

ARTICULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

Análisis de la Amenaza de Desbordamiento del Río Soloma como Medida de Reducción de Riesgos en el Cantón Echeandía Analysis of the Threat of Overflow of the Soloma River as a Risk Reduction Measure in the Echeandía Canton

Diana Nicole Mora Gutiérrez*

Universidad Estatal de Bolívar, Guanujo, Ecuador.

Article history:

Received February 4, 2024
Received in revised from
February 4, 2024
Accepted February 8, 2024
Available online
February 10, 2024

* Corresponding author:

Diana Nicole Mora Gutiérrez
Electronic mail address:
nicolleezequiel08@gmail.com

RESUMEN

El proyecto de investigación se elaboró un modelamiento hidrológico e hidráulico para la microcuenca del río Soloma, de esta manera se identificó zonas de exposición ante la amenaza de inundación en el área de estudio; para el primer objetivo se obtuvieron caudales para un periodo de retorno de 10, 50 y 100 años, donde se generó la caracterización de la microcuenca (MDT), se realizó un análisis de acuerdo al coeficiente de rugosidad de Manning para calibrar el modelo con eventos reales suscitados en la cabecera cantonal de Echeandía, se validó las simulaciones en el software IBER para los diferentes tiempos de retornos planteados, al multiplicar el calado por la velocidad se visualizaron zonas de inundación que serían impactadas con fuerza, siendo así los asentamientos que se encuentran en el margen izquierdo del río Soloma como por ejemplo la Unidad Educativa Adolfo Páez, el barrio el puente y el Malecón Bajo, por último se estableció medidas de mitigación estructurales con el objetivo de reducir daños inevitables en la zona de estudio.

Palabras claves: Amenaza, calado, exposición, inundación, mitigación, rugosidad de Manning, velocidad.

ABSTRACT

The research project a hydrological and hydraulic modeling was developed for the Soloma River micro-basin, in this way exposure zones to the threat of flooding in the study area were identified; For the first objective, flows were obtained for a return period of 10, 50 and 100 years, where the characterization of the microbasin (MDT) was generated, an analysis was carried out according to the Manning roughness coefficient to calibrate the model with events. real events arising in the cantonal capital of Echeandía, the simulations were validated in the IBER software for the different proposed return times, by multiplying the depth by the speed, flood zones were visualized that would be strongly impacted, thus being the settlements that are located on the left bank of the Soloma River, such as the Adolfo Páez Educational Unit, the Puente neighborhood and the Malecón Bajo, finally, structural mitigation measures were established with the aim of reducing inevitable damage in the study area.

Keywords: Threat, depth, exposure, flooding, mitigation, Manning roughness, speed.

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son riesgos naturales las cuales causan mayores problemas sociales, económicos y ambientales, son una serie de fenómenos que ocurre durante el periodo de crecida fluvial y da

lugar a fuertes precipitaciones, la mayoría de ellas se dan en zonas costeras o regiones normalmente secas debido a que existe aportes inusuales y más o menos repentinos de agua superiores a las que el propio cauce no puede descargar.

Según el informe de la ONU las inundaciones mundiales y las precipitaciones extremas asociadas al cambio climático han aumentado más de un 50% y en la actualidad está sucediendo cuatro veces mayor a los normales. (Zarza F. L., 2020)

Las inundaciones son sucesos complejos, causadas por una serie de vulnerabilidades humanas, una planificación de desarrollo inapropiada y la variabilidad climática. las inundaciones son predecibles en gran medida, con la excepción de las inundaciones repentinas, cuya escala y naturaleza son veces más inciertas. (ALNAP, 2008)

Tomando en cuenta que Ecuador es uno de los países latinoamericanos en el cual se presentan con mayor frecuencia eventos hidrometeorológicos de gran magnitud los cuales provocan en sus habitantes daños y perjuicios de dimensiones devastadoras para su población. Las zonas más afectadas por estas inmensas precipitaciones o desastres naturales son las costeras ya que el caudal de los ríos aumenta de manera desproporcionada y a su paso va dejando un rastro de destrucción y precariedad.

El cantón Echeandía en la provincia Bolívar no es ajeno a este tipo de evento peligroso. Dicho así, este trabajo se centra en el desbordamiento del río Soloma que atraviesa el cantón. En épocas de lluvias, el agua sube mucho el nivel y llega a cubrir las zonas que normalmente se consideran secas y pobladas por habitantes quienes se han asentado en las orillas del río.

Evaluar la amenaza es predecir la ocurrencia de un fenómeno a partir de; estudios de los mecanismos por los que se presenta, monitoreo y registros de eventos a largo tiempo.

El tema de gestión de riesgos en de suma interés para la comunidad y las diferentes organizaciones para poder tener un mejor manejo del riesgo con

las diferentes tecnologías, recursos humanos y financiero.

El objetivo del proyecto de investigación se basa en analizar la amenaza del desbordamiento del río Soloma, con la finalidad de reducir el riesgo para el cantón Echeandía y sus habitantes.

Este trabajo consiste en analizar la problemática del desbordamiento del río Soloma mediante la metodología del modelamiento hidrológico para medir el caudal y el modelamiento hidráulico para observar las áreas de inundación, con el fin de evaluar la exposición y preparación de la población del cantón Echeandía frente a este fenómeno natural. Logrando así proponer medidas de mitigación de impactos ante la amenaza de inundación en el cantón Echeandía.

Con cada uno de los resultados obtenidos, mediante las autoridades gubernamentales se espera que lleguen a tomar buenas decisiones para que puedan salvaguardar y mejorar la calidad de vida de las personas que viven junto al río Soloma, y reforzar las capacidades de respuesta ante la amenaza de inundación y así el nivel de riesgo pueda ser bajo.

Planteamiento del Problema

El río Soloma es un afluente del río Catarama, tributario del río Babahoyo presenta relieves fuertemente colinados con morfologías degradadas, cimas aplanadas y redondeadas.

El mayor tiempo de lluvia y donde crece el caudal del río es en los cinco meses de enero hasta mayo, esto hace que afecte a las personas que viven alrededor del río y por lo tanto a las infraestructuras haciendo que esto ponga en riesgo la vida de las personas dejando en ellos un daño irreversible tanto en la agricultura y ambiente.

Las personas que hoy en día habitan en el cantón Echeandía no están capacitados o prevenidos de los diferentes riesgos a los que se iban a enfrentar ubicándose en zonas de riesgos.

El principal problema de este río es el desbordamiento prolongadas por horas de lluvia, así como los aluviones que se presentan en la mayoría del territorio Echeandiense. Se tiene como premisa que los daños causados por el desbordamiento del río Soloma es el deterioro de calles, vías, y viviendas de la localidad afectando en la población en general y por ende el retroceso en el desarrollo del cantón.

En el cantón Echeandia no existe un análisis técnico acerca de desbordamiento de ríos, por lo tanto, tampoco existe un análisis de reducción de riesgos actualizado es por eso por lo que la población actúa de manera tardía al presentarse un desastre, otro factor importante es la inexistencia de un análisis integral de cuencas hidrográficas para poder identificar la zona más propensa a inundarse. La falta de capacitación constante a la población hace que el nivel de riesgo aumente considerablemente en etapas de lluvias.

Formulación del Problema

¿El análisis de desbordamiento del río Soloma permitirá el planteamiento de medidas de mitigación ante la amenaza de inundaciones cantón Echeandia en el periodo mayo-septiembre 2023?

Objetivos

Objetivo general

Analizar la amenaza de desbordamiento del río Soloma como medida de mitigar los impactos ante la amenaza de inundación en el cantón Echeandia periodo mayo- septiembre 2023.

Objetivos específicos

- Caracterizar la amenaza de desbordamiento mediante el modelamiento hidrológico e hidráulico.
- Determinar la exposición de la población de la parte Urbana del cantón Echeandia.
- Proponer medidas de mitigación de impactos ante la amenaza de inundaciones de la cabecera cantonal de Echeandia.

Justificación de la Investigación

El cantón Echeandia se encuentra situada en la provincia Bolívar, se caracteriza por ser una zona sub trópica la misma que tiene un alto nivel de vulnerabilidad en épocas lluviosas, siendo así una ciudad que recibe una mayor afectación de daños debido a la crecida y desbordamiento del río. Por esta razón se realiza el presente estudio debido a un nivel bajo de conocimientos sobre las amenazas que trae consigo el desbordamiento del río, por otro lado, la cuenca del río Soloma cuenta con estudios limitados por parte de las entidades gubernamentales del cantón Echeandia.

Mediante este estudio nos permitirá identificar zonas de alto nivel, por lo tanto, se observará las áreas no aptas para realizar actividades y áreas en donde se deberían priorizar estrategias de mitigación, este trabajo de investigación les permitirá también ahorrar recursos económicos priorizando las zonas más vulnerables del cantón. Los beneficiarios directos serán todos los habitantes del barrio El Puente, el Malecón Bajo y la Playita del cantón Echeandia obteniendo un mejor desarrollo socioeconómico y cultural, con esta información se pretende contribuir para la toma de decisiones de los organismos competentes en la planificación territorial y gestionar acciones para la reducción de riesgos de desastres.

MARCO REFERENCIAL

El área geográfica de estudio se encuentra en el cantón Echeandia ubicado al nor-occidente de la Provincia de Bolívar, a 65 km de la capital provincial, abarca una superficie de 232,06 km² y representa el 5.9% de la superficie total de la provincia de Bolívar. De acuerdo con el censo poblacional y vivienda (INEC, 2017), la población es de 12.114 habitantes.

Su altitud se encuentra entre los 119 hasta los 1757 msnm. Comprende la cabecera cantonal, y no posee parroquias rurales, Echeandia se encuentra los -143020 de longitud y -7927756 de latitud. (Ecured, 2020)

Límites del cantón

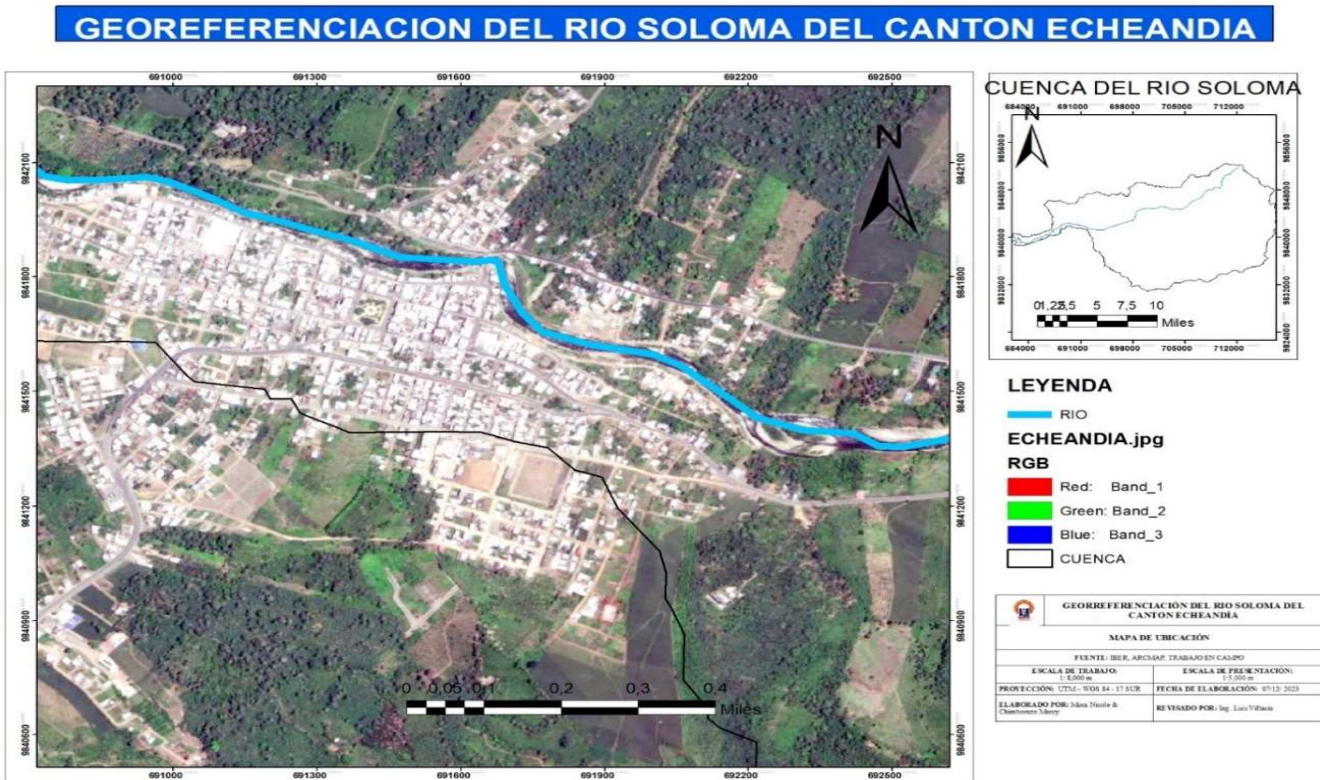
El cantón Echeandía se encuentra geográficamente ubicado entre los cantones;

NORTE: Parroquia Zapotal. Cantón Las Naves. Parroquia Salinas.

SUR: Cantones Guaranda y Caluma. Parroquia Ricaurte.

ESTE: Parroquia Salinas y Cantón Guaranda.

OESTE: Parroquia Ricaurte. Cantón Ventanas y Parroquias Los Ángeles y Chacarita.



Elaborado por: Mora Nicole.

El río Soloma, objeto de esta investigación, se encuentra ubicado en la cabecera y centro del cantón Echeandía, su nombre se da inicio en la comunidad de Shiraguan en la parte norte se forma por los ríos como de Pitiambi, río Camarón, río Chazo-Juan y demás afluentes como esteros, riachuelos de las otras comunidades como Soloma, Oronguillo, pasando el sector Las Casitas, Arroz-ucó en donde se integra el río Verde de la comunidad Santa lucía, así llegando únicamente al centro poblado del cantón Echeandía los barrios urbanos como; La Playita, El Malecón Alto, Malecón Bajo, Lucha de los pobres, el Mirador finalmente en la parte sur se integra el río El

Tesoro, río Las Piedras y así llegando hasta unirse con otros ríos de la provincia de los Ríos.

La topografía de la cabecera cantonal y la mayor parte de la zona baja del cantón es relativamente plana, pertenece a la llanura costera, presentando pequeñas elevaciones, asentada en un bosque tropical beneficioso hábitat para muchas especies de animales y plantas. (Ecured, 2020,pag.259)

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Inundaciones por Desbordamiento de ríos Calendaria y Palizada en el estado de Campeche.

En esta investigación intentan describir una metodología que les permita crear un escenario de desbordamiento de ríos, en la cual consiste en realizar estudios batimétricos y crear modelos topo batimétricos mediante el programa HecRas y definir las funciones de fronteras específicas de los ríos, se utilizó una ecosonda Valeport de 210 kHz con GPS integrado, este equipo se programó para que tomara registros de latitud, longitud y profundidad con una frecuencia de 4Hz, igualmente se utilizó una computadora para recolectar de manera inmediata los datos, tomando datos como referencia de la estación hidrométrica de la Conagua y obteniendo los modelamientos topo batimétricos. En donde mediante los resultados establecen medidas preventivas, reactivas para evitar pérdidas de vidas humanas, económicas y ambientales de la población. (Vega & Gregorio Posada, 2013)

Evaluación de la resiliencia de los Barrios Playita y Malecón ante la amenaza de desbordamiento del río Soloma del cantón Echeandia provincia Bolívar en el periodo mayo – agosto del 2017.

En este estudio se utilizará el diseño transversal que consta en facilitar la recolección de información mediante las encuestas para determinar la magnitud del problema, se evaluará las capacidades de respuesta frente a desbordamiento del río, poniendo a disposición esta investigación a las autoridades competentes que implementen acciones de mitigación ante los barrios más vulnerables del cantón. En esta tabla representamos una base de datos sobre los años que hubo afectaciones de inundación en los barrios playita y malecón que se han presentado durante las épocas invernales afecta las viviendas de los moradores del sector esta información se obtuvo en base de una recopilación de datos y encuestas a los moradores de los sector y entrevistas a las

entidades de socorro. En los años 2000, 2001 2002 los barrios playita y malecón tuvieron que afrontar inundaciones leves por causa del desbordamiento o crecidas del río Soloma. del río Soloma.

Fecha	Lugar sitio	Causa y tipo de afectación	Fuente
2000	Echeandia barrio Playita	Lluvias torrenciales afectan 7 viviendas	Encuestas realizadas a lo moradores del sector
2001	Echeandia barrio Playita	Lluvias torrenciales afecta 2 viviendas	Encuestas realizadas a lo moradores del sector
2002	Echeandia barrios Playita y Malecón	Fuertes lluvias afectan 1 vivienda en el barrio la playita y 3 viviendas en el barrio malecón	Encuestas realizadas a lo moradores del sector playita y malecón

Fuente: SNGR, 2012. Elaborado por: Manobanda y Robayo, 2017.

Mediante las encuestas para evaluar la capacidad de socorro ante la amenaza menciona que las entidades de socorro del cantón Echeandia cuentan con conocimientos limitados en temas de Gestión de riesgos y no tienen una organización solida entre instituciones por lo tanto no tienen una previa planificación para actuar en conjunto ante un evento adverso.

Elaboración de hidrogramas de crecidas de las cuencas de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay desde el año 1997– 2017

En esta investigación se utiliza el Método de las isoyetas. - Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía.

La precipitación media se lo desarrolló en forma similar a la ecuación anterior, pero ahora el peso es el área. Ahí entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca y la cantidad que se pesa es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas realizando varios procedimientos también se elaboraron los hidrogramas de crecida en las cuencas de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay, como resultados de la investigación realizada se determinaron la pertinencia de las estaciones pluviométricas y de descarga colocadas en las cuencas de los tres ríos, así como los volúmenes acumulados de precipitación que han desencadenado crecidas. (Naranjo, 2018).

Estudio de amenaza de inundación del río Culaga, sector puente pr2+500 en la vía Toledo – Labateca, departamento norte de Santander.

Para realizar esta investigación se utilizaron las metodologías del modelamiento hidrológico e hidráulico, tomando como punto de estudio el río Culaga en el sector Puente, correspondientes a diferentes probabilidades de excedencia o períodos de retorno. Se considerarán periodos de retorno correspondientes a 2.33, 10, 20, 50, 100 y 500 años. Dado el tamaño de la cuenca (221.17 km²) y la disponibilidad de información, se utiliza el modelo hidrológico del número de curva implementado por el Soil Conservation Service, aplicando el software Hec-HMS. Para la aplicación de este modelo fueron consideradas las características morfométricas de la cuenca, usos del suelo, coeficientes de resistencia al flujo e información meteorológica más cercana a la cuenca. También se realiza la delimitación de las cuencas una vez obtenido dicha información se obtiene la caracterización morfométrica de la cuenca, el tiempo de concentración utilizando los datos del área de la cuenca, la longitud y la pendiente del cauce principal; obtenidos en los cálculos morfométricos, se determinó del tiempo de concentración por medio de las distintas ecuaciones.

Luego de procesar la información para generar una superficie hidráulicamente correcta, se delimitó y calculó el área de drenaje hasta el sitio del proyecto, usando funciones típicas de los Sistemas de Información Geográfica – SIG para el ajuste hidrológico de la superficie (Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, Watershed) se delimitó la cuenca aferente hasta el sitio del proyecto y se determinó un área de drenaje de 221.17 km².

Una vez realizado las investigaciones se obtiene como resultado que al desarrollar el análisis de las áreas inundables del río Culaga, se determina que, para el tiempo de retorno de 100 años, existe la probabilidad de se vean afectadas las viviendas del borde derecho y el camino de acceso que comunica cabeceras municipales, adicionalmente la sección

hidráulica del puente no cumple con el gálibo mínimo exigido en la normativa del INVIAS para el periodo de diseño. Se evidencia que estas afectaciones podrían ocurrir por un represamiento que se presenta a la margen derecha generada por una reducción de la sección del río Culaga aguas arriba en cercanías al puente. (Díaz, 2020).

METODOLOGÍA

Nivel de Investigación

El presente trabajo de investigación sobre el “Análisis de la amenaza de desbordamiento del río Soloma como medida de reducción de riesgos en el cantón Echeandía periodo mayo – septiembre 2023”, está encaminada a una metodología mixta, la cual los cual abarca los dos enfoques de la investigación tanto cualitativo, como cuantitativo.

Método cuantitativo: se realizará un modelamiento hidrológico que les permitirá observar cuales son los caudales máximos que se encuentran en el río Soloma, de la misma manera se implementa el modelo hidráulico que les ayudará a ver la velocidad en m/s y evaluar a amenaza de inundación del río Soloma.

Método cualitativo: se investiga los sucesos anteriores de desbordamiento del río por lo tanto se observa ciertas características del lugar de estudio por lo que se pretende obtener datos sobre precipitación durante los últimos 10 años del cantón, y así saber el nivel de exposición que tiene para poder plantear las medidas de mitigación de impacto ante la amenaza de inundación que beneficien a las sociedades y autoridades para la toma de decisiones y así mejorar la calidad de vida de las personas.

Descriptivo: es descriptiva ya que se relacionará una serie de definiciones acerca de los sucesos anteriores del desbordamiento del río Soloma y los diferentes estudios realizados a los barrios que se encuentren cerca y de esa manera se establecen las variables y relacionándolas entre sí.

Documental: se realizará las respectivas investigaciones en diferentes fuentes las definiciones y así poder aclarar dudas en el lapso de la investigación para extender nuestro trabajo acerca del desbordamiento del río Soloma y plantear medidas de reducción de riesgos de desastres

Diseño:

El diseño de la investigación a emplearse en el actual proyecto de investigación tiene un enfoque transversal.

- **Transversal:** este diseño nos facilitara la recolección de información mediante encuestas que serán aplicadas a las personas que viven cerca al río Soloma y determinar la magnitud del problema sin ningún tipo de manipulación en el entorno del área de estudio este tipo de investigación se realiza en tiempo real lo cual permite una eficaz organización y así poder hacer frente a los eventos adversos de desbordamiento del río Soloma en épocas de lluvia.

Población y muestra:

La población y muestra se utilizó para la estimación del número de viviendas de la población significativo de los cuales se puede obtener información, que se inició únicamente por un aproximado número de viviendas que son 70 que se encuentran en las orillas del río Soloma y se estima que por cada vivienda existen 5 integrantes y se define un total de 350 personas, realizando los cálculos requeridos, se obtiene una muestra de 183 personas. Los datos que se obtuvieron mediante la siguiente fórmula.

$$n = \frac{n * Z^2 * p * q}{(n-1) * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde;

n= Número de población

Z²= Nivel de confianza

e²= Margen de error

p= proporción de la población

$$n = \frac{350 * 1.96^2 * 0.5 * (1.05)}{(350-1) * 0.05 + 1.96^2 * 0.5 * (1-0.5)}$$

$$n = \frac{336.14}{1.832}$$

$$n = 183$$

Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Para la elaboración de este estudio se aplicó varios métodos de recolección de información, los mismos que permitieron tener los insumos necesarios para el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos y planteados las técnicas se describen a continuación:

Observación directa: se tuvo que realizar visitas a campo para poder contrastar información sobre el uso y cobertura vegetal que se tiene en la zona de estudio, especialmente las zonas cercanas a la cabecera cantonal de Echeandia, con el fin de poder visualizar la zona del cauce del río y hasta donde podría verse afectado por las crecidas del caudal, esto debido a la morfología del sector, las famosas zonas fluviales, con esta información se puede contrastar los datos obtenidos por SIG TIERRAS sobre el uso y cobertura vegetal de la cuenca, y así poder obtener la rugosidad de Manning.

Fuentes bibliográficas:

En la recopilación de información, se consultó e investigo los antecedentes y registros históricos existenciales a la ocurrencia de las inundaciones en el cantón Echeandia, (INAHMI, NASA), la cartografía del geo portal, el sistema ArcGIS para delimitar la cuenca de estudio, el DTM del cantón y se obtuvo información de datos históricos de precipitaciones máximas anuales las estaciones meteorológicas, (M0383 Echeandia, M0123, M0129 y M0385) desde el año 1985 hasta el año 2015 con el fin de poder tener información y procesarla.

RESULTADOS

Técnicas de procesamiento y análisis de datos:

Técnicas aplicadas al objetivo 1.

Caracterizar la amenaza de desbordamiento mediante el modelamiento hidrológico e hidráulico.

Relleno de datos meteorológicos faltantes

Para el cumplimiento del primer objetivo determinar el modelamiento hidrológico e hidráulico del río Echeandía, se utilizó varios métodos.

Para poder tener datos completos de la estación M383 Echeandía se hizo uso del método del servicio nacional de agua de los Estados Unidos conocido también como método de vecinos ponderados, con el mismo se realizó el relleno de datos de precipitaciones máximas, tomando en cuenta la distancia desde las estaciones con datos completos a la estación que se quiere rellenar en este caso es el M0383, este procedimiento consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W , igual al recíproco del cuadrado de la distancia (D) entre cada estación vecina y la estación M0383, utilizando la siguiente fórmula.

$$Px = \frac{\sum PWi}{\sum Wi} \quad (1)$$

Donde

Px= Precipitación observada para la fecha de la faltante, en las estaciones auxiliares circundantes

Wi= $1/D^2$, siendo D , la distancia entre cada estación circundante y la estación incompleta en km.

Determinación de datos dudosos

Una vez alcanzado los datos faltantes de la estación M0383 de Echeandía, es necesario realizar un contraste o prueba de datos dudosos, lo que nos permite evidenciar si hay datos anómalos o sesgos en los mismos, para ello se necesita obtener estadística básica como el número total de datos que se van contrastar, la suma de todos los valores, el valor máximo de los datos, el valor mínimo de los datos, el promedio de los datos, la varianza de los datos, la desviación estándar, el coeficiente de variación, el coeficiente de sesgo, el valor de Kn para datos dudosos se lo saca de la tabla proporcionada por recursos del agua de los Estados Unidos (ver tabla 2), con estos datos se realiza el cálculo de los umbrales máximos y mínimos .

Tabla 1. Datos de relleno estación M0383

AÑOS	ENE	FFEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX
1968	21	188,9	324,8	21,1	59,4	14,5	56	24,2	19,6	36,8	24,4	93,7	324,8
1969	248	189	379	535	170	121	9	30	8	7	34	68,7	535,0
1970	437	240,4	141,9	472,3	348,3	30,5	4,9	0	18,7	6,6	23,5	85,2	472,3
1971	235,7	560,4	634,9	200,9	100,3	24,8	2,3	2,5	18,5	8,1	24,9	187,2	634,9
1972	446,3	450,2	864,6	566,9	192,9	262	23,7	36,2	27	83,9	145,6	271,3	864,6
1973	418,5	705,5	409	440,3	275,6	65,2	9	9,1	51,7	25,5	17,2	91,2	705,5
1974	242,3	442,4	387,4	289,5	108,7	18,8	11,2	25,8	23,5	40,1	259,9	168,1	442,4
1975	290	554	431,5	102,6	77,8	13,5	17,6	3,2	64,6	172,8	32,3	102,1	554,0
1976	472,6	722	775,8	219,7	70,5	2,3	8,4	17,9	8,1	56,3	150	134,3	775,8
1977	345,9	305,3	521,1	353	45,4	31,5	35,3	18	70,5	17,1	12,4	103,2	521,1
1978	371,7	435,6	423,7	211,3	126	11,3	12,3	3,6	35,8	29,8	18,7	132,5	435,6
1979	350,9	486,3	392	329,3	36,6	9,1	2	10,6	24,6	11,6	4,1	17,3	486,3
1980	312,6	489,2	279,5	768,5	7,3	5,2	16,7	27,3	19,6	73,3	69,4	88,2	768,5
1981	183,3	489,6	356,6	282,8	11,3	1,4	13,9	0,7	1	4,3	11,6	90,2	489,6
1982	353,5	382,6	155	218,3	26,6	0,3	0,4	62,4	140,6	277,7	765,3	216,6	765,3
1983	433,8	514,8	727	657,9	570	333,9	294	70,3	159,9	109,7	188	765,3	765,3
1984	100,8	797	457,6	271	5,1	43,7	4,9	4	25,6	18,4	28,6	129,8	797,0
1985	253,8	268,2	463,5	165,2	5,1	10	4,4	7	0,4	2	0,9	140,6	463,5
1986	621	134	267,9	59,7	39,7	2,2	0,7	7,6	11,4	37,6	148,8	121,0	621,0
1987	75,8	80,6	54,4	474,9	3,7	3,3	13,5	2,7	6,6	18,4	45	70,8	474,9
1988	40,3	54,7	32,4	45,6	23,3	10,6	14,5	15,5	23,7	340,5	10,6	101,2	340,5
1989	870,4	674,6	1446,3	724,8	234,5	103	36,2	6	53	125,5	84,9	169,7	1446,3
1990	319,7	608,5	456,1	634,9	134,9	69	26,2	4,8	24,4	65,4	32,2	150,2	634,9
1991	150,8	761,9	449,5	129	106,8	11,7	8	16,2	8,9	25,4	25,1	258,1	761,9
1992	633	492,1	816,1	480,1	296,2	161,2	44,1	13,7	40,3	29,8	27,1	69,8	816,1
1993	528,1	673,6	771,1	502,7	0,3	42,5	9,9	12,7	47,7	11,1	24,7	186,3	771,1
1994	472,3	534,8	366	408	166,3	28	11,5	19,1	34,7	38,2	40,1	224,4	534,8
1995	593,4	321,3	295	414,7	42,1	21,3	56	18,9	17,3	32,8	43,5	76,1	593,4
1996	317,4	534,6	394	188,5	32,3	12,2	58,9	4,5	26	14	57,2	121,3	534,6
1997	331,2	422	632	363,8	302,9	279,3	142,4	89,7	221,5	140,9	497,5	827,5	827,5
1998	539,1	390	421,1	633,5	188,6	122,8	36	18,3	48,8	41,9	67,5	228,0	633,5
1999	255,6	600,3	523,3	373,7	229,1	15	35,8	8,8	29,7	72,3	90,8	360,1	600,3
2000	212,3	243,4	407,7	265,3	118,9	61,6	5,5	7,6	35	9,3	8,4	125,0	407,7
2001	734,7	370,6	411,9	448,2	97,7	5,9	11,5	5	12	21,8	48,5	137,6	734,7
2002	290,3	433	629	550,2	174,3	10	15,2	61,4	73,4	242	48,8	56,7	629,0
2003	372,9	323,1	166,3	58,8	12,2	24,5	5,5	85,9	31	166,8	12,2	39,6	372,9
2004	133,3	474,7	330,8	181,1	10,1	11,5	1,5	25,1	76,1	16,3	8,2	48,3	474,7
2005	172,1	159,7	317	415,2	3,7	2,6	9,5	20	18,9	23,2	60,8	47,1	415,2
2006	291,4	672	527,9	264,6	127,8	27,7	27,4	20,8	36	10,3	51,1	110,6	672,0
2007	315,9	433,1	445	293,8	285,9	64	21,5	52,8	143,5	56,6	63,5	107,2	445,0
2008	628,2	713,6	543	344,9	31,9	32,7		43,2	26,4	45,2	26,0	155,5	713,6
2009	186,6	346,8	177,2	349,2	125,5	49,9	29,2	21,2	42,1	63,6	67,7	205,0	349,2
2010	301,8	305,8	184,6	356,8	128,2	51,0		5,8	44,7	43,1	30,7	240,1	356,8
2011	311,4	46,6	23,2	33,8	2,5	5,3	4,9	2	16,5	7,1	11,3	92,9	311,4
2012	423,7	458,5	783,1	412,3	124,2	42,8	2,1	3,4	2,4	25,3	23,1	51,7	783,1
2013	228	328,5	535,9	251,1	79,1	11,9	3,9	4	14,4	16,7	7,1	50,8	535,9
2014	497,9	321,2	394,7	261,8	265,1	33,9	2,9	9,7	51,7	46,4	20,8	161,9	497,9
2015	200,6	564,6	569,3	743,7	401,6	78,6	183,5	2,6	3,5	8,5	7,4	34,1	743,7

Nota: Se describe los datos para rellenar mediante el método de vecinos ponderados.

Tabla 2. Valores K_n para prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
30	2.563	44	2.719
31	2.577	45	2.727
32	2.591	46	2.736
33	2.604	47	2.744
34	2.616	48	2.753
35	2.628	49	2.760
36	2.639	50	2.768
37	2.650	51	2.804
38	2.661	52	2.837
39	2.671	53	2.866
40	2.682	54	2.893
41	2.692	55	2.917
42	2.700	56	2.940
43	2.710	57	2.961

Nota: recuperado de U.S Water Resources Council 1981.

Se calcula los parámetros estadísticos de los datos rellenados para así poder obtener los umbrales límites altos y bajos, a continuación, se puede observar cómo se calculan.

Tabla 3. Parámetros estadísticos de datos dudosos de precipitación máxima en 24 h

Parámetros estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	48	48
Sumatoria	28259,18	132,14
Valor Máximo	870,40	2,94
Valor Mínimo	311,40	2,49
Media:	588,73	2,75
Varianza:	26046,76	0,02
Desviación Estándar (S):	161,39	0,13
Coefficiente Variación:	0,27	0,05
Coefficiente de Sesgo:	0,05	-0,34

Nota: Descripción de datos estadísticos para el cálculo de datos dudosos

A continuación, se realiza el cálculo de los umbrales o límites permisibles de las precipitaciones altos y bajos con las siguientes formulas.

Fórmula de cálculo de umbral superior

$$x_H = \bar{x} + K_n \cdot s \quad (2)$$

Donde

X_H =Umbral de datos dudosos altos

\bar{x} = Promedio de datos

K_n = Valor k_n dependiendo del tamaño de la muestra

S= Desviación estándar

Con estos datos se calcula la precipitación máxima admisible con un alfa o error del 10%, para ello se lo calcula con la siguiente fórmula.

Fórmula de cálculo de precipitación admisible límite superior

$$Ph = 10^{x_H} \quad (3)$$

Donde

Ph = Precipitación máxima admisible

X_H = Umbral de datos altos

Ahora se realiza lo mismo para el cálculo de datos dudosos bajos mediante la siguiente formula

Fórmula de cálculo de umbral inferior

$$x_L = \bar{x} - K_n \cdot s \quad (4)$$

Donde

X_L =Umbral de datos dudosos bajos

\bar{x} = Promedio de datos

K_n = Valor k_n de un lado dependiendo del tamaño de la muestra

S= Desviación estándar

Con estos datos se calcula la precipitación máxima admisible con un alfa o error del 10%, para ello se lo calcula con la siguiente fórmula.

Fórmula de cálculo de precipitación admisible límite inferior

$$Pl = 10^{X_L} \quad (5)$$

Donde

Pl= Precipitación máxima admisible

X_L = Umbral de datos bajos

Con ello se obtiene los datos de límites de consistencia inferior de color celeste y superior de color plomo, no se muestra ningún dato dudoso por lo tanto no se ha salido de estos límites, así como se muestra en la ilustración 1.

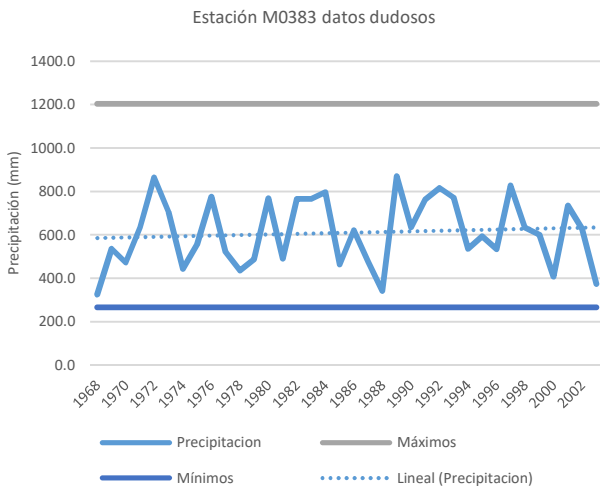


Ilustración 1. Gráfico visual de datos dudosos
 Nota: Visualización gráfica de datos dudosos de estación M0383 Echeandia

Curvas Intensidad Duración y Frecuencia (IDF)

Las curvas de intensidad duración y frecuencia conocidas también como IDF, son una representación gráfica y matemática expresando cuanto de precipitación hubo en un tiempo determinado en un periodo de retorno determinado, es decir que cuando existe una tormenta se mide el resultado de juntar los puntos precipitación en mm y la duración de la lluvia en horas para un periodo de retorno de 10, 50, 100 hasta 1000 años si así se lo requiere, para poder

determinar las intensidades en base a los diferentes periodo de retorno y duraciones se lo expresa con la siguiente fórmula matemática.

Fórmula de cálculo de Intensidad

$$I = \frac{k \times T^m}{D^n} \quad (6)$$

Donde:

I= intensidad en mm/h

T= periodo de retorno en años

D= duración de la lluvia en minutos

K= pendiente de las dos variables

m= logaritmo del coeficiente de la duración de la lluvia en minutos

n= logaritmo del coeficiente del tiempo de retorno

Modelo de Dick Peschke

Este modelo permite obtener las intensidades máximas a partir de datos pluviométricos, por esta razón es uno de los métodos más utilizados en el cálculo de intensidades, la fórmula matemática que se aplica es la siguiente:

$$P_D = P_{24h} \times \left(\frac{D}{1440}\right)^{0.25} \quad (7)$$

Donde:

PD= precipitación máxima de duración *D*, en mm

P_{24h} = precipitación máxima de 24 horas, en mm

D = duración de la precipitación, en horas

Una vez que se obtuvo los datos de precipitación máxima para las diferentes duraciones se procede a realizar el cálculo de las intensidades en base a la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P_D}{D} \quad (8)$$

Donde:

I= Intensidad de lluvia en mm/h

PD = precipitación máxima de duración *D*, en mm

D = duración de la precipitación, en hora

El resultado de las curvas I-D-F se las puede observar mediante un gráfico que representa los

valores obtenidos, como se muestra a continuación.

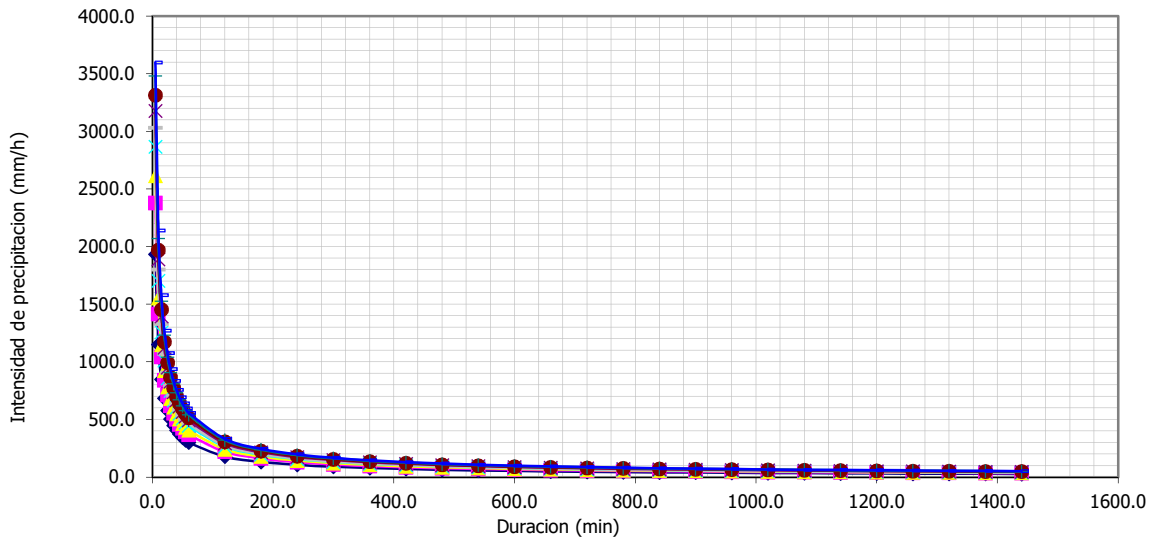


Ilustración 2. Gráfico de representación de curvas IDF

Nota: Curvas IDF para diferente periodo de retorno.

Método de bloque alterno

El método de bloque alterno también llamado hietograma de diseño refleja la distribución de los valores de las precipitaciones producidas a lo largo de las 24 horas de lluvia.

Para poder obtener esta distribución es necesario tener los valores o parámetros de la duración en minutos de la lluvia, la intensidad en mm/h, la lluvia acumulada en mm, en el centro de la distribución se registra en valor más altos de la precipitación en las 12 horas de lluvia, así como se representa a continuación.

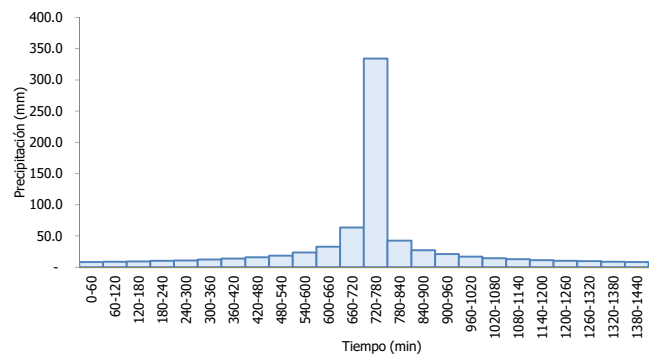


Ilustración 3. Hietograma de precipitación

Nota: El hietograma de precipitación representa la lluvia acumulada en intervalo de tiempo de 1 hora.

Determinación de tiempos de concentración

El tiempo de concentración (Tc) es un parámetro que refleja la distribución temporal del hidrograma de lluvia o caudal, este es un parámetro requerido para poder realizar modelamientos hidráulicos de ríos, canales entre otros, se lo calcula de la siguiente manera.

$$T_c = 0.02 * L^{0.77} * S^{-0.33} \quad (9)$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración en minutos

L: longitud máxima del río en km, desde agua arriba hacia agua abajo

S: Pendiente del río m/m

Para el cálculo de la longitud del río se hace uso de los SIG, con ello se determinan la longitud del cauce o río en km.

Para el cálculo de la pendiente se tiene que establecer la cota máxima y cota mínima de la cuenca hidrográfica, también se debe tener la longitud del río en metros, la fórmula para calcular la pendiente es la siguiente.

$$S = \frac{C_{max} - C_{min}}{L} \quad (10)$$

Donde:

S= pendiente media

C max= cota máxima en m.s.n.m

C min= cota mínima en m.s.n.m

L= longitud del río en km

Coefficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es un parámetro que nos permite entender si el agua que llueve se escurre por el cauce o se infiltra, y esto va a depender de uso y cobertura vegetal de la cuenca, es decir una zona donde exista mayor cantidad de vegetación habrá mucha más infiltración de agua que en una zona donde sea pavimento.

Cálculo de CN a partir de uso de suelo o cobertura vegetal de la cuenca

El cálculo del número de curva se lo realiza a través del uso de la cobertura vegetal y del grupo de suelo al que pertenece, como se muestra a continuación.

Ilustración 2. Valores para el cálculo de CN II

			GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Tierras cultivadas	con tratamiento de conservación		72	81	88	91
	sin tratamiento de conservación		62	71	78	81
Pastizales	Condición pobre		68	79	86	89
	Condición buena		39	61	74	80
Praderas			30	58	71	78
Bosques	Cubierta pobre		45	66	77	83
	Cubierta buena		25	55	70	77
Espacios abiertos: con césped, parques, campos de golf,	Buena condición: cubierta de pastos sobre más del 75% del área.		39	61	74	80
	Condición aceptable: cubierta de pastos sobre el 50 a 75% del área		49	69	79	84
Áreas comerciales y de tiendas (85% impermeable)			89	92	94	95
Zonas industriales (75% impermeable)			81	88	91	93
Zonas residenciales	Tamaño medio de parcela	% medio imp				
	500	65	77	85	90	92
	1000	38	61	75	83	87
	1350	30	57	72	81	86
	2000	25	54	70	80	85
	4000	20	51	68	79	84
Tejados, parkings, superficies impermeables en general			98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimentadas, con bordillos y bocas de tormenta		98	98	98	98
	De grava		76	85	89	91
	De tierra		72	82	87	89

Nota: Valores para el cálculo de CN II dependiendo el uso y cobertura vegetal de la cuenca de estudio.

Para el cálculo de la precipitación efectiva se utiliza la siguiente fórmula matemática.

$$Pe = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{(P + 0.8 * S)} \quad (11)$$

Donde:

Pe= precipitación efectiva en mm

P= precipitación total en mm

S= retención potencial en mm

Una vez que se obtiene los valores correspondientes para cada periodo de retorno, las intensidades, tiempo de concentración, se procede a realizar el cálculo del coeficiente de escorrentía dado por la siguiente fórmula matemática.

$$C = \frac{Pe}{P} \quad (12)$$

Donde:

C= coeficiente de escorrentía

Pe= precipitación efectiva en mm

P= precipitación total en mm

Cálculo del coeficiente de ajuste K

Para determinar el coeficiente de ajuste (k) para el cálculo de caudales se tiene que elaborar una tormenta de diseño que se la obtiene a partir de las curvas IDF, entonces a partir de ahí se utilizan las siguientes ecuaciones.

En cuencas pequeñas a medianas para el cálculo de KA se utiliza la siguiente ecuación.

$$k_A = 1 - \frac{\log A}{15} \quad (13)$$

Donde

A= área de la cuenca en km²

Para la zona de estudio se consideró el reparto no uniforme de la escorrentía dentro del intervalo de t_c (horas) a través de la siguiente relación:

$$k_u = 1 + \frac{tc^{1.25}}{tc^{1.25} + 14} \quad (14)$$

Donde:

Tc= tiempo de concentración en horas

Por último, se obtiene el cálculo del coeficiente de ajuste K

$$K = k_A * K_u \quad (15)$$

Donde:

KA= coeficiente de reducción arenal (adimensional)

Cálculo de caudales mediante el método racional modificado

El método de hidrograma unitario racional fue creado por Lloid-George, generalmente se usa para calcular el caudal máximo esperado para una obra hidráulica como alcantarillas, represas, avenidas máximas de caudales de río, entre otros, hay una versión mejorada por J.R Témez del método racional que se llama método racional modificado y se lo expresa matemáticamente de la siguiente forma.

$$Q_{max} = \frac{I * A * C * K}{3,60} \quad (16)$$

Donde:

Qmax= caudal máximo en m³/s

I= intensidad en mm/h

C= coeficiente de escorrentía

K= coeficiente de ajuste

A= área de la cuenca en Km²

Técnicas de aplicación al objetivo 2. Analizar la exposición de la población de la parte Urbana del cantón Echeandia.

Se analizó la exposición de la población de la parte urbana del cantón Echeandia, en donde se tuvo que realizar el modelamiento hidráulico del río Soloma para los diferentes periodos de retorno de 10, 50 y 100 años respectivamente, en base a esto se identificó las manzanas, edificaciones y con ello las familias que se verían afectadas, además también se tomó en cuenta los elementos esenciales como escuelas, centros de salud, hospitales, colegios, guarderías, cuerpo de bomberos, viviendas en general, observándolos a través de la ortofoto, también se podrá evidenciar la longitud de vías que serían afectadas por el impacto de la crecida del caudal del río Soloma, todo esto representado en mapas de exposición de la amenaza y en cuadros estadísticos como se muestra a continuación:

Tabla 3. Niveles de exposición de la amenaza.

Nivel exposición	Descripción	Valor
Bajo	Las manzanas, edificaciones, vías se encuentran dentro del área de amenazas de $\leq 0.2 \text{ m}^2/\text{s}$	1
Medio	Las manzanas, edificaciones, vías se encuentran dentro del área de amenazas de entre $0.2-0.5 \text{ m}^2/\text{s}$ con afectaciones considerables a la población e infraestructura.	2
Alto	Las manzanas, edificaciones, vías se encuentran dentro del área de amenazas de entre $0.5-1.5 \text{ m}^2/\text{s}$ con afectaciones graves a la población e infraestructura, sistema eléctrico, alcantarillado, entre otros.	3
Muy Alto	Las manzanas, edificaciones, vías se encuentran dentro del área de amenazas mayores a $1.5-2.5 \text{ m}^2/\text{s}$ con afectaciones considerables a la población e infraestructura, cultivos, sistema eléctrico, alcantarillado, entre otros.	4
Extremo	Las manzanas, edificaciones, vías se encuentran dentro del área de amenazas extremo $>83.73 \text{ m}^2/\text{s}$ con grandes afectaciones a la mayor parte de las infraestructuras, cultivos, sistemas eléctricos que se encuentran en el cantón Echeandía.	5

Elaborado por: Nicole Mora, 2023

Técnicas aplicadas al objetivo 3. Proponer medidas de mitigación de impactos ante la amenaza de inundaciones de la cabecera cantonal de Echeandía cantón Echeandía.

Una vez realizado los estudios requeridos se planeó la propuesta de medidas de mitigación de impactos ante la amenaza de inundaciones en la cabecera cantonal serán de medidas estructurales como no estructurales las mismas que se las investigó de fuentes bibliográficas secundarias como por ejemplo en estudios realizados referente a la temática planteada en esta investigación, uno de ellos son los artículo científicos de alto impacto, PDOT del cantón Echeandía, además del criterio de los autores de esta investigación para ver la mejor opción y así poder reducir el impactos del evento peligroso, y con ello se mejore notablemente la calidad de vida de las personas y reducir las pérdidas económicas y humanas de la población.

Las medidas serán descritas en el formato de la siguiente tabla, la misma tendrá las siguientes variables:

Tabla 4. Medidas de mitigación estructurales

Sitio crítico	Medidas estructurales	Responsables y colaboradores
---------------	-----------------------	------------------------------

Elaborado por: Nicole Mora, 2023

Tabla 5. Medidas de mitigación no estructurales

Sitio crítico	Medidas no estructurales	Responsables y colaboradores
---------------	--------------------------	------------------------------

Elaborado por: Nicole Mora, 2023

CONCLUSIONES

Para realizar el modelamiento hidrológico se tuvo que completar 44 datos de precipitación faltantes de la estación meteorológica 0383 Echeandía mediante el método de vecinos ponderados, por siguiente se obtuvo caudales máximos del río Soloma para cada tiempo de retorno, los cuales van desde $2762 \text{ m}^3/\text{s}$ para 10 años, para un tiempo de retorno de 50 años se pudo calcular un caudal de $3378 \text{ m}^3/\text{s}$, finalmente para el periodo de retorno de 100 años el caudal fue de $3676 \text{ m}^3/\text{s}$.

El modelamiento hidráulico bidimensional del río Soloma permitió identificar las zonas de inundación de la cabecera urbana del cantón Echeandía, con variaciones de calado desde los 9m en el periodo de retorno de 10 años hasta 9,64 m en el período de retorno de 100 años, mientras que en la amenaza va desde los $83.73 \text{ m}^2/\text{s}$ a $112.94 \text{ m}^2/\text{s}$, evidenciándose además mediante cartografía que si existiese un evento catastrófico, este ocasionaría mayor impacto al margen izquierdo del cauce donde se encuentra la mayor parte del área consolidada del cantón.

Con base en los mapas de exposición a la amenaza de inundación se determinó que para un tiempo de retorno de 10 años existen 7 de 15 edificaciones esenciales que se encuentran en el área de afectación, es decir un 46,66%. Para un tiempo de retorno de 50 años, se mantendrían 7 edificaciones en el área de afectación, mientras que, para un tiempo de retorno de 100 años, 8 edificaciones se

encuentran en el área de afectación es decir el 53,33%.

Una vez realizado los 3 mapas para cada tiempo de retorno, se pudo evidenciar que algunas manzanas y edificaciones se mantienen en las mismas categorías de los diferentes niveles de amenaza debido a que la diferencia de área de inundación es mínima.

De acuerdo con los modelamientos realizados en el río Soloma, se plantearon medidas estructurales y no estructurales, nos ayuda para la toma de decisiones y así las autoridades correspondientes puedan mitigar y prevenir futuros riesgos de tal manera minimizar los costes de afectación dentro del cantón Echeandía.

RECOMENDACIONES

Se recomienda con la información obtenida trabajar conjuntamente con el Gad municipal para la destinación de los recursos apropiados para obtención de los datos meteorológicos del cantón Echeandía.

Realizar estudios científicos para aplicar de manera correcta el software adecuado para realizar el análisis de la amenaza de desbordamiento del río Soloma, es decir, aprovechar las nuevas tecnologías globales que nos favorecen para realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos.

Se recomienda preparar constantemente a la población con información viable acerca de cómo actuar ante, durante y después de la amenaza de desbordamiento del río, por parte de las entidades correspondiente del Gad municipal de Echeandía, SNGRE, Cuerpo de Bomberos, para obtener una buena coordinación con la población, así, disminuir el nivel de amenazas en el cantón.

Conflicto de intereses

La autora declara que no mantienen conflicto de interés que puedan afectar los resultados y conclusiones presentadas en este artículo.

REFERENCIAS

1. AEROTERRA. (1969). Historia de SIG. *ERSI*. Obtenido de <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/historia-de-gis>
2. ALNAP. (2008). *Inundaciones*. Londres : instituto de Estudios sobre Conflictos y Accion Humanitarias .
3. Alvarez Villanueva , J., & Huamán Vidaurre, J. (2022). *Modelos Hifrologicos para la estimacion del caudal ecologico*. Trujillo.
4. Blanco, P. (2019). LLUVIAS. file:///C:/Users/User/Downloads/razares,+Gestor_a+de+la+revista,+n34a04.pdf.
5. Cabrera, J. (2011). *Modelos Hidrológicos*. Universida Nacional de Ingenieria .
6. Codigo Organico de Organizacion Territorial . (2019). *codigo organico de organizacion territorial y autonomias y descentralizacion*. Quito: corporacion de estudios y publicaciones.
7. Constitucion de la Republica del Ecuador . (2008). *Asamblea del Ecuador*. Quito: corporacion de estudios y publicaciones .
8. Diaz, A. (2020). estudio de amenaza de inundaciones. Recuperado el 2023 de 06 de 25, de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/9f2b263e-353e-4d56-a7c6-73cefbafe8bd/content>
9. Ecured. (2020). Canton echeandía. *Ecured*, 259. Recuperado el 12 de 06 de 2023, de [https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Echeand%C3%ADa_\(Ecuador\)#Ubicaci.C3.B3n](https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Echeand%C3%ADa_(Ecuador)#Ubicaci.C3.B3n)
10. El Diario . (18 de septiembre de 2019). *eldiario.es*. Obtenido de seis causas y seis soluciones para reducir los daños por inundaciones: https://www.eldiario.es/opinion/tribuna-abierta/causas-soluciones-inundaciones_129_1476292.html
11. Escuder, I., Matheu, E., & Castillo, J. (2010). *Análisis y evaluación de riesgos de inundación: estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales*.
12. Ferrado, F. (2006). Sobre inundaciones y anegamientos. *URBANISMO*, 2-3.
13. GAMA. (2016). *Impacto de las inundaciones*. Obtenido de <http://www.floodup.ub.edu>: <http://www.floodup.ub.edu/el-impacto-de-las-inundaciones/>

14. GOMEZ, G. (2020). COMEII RIEGO. <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar04.pdf>. Recuperado el 11 de 2023
15. Gonzales, A. (2018). Modelamiento hidraulico. *Geografica de America Central*. Recuperado el 15 de 06 de 2023, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rge/n63/2215-2563-rge-63-247.pdf>
16. Imasga. (s.f.). IBER. *Imasga*, <https://imasgal.com/que-es-iber/>. Recuperado el 2023
17. INEC. (2017). SENSO ESTADISTICO. Recuperado el 19 de 06 de 2023, de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/proyeccion_cantonal_total_2010-202012016-v1.pdf
18. Instituto Geografico Aragon. (2017). Precipitación Beta.
19. Jerez Cando, M. (2017). *VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA ESTRUCTURAL PARA VIVIENDAS ANTE INUNDACIONES EN LA PARTE CÉNTRICA DEL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO*. Ambato.
20. Ley Organica de la Defensa Nacional . (2009). *Asamblea Nacional* . quito: orporacion de estudios y publicaciones .
21. Londoño. (2001). Longitud. https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf.
22. López Paredes, G. (2016). *Memoria del desastre : afectados por las inundaciones provocadas por los desbordamientos del río Bulubulu en el cantón del Triunfo: caserío Payo Chico*. Quito.
23. Ministerio del Ambiente. (2021). Microcuencas. *Proteccion de vida*. Recuperado el 15 de 06 de 2023, de <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/microcuencas/>
24. Miranda, L. (2023). *riesgo de inundación*. Tarragona: Mòduls URV.
25. Naranjo, D. (2018). Elaboración de hidrogramas de crecidas de las cuencas de os ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay desde el año 1997-2017. Recuperado el 2023 de 06 de 24, <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8304/1/14027.pdf>
26. OAS. (2021). Amenaza natural. *OAS*, 1. Recuperado el 2023, de <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/ch005.htm#TopOfPage>
27. Pettan Cedeño, D. (2019). *ANÁLISIS DEL RIESGO E IDENTIFICACION DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES PARA EVENTOS DE INUNDACION EN EL CANTON MOCACHE*. MOCACHE.
28. PNUD. (2009). *LINEAMIENTOS METODOLOGICOS PARA LA CONTRUCCION DE PLANES MUNICIPALES DE CONTINGENCIA POR INUNDACION*. QUITO: MANTIS.
29. Real Academia Española. (2023). velocidad. <https://dle.rae.es/velocidad>. Recuperado el 2023
30. Rodriguez, V. (2021). ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO. Recuperado el 2023
31. Sánchez, J. (16 de Abril de 2018). *Causas y Consecuencias de las inundaciones*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com:https://www.ecologiaverde.com/causas-y-consecuencias-de-las-inundaciones-1282.html>
32. Sanchez, J. (16 de Abril de 2018). *ecologiaverde*. Obtenido de [https://www.ecologiaverde.com:https://www.ecologiaverde.com/causas-y-consecuencias-de-las-inundaciones-1282.html](https://www.ecologiaverde.com/https://www.ecologiaverde.com/causas-y-consecuencias-de-las-inundaciones-1282.html)
33. Sarmiento Prieto , J. (1990). *Inundaciones* .
34. SNGRE. (2018). Gestion de riesgos. Recuperado el 15 de 06 de 2023, de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSA_RIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf
35. Soto Carrasco , J. (2017). *Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del río Amojú, localidad El Parral - Jaén - Cajamarca*. Cajamarca.
36. Stanuikynas, V. (2000). *Metodología de superficie imperiosa*. New Jersey: New Jersey Water Supply Authority.
37. UNGRD. (2021). riesgos de desastres. *Potencia de la vida*. Recuperado el 15 de 06 de 2023, de

- <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Reduccion-Riesgo-Desastres.aspx>
38. Valdivielso, V. (2014). *iagua*, <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal>.
 39. Vargas, G. (2019). RIESGO FÍSICO FRENTE A INUNDACIONES FLUVIALES Y PLUVIALES EN LA CABECERA PARROQUIAL ROCAFUERTE DE CANTÓN RIOVERDE, PROVINCIA DE ESMERALDAS, ECUADOR. *PUCE*. Recuperado el 23 de 06 de 2023, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14441/RIESGO%20F%20C3%8DSICO%20FRENTE%20A%20INUNDACIONES%20FLUVIALES%20Y%20PLUVIALES%20EN%20LA%20CABECERA%20PARROQUIAL%20ROCAFUERTE%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 40. Vega, B., & Gregorio Posada. (2013). Desbordamiento de Ríos. *Peligro Naturales*. Recuperado el 22 de 06 de 2023, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46693261/Peligros_Naturales_en_el_Estado_de_Campe20160621-4214-pp1yqz-libre.pdf?1466564633=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPeligros_naturales_en_el_estado_de_Campe.pdf&Expires=1687552844&Signature=W
 41. Verdugo Rodriguez, N., Arbelaez Salazar, J. D., Caicedo Carrascal, F. M., Triana García, J. V., & Vargas Martínez, N. O. (2017). *GUÍA METOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN*. Bogota.
 42. Villagrán De León, J. (2017). *Experiencias y contribuciones para la preparación antes losdesastres naturales en América Central*. Guatemala, Mexico. Guatemala: Magna Terra Editores.
 43. Zarza, F. L. (2020). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es>: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-inundacion>
 44. Zarza, L. (2008). Inundaciones. *el agua*. Recuperado el 15 de 06 de 2023, de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-inundacion>



Mexican Academy of Health Education A.C. Membership: Our commitment is to keep professionals and students in training updated in this constantly evolving area. If you are interested in being part of our community and accessing exclusive benefits, the first step is to obtain your membership. Join us and stay up to date with advances in health education.

MEMBERSHIP SUBSCRIPTION IS FREE. Request your membership to the <https://forms.gle/kVYBYRdRnYZff14y9>

