

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v7i14.0218>

EVALUACIÓN DE INUNDACIONES MEDIANTE MODELACIÓN HIDRÁULICA EN EL RÍO BURGAY: CASO DE ESTUDIO SECTOR EL DESCANSO

FLOOD ASSESSMENT USING HYDRAULIC MODELING IN THE BURGAY RIVER: CASE STUDY IN THE EL DESCANSO SECTOR

Sanmartín-Álvarez Brayan Saúl ¹; Prehn-Garcés Claudia ²;
Reyes-Zambrano Jimmy Leandro ³; Chavarría-Párraga Jesús Enrique ⁴

¹ Maestría Hidráulica, Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: bsanmartin4313@pucesm.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-9012-4639>.

² Maestría Hidráulica, Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: clauprehn@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2191-7742>.

³ Maestría Hidráulica, Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: jlreyesz@pucesm.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0962-519X>.

⁴ Maestría Hidráulica, Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: jechavarria@pucesm.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8868-394X>.

Resumen

Este estudio aborda el problema de las inundaciones provocadas por el desbordamiento del río Burgay en el sector El Descanso. Las inundaciones, fenómeno creciente a nivel global debido al cambio climático y la expansión urbana, representan una amenaza significativa, causando pérdidas humanas y económicas. Con el fin de identificar las áreas más vulnerables a este riesgo, se llevó a cabo una modelación hidráulica de un tramo del río utilizando el software HEC-RAS. La metodología consideró dos escenarios. El primero representa el estado actual del río, mientras que el segundo simula las condiciones de 1989, cuando el cauce estaba libre de obstrucciones y sedimentos acumulados. Para alimentar el modelo, se recopiló información histórica mediante imágenes satelitales, levantamientos topográficos, fotografías aéreas y datos de la plataforma GeoGLOWS Tethys. Los resultados del escenario actual revelan que la acumulación de sedimentos y las actividades humanas incrementan la magnitud y frecuencia de las inundaciones. En contraste, el escenario de 1989 muestra una mejora significativa en la capacidad del río para manejar caudales elevados, lo que afecta positivamente la dinámica del flujo. Además, los mapas de inundación generados constituyen herramientas cruciales para la planificación y gestión de riesgos en la región. Finalmente, se propone la implementación de estaciones de monitoreo en puntos estratégicos para obtener datos más precisos que permitan optimizar las estrategias de mitigación y respuesta ante eventos de inundación.

Palabras clave: Modelación, sedimento, inundación.

Abstract

This study addresses the issue of flooding caused by the overflow of the Burgay River in the El Descanso sector. Floods, a growing global phenomenon due to climate change and urban expansion, pose a significant threat, leading to human and economic losses. To identify the areas most vulnerable to this risk, a hydraulic modeling of a section of the river was carried out using the HEC-RAS software. The methodology considered two scenarios. The first represents the current state of the river, while the second simulates the conditions of 1989, when the riverbed was free of obstructions and accumulated sediments. Historical data were collected through satellite images, topographic surveys, aerial photographs, and data from the GeoGLOWS Tethys platform to feed the model. The results of the current scenario reveal that sediment accumulation

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 15 de abril de 2024.

Fecha de aceptación: 25 de junio de 2024.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2024.



and human activities increase the magnitude and frequency of floods. In contrast, the 1989 scenario shows a significant improvement in the river's capacity to handle high flows, positively impacting water flow dynamics. Moreover, the generated flood maps serve as crucial tools for planning and risk management in the region. Finally, the implementation of monitoring stations at strategic locations is proposed to obtain more precise data, enabling the optimization of mitigation strategies and responses to flooding events.

Keywords: Modeling, sediments, flooding.

1. Introducción

A lo largo de la historia, las inundaciones han sido un fenómeno recurrente, causado principalmente por desbordamientos fluviales, lluvias intensas y deshielos (Ordoñez, 2015). En respuesta, las primeras sociedades desarrollaron sistemas de drenaje y canales como medidas de mitigación. Con el tiempo, estas soluciones evolucionaron hacia infraestructuras más avanzadas como diques y presas. Sin embargo, la rápida urbanización, el crecimiento poblacional y el cambio climático han aumentado significativamente los riesgos de inundaciones, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas, como lo señala la Organización de los Estados Americanos (OEA, 1993). Las intervenciones humanas, como la impermeabilización del suelo, han reducido la capacidad de infiltración

natural, aumentando la escorrentía superficial y agravando el problema.

En las últimas décadas, las inundaciones han provocado pérdidas humanas, económicas y ambientales considerables. Se estima que aproximadamente el 50% de los desastres climáticos están relacionados con el agua, causando alrededor de 1.3 millones de muertes en los últimos cincuenta años (ONU-Habitat, 2021; Salazar, 2018). Esta creciente frecuencia y magnitud de las inundaciones subraya la necesidad de implementar estrategias de gestión de riesgos más efectivas y adaptadas al contexto actual.

La gestión integral de inundaciones requiere una combinación de enfoques que incluyen la planificación urbana sostenible, el manejo de cuencas hidrográficas, la implementación de sistemas de alerta temprana y el mejoramiento de

las infraestructuras de control (Bello et al., 2020). Además, es fundamental promover la conservación de humedales y la restauración de ecosistemas naturales para reducir el impacto de las inundaciones, junto con la creación de planes de contingencia comunitarios (Royal et al., 2018).

En este contexto, la modelación hidráulica ha demostrado ser una herramienta crucial para el análisis y la predicción de eventos de inundación. Zambrano (2020), por ejemplo, empleó el software HEC-RAS en el análisis de un tramo de la quebrada El Chorro, obteniendo resultados positivos en la simulación de escenarios. De manera similar, Timbe y Timbe (2012) utilizaron este software para mapear el peligro de inundación en ríos de montaña, demostrando su precisión en escenarios con datos limitados.

Este estudio se enfoca en el sector El Descanso, en el límite de las provincias de Azuay y Cañar, Ecuador. El área es atravesada por el río Burgay y ha sido afectada por varios eventos de inundación en los últimos años. Un ejemplo significativo fue el evento de 2021,

que causó graves daños a la infraestructura pública y privada, incluyendo el colapso de vías de circulación importantes (SNDGR, 2021).

Este estudio se enfoca en el sector de El Descanso, en el río Burgay, Ecuador, una zona vulnerable a inundaciones recientes que han causado daños significativos (SNDGR, 2021). Utilizando HEC-RAS, se analizará el comportamiento hidráulico del río en dos escenarios: su estado actual y una simulación basada en las condiciones de 1989. El objetivo es identificar las zonas de mayor riesgo y elaborar mapas de inundación que faciliten la gestión de riesgos en la región.

2. Materiales y métodos

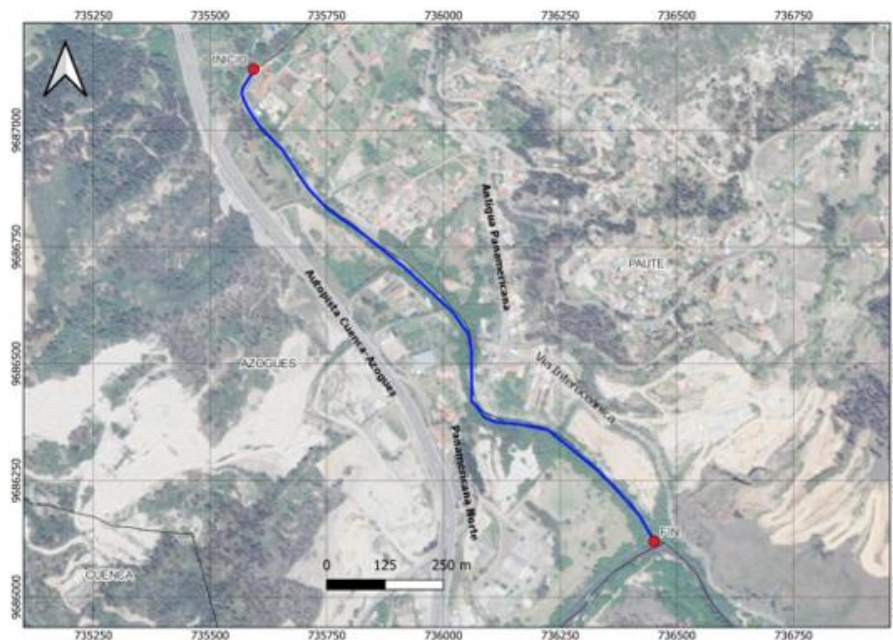
Para el desarrollo se ha tomado un enfoque de investigación cuantitativa. Este enfoque está sustentado por la recolección y análisis de datos numéricos que no solo busca comprender el patrón de inundación sino proponer estrategias para gestión del riesgo de inundación en la zona de estudio.

Localización

La zona del estudio fue en el sector El Descanso (cantones Cuenca, Azogues y Paute), correspondiente a un tramo del río Burgay, comprendido desde la unión de los ríos Déleg y Burgay, punto de

coordenadas UTM WGS84 zona 17S: X:735593.54 Y:9687131.35; hasta la unión con el río Tomebamba punto de coordenadas UTM WGS84 zona 17S: X: 736451,53 Y: 9686119,55; con una longitud de 1436.74 m.

Figura 1. Mapa de tramo del río Burgay escogido para el estudio



Estudio Hidráulico

Modelación Hidráulica

La modelación hidráulica se define como el proceso de simulación de fenómenos y procesos asociados al flujo del agua (Stenta et al., 2018). Es un método determinista fundamentado en principios físicos preestablecidos, que pueden basarse en conceptos generales del análisis bidimensional o en el uso de ecuaciones empíricas para procesos

específicos. Es crucial que los parámetros físicos e hidrodinámicos del modelo representen fielmente las magnitudes reales conforme a leyes específicas, conocidas como escalas (Morresi et al., 2018). Estas magnitudes incluyen propiedades físicas como la velocidad del agua y la profundidad del flujo, y las escalas permiten representar estas características con precisión en el modelo. La precisión de los resultados depende del uso

adecuado de estas escalas. Sin embargo, algunos aspectos no pueden ser representados con exactitud en el modelo, generando efectos de escala.

Selección de la Herramienta de Modelado Hidráulico

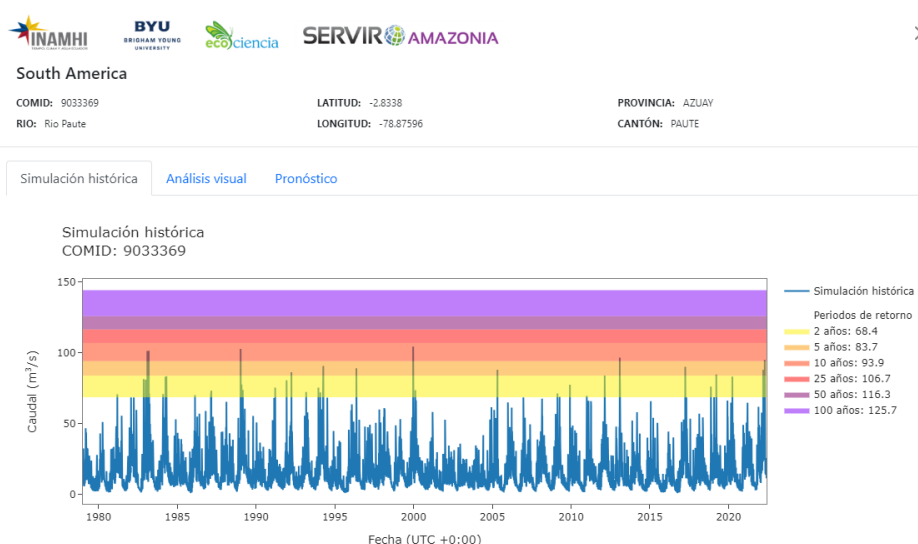
Existen diversas herramientas de modelación hidráulica que incluyen opciones adimensionales, unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales. Cada una es adecuada para diferentes escenarios o estudios de caso (Khaled, 2008). En este estudio se utilizó el software Hydrological Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU., el cual es de libre acceso. Una ventaja significativa de

HEC-RAS es que requiere una cantidad limitada de información para obtener resultados precisos y representativos de la realidad (Timbe y Timbe, 2012).

Caudal de Diseño

El caudal para el modelo se obtuvo a través de la plataforma GeoGLOWS Tethys, disponible en el portal del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) como observamos en la Figura 2, en colaboración con la Fundación EcoCiencia y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), bajo el programa SERVIR-Amazonia, que es parte de SERVIR Global, una iniciativa conjunta de la NASA y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), entre otros (INAMHI, 2022).

Figura 2. Entorno de visualización de datos en la plataforma GeoGLOWS



Para validar los datos se compararon con los utilizados por Timbe y Timbe (2012), quienes modelaron un tramo del río Burgay, aguas arriba del área de estudio. Este autor estimó los caudales de crecida utilizando resultados del estudio de Estrella y Tobar (1994), que establecieron

caudales máximos para periodos de retorno de 10, 20 y 50 años en puntos del río Burgay y Deleg, utilizando datos de la estación Tomebamba, la cual cuenta con registros confiables de caudal durante 23 años (1964 – 1987).

Tabla 1. Comparacion de caudales obtenidos de la plataforma GeoGLOWS y del estudio de Luis y Edison Timbe

TR	GeoGLOWS (m ³ /s)	Luis T & Edison T (2012) (m ³ /s)
25 años	106.7	97.5
50 años	116.3	110.8
100 años	125.7	124.2

Información topográfica

La topografía es un elemento crucial en la modelación hidráulica, ya que su precisión determina la exactitud de los resultados obtenidos. En este estudio, se utilizó un Modelo Digital de Terreno (MDT) generado a partir de datos topográficos recopilados por el Ministerio de Agua, Ambiente y Transición Ecológica (MAATE), que incluyó una revisión detallada de secciones transversales, infraestructura, llanuras de inundación y batimetría (Figura 3). Estos datos se complementaron con un levantamiento fotogramétrico (Figura 4). Posteriormente, la información topográfica fue

procesada y el MDT fue creado utilizando el software QGIS (Figura 5).

Figura 3. Levantamiento Topográfico Visualizado en Civil 3D

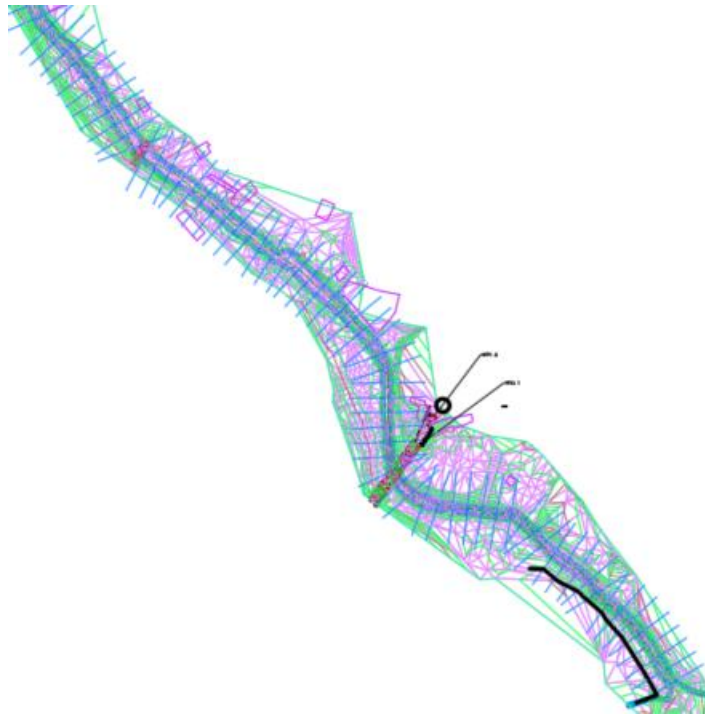


Figura 4. Levantamiento fotogramétrico del tramo de río en estudio



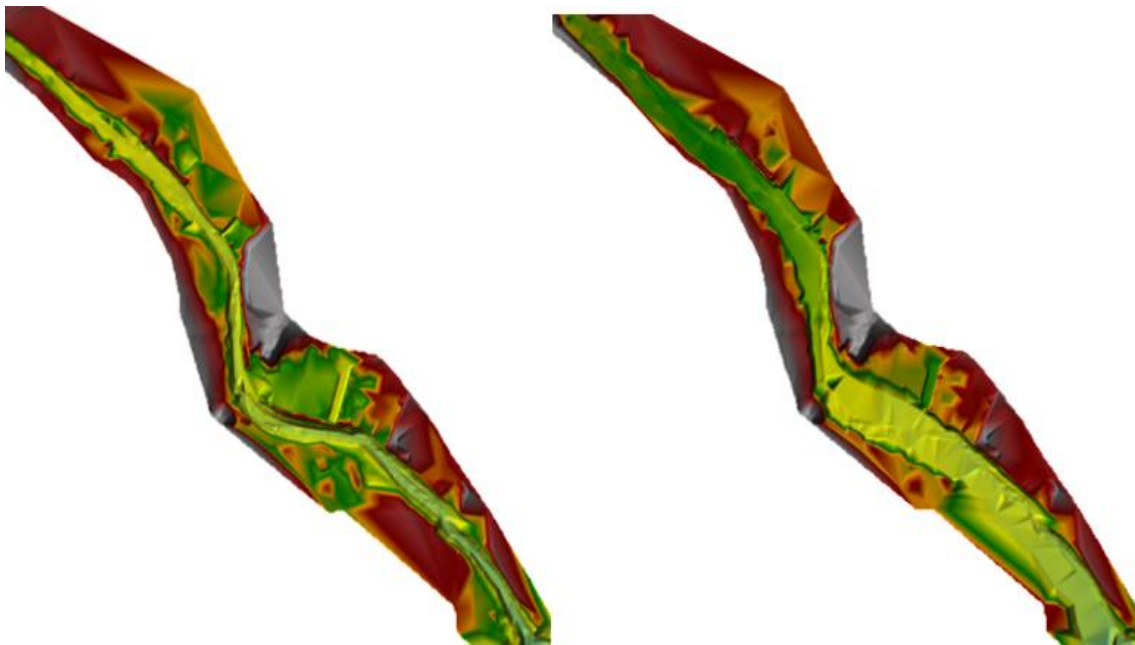
Se trabajó la topografía considerando las referencias de los puntos levantados, además de fotografías aéreas pertenecientes al

IGM de 1989, donde se pudo determinar el ancho del cauce del río para esa época, intentando generar las condiciones topográficas que

simulen en flujo libre de sedimentos y obstrucciones existentes actualmente, al cual se lo denominó escenario dos.

En la imagen a continuación se puede apreciar el trabajo realizado en la zona del estudio.

Figura 5. En la parte izquierda se evidencia la topografía del terreno actual, y a la derecha la topografía editada simulado estado de 1989



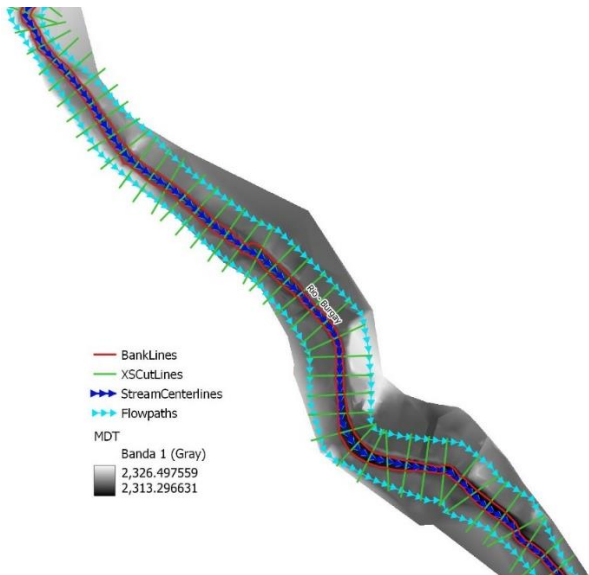
Geometría

Para construir la geometría del modelo se utilizó el complemento "RiverGis", una extensión del software de uso libre QGIS. Este complemento permite preparar datos geométricos detallados y exportarlos posteriormente al modelo HEC-RAS. La geometría considerada incluyó:

- Banklines (líneas de banco): representan los bordes laterales del río.
- Stream Centerline (línea central del curso de agua): define el eje principal del flujo.

- Flowpaths (trayectorias de flujo): indican las rutas que sigue el agua.
- SxCutlines (secciones transversales): se generaron cada 30 metros, con un total de 47 secciones, cada una con un ancho de 120 metros.

Figura 6. Geometría generada con River Gis.



Infraestructura

El puente ubicado en el sector El Descanso es un elemento crucial en la zona de estudio, ya que conecta la región del austro con el oriente. Se realizaron mediciones detalladas para representarlo en el modelo, considerando las dimensiones del puente, como el largo y ancho, la

altura y ancho de los arcos, y la separación entre ellos. Estas medidas se procesaron en Excel para obtener el perfil del puente en términos de cota y abscisa, y luego se incorporaron al modelo HEC-RAS, indicando la distancia de la infraestructura tanto aguas arriba como aguas abajo de la sección más cercana (Figura 7 y 8).

Figura 7. Datos ingresados de la infraestructura en el modelo

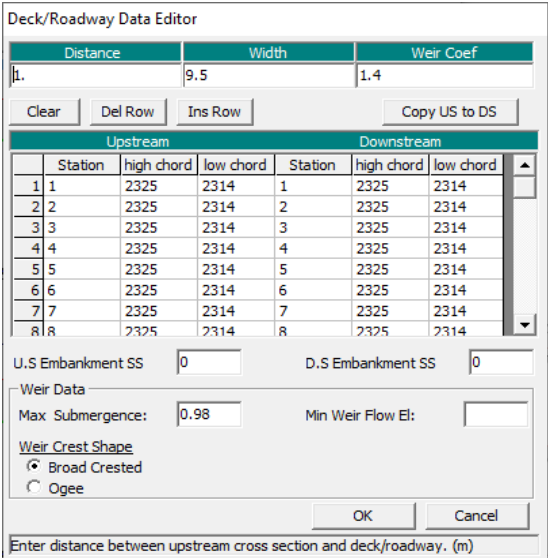
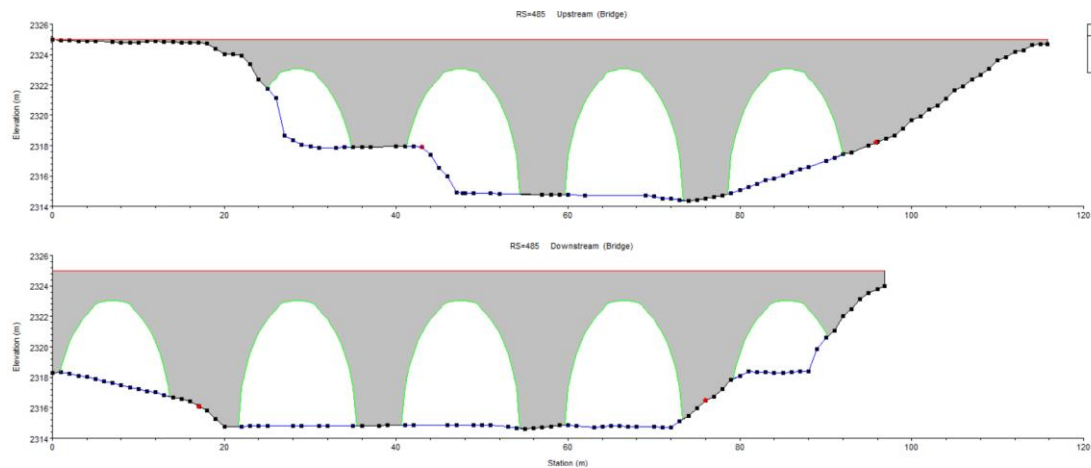


Figura 8. Detalle del puente incluida en el modelo HEC-RAS.



Coeficiente de Rugosidad

El coeficiente de rugosidad depende de factores como la superficie, vegetación, material e irregularidades del terreno (Bustamante et al., 2023). No existe un método exacto para determinarlo, por lo que se realizó una inspección de campo y se utilizó la tabla de Chow (1994) como referencia. Se estimó un valor promedio de $n=0.040$ para el lecho del río, debido a la presencia de rocas y gravas uniformes. Para las llanuras de inundación, se asignó un valor de $n=0.030$, considerando la vegetación y material predominantes.

Coeficientes de Contracción y Expansión

Estos coeficientes miden las pérdidas de energía en la transición entre perfiles consecutivos. Según Timbe y Willems (2011), se

estableció un coeficiente de contracción de 0.1, indicando una pérdida del 10% de la energía cinética al contraerse el flujo, y un coeficiente de expansión de 0.3, representando una pérdida del 30% al expandirse. Estos valores se basaron en el manual del software HEC-RAS.

Condiciones de Contorno

Se definió un flujo supercrítico, con una profundidad normal y una pendiente representativa aguas arriba, ya que estas condiciones reflejan mejor las características del río. La selección se realizó tras analizar aspectos topográficos, hidráulicos y geométricos del área de estudio.

3. Resultados y discusión

El modelo consideró los mismos factores y criterios para ambos escenarios, siendo la topografía del lecho del río la única variable diferenciadora. Es importante destacar que esta modificación topográfica se realizó después de analizar las condiciones hidráulicas actuales y los registros históricos, concluyendo que las características de los sedimentos no presentan variaciones significativas que justifiquen una modificación del coeficiente de Manning. Esto es clave, ya que el objetivo principal es evaluar cómo la topografía afecta el comportamiento del río. Si bien es cierto que cambiar diversas variables podría influir en los resultados del modelo, en este caso se buscó aislar el impacto específico de la topografía.

Determinación del comportamiento hidráulico en el tramo de estudio, considerando la topografía actual del río

Se utilizaron los resultados del modelo HEC-RAS para simular el escenario uno, que representa el estado actual del río, considerando

diferentes periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

Resultados Numéricos

La tabla 2 ofrece una muestra representativa de estos resultados. Los principales parámetros hidráulicos obtenidos de este análisis incluyen:

El caudal total (Q Total), cota mínima topográfica del fondo del cauce (Min Ch El), la cota de la lámina de agua (W. S. Elev), la cota del calado o tirante crítico (Crit W. S), la cota de la línea de energía (E. G. Elev), la pendiente de la línea de energía (E. G. Slope), la velocidad en el cauce central de la sección (Vel Chnl), el área mojada (Flow Area), el ancho de la lámina de agua (Top Width) y el número de Froude de la sección (Froude # Chl).

Tabla 2. Resultados numéricos de la sección 1410 para los diferentes periodos de retorno.

Profile	Q Total m ³ /s	Min Ch El m	W.S. Elev m	Crit W.S. m	E.G. Elev m	E.G. Slope m/m	Vel Chnl m/s	Flow Area m ²	Top Width m	Froude # Chl
TR 100	125.7	2320	2322.1	2321.8	2322.5	0.00597	2.94	44.96	30.23	0.68
PF 50	116.3	2320	2322.0	2321.7	2322.4	0.00663	2.96	41.16	29.61	0.7
PF 25	106.7	2320	2321.8	2321.6	2322.3	0.00731	2.97	37.5	28.5	0.73

Se ha evidenciado que, para un tiempo de retorno de 100 años, se obtienen valores superiores en cuanto a caudal, elevación del nivel de agua, elevación de la línea de energía y área de flujo en comparación con otros periodos de retorno. Sin embargo, en el caso de un tiempo de retorno de 25 años, se presentan los valores más altos para la pendiente de la línea de energía, la velocidad del flujo y el número de Froude.

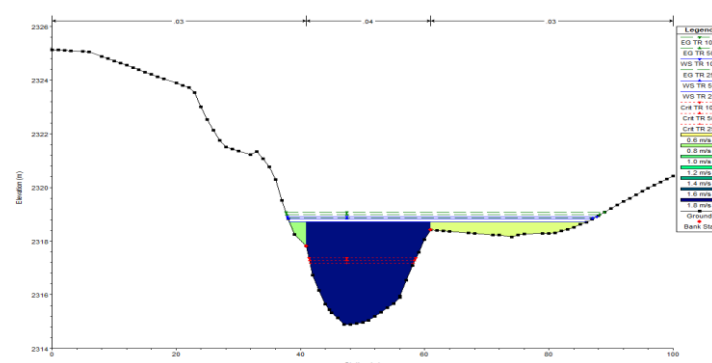
Niveles de Agua en las Secciones Transversales

A continuación, se detalla el comportamiento del nivel de agua en la sección 600:

- **Tiempo de retorno de 100 años:** el nivel de agua alcanza una cota de 2322.13 m.
- **Tiempo de retorno de 50 años:** el nivel de agua llega a los 2322.01 m.
- **Tiempo de retorno de 25 años:** el nivel de agua alcanza los 2321.88 m.

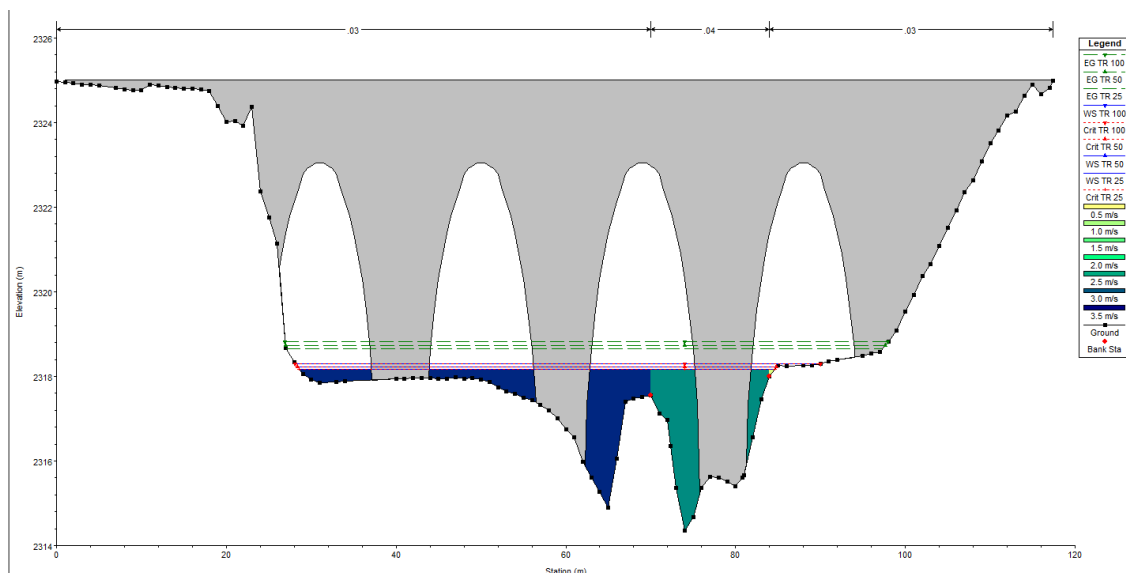
Aunque las diferencias entre los tiempos de retorno de 100 y 50 años son mínimas, se aprecia una variación más significativa al comparar estos con el tiempo de retorno de 25 años.

Figura 9. Resultados del nivel de superficie libre de agua para los distintos periodos de retorno en la sección 600.



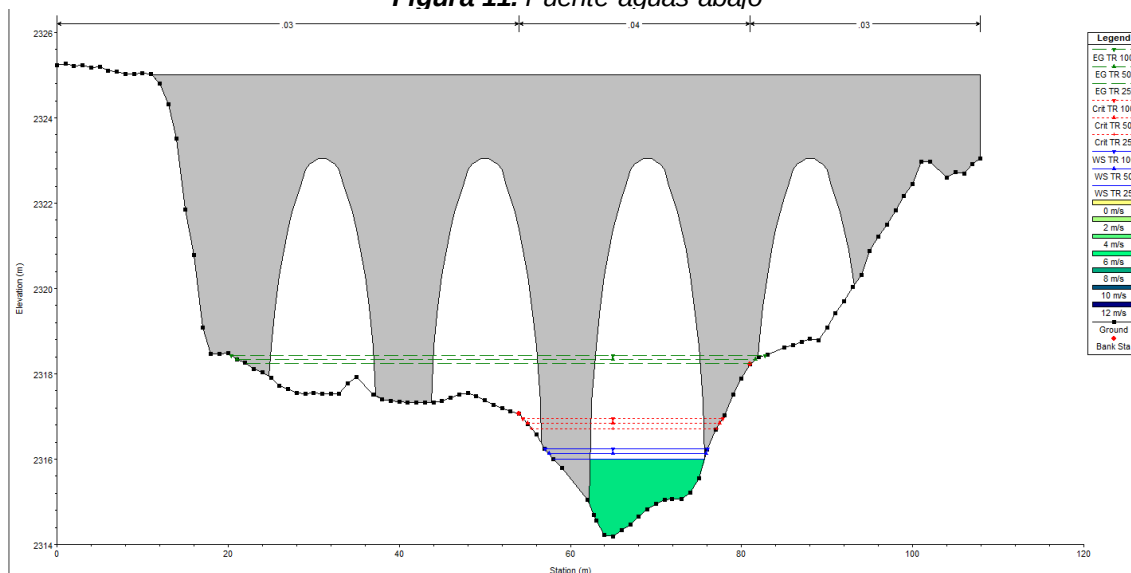
Nivel de agua en la infraestructura

Figura 10. Puente aguas arriba



Identificamos que aguas arriba del puente, el nivel de agua máximo alcanza la cota 2318.1

Figura 11. Puente aguas abajo



Aguas abajo del puente se identifica que el nivel máximo de agua, llega a la cota 2316.02, lo cual es dos metros más bajo que aguas arriba del puente.

Perfil longitudinal del tramo de estudio

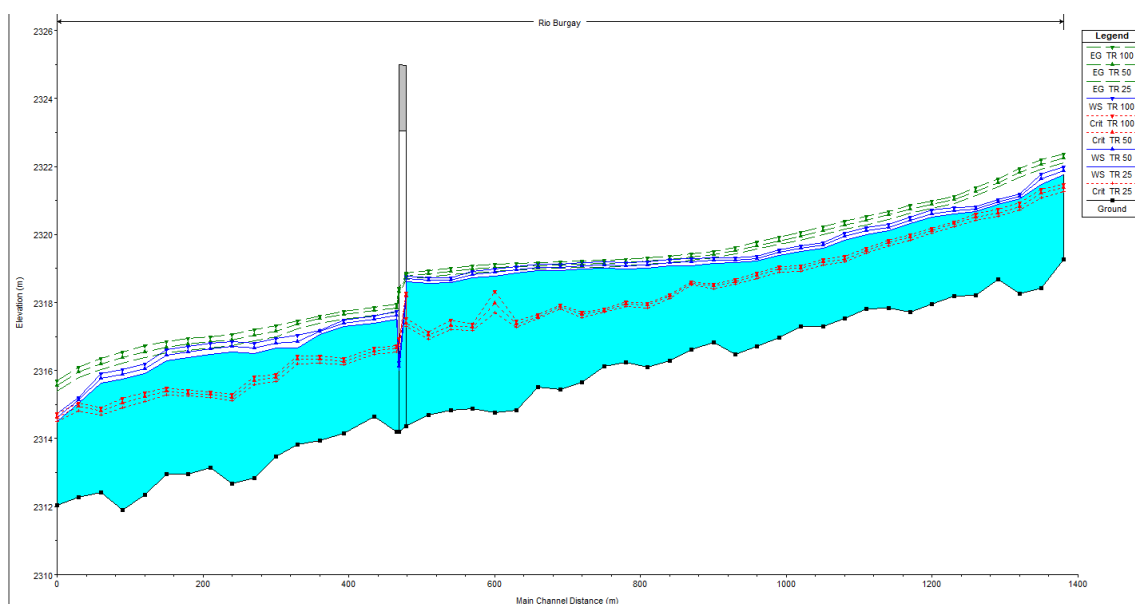
La siguiente figura muestra los resultados obtenidos a lo largo del perfil longitudinal, donde se visualizan los niveles de agua

correspondientes a los periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

Se observa que el perfil longitudinal no es uniforme, destacándose una variación en la zona donde se encuentra el puente. Es importante resaltar que, aguas arriba del

ponte, se registra una notable elevación en el nivel del agua, mientras que aguas abajo se produce una disminución significativa. Este comportamiento influye directamente en variables clave como la velocidad del flujo y la energía del sistema.

Figura 12. Perfil Longitudinal con los niveles de agua en los diferentes periodos de retorno.



Se presentan los resultados obtenidos con el modelo para el escenario dos “estado simulado con la ribera del río libre de obstáculos”

Resultados numéricos

En el anexo 4 se recopilan los resultados numéricos para todas las secciones analizadas, en la tabla 2 se puede observar una muestra de estos resultados. Como resultado de este cálculo hidráulico tenemos: el caudal total (Q Total), cota mínima

topográfica del fondo del cauce (Min Ch El), la cota de la lámina de agua (W. S. Elev), la cota del calado o tirante crítico (Crit W. S), la cota de la línea de energía (E. G. Elev), la pendiente de la línea de energía (E. G. Slope), la velocidad en el cauce central de la sección (Vel Chnl), el área mojada (Flow Area), el ancho de la lámina de agua (Top Width) y el número de Froude de la sección (Froude # Chl).

Tabla 3. Resultados numéricos de la sección 1410 para los diferentes periodos de retorno.

Profile	Q Total m ³ /s	Min Ch El m	W.S. Elev M	Crit W.S. m	E.G. Elev m	E.G. Slope m/m	Vel Chnl m/s	Flow Area m ²	Top Width m	Froude # Chl
TR 100	125.7	2319.26	2321.97	2321.4	2322.3	0.0047	2.79	47.48	29.45	0.61
TR 50	116.3	2319.26	2321.86	2321.3	2322.2	0.0050	2.78	44.03	29.04	0.62
TR 25	106.7	2319.26	2321.74	2321.2	2322.1	0.0052	2.74	40.66	28.55	0.63

Los resultados obtenidos son similares al primer escenario, encontramos que el caudal, elevación del agua, elevación de la línea de energía y área de flujo son mayores según aumenta el tiempo de retorno, pero también encontramos que los valores de elevación de agua son menores con relación al primer escenario.

Nivel de agua en las secciones transversales

En la imagen a continuación se detalla los niveles obtenidos para la sección 600.

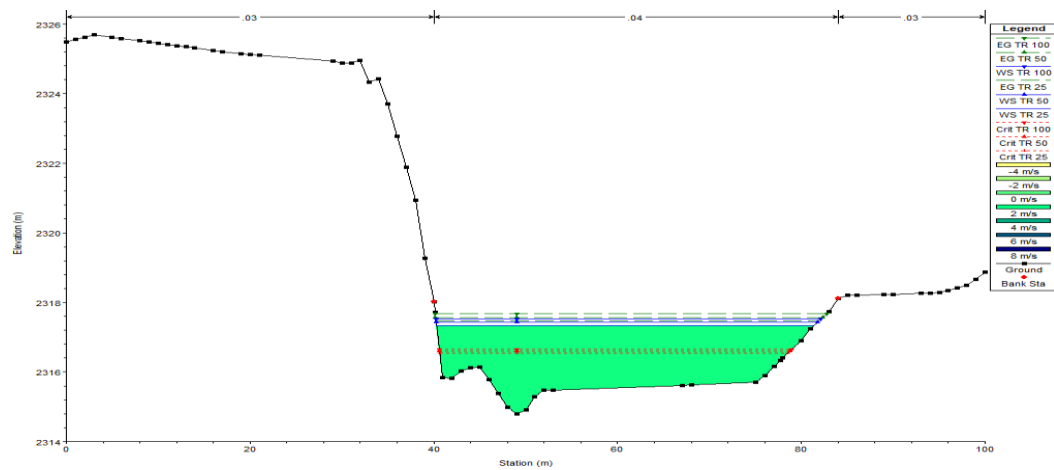
El nivel de agua con un Tiempo de retorno de 100 años observamos alcanza la cota 2321.97 m, con 50 años llega a la 2321.86 m y para 25 años alcanza la 2321.74 m.

A continuación, se detalla el comportamiento del nivel de agua en la sección 600:

- **Tiempo de retorno de 100 años:** el nivel de agua alcanza una cota de 2321.97 m.
- **Tiempo de retorno de 50 años:** el nivel de agua llega a los 2321.86 m.
- **Tiempo de retorno de 25 años:** el nivel de agua alcanza los 2321.74 m.

Es evidente que las diferencias no son marcadas entre TR 100 y TR 50, sin embargo, con un TR 25 ya se marca una diferencia.

Figura 13. Resultados del nivel de superficie libre de agua para los distintos periodos de retorno en la sección 600.



Nivel de agua en la infraestructura

Figura 14. Puente aguas arriba

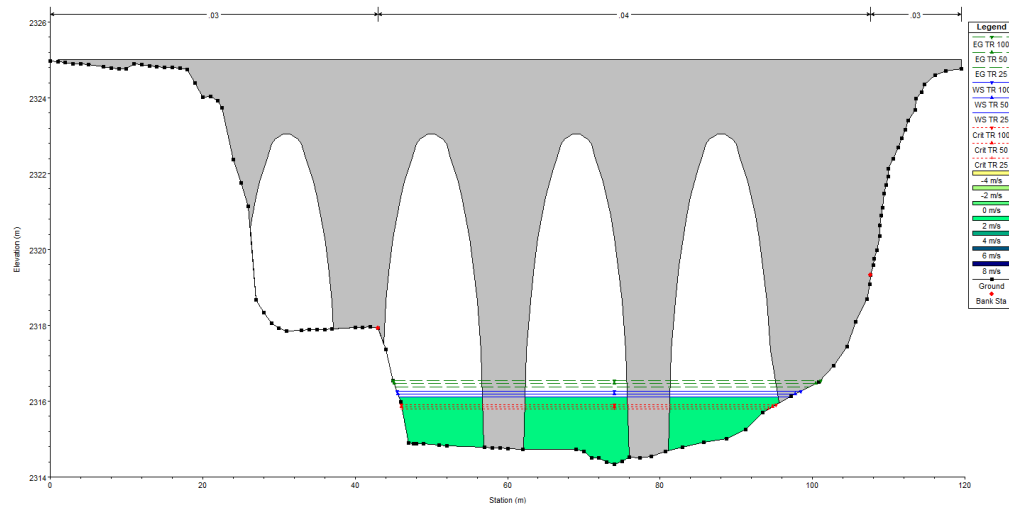
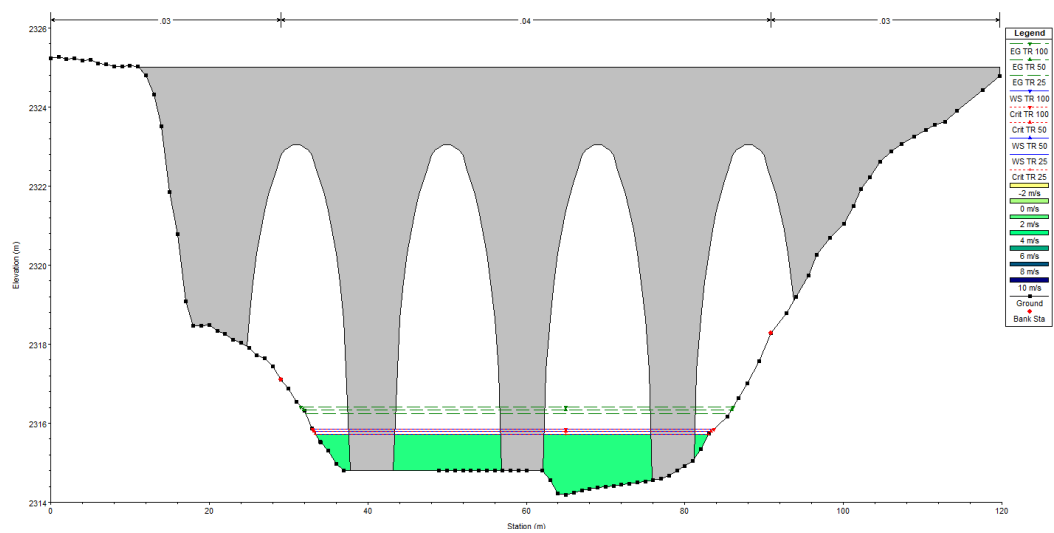


Figura 15. Puente aguas abajo



Como resultado se tiene el nivel del agua en el puente aguas arriba llega a la cota 2316.1m y aguas abajo a la cota 2315.8m. Se evidencia que la diferencia es mínima, por lo cual no hay una alteración en el flujo de agua.

Perfil longitudinal del tramo de estudio

En la siguiente figura se presenta los resultados obtenidos a lo largo del

perfil longitudinal, en el mismo se puede observar los niveles de agua para los distintos periodos de retorno: 25, 50 y 100 años de retorno.

Evidenciamos que el perfil longitudinal se encuentra uniforme, pues en la parte donde se ubica el puente no se observa alteración, por ende, no existe incidencia en cuanto a la velocidad y energía.

Figura 16. Perfil Longitudinal con los niveles de agua en los diferentes periodos de retorno.

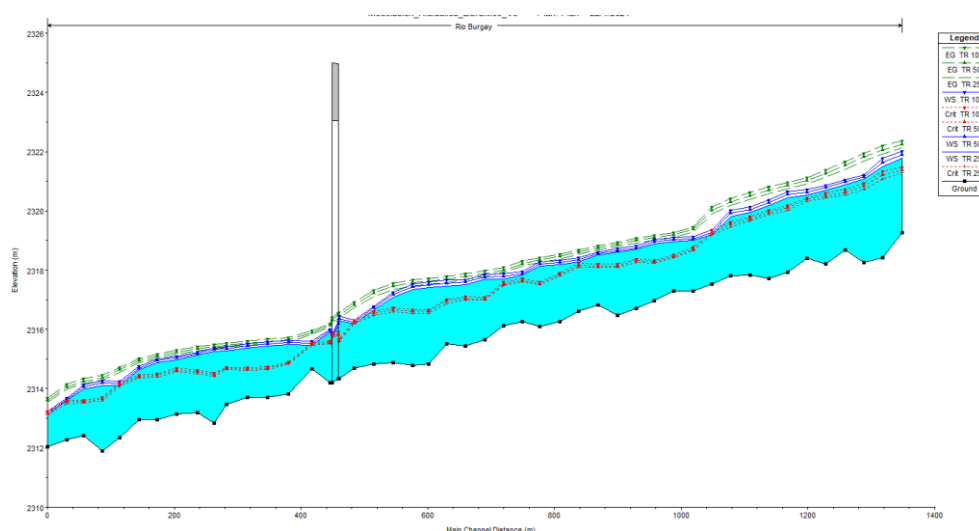


Figura 17. A la izquierda mancha de inundación con el escenario uno y en la parte derecha mancha de inundación con el escenario dos, para 50 años de retorno



TR 100 Años

Para el escenario uno, se observa un desbordamiento aún más extenso del cauce, que afecta una mayor área comparado con el TR 25,

incluyendo zonas urbanas e infraestructuras. En el escenario dos, el flujo del río continúa comportándose de manera estable, manteniéndose dentro de su cauce sin ocasionar desbordes.

Figura 18. A la izquierda mancha de inundación con el escenario uno y en la parte derecha mancha de inundación con el escenario dos, para 100 años de retorno



En un estudio reciente enfocado en el río Burgay, Idrovo (2024) reveló que la infraestructura crítica del Cantón Biblián se encuentra en una situación alarmante. El 31% de la red de agua potable, el 45% del alcantarillado, el 44% de las vías urbanas y un preocupante 67% de los puentes están expuestos a un riesgo muy alto o alto de inundación. Estos hallazgos subrayan la urgencia de implementar medidas preventivas y estrategias de gestión del riesgo para proteger la salud

pública y la economía local ante eventos climáticos extremos.

4. Conclusiones

La modelación hidráulica reveló que las zonas críticas de acumulación de sedimentos y las intervenciones humanas han alterado significativamente el flujo del río Burgay, aumentando la susceptibilidad a inundaciones. Esto es especialmente evidente en las áreas donde el cauce se estrecha, incrementando la altura de la lámina

de agua durante eventos de crecida, lo que genera un alto riesgo de desbordamiento.

El puente en el sector El Descanso es uno de los puntos más afectados, con solo uno de sus arcos funcionando adecuadamente debido a la acumulación de sedimentos. Esta situación altera de manera drástica la dinámica del flujo, incrementando el riesgo de inundaciones en el área.

El análisis histórico mostró que, cuando el cauce del río era más ancho y libre de obstrucciones, los niveles de agua durante las crecidas eran significativamente más bajos. Esto sugiere que la restauración del cauce original podría reducir considerablemente el riesgo de inundaciones y mejorar la capacidad del río para manejar caudales elevados, especialmente en infraestructuras críticas como el puente.

Finalmente, los mapas de inundación generados para los dos escenarios y distintos periodos de retorno son herramientas fundamentales para la planificación urbana y la gestión de cuencas hidrográficas. Estos permiten

implementar medidas de mitigación y prevención más efectivas, contribuyendo a una mejor gestión del riesgo de desastres en la región.

Bibliografía

- Bello, O., Bustamante, A., & Pizarro, P. (2020). Planificación para la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Institucional, M1-32BTS-000130). Oficina de la Secretaría de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/26f2977e-45ae-4fe0-9864-e52c63189100/content>
- Bustamante, M. C. R., Castro, L. M. T., & Parra, L. V. C. (2023). Sensibilidad del coeficiente de Manning en la estimación de los niveles de crecida para el mapeo de inundaciones en un río de la región interandina de Ecuador. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 32(1), 118-129. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v32n1.94764>
- Chow, V. (1994). Hidráulica de canales abiertos (2.a ed., Vol. 1). Editorial Martha Suárez R. <https://webooks.co/images/team/academicos/ingenieria/civ>

- il/11.Hidraulica%20de%20Ca
nales%20Abiertos%20-
%20Ven%20Te%20Chow.pdf
- Idrovo Ortiz, J. P., Paucar Camacho, J. A., & aibor Velasco, N. I. (2024). Análisis de riesgo de inundación en áreas aledañas al río Burgay en la ciudad de Biblián. *ConcienciaDigital*, 7(1.3), 113-133. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i1.3.2941>
- IGM. (1989). Fotografía aérea. Cartografía disponible en: <https://www.geoportaligm.gob.ec/>
- INAMHI GEOGLOWS. (2022). Portal de acceso, visualización y descarga pronósticos hidrometeorológicos e información satelital en Ecuador. [Institucional]. INAMHI GEOGLOWS. <https://inamhi.geoglows.org/>
- Khaled Mohames, A. H. (2008). Aplicaciones del modelo HEC-RAS para el análisis del flujo no permanente con superficie libre [Tesis de masterado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio de la EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/846>
- MTOP. (2022). MTOP articula acciones por desbordamiento del río Burgay – Ministerio de Transporte y Obras Públicas [Gubernamental]. Comunicados. <https://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-azuay-articula-acciones-por-desbordamiento-del-rio-burgay/>
- Morresi, M. del V., Marcus, R., Gardiol, M., & Biancotti, E. (2018). Modelación hidrológica hidráulica con información de actores sociales en la cuenca del arroyo Las Turbias, Santa Fe Argentina. *Aqua-LAC*, 10(2), 46-60. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2018-v10-2-05>
- Ordoñez Criollo, K. L. (2015). Diagnóstico de la situación Actual del muelle de Cabotaje de la parroquia de Puerto Bolívar por inundaciones en Pleamar [Tesis de masterado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio de la UTMH. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/5609>
- ONU-Habitat. (2021). Sequías, tormentas e inundaciones: El agua y el cambio climático dominan la lista de desastres. <https://onu-habitat.org/index.php/sequias-tormentas-e-inundaciones-el-agua-y-el-cambio-climatico-dominan-la-lista-de-desastres>
- OEA. (1993). Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado

- [Institucional]. Una Contribución al Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales.
<https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea65s/begin.htm#Contents>
- Royal, C., Finlanson, C., Siobhan, F., Darwall, W., Dema, M., Parennou, C., & Stroud, D. (2018). Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas 2018 [Organizacional]. Ramsar convención sobre los humedales.
https://www.ramsar.org/sites/default/files/flipbooks/ramsar_gwo_spanish_web.pdf
- Salazar Briones, C., Hallack Alegría, M., Mungaray Moctezuma, A., Lomelí, M. A., Lopez Lambraño, A., Salcedo Peredia, A., Salazar Briones, C., Hallack Alegría, M., Mungaray Moctezuma, A., Lomelí, M. A., Lopez Lambraño, A., & Salcedo-Peredia, A. (2018). Modelación hidrológica e hidráulica de un río intraurbano en una cuenca transfronteriza con el apoyo del análisis regional de frecuencias. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(4), 48-74.
<https://doi.org/10.24850/tyca-2018-04-03>
- SNDGR. (2021). El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos se activa debido a inundación en El Descanso – Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. Gubernamental.
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/el-sistema-nacional-descentralizado-de-gestion-de-riesgos-se-activa-debido-a-inundacion-en-el-descanso/>
- Stenta, H., Riccardi, G., Basile, P., & Scuderi, C. (2018). Modelación matemática hidrológica-hidráulica del escurrimiento superficial en la cuenca del A° Pavón (Santa Fe, Argentina). *Cuadernos del CURIHAM*, 24, 11-23.
<https://doi.org/10.35305/curiham.v25i0.122>
- Timbe, L., & Timbe, E. (2012). Mapeo del peligro de inundación en ríos de montaña, caso de estudio del río Burgay. *Maskana*, 3(1), Article 1.
<https://doi.org/10.18537/mskn.03.01.07>
- Timbe, L., & Willems, P. (2011). Desempeño de modelos hidráulicos 1D y 2D para la simulación de inundaciones. *Maskana*, 2(1), Article 1.
<https://doi.org/10.18537/mskn.02.01.06>
- Zambrano, X. (2020). Estudio Hidrológico—Hidráulico, de un tramo de la quebrada “El

Chorro” en el sector de
Ucubamba [Tesis de grado,
Universidad del Azuay].
Repositorio de la UA.
[https://dspace.uazuay.edu.ec/
handle/datos/10259](https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10259)