

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v9i18.0361>

EVALUACIÓN PROSPECTIVA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN URBANA EN LA CIUDADELA LA FORTALEZA, PORTOVIEJO, ECUADOR

PROSPECTIVE ASSESSMENT OF URBAN FLOOD RISK IN LA FORTALEZA NEIGHBOURHOOD, PORTOVIEJO, ECUADOR

Pin-Morán Marcia Yamel ¹; Lino-Sánchez Melanie Michelle ²

¹ Docente de la Carrera de Ingeniería Civil; Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador. Correo: marcia.pin@unesum.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-4493-1931>

² Investigadora independiente. Ecuador. Correo: linosanchezmelaniemichelle@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-9072-2454>

Resumen

Las inundaciones urbanas constituyen una amenaza recurrente en sectores de Portoviejo, donde la concentración de escorrentía superficial, las limitaciones temporales o permanentes del drenaje y la ocupación urbana incrementan la exposición de viviendas y vías. El estudio tuvo como objetivo evaluar prospectivamente el riesgo de inundación urbana en la ciudadela La Fortaleza mediante la integración de antecedentes de afectación, condiciones del sistema de drenaje, exposición territorial y escenario climático 2026–2027. Se desarrolló una investigación aplicada, no experimental y de estudio de caso, sustentada en triangulación documental y análisis de información científica, municipal, hidrometeorológica y periodística verificable correspondiente principalmente al período 2025–2026. El riesgo se interpretó mediante cuatro componentes: amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta. Los resultados evidenciaron recurrencia de inundaciones durante 2025, con anegamiento de calles, ingreso de agua a viviendas y afectación de bienes; durante 2026 se observaron acumulaciones de agua, sedimentos y dificultades de movilidad simultáneas a la ejecución del nuevo sistema hidrosanitario. La construcción de infraestructura pluvial constituye un aumento de la capacidad de respuesta, aunque persiste un riesgo residual mientras el sistema completa su implementación y demuestra su desempeño ante precipitaciones extremas. El fortalecimiento de El Niño previsto para finales de 2026 incrementa la pertinencia de la vigilancia preventiva. Se concluye que La Fortaleza requiere evaluación hidrológico-hidráulica detallada, monitoreo de puntos críticos y actualización del mapa local de riesgo.

Palabras clave: escorrentía pluvial; vulnerabilidad territorial; drenaje urbano; resiliencia comunitaria; gestión preventiva.

Abstract

Urban flooding constitutes a recurrent hazard in sectors of Portoviejo, where surface-runoff concentration, temporary or permanent drainage limitations and urban occupation increase the exposure of dwellings and roads. This study aimed to prospectively assess urban flood risk in La Fortaleza neighbourhood by integrating documented impacts, drainage-system conditions, territorial exposure and the 2026–2027 climate scenario. An applied, non-experimental case-study design was adopted, based on documentary triangulation and analysis of scientific, municipal, hydrometeorological and verifiable journalistic information, mainly for 2025–2026. Risk was interpreted through four components: hazard, exposure, vulnerability and response capacity. Results showed recurrent flooding during 2025, including flooded streets, water entering dwellings and damage to household belongings. During 2026, water accumulation, sediment deposition and mobility constraints were documented while the new hydrosanitary system was under construction. The implementation of new stormwater infrastructure represents an improvement in response capacity; however, residual risk remains while the system is completed and its performance under extreme precipitation is verified. The strengthening El Niño event

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 15 de junio de 2026.

Fecha de aceptación: 20 de agosto de 2026.

Fecha de publicación: 15 de septiembre de 2026.



expected towards the end of 2026 further increases the relevance of preventive monitoring. It is concluded that La Fortaleza requires detailed hydrological-hydraulic assessment, monitoring of critical points and continuous updating of the local flood-risk map to support preventive decision-making.

Keywords: surface runoff; territorial vulnerability; stormwater drainage; community resilience; preventive management.

1. Introducción

Las inundaciones urbanas constituyen uno de los problemas hidrometeorológicos con mayor capacidad para afectar simultáneamente población, infraestructura, movilidad, servicios y actividad económica. A diferencia de las inundaciones exclusivamente fluviales, los anegamientos pluviales urbanos pueden producirse cuando la intensidad de precipitación supera temporalmente la capacidad de infiltración, almacenamiento o evacuación de las superficies y redes de drenaje. Esta condición se intensifica con la impermeabilización del suelo, la urbanización acelerada, el deterioro de la infraestructura y los cambios en los patrones de lluvia (O'Donnell & Thorne, 2020; Huang et al., 2020).

La evaluación contemporánea del riesgo ha evolucionado desde enfoques centrados únicamente en la magnitud de la amenaza hacia esquemas que incorporan

exposición, vulnerabilidad física y social y capacidad de recuperación. Bernardini et al. (2024) sostienen que el riesgo en ambientes urbanos resulta de la interacción espacial entre la amenaza, la vulnerabilidad de la infraestructura y las características de los usuarios expuestos. Del mismo modo, los enfoques de resiliencia consideran no solo la capacidad de evitar una inundación, sino la resistencia, adaptación y recuperación del sistema urbano después de un evento (Zhang et al., 2023; Haghbin & Mahjouri, 2023).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los Modelos Digitales de Elevación (DEM) y las herramientas de modelación hidrológico-hidráulica permiten identificar trayectorias de escorrentía, depresiones topográficas, áreas expuestas y zonas susceptibles a inundación. Las investigaciones recientes demuestran la utilidad de integrar información topográfica, hidrológica,

uso del suelo y elementos antrópicos para desarrollar mapas de susceptibilidad y apoyar la gestión preventiva (Swain et al., 2020; Ding et al., 2021). Asimismo, la escala de análisis constituye un elemento crítico, pues los estudios urbanos requieren suficiente resolución para representar calles, edificaciones y elementos de drenaje (Löwe & Arnbjerg-Nielsen, 2020).

En Ecuador, la variabilidad hidroclimática presenta una relación significativa con las condiciones del océano Pacífico tropical. Quishpe-Vásquez et al. (2019), mediante el análisis de 45 estaciones hidrométricas del país, comprobaron una respuesta significativa de los caudales ecuatorianos frente a diferentes configuraciones de El Niño. Esta relación adquiere particular relevancia en la región litoral, donde los episodios de calentamiento del Pacífico pueden modificar sustancialmente los patrones de precipitación y escorrentía.

Portoviejo presenta antecedentes específicos que justifican análisis a escala urbana. Chávez Loor, Murillo Mero y Delgado (2025) desarrollaron una evaluación del riesgo de

inundación utilizando DEM, HEC-RAS y datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Los autores identificaron la importancia de variables como precipitaciones intensas, topografía, uso del suelo, impermeabilización y capacidad del drenaje urbano, evidenciando que los análisis generales de amenaza deben complementarse con información local de mayor detalle.

Dentro de este contexto, la ciudadela La Fortaleza, localizada en el sector norte de Portoviejo y vinculada territorialmente al paso lateral Manabí Guillén, presenta antecedentes recientes de afectación. En febrero de 2025 se reportó que gran parte de sus calles permanecieron inundadas y que el agua ingresó a viviendas; uno de los residentes describió una profundidad aproximada hasta las rodillas y pérdidas en bienes domésticos. En abril del mismo año volvieron a registrarse calles transversales anegadas, incluyendo acumulaciones tanto de aguas pluviales como residuales.

Durante 2026, la situación territorial coincidió con la ejecución del Proyecto Integral Hidrosanitario de la

zona norte, denominado MegaHidro. Las primeras precipitaciones de enero produjeron acumulación de agua, sedimentos y dificultades de movilidad en La Fortaleza y otros sectores aledaños. Posteriormente, las autoridades locales señalaron que, aunque persistían problemas de lodo en áreas intervenidas, no se habían reproducido hasta ese momento inundaciones de la magnitud observada durante 2025.

La nueva infraestructura incorpora un ducto principal de aguas lluvias que se extiende aproximadamente tres kilómetros desde el entorno del río Portoviejo hasta el paso lateral Manabí Guillén y la calle Rotaria. La intervención atraviesa el sector de ingreso a La Fortaleza y El Negrital y forma parte de una estrategia orientada a disminuir las inundaciones históricamente registradas en el norte de la ciudad.

La pertinencia temporal del análisis aumenta ante las condiciones del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). La Organización Meteorológica Mundial (OMM) informó el 3 de septiembre de 2026 que El Niño se encuentra firmemente establecido, con una probabilidad cercana al 100 % de persistir durante

septiembre-noviembre de 2026 y diciembre de 2026-febrero de 2027, previéndose que alcance intensidad muy fuerte hacia finales de 2026. El Climate Prediction Center de NOAA había estimado en agosto una probabilidad superior al 90 % de un evento muy fuerte durante el otoño e invierno del hemisferio norte 2026–2027. No obstante, la propia OMM advierte que la intensidad global del episodio no determina automáticamente la magnitud de sus impactos en una localidad específica.

En consecuencia, la brecha de conocimiento no radica únicamente en establecer que La Fortaleza ha sufrido inundaciones, sino en determinar cómo interactúan los antecedentes de afectación, la exposición urbana, la transformación actual del drenaje y un escenario hidroclimático potencialmente más exigente.

El objetivo de esta investigación fue evaluar prospectivamente el riesgo de inundación urbana en la ciudadela La Fortaleza, Portoviejo, mediante el análisis integrado de la amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta, considerando las condiciones

actuales de infraestructura y el escenario climático 2026–2027.

2. Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se desarrolló tomando como unidad territorial de análisis la ciudadela La Fortaleza, ubicada en el sector norte de la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. El sector se articula con el paso lateral Manabí Guillén y se encuentra próximo a El Negrital y otras urbanizaciones del norte de la ciudad. La intervención del ducto principal de aguas lluvias del proyecto MegaHidro atraviesa precisamente el sector correspondiente al acceso a La Fortaleza y El Negrital.

El Geoportal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Portoviejo dispone de capas de amenaza por inundación, amenaza hidrológica, sistema vial, densidad poblacional, cobertura de redes de aguas servidas y colectores de aguas lluvias, lo que constituye una base institucional para complementar la evaluación espacial posterior del sector.

Diseño de investigación

Se utilizó un enfoque aplicado con diseño no experimental, longitudinal retrospectivo-prospectivo y de estudio de caso. La fase retrospectiva reconstruyó los episodios y condiciones registradas principalmente entre febrero de 2025 y febrero de 2026. La fase prospectiva incorporó la condición ENOS observada y pronosticada hasta febrero de 2027.

El estudio no asumió que la ocurrencia de El Niño implique necesariamente una inundación local. El fenómeno fue incorporado como un modificador prospectivo de la amenaza, cuya materialización depende de la distribución espacial y temporal de las precipitaciones, de las condiciones antecedentes de humedad, de la capacidad hidráulica del drenaje y de otros forzantes climáticos regionales.

Fuentes de información

La investigación integró cuatro grupos de fuentes:

Información científica. Se utilizaron artículos revisados por pares publicados principalmente entre 2019 y 2025 relacionados con inundaciones urbanas, resiliencia,

SIG, drenaje, modelación y respuesta hidrológica de Ecuador al Pacífico tropical.

Información territorial e institucional. Se consultó el Geoportal del GAD Municipal de Portoviejo, la plataforma Portoviejo Previene y documentación pública relativa al proyecto hidrosanitario de la zona norte.

Información hidroclimática. Se utilizaron comunicados y diagnósticos actualizados de la OMM y del Climate Prediction Center de NOAA sobre el comportamiento de El Niño durante 2026.

Registros de eventos locales. Se analizaron publicaciones periódicas verificables para reconstruir la cronología de inundaciones, anegamientos, ingreso de agua a viviendas, problemas de movilidad e intervenciones de infraestructura.

Las noticias no se utilizaron para sustituir datos hidrométricos o hidráulicos, sino como evidencia documental geográfica y temporal de afectaciones observadas.

Marco analítico del riesgo

El riesgo urbano fue conceptualizado mediante cuatro componentes:

$$R = f(A, E, V, C)$$

donde:

R = riesgo de inundación urbana;

A = amenaza;

E = exposición;

V = vulnerabilidad;

C = capacidad de respuesta y adaptación.

La expresión se utilizó como modelo conceptual y no como ecuación probabilística.

A partir de este modelo conceptual, el análisis prospectivo se estructuró en cuatro dimensiones complementarias: amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta. Cada dimensión se vinculó con indicadores y fuentes de evidencia específicas, con el propósito de organizar de manera sistemática la información disponible y facilitar la interpretación integral del riesgo de inundación en La Fortaleza. La Tabla 1 presenta las dimensiones consideradas, los principales indicadores asociados y las fuentes utilizadas para su evaluación.

Tabla 1. Dimensiones consideradas para el análisis prospectivo

Dimensión	Indicadores considerados	Evidencia
Amenaza	recurrencia de anegamientos, precipitaciones intensas, escorrentía, condición ENOS	registros históricos, literatura, OMM/NOAA
Exposición	viviendas, calles, movilidad, bienes domésticos	reportes de afectación
Vulnerabilidad	drenaje en transición, acumulación de agua y sedimentos, presencia de aguas residuales	registros locales e infraestructura
Capacidad	nuevo ducto pluvial, sumideros, contingencia municipal, sistemas de alerta	GAD, MegaHidro, Portoviejo Previene

La interpretación se realizó mediante triangulación: un factor se consideró relevante cuando fue respaldado por más de una fuente independiente o cuando existió evidencia institucional o científica directa.

Escenario prospectivo 2026–2027

Se definieron conceptualmente dos condiciones:

Escenario de referencia (ER): comportamiento observado durante 2025–primer semestre de 2026, incluyendo inundaciones documentadas y el avance de las obras hidrosanitarias.

Escenario de vigilancia reforzada (EVR): condiciones actuales del sistema incorporando un episodio de El Niño de intensidad muy fuerte previsto para finales de 2026, sin asumir a priori una precipitación determinada en Portoviejo.

El propósito del segundo escenario fue identificar implicaciones

preventivas y no calcular una profundidad futura de inundación.

3. Resultados y discusión

Evidencia de recurrencia de inundaciones

La reconstrucción temporal mostró que el riesgo de inundación de La Fortaleza no constituye únicamente una posibilidad teórica. Durante febrero de 2025, la mayor parte de las calles del sector fue reportada bajo agua después de varios días de lluvia. Se documentó ingreso de agua a viviendas y afectación directa de electrodomésticos, camas y otros bienes. En un caso, la altura dentro de la vivienda fue descrita aproximadamente hasta las rodillas.

La recurrencia quedó nuevamente evidenciada en abril de 2025. Se reportaron calles transversales inundadas y coexistencia de aguas pluviales y residuales estancadas.

Este segundo componente es particularmente relevante desde la perspectiva de vulnerabilidad, debido a que una inundación urbana combinada con deficiencias sanitarias amplía los efectos potenciales más allá del daño físico e incorpora condiciones de insalubridad.

La revisión de los registros disponibles permitió identificar una secuencia temporal de eventos y

condiciones asociadas con la ocurrencia de inundaciones en La Fortaleza. Esta cronología facilita reconocer la recurrencia del problema, los tipos de afectación registrados y los cambios recientes derivados de las intervenciones en el sistema de drenaje urbano. La Tabla 2 sintetiza las principales evidencias documentadas entre 2025 y 2026 y su interpretación en términos de riesgo de inundación.

Tabla 2. Cronología reciente de evidencias relacionadas con inundación en La Fortaleza

Fecha	Evidencia principal	Interpretación
Febrero 2025	calles inundadas; agua dentro de viviendas; daños a bienes	materialización del riesgo
Abril 2025	calles transversales con agua pluvial y residual estancada	recurrencia y vulnerabilidad sanitaria
Noviembre 2025	calles con lodo durante obras	vulnerabilidad transitoria
Enero 2026	acumulación de agua y sedimentos en la zona norte, incluida La Fortaleza	persistencia de problemas de evacuación superficial
Enero 2026	autoridad municipal reporta menor inundación que en 2025	posible mejora, aún no demostrada ante evento extremo
Enero-febrero 2026	instalación y conexión de infraestructura pluvial MegaHidro	incremento de capacidad estructural
Septiembre 2026	El Niño consolidado y previsto de intensidad muy fuerte	aumento de necesidad de vigilancia prospectiva

La secuencia es importante porque impide interpretar el problema mediante una única fotografía temporal. Mientras 2025 muestra materialización evidente de inundaciones, 2026 representa una fase de transición infraestructural en la cual el sistema de drenaje se encuentra siendo modificado. Por

tanto, el riesgo actual debe entenderse como riesgo residual dinámico, susceptible de disminuir con la nueva infraestructura, pero también de modificarse temporalmente durante su ejecución.

Este comportamiento coincide con la literatura internacional. O'Donnell y

Thorne (2020) señalan que el riesgo urbano futuro depende de la combinación entre cambios en la precipitación, condición de los activos urbanos y transformaciones del territorio. Asimismo, Li et al. (2023) demostraron que cambios en impermeabilización y precipitación pueden alterar significativamente el desempeño de los sistemas de drenaje, lo que justifica analizar simultáneamente infraestructura y condiciones hidroclimáticas.

Amenaza pluvial y condiciones territoriales

La evidencia disponible sugiere que el fenómeno observado en La Fortaleza posee un componente importante de inundación pluvial urbana. Este tipo de evento se produce cuando el volumen y la velocidad de la escorrentía superan temporalmente la capacidad de captación y evacuación del sistema, incluso sin requerir el desbordamiento directo de un río.

Los antecedentes de Portoviejo respaldan esta interpretación. Chávez Loo et al. (2025), mediante DEM y HEC-RAS, identificaron que la vulnerabilidad urbana a inundaciones se encuentra

condicionada por la interacción entre precipitación, topografía, uso del suelo e infraestructura de drenaje. En consecuencia, para La Fortaleza no resulta metodológicamente correcto atribuir las inundaciones exclusivamente a "falta de alcantarillado"; deben comprobarse además las pendientes, depresiones locales, rutas de flujo, superficies impermeables y capacidad de captación de sumideros.

El propio sistema cartográfico municipal permite analizar capas de amenaza por inundación e hidrológica junto con colectores de aguas lluvias, vías y densidad poblacional. Esta disponibilidad de información constituye una fortaleza para una futura fase hidrológico-hidráulica de mayor resolución.

Desde el punto de vista metodológico, los resultados coinciden con Swain et al. (2020), quienes demostraron que la susceptibilidad a inundaciones mejora cuando se integran criterios hidrológicos, morfométricos, permeabilidad, cobertura del suelo e intervención antrópica. Ding et al. (2021) también destacan el valor del SIG y la teledetección para caracterizar amenazas donde la

observación convencional resulta insuficiente.

Exposición y vulnerabilidad urbana

La exposición identificada comprende principalmente viviendas, calles, vehículos, bienes domésticos y desplazamiento de habitantes. El ingreso de agua a viviendas durante 2025 constituye el indicador más contundente de exposición física, porque demuestra que el límite entre el espacio público inundado y el espacio habitacional fue superado.

La afectación de calles añade una segunda dimensión: el riesgo de inundación no debe medirse únicamente por los daños interiores a las viviendas. La interrupción o deterioro de la movilidad puede limitar el acceso de vehículos particulares, transporte, servicios de emergencia y población con movilidad reducida. Durante enero de 2026, los registros describieron acumulaciones de agua y lodo y dificultades para la circulación en La Fortaleza y sectores próximos.

Bernardini et al. (2024) demostraron que la exposición humana a

inundaciones cambia con la configuración de calles, edificios y patrones temporales de uso urbano. Chen et al. (2021) encontraron, además, que la percepción y la vulnerabilidad humana varían espacialmente según el uso del suelo, la densidad de población y la profundidad de inundación. Estas evidencias respaldan la conveniencia de que futuros trabajos en La Fortaleza no se limiten a identificar dónde se acumula el agua, sino que incorporen qué elementos y personas quedan expuestos en esos puntos.

La existencia de aguas residuales mezcladas o acumuladas con aguas pluviales, reportada en 2025, constituye una vulnerabilidad adicional. Aunque la información disponible no permite determinar su composición ni concentración microbiológica, su presencia documentada indica que los efectos potenciales pueden trascender el componente vial y estructural.

Transformación del drenaje y riesgo residual

Una diferencia fundamental entre las condiciones de 2025 y 2026 es la ejecución de infraestructura

hidrosanitaria en la zona norte de Portoviejo. El proyecto MegaHidro incluye componentes de alcantarillado sanitario y pluvial y se encuentra modificando las condiciones de evacuación de aguas del sector.

Particularmente relevante es la construcción del ducto principal de aguas lluvias. En enero de 2026 se informó que el ducto alcanzaba aproximadamente tres kilómetros desde el sector de Miraflores/río Portoviejo hasta el paso lateral Manabí Guillén y la calle Rotaria. La estructura cruza el paso lateral precisamente a la altura de los accesos a La Fortaleza y El Negrital. Las secciones principales informadas alcanzan aproximadamente 3,5 m de ancho por 2 m de alto.

Desde una perspectiva de riesgo, esta obra aumenta la capacidad estructural de adaptación, pero no permite concluir todavía que el riesgo haya desaparecido. Para demostrar eficacia hidráulica sería necesario conocer caudales de diseño, periodos de retorno, áreas contribuyentes, pendientes, cotas, condiciones de descarga, cantidad y localización de sumideros y

comportamiento real ante tormentas de elevada intensidad.

La observación de enero de 2026 resulta ilustrativa: las autoridades reportaron que las lluvias iniciales habían generado principalmente problemas de lodo y transitabilidad y que no se habían reproducido las inundaciones observadas durante 2025. Este resultado preliminar es favorable, pero corresponde a las lluvias efectivamente ocurridas hasta ese momento y no constituye una prueba del funcionamiento bajo un evento extremo.

En consecuencia, el concepto más apropiado es riesgo residual. Incluso después de ejecutar medidas de reducción, siempre permanece una fracción de riesgo relacionada con eventos que exceden la capacidad de diseño, obstrucciones, fallos operacionales o cambios en las condiciones climáticas y urbanas. Zhang et al. (2023) muestran que la resiliencia frente a inundaciones depende tanto de la intensidad de lluvia como de la infiltración y desempeño del sistema, mientras Haghbin y Mahjouri (2023) enfatizan que la respuesta de los sistemas de drenaje debe evaluarse desde criterios técnicos y socioecológicos.

Escenario El Niño 2026–2027

El componente prospectivo representa uno de los principales aportes de este trabajo. Hasta comienzos de 2026, El Niño era todavía una condición a vigilar; sin embargo, la situación evolucionó durante el año. Para septiembre de 2026, la OMM confirmó la consolidación del fenómeno y una probabilidad cercana al 100 % de persistencia hasta febrero de 2027. El organismo prevé una intensificación adicional y una categoría muy fuerte antes del máximo esperado hacia finales del año.

NOAA, en su diagnóstico del 13 de agosto de 2026, había estimado una probabilidad superior al 90 % de que se produjera un episodio muy fuerte durante el otoño e invierno boreal de 2026–2027. Además, reportó anomalías superiores a +2,0 °C en sectores del Pacífico ecuatorial oriental y un Niño-1+2 de +2,9 °C durante julio, indicadores particularmente relevantes para la proximidad de Ecuador al Pacífico oriental.

Sin embargo, sería científicamente incorrecto formular:

“El Niño provocará inundaciones en La Fortaleza”.

La OMM advierte expresamente que la intensidad de un evento de El Niño no es el único determinante de los impactos regionales y que estos dependen de la época del año y de otros condicionantes oceánico-atmosféricos. Por ello, el resultado correcto es:

El Niño incrementa la necesidad de vigilancia y preparación ante precipitaciones potencialmente anómalas, pero el nivel real de inundación en La Fortaleza dependerá de la respuesta regional de la precipitación y de la capacidad del sistema de drenaje.

En Ecuador existe además evidencia científica de la sensibilidad hidrológica frente al Pacífico tropical. Quishpe-Vásquez et al. (2019) demostraron relaciones entre las temperaturas superficiales del Pacífico y la variabilidad estacional de los caudales ecuatorianos, incluyendo respuestas diferenciadas según el tipo de El Niño. Esto respalda la incorporación de ENOS como variable contextual dentro de un análisis prospectivo, sin utilizarlo

como predictor determinista de una inundación específica.

A partir de esta evidencia, resulta pertinente integrar el escenario climático previsto con las condiciones locales de amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta identificadas en La Fortaleza. Esta relación permite interpretar de

manera prospectiva cómo una mayor exigencia hidroclimática podría incidir sobre un sector con antecedentes recientes de inundación y con infraestructura de drenaje actualmente en proceso de consolidación. La Tabla 3 resume los principales componentes considerados y sus implicaciones para la gestión preventiva del riesgo durante el escenario 2026–2027.

Tabla 3. Implicaciones del escenario climático para La Fortaleza

Componente	Situación observada	Implicación 2026–2027
Amenaza	antecedentes de inundación 2025	vigilancia ante lluvias intensas
Exposición	viviendas y calles afectadas	mantener identificación de inmuebles y rutas críticas
Vulnerabilidad	drenaje en transformación	inspeccionar conexiones, sumideros y obstrucciones
Capacidad	nuevo ducto pluvial	verificar desempeño hidráulico real
Preparación	sistemas municipales de contingencia	fortalecer alerta y respuesta preventiva

Gestión preventiva del riesgo

La evidencia analizada permite proponer una estrategia escalonada sin asumir que el único mecanismo de reducción sea ampliar la infraestructura gris. Huang et al. (2020) señalan que las soluciones basadas en la naturaleza pueden complementar al drenaje convencional, especialmente frente a eventos frecuentes, mientras eventos extremos requieren esquemas combinados.

En La Fortaleza, las medidas de corto plazo deberían concentrarse en inspección de sumideros y colectores, limpieza preventiva de sedimentos, identificación de depresiones superficiales, verificación de cotas de entrada a viviendas y definición de rutas de movilidad durante lluvias intensas. Estas acciones adquieren mayor importancia mientras las obras del sistema hidrosanitario todavía se consolidan.

Una segunda línea debe consistir en instrumentación y modelación. Se recomienda generar un DEM de alta resolución mediante levantamiento topográfico, UAV o LiDAR cuando sea posible, caracterizar la red pluvial y realizar simulaciones con HEC-RAS 2D o un modelo urbano como SWMM. Deben analizarse al menos varios periodos de retorno y un escenario de estrés hidráulico superior al evento de diseño.

Finalmente, la respuesta comunitaria debe integrarse al componente técnico. Zhong et al. (2020) señalan que la resiliencia frente a inundaciones requiere articular infraestructura, capacidad social, información y respuesta. En Portoviejo existe ya la plataforma municipal Portoviejo Previene, que permite visualizar amenazas, recibir alertas, identificar rutas y reportar eventos, por lo cual su utilización puede constituir un complemento útil para la gestión local.

Alcance del estudio

El análisis realizado permite establecer con evidencia verificable la existencia de antecedentes, exposición, vulnerabilidades y transformación de la capacidad de

drenaje, además de construir un escenario preventivo asociado al contexto ENOS 2026–2027. Sin embargo, una evaluación probabilística de profundidad, velocidad, extensión o periodo de retorno requiere mediciones topográficas e hidrológico-hidráulicas específicas del sector.

Esta delimitación no reduce la utilidad del estudio; diferencia entre evidencia observada y magnitudes que todavía deben medirse. En etapas posteriores, la incorporación de DEM de alta resolución, precipitación de diseño y geometría completa del sistema permitirá transformar el diagnóstico prospectivo en una zonificación cuantitativa del riesgo.

4. Conclusiones

Los antecedentes analizados confirman que la inundación urbana constituye un riesgo materializado y recurrente en la ciudadela La Fortaleza, particularmente durante 2025, cuando se registraron calles anegadas, ingreso de agua a viviendas, afectación de bienes y acumulación de aguas pluviales y residuales.

La información de 2026 evidencia una fase de transición del riesgo. La ejecución del sistema MegaHidro y del nuevo ducto principal de aguas lluvias incrementa la capacidad estructural de evacuación; sin embargo, las acumulaciones de agua, sedimentos y problemas de movilidad observados durante las obras indican que debe mantenerse la vigilancia hasta verificar el desempeño integral del sistema frente a precipitaciones de elevada intensidad.

La condición actual debe interpretarse como riesgo residual de inundación, porque la construcción de infraestructura de drenaje disminuye potencialmente la vulnerabilidad, pero no elimina la posibilidad de eventos que excedan su capacidad, obstrucciones, problemas de captación superficial o condiciones hidroclimáticas excepcionales.

La consolidación de El Niño durante 2026 y su previsión de alcanzar intensidad muy fuerte hacia finales del año incrementan la pertinencia de acciones preventivas durante 2026–2027. No obstante, el fenómeno no debe utilizarse como predictor determinista de

inundaciones locales; sus efectos deben ser contrastados con pronósticos regionales y registros de precipitación de Ecuador.

Se requiere complementar el diagnóstico mediante levantamiento topográfico de alta resolución, inventario georreferenciado de sumideros y colectores, análisis de precipitaciones y modelación hidrológico-hidráulica, con el propósito de identificar profundidades, velocidades, tiempos de permanencia y sectores críticos bajo diferentes escenarios.

La articulación entre infraestructura, SIG, monitoreo meteorológico, mantenimiento preventivo y participación comunitaria ofrece una base más robusta para disminuir el riesgo que la consideración aislada de cualquiera de estos componentes.

Bibliografía

Bernardini, G., Ferreira, T. M., Baquedano Julià, P., Ramírez Eudave, R., & Quagliarini, E. (2024). Assessing the spatiotemporal impact of users' exposure and vulnerability to flood risk in urban built environments.

- Sustainable Cities and Society*, 100, 105043. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105043>
- Chávez Loor, A. A., Murillo Mero, M. J., & Delgado, D. (2025). Análisis del riesgo de inundaciones en la ciudad de Portoviejo mediante la implementación de ráster satelital. *Dominio de las Ciencias*, 11(2), 317–339. <https://doi.org/10.23857/dc.v11i2.4333>
- Chen, J., Chen, W., & Huang, G. (2021). Assessing urban pluvial flood resilience based on a novel grid-based quantification method that considers human risk perceptions. *Journal of Hydrology*, 601, 126601. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126601>
- Davenport, F. V., Burke, M., & Dickenbaugh, N. S. (2021). Contribution of historical precipitation change to US flood damages. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(4), e2017524118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2017524118>
- Ding, L., Ma, L., Li, L., Liu, C., Li, N., Yang, Z., Yao, Y., & Lu, H. (2021). A survey of remote sensing and Geographic Information System applications for flash floods. *Remote Sensing*, 13(9), 1818. <https://doi.org/10.3390/rs13091818>
- Hagbin, S., & Mahjouri, N. (2023). Quantifying and improving flood resilience of urban drainage systems based on socio-ecological criteria. *Journal of Environmental Management*, 339, 117799. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117799>
- Huang, Y., Tian, Z., Ke, Q., Liu, J., Irannezhad, M., Fan, D., Hou, M., & Sun, L. (2020). Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management. *WIREs Water*, 7(3), e1421. <https://doi.org/10.1002/wat2.1421>
- Li, J., Strong, C., Wang, J., & Burian, S. (2023). An event-based resilience index to assess the impacts of land imperviousness and climate changes on flooding risks in urban drainage systems. *Water*, 15(14), 2663. <https://doi.org/10.3390/w15142663>
- Li, J., & Burian, S. J. (2023). Evaluating real-time control of stormwater drainage network and green stormwater infrastructure for enhancing flooding resilience under future rainfall projections. *Resources, Conservation and Recycling*, 198, 107123. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107123>

- Löwe, R., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2020). Urban pluvial flood risk assessment: Data resolution and spatial scale when developing screening approaches on the microscale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20, 981–997. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-981-2020>
- O'Donnell, E. C., & Thorne, C. R. (2020). Drivers of future urban flood risk. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 378(2168), 20190216. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0216>
- Quishpe-Vásquez, C., Gámiz-Fortis, S. R., García-Valdecasas-Ojeda, M., Castro-Díez, Y., & Esteban-Parra, M. J. (2019). Tropical Pacific sea surface temperature influence on seasonal streamflow variability in Ecuador. *International Journal of Climatology*, 39(10), 3895–3914. <https://doi.org/10.1002/joc.6047>
- Swain, K. C., Singha, C., & Nayak, L. (2020). Flood susceptibility mapping through the GIS-AHP technique using the cloud. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12), 720. <https://doi.org/10.3390/ijgi9120720>
- Zhang, Y., Yue, W., Su, M., Teng, Y., Huang, Q., Lu, W., Rong, Q., & Xu, C. (2023). Assessment of urban flood resilience based on a systematic framework. *Ecological Indicators*, 150, 110230. <https://doi.org/10.1016/j.ecoli.2023.110230>
- Zhong, M., Lin, K., Tang, G., Zhang, Q., Hong, Y., & Chen, X. (2020). A framework to evaluate community resilience to urban floods: A case study in three communities. *Sustainability*, 12(4), 1521. <https://doi.org/10.3390/su12041521>