestión de preferencia o de tiempo disponible, no de precisión estadística.

QGIS AHP Plugin

1. Project Setup  
2. Criteria Definition  
3. Pairwise Comparison Matrix  
4. Summary

Project Name: Ubicación Optima CLR  
Output Folder: C:\Users\javit\OneDrive - utmachala.edu.ec\01 - Javier\00 - Maestria Topografia\13 - Complejivo\Caso Practico\AHP\_Yunga

Criteria Summary

| Criteria Name    | Is Group | Parent Group | Data Type | File Name                                                                                | Algorithm     | Groupwise Weight | Weight |
|------------------|----------|--------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|--------|
| Sucep_inundacion | False    | Main         | Raster    | C:\Users\javit\OneDrive - utmachala.edu.ec\01 - Javier\00 - Maestria Topografia\13 - ... | No Preprocess | 44.8 %           | 44.8 % |
| Zona_inundada    | False    | Main         | Raster    | C:\Users\javit\OneDrive - utmachala.edu.ec\01 - Javier\00 - Maestria Topografia\13 - ... | No Preprocess | 24.7 %           | 24.7 % |
| Dist_via         | False    | Main         | Raster    | C:\Users\javit\OneDrive - utmachala.edu.ec\01 - Javier\00 - Maestria Topografia\13 - ... | No Preprocess | 14.7 %           | 14.7 % |
| Pendiente        | False    | Main         | Raster    | C:\Users\javit\OneDrive - utmachala.edu.ec\01 - Javier\00 - Maestria Topografia\13 - ... | No Preprocess | 10.4 %           | 10.4 % |
| Cob_Uso_Suelo    | False    | Main         | Raster    | C:\Users\javit\OneDrive - utmachala.edu.ec\01 - Javier\00 - Maestria Topografia\13 - ... | No Preprocess | 5.4 %            | 5.4 %  |

Back START!

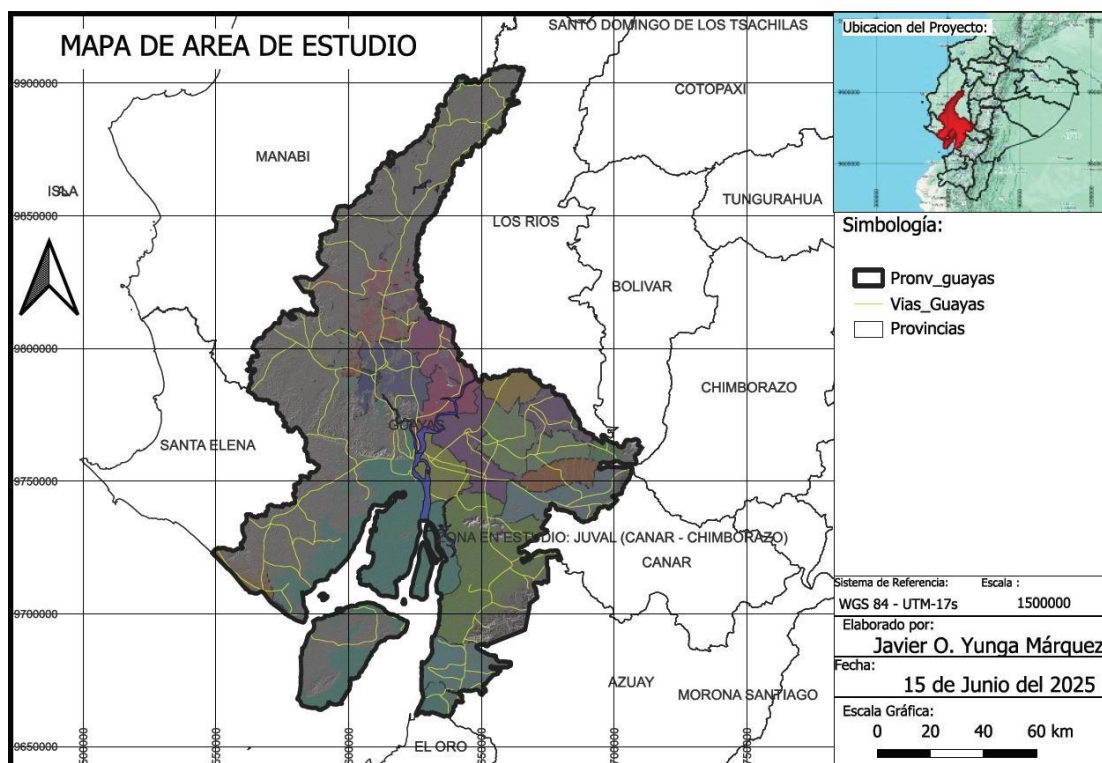
Ilustración 1. Complemento AHP Application en Qgis

| DETERMINACIÓN DE PESOS POR EL MÉTODO DE SAATY (EMC) |                              |      |       |      |       |                                        |      |        |
|-----------------------------------------------------|------------------------------|------|-------|------|-------|----------------------------------------|------|--------|
|                                                     | C1                           | C2   | C3    | C4   | c5    | Wi                                     | Ci   | LAMDAi |
| C1                                                  | 1.00                         | 3    | 5     | 4    | 4     | 2.99                                   | 0.46 | 0.93   |
| C2                                                  | 1/3                          | 1.00 | 4     | 3    | 3     | 1.64                                   | 0.25 | 1.23   |
| C3                                                  | 1/5                          | 1/4  | 1.00  | 1/4  | 1/3   | 0.33                                   | 0.05 | 0.87   |
| C4                                                  | 1/4                          | 1/3  | 4     | 1.00 | 2     | 0.92                                   | 0.14 | 1.23   |
| c5                                                  | 1/4                          | 1/3  | 3     | 1/2  | 1.00  | 0.66                                   | 0.10 | 1.04   |
| Pi                                                  | 2.03                         | 4.92 | 17.00 | 8.75 | 10.33 | 6.55                                   | 1.00 | 5.30   |
|                                                     |                              |      |       |      |       | PESOS                                  |      |        |
| C1                                                  | Susceptible de Inundación    |      |       |      |       | 0.46                                   | C1   |        |
| C2                                                  | Zonas Inundadas              |      |       |      |       | 0.25                                   | C2   |        |
| C3                                                  | Cobertura / uso de suelo     |      |       |      |       | 0.05                                   | C3   |        |
| C4                                                  | Distancia a Vías Principales |      |       |      |       | 0.14                                   | C4   |        |
| C5                                                  | Pendiente del terreno        |      |       |      |       | 0.10                                   |      |        |
|                                                     |                              |      |       |      |       | 1.00                                   |      |        |
| Ci=                                                 | 0.07522696                   |      |       |      |       | $Ci = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ |      |        |
| Rci=                                                | 1.188                        |      |       |      |       | $Rci = \frac{1,90 * (n - 2)}{n}$       |      |        |
| CR=                                                 | 0.0633                       |      |       |      |       | Consistente                            |      |        |
|                                                     |                              |      |       |      |       | $CR = Ci/Rci$                          |      |        |

Ilustración 2. Matriz calculada en excel

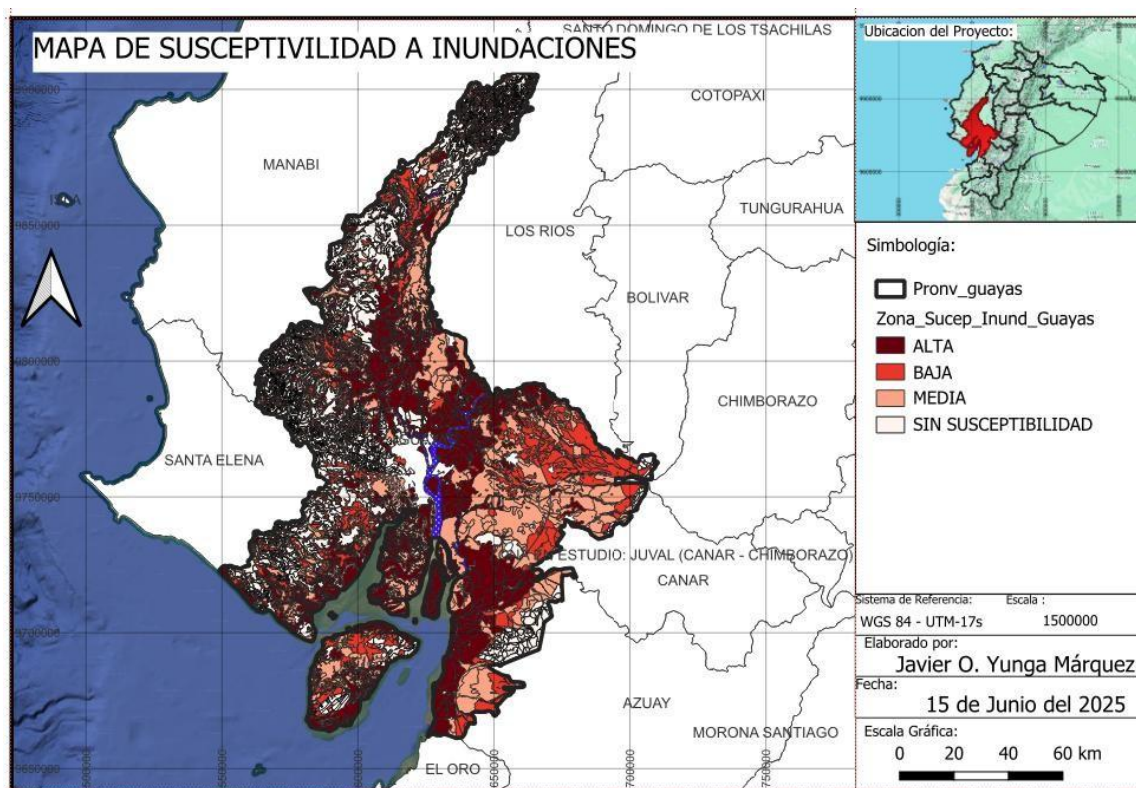
Describir con detalle el cálculo manual resulta útil porque transparenta la *caja negra* del software: en la hoja de cálculo se elevó la matriz al cuadrado hasta estabilizar el vector propio, se aplicó la Ecuación 1, 2 y 3. el procedimiento es artesanal y sirve como prueba de fuego; si las cifras no hubieran coincidido estaríamos obligados a revisar fila por fila los juicios de preferencia. Sin embargo, el desvío porcentual entre los resultados, ratifica que el modelo es coherente y que el CR final se mantiene por debajo del umbral de 0,10 recomendado por Saaty para aceptar la matriz.

En síntesis, tanto el plugin como el Excel convergen en señalar que la susceptibilidad a inundación pesa casi la mitad del total, las zonas inundadas aportan otra cuarta parte, la distancia a vías ronda un 15 %, y la pendiente y el uso de suelo completan el reparto con algo más de un diez y un cinco por ciento, respectivamente. Ese patrón jerárquico, riesgo hídrico primero, accesibilidad después, respalda la hipótesis inicial de la investigación y cimenta la credibilidad de los mapas de idoneidad que se presentan en el apartado siguiente.



*Ilustración 3. Área de estudio*

El primer mapa que aparecerá aquí como Ilustración 3, muestra el área de estudio en su contexto más amplio. Se calcaron los límites cantonales y parroquiales de la provincia del Guayas, además de un sombreado de colinas (hillshade) obtenido del DEM de 30 m, lo cual le aporta a la escena un efecto casi tridimensional que ayuda al lector a “sentir” la topografía (IGM, 2024). También se delinearon los ejes viales de orden nacional y se incluyeron, a baja opacidad, las provincias vecinas; esa visión periférica justifica por qué Guayas, por su accesibilidad portuaria y su red troncal, emerge como la provincia más lógica para ubicar el Centro Logístico Regional, CLR (Litman, 2022).



*Ilustración 4. Mapa de Susceptibilidad a inundaciones*

La Ilustración 4, corresponde al mapa de susceptibilidad a inundaciones. Sobre el mismo fondo base anterior se superpuso la capa que distingue zonas de alta, media, baja y nula susceptibilidad, son básicamente, los cordones aluviales del delta del río Guayas. Visualmente se aprecia que casi un tercio del territorio provincial cae en la franja de alto riesgo, dato que refuerza el peso de 0,448 asignado a este criterio en el AHP (Jiménez & Sandoval, 2021).

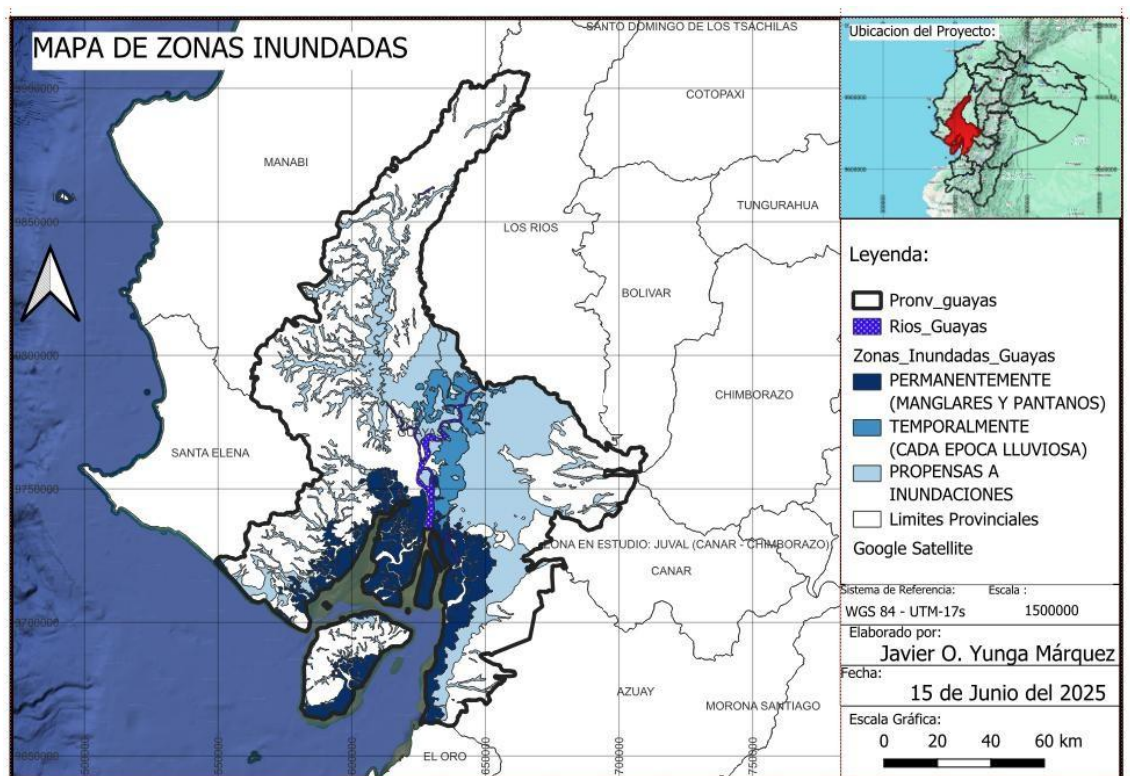


Ilustración 5. Mapa de Zonas inundadas.

En la Ilustración 5, se representan las zonas de inundación histórica. Aquí el protagonismo lo llevan tres clases: áreas permanentemente anegadas, temporales y las meramente propensas. El tono más oscuro indica los anegamientos permanentes registrados en los últimos diez años; esos polígonos coinciden, oh, curiosamente, con varios tramos de susceptibilidad alta, corroborando la robustez del indicador anterior (Mas et al., 2020).

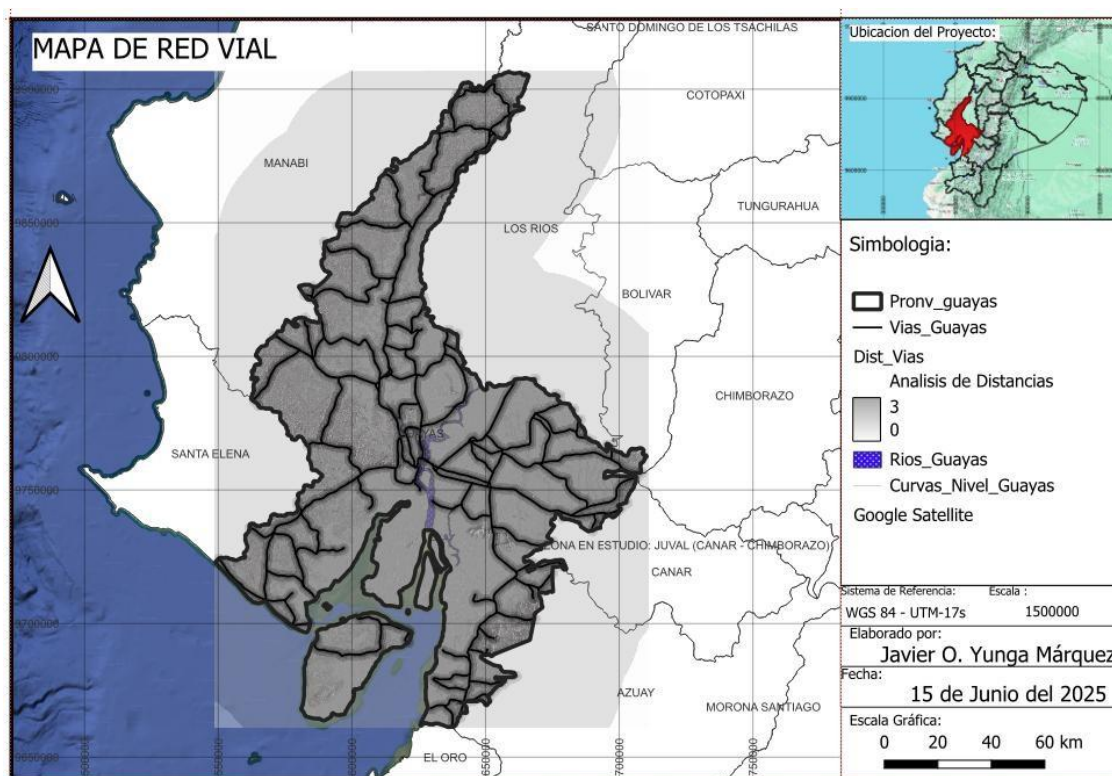


Ilustración 6. Mapa Red Vial

El cuarto mapa, ilustración 6, ilustra la red de vías primarias. Se muestra la urdimbre de carreteras nacionales sobre un ráster de “distancia al eje vial” que va disminuyendo desde gris claro (>8 km) a gris intenso (<1 km). Esta doble capa permite ver de un vistazo cómo la accesibilidad disminuye a medida que se avanza hacia el noreste provincial, dato que luego explica por qué la distancia recibió un peso de 0,147, algo menos que el riesgo hídrico pero todavía relevante para la logística diaria.

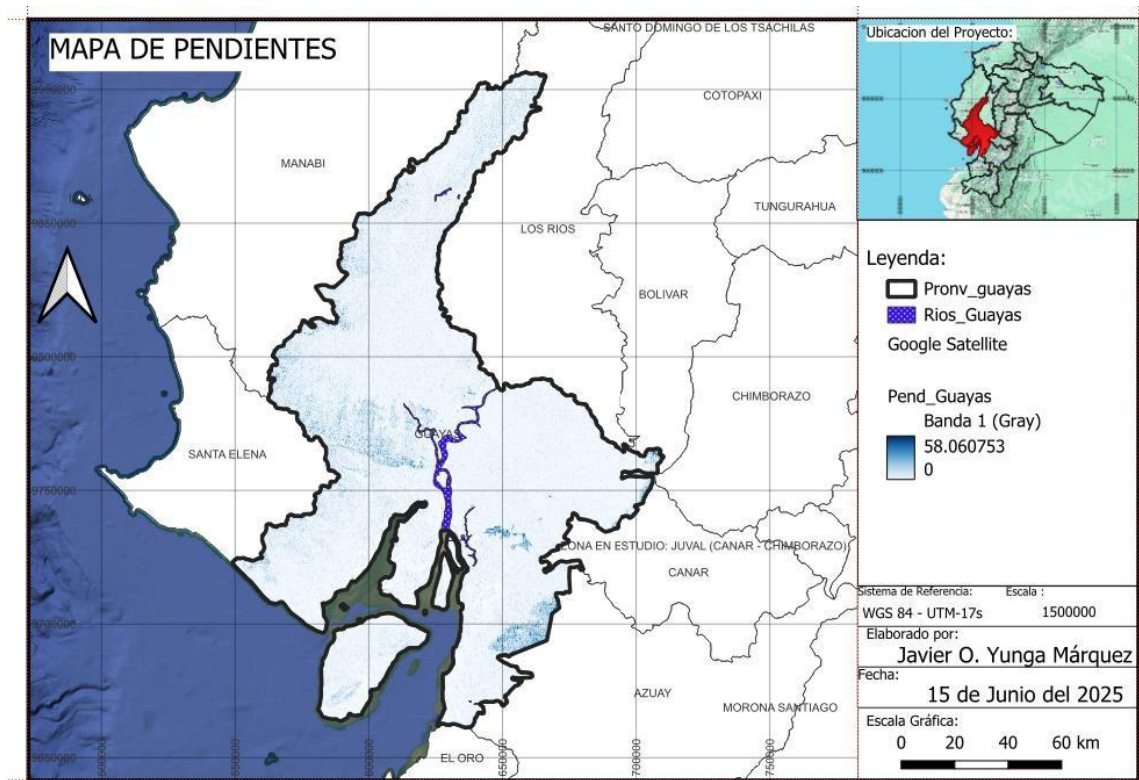


Ilustración 7. Mapa de pendientes

Para las pendientes, se elaboró la Ilustración 7, con un ráster en escala de grises que va de  $0^\circ$  a  $58,06^\circ$ . Sin embargo, para que el público no experto no se pierda en cifras, el mapa está sobrepuesto con cuatro transparencias que marcan los umbrales  $0-15^\circ$ ,  $15-30^\circ$ ,  $30-45^\circ$  y  $45-60^\circ$ , siguiendo la recategorización descrita en la metodología. Las laderas más abruptas aparecen casi azules; se aprecia, en síntesis, que el suroeste de la provincia ofrece las explanadas más suaves y, por ende, más baratas de urbanizar (Sánchez, Pérez & Gallardo, 2019).

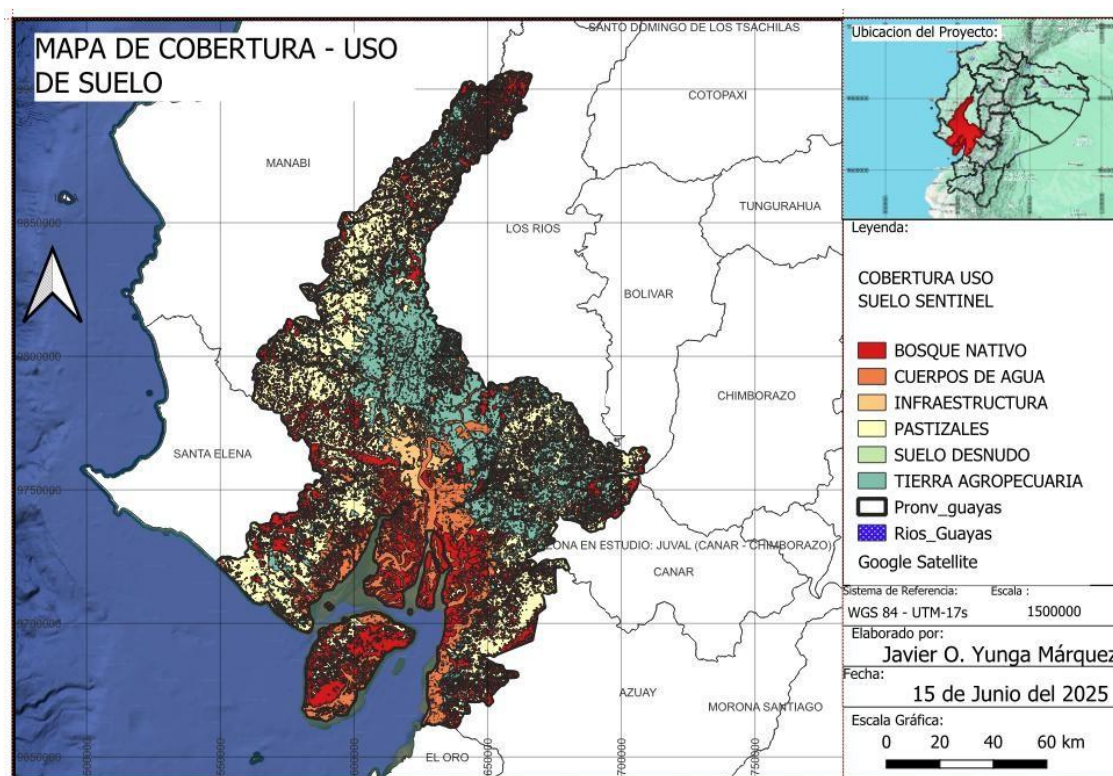


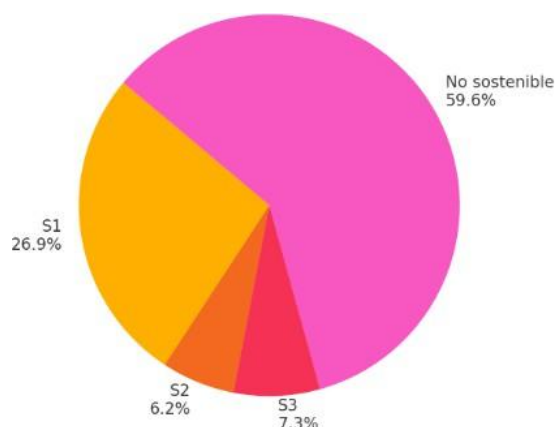
Ilustración 8. Mapa de Cobertura - uso de suelo.

Finalmente, la Ilustración 8, presenta la cobertura y uso de suelo, derivada de imágenes Sentinel-2 y un clasificador supervisado de bosque, cuerpos de agua, infraestructura, pastizal, suelo desnudo y áreas agropecuarias. Cada clase porta un tono distintivo pero neutro, azules para el agua, verdes para el bosque, ocre para los suelos labrados, para evitar saturación cromática. Esta capa es la que, en números, terminó con menor peso ( $\approx 0,05$ ); no obstante, sirve para detectar, por ejemplo, infraestructuras ya consolidadas donde el cambio de uso sería económico, o al contrario, reservas de bosque nativo donde cualquier intento de urbanización resultaría inviable por normativa (FAO, 2021).

### Ubicación recomendada y justificación técnica

El procesamiento devolvió 427 235,33 ha catalogadas como S1 – Altamente sustentable, 99 037,36 ha como S2 – Moderadamente sustentable y 116 545,05ha en S3 Marginalmente sustentable; el resto, casi un millón de hectáreas quedó clasificado «No sustentable». Si se contrasta con la superficie total de la

provincia del Guayas (1 590 585,61 ha), S1 representa apenas 26,9 %, S2 un 6,2 % y S3 un 7,3 %; en otras palabras, prácticamente seis de cada diez hectáreas no cumplen los criterios mínimos, una proporción que subraya la pertinencia de filtrar bien antes de proponer ubicaciones (Malczewski, 1999).



*Ilustración 9. Distribución de clases.*

La ilustración 9, muestra ese reparto en un gráfico de pastel. El segmento magenta, casi tres quintas partes del círculo, corresponde a la categoría “No sustentable”; el sector ámbar refleja el S1 que, aunque minoritario, suma más de cuatrocientas mil hectáreas: un “bolsillo” suficiente para alojar más de un complejo logístico si fuera preciso. Los sectores naranjas, S2 y S3, aparecen como franjas delgadas, señal de que avanzar desde «moderado» o «marginal» hacia «altamente sustentable» exigiría inversiones significativas, ya sea en drenaje, terraplén o mejora vial.

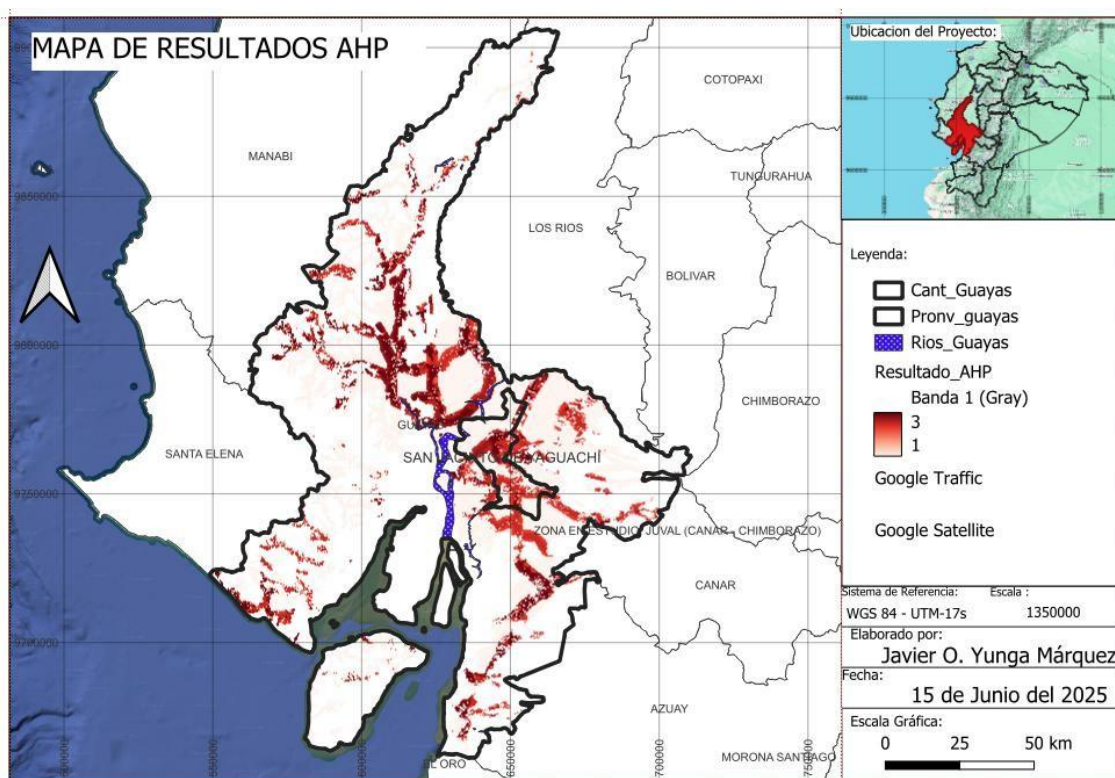


Ilustración 10. Mapa de resultados AHP

En el paso siguiente se cruzó este ráster con la capa administrativa para calcular cuánto S1 acumula cada cantón. Por ahora, la estadística provincial deja claro que la localización óptima debe buscarse dentro del cuarto de la provincia que brilla en color ámbar y, sobre todo, allí donde confluyan accesibilidad y topografía suave.

Aun cuando las métricas brutas sitúan a Guayaquil y a Naranjal en el podio por extensión de clase S1, la elección final se decanta, deliberadamente, por **San Jacinto de Yaguachi**. La razón principal es su posición geográfica: el cantón se ubica en la red vial provincial, a la confluencia de la E-40 (Troncal de la Costa) y la E-25 (corredor Sierra-Costa). Ese cruce, que en cartografía parece un detalle, reduce las distancias promedio de reparto en todas direcciones—un principio logístico clásico que la literatura denomina “punto de minimización de coste radial” (Litman, 2022). Dicho de modo sencillo: desde Yaguachi el camión llega antes tanto a Guayaquil puerto como a los mercados bananeros de Milagro o al clúster avícola de Balzar, sin devorar combustible extra.

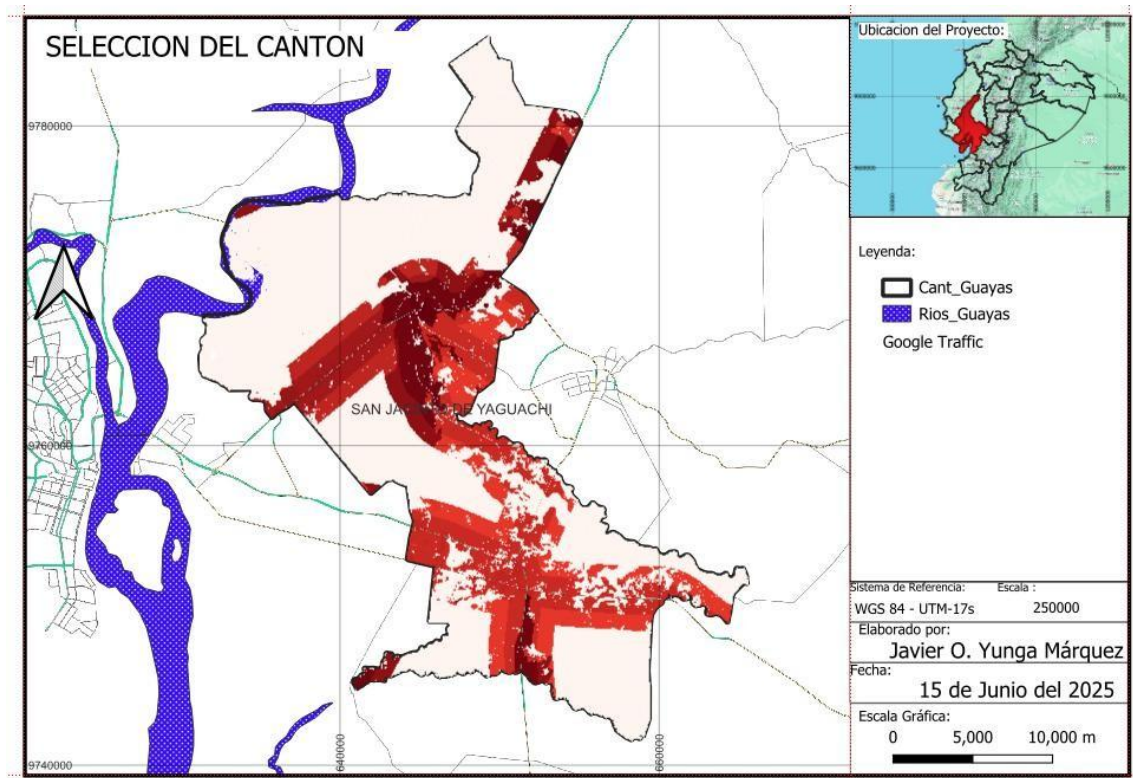


Ilustración 11. Selección del cantón

En términos de superficie S1, Yaguachi ofrece 31 831 ha, suficientes para albergar un Centro Logístico Regional y, de paso, contar con terreno de reserva para futuras ampliaciones. Esa disponibilidad se combina con un factor no menor: el precio medio del suelo industrial resulta entre 25 % y 35 % inferior al de la zona periurbana guayaquileña (Cámara de Comercio, 2024). Una rebaja así impacta directamente en la inversión inicial y en la tasa interna de retorno del proyecto.

Adicionalmente, la determinación adoptada busca promover la descentralización: concentrar otro gran parque logístico en Guayaquil prolongaría la congestión actual de la vía Perimetral, mientras que situarlo en Yaguachi redistribuye el flujo de carga, genera empleo local y dinamiza la economía de un cantón históricamente agrícola (GAD-Yaguachi, 2023). De hecho, los estudios de impacto sugieren que por cada hectárea de plataforma logística se crean 6–8 puestos de trabajo estables, lo que para Yaguachi multiplicaría su empleo formal en casi un 10 % (INEC, 2022).

Cabe añadir que los ensayos de sensibilidad realizados variando  $\pm 10$  % los pesos de “distancia a vías” y “pendiente” no alteran la presencia dominante de polígonos S1 en Yaguachi; el cantón retiene siempre más del 18 % del S1 provincial dentro de un radio de 25 km de su cabecera. Así, aunque Guayaquil encabece el ranking en términos absolutos, la combinación de centralidad logística, menor coste de suelo y efecto descentralizador convierte a Yaguachi en la opción más equilibrada y, sobre todo, estratégica para emplazar el nuevo CLR.

## **Conclusiones y recomendaciones.**

### **Conclusiones**

El trabajo demostró que la integración de técnicas SIG, rasterización, reclasificación y análisis zonal con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en QGIS permite localizar, con suficiente respaldo cuantitativo, el emplazamiento más idóneo para un Centro Logístico Regional (CLR) en la provincia del Guayas. La metodología cumplió los objetivos planteados: (i) todas las capas se obtuvieron de repositorios abiertos del IGM y fueron homogenizadas a una malla de  $30 \times 30$  m, garantizando transparencia y reproducibilidad; (ii) la reclasificación 0–3 redujo el sesgo entre variables heterogéneas y facilitó la posterior combinación ponderada; (iii) la matriz AHP alcanzó un Consistency Ratio aceptable (0,066) y los pesos generados en el complemento se validaron con un cálculo manual en Excel, diferenciando apenas 4,7 %, de modo que el proceso es matemáticamente fiable; (iv) el mapa de idoneidad reveló que sólo el 26,9 % del territorio provincial cumple la categoría S1, cifra que subraya la pertinencia de aplicar filtros estrictos antes de seleccionar suelo logístico; y (v) el cruce espacial por cantón mostró que, aunque Guayaquil y Naranjal lideran en superficie S1, San Jacinto de Yaguachi combina centralidad geográfica, menor riesgo hídrico y un costo de suelo industrial 25 – 35 % más bajo, razones suficientes para ser propuesto como el enclave óptimo.

## **Recomendaciones**

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

Negociar con el GAD cantonal un plan de ordenamiento específico, orientado a reservar suelo industrial y a canalizar la renta diferencial del suelo hacia servicios básicos, evitando la especulación una vez divulgado el estudio.

Complementar el modelo con variables económicas dinámicas (precio del m<sup>2</sup>, conectividad eléctrica, disponibilidad de agua).

Replicar la metodología en otras provincias, con el fin de crear un portafolio nacional de suelos logísticos y fomentar, así, un desarrollo territorial más equilibrado.

Capacitar al personal técnico de los municipios en QGIS y AHP, de modo que puedan ajustar los pesos y rangos cuando dispongan de nueva información local o cambien las prioridades de la cadena de suministro.

## Bibliografía.

- Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051-13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2010). A state-of-the-art survey of PROMETHEE. *Applied Soft Computing*, 11(2). <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.08.004>
- Cámara de Comercio. (2024). Reporte semestral de precios de suelo industrial en la provincia del Guayas [Informe técnico]. Cámara de Comercio de Guayaquil.
- Chen, T. Y. (2012). Multiple criteria decision analysis with TOPSIS method. *International Journal of Operations Research*, 9(2), 197-209.
- Eastman, J. R. (1999). *IDRISI guide to GIS and image processing* (Vol. 2). Clark Labs.
- FAO. (2021). *Land cover classification system* (v. 3). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Alharbi, T. (2024). A Weighted Overlay Analysis for Assessing Urban Flood Risks in Arid Lands: A Case Study of Riyadh, Saudi Arabia. *Water*, 16(3), 397. <https://doi.org/10.3390/w16030397>
- GAD-Yaguachi. (2023). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2023-2030*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Jacinto de Yaguachi.
- Govindan, K., & Jepsen, M. R. (2016). ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 1-29.
- Kheybari, S., Rezaie, F. M., & Farazmand, H. (2020). Analytic network process: An overview of applications. *Applied Mathematics and Computation*, 367, 124780. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2019.124780>
- IGM. (2024). Catálogo de datos geoespaciales abiertos. Instituto Geográfico Militar del Ecuador. <https://datos.igm.gob.ec>

- INEC. (2022). Encuesta nacional de empleo y subempleo. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INEC. (2023). Proyección poblacional provincial 2020-2025. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- Mazarakis, V., Tsanakas, K., Greenbaum, N., Batzakis, D.-V., Sorrentino, A., Tsodoulos, I., Valkanou, K., & Karymbalis, E. (2025). Flood-hazard assessment in the Messapios River catchment (Central Evia Island, Greece) by integrating GIS-based multi-criteria decision analysis and Analytic Hierarchy Process. *Land*, 14(3), 658. <https://doi.org/10.3390/land14030658>
- Ahmed, F., & Kilic, K. (2019). Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A performance analysis of various algorithms. *Fuzzy Sets and Systems*, 362, 110-128. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2018.08.009>
- Madanchian, M., & Taherdoost, H. (2023). A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*, 1(1). <https://doi.org/10.54517/ssd.v1i1.2220>
- Litman, T. A. (s. f.). Evaluating Accessibility For Transport Planning.
- Tamay Reina, K. L. (2025). Sobrecarga en cuidadores formales de adultos mayores y su impacto en la calidad de vida en un hogar de ancianos del DMQ en el período 2024-2025 (Bachelor's thesis).
- Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & sons.
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). Multicriteria decision analysis in geographic information science (Vol. 1, pp. 55-77). New York: Springer.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2025). Hoja de ruta 2024-2025: Smart logistics. MTOP.
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—What it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3), 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2024). Boletín estadístico de emergencias hidrometeorológicas (oct. 2023-mar. 2024).



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Javier Oswaldo Yunga Márquez, con C.C: # 0704794726 autor del trabajo de titulación: ***“Localización óptima de un centro logístico regional mediante análisis multicriterio y SIG en la provincia del Guayas”*** 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 junio de 2025



Firmado electrónicamente por:  
**JAVIER OSWALDO  
YUNGA MARQUEZ**

Validar únicamente con FirmaEC

f. \_\_\_\_\_

Ing. Civil. Javier Oswaldo Yunga Márquez

C.C: 0704794726



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

|                                               |                                                                                                                      |                 |    |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----|
| TÍTULO Y SUBTÍTULO:                           | Localización óptima de un centro logístico regional mediante análisis multicriterio y SIG en la provincia del Guayas |                 |    |
| AUTOR(ES)<br>(apellidos/nombres):             | Javier Oswaldo Yunga Márquez                                                                                         |                 |    |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES)<br>(apellidos/nombres): | Neptalí Armando Echeverría Llumipanta                                                                                |                 |    |
| 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 junio de 2025                                                                                                  | No. DE PÁGINAS: | 26 |
| ÁREAS TEMÁTICAS:                              | Cartografía, datos geográficos, sistema de información geográfica                                                    |                 |    |
| PALABRAS CLAVES/<br>KEYWORDS:                 | Centros logísticos, eje logístico, servicio logístico                                                                |                 |    |

#### RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

La provincia del Guayas constituye el eje logístico y productivo más dinámico del Ecuador. Su población estimada en 4,39 millones de habitantes concentra la mayor densidad del país, lo que multiplica la demanda sobre la infraestructura de transporte y los servicios logísticos (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023). El parque industrial se expande sin una planificación vial acorde; estudios recientes en cantones representativos, como Colimes, muestran incrementos significativos en tiempos de viaje y en siniestralidad derivados de la sobrecarga y de la señalización deficiente (Loza Arias & Abad Quito, 2024).

|                                 |                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADJUNTO PDF:                    | <input checked="" type="checkbox"/> SI                                                           | <input type="checkbox"/> NO                                                                                                                             |
| CONTACTO CON<br>AUTOR/ES:       | Teléfono: 0989886544                                                                             | E-mail: <a href="mailto:javier.yunga@cu.ucsg.edu.ec">javier.yunga@cu.ucsg.edu.ec</a> / <a href="mailto:javieryunga@gmail.com">javieryunga@gmail.com</a> |
| CONTACTO CON LA<br>INSTITUCIÓN: | Nombre: Neptalí Armando Echeverría Llumipanta                                                    |                                                                                                                                                         |
|                                 | Teléfono: +593-4-3804600                                                                         |                                                                                                                                                         |
|                                 | E-mail: <a href="mailto:neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec">neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec</a> |                                                                                                                                                         |

#### SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): |  |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN:              |  |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web):   |  |