

Modelamiento Hidrológico de la Quebrada San Idelfonso mediante SIG en Trujillo, La Libertad 2020

Carlos Fidel Anticona Saavedra, Bachiller de Ingeniería Ambiental¹, Luis Edgardo Cabanillas Miranda, Bachiller de Ingeniería Ambiental², Jessica Marleny Luján Rojas, Magister en Ciencias¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00046443@upn.pe, jessica.lujan@upn.pe ²Universidad Privada del Norte, Perú, n00017955@upn.pe

Abstract— The research focuses on designing a Hydrological Modeling of the San Idelfonso Stream through a Geographic Information System in Trujillo. Where rainfall information was collected on the last fifty years of the occurrence of the phenomenon of the child and its incidence in the districts of Laredo, El Porvenir, Florencia de Mora, Trujillo and Víctor Larco Herrera. Also, the DEM was used with the Arc GIS software, Hec-RAS, Hec-HMS and Civil 3D software were used. The exact location of the San Idelfonso stream was obtained, the collection of thematic maps of different national entities. Also, figures and thematic maps that show rainfall during the last 50 years, being the years 1983, 1998, 2017, where a greater precipitation was observed. After analyzing the rainfall information, vulnerable areas were determined, obtaining an unmanned flight modeling, which shows the distribution of the San Idelfonso creek. Finally, a prevention alternative was proposed for a possible future coming and sliding; thus allowing to handle the situation with the least number of affected in the population. In this way, it was possible to design a hydrological model for the San Idelfonso stream taking GIS into account.

Keywords-- SIG, Hydrological Modeling, Broken, Coastal Child phenomenon.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.158>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Modelamiento Hidrológico de la Quebrada San Idelfonso mediante SIG en Trujillo, La Libertad 2020

Carlos Fidel Anticona Saavedra, Bachiller de Ingeniería Ambiental¹, Luis Edgardo Cabanillas Miranda, Bachiller de Ingeniería Ambiental², Jessica Marleny Luján Rojas, Magister en Ciencias¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00046443@upn.pe, jessica.lujan@upn.pe ²Universidad Privada del Norte, Perú, n00017955@upn.pe

Resumen— La investigación se enfoca en diseñar un Modelamiento Hidrológico de la Quebrada San Idelfonso mediante Sistema de Información Geográfica en Trujillo. Donde se recolectó información pluviométrica de los últimos cincuenta años de ocurrencia del fenómeno del niño y su incidencia en los distritos de Laredo, El Porvenir, Florencia de Mora, Trujillo y Víctor Larco Herrera. Así también, se empleó el DEM con el software Arc GIS, se utilizaron software Hec-RAS, Hec-HMS y Civil 3D. Se obtuvo ubicación exacta de la quebrada San Idelfonso, la recolección de mapas temáticos de distintas entidades nacionales. Además, figuras y mapas que muestran las precipitaciones durante los últimos 50 años, siendo los años 1983, 1998 y 2017, donde se observó una mayor precipitación. Luego de analizar la información pluviométrica, se determinó zonas vulnerables, obteniendo un modelamiento de vuelo no tripulado, donde muestra la distribución de la quebrada San Idelfonso. Por último, se planteó una alternativa de prevención para una posible venida y deslizamiento futuro; permitiendo así, manejar la situación con el menor número de afectados en la población. De esta manera, se logró diseñar un modelo hidrológico para la quebrada San Idelfonso teniendo en cuenta SIG.

Palabras clave—SIG, Modelamiento Hidrológico, Quebrada, Fenómeno del Niño Costero.

Abstract— The research focuses on designing a Hydrological Modeling of the San Idelfonso Stream through a Geographic Information System in Trujillo. Where rainfall information was collected on the last fifty years of the occurrence of the phenomenon of the child and its incidence in the districts of Laredo, El Porvenir, Florencia de Mora, Trujillo and Víctor Larco Herrera. Also, the DEM was used with the Arc GIS software, Hec-RAS, Hec-HMS and Civil 3D software were used. The exact location of the San Idelfonso stream was obtained, the collection of thematic maps of different national entities. Also, figures and thematic maps that show rainfall during the last 50 years, being the years 1983, 1998, 2017, where a greater precipitation was observed. After analyzing the rainfall information, vulnerable areas were determined, obtaining an unmanned flight modeling, which shows the distribution of the San Idelfonso creek. Finally, a prevention alternative was proposed for a possible future coming and sliding; thus allowing to handle the situation with the least number of affected in the population. In this way, it was possible to design a hydrological model for the San Idelfonso stream taking GIS into account.

Keywords-- SIG, Hydrological Modeling, Broken, Coastal Child phenomenon.

I. INTRODUCCIÓN

En América, han sucedido fenómenos y desastres a la altura de la línea ecuatorial, debido a que en esa zona se producen los vientos alisios y se entrecruzan entre ellos; es por ello que, aquí ocurren fenómenos que causan lluvias intermitentes, en las

costas ecuatorianas y las costas peruanas. Las lluvias son originadas por grandes elevaciones de la temperatura de la superficie del mar, debido a que logran entrar amplias cantidades de aguas cálidas del pacífico occidental (Nueva Zelanda, Mongolia, etc.) dirigidas hacia el pacífico ecuatorial (Perú, Ecuador, etc.), esto es producido por alteraciones de la presión atmosférica y los vientos alisios [1]. Al incremento de la temperatura superficial promedio del mar en 0,5 °C, o más, por al menos 5 meses consecutivos, se le denomina Fenómeno del niño (FEN). Esta corriente estacional cálida que se desplaza de norte a sur a lo largo de la costa de Ecuador y Perú [2], desplazando a la corriente de Humboldt [3].

En la etapa cálida del ciclo, ENOS puede afectar las condiciones meteorológicas en diversas localidades del mundo. En el océano Atlántico, aproximadamente en la costa sur de África, casi siempre ocurren sequías cuando esta fase está presente. Lo cual también es contraproducente en el lado oeste del océano Pacífico (Indonesia, Malasia, Nueva Guinea, Australia oriental), las cuales se presentan como zonas de intensas precipitaciones, y sufren también grandes sequías durante un período cálido del ciclo ENOS. Por otro lado, regiones que se caracterizan por ser normalmente secas e incluso áridas, se ven afectadas por anomalías positivas severas de precipitación, dando su desarrollo en las costas de Ecuador y norte del Perú; siendo estas zonas cerca de la línea ecuatorial, las más afectadas [1].

Dicho fenómeno ha ocurrido en reiteradas ocasiones en la provincia de Trujillo, desatando fuertes precipitaciones, crecidas de río; y por consiguiente desbordes y deslizamientos, siendo el último en marzo del año 2017, el cual generó el desborde de diferentes quebradas, entre ellas la quebrada de San Idelfonso, causando un deslizamiento que afectó a familias de distintos distritos de la provincia de Trujillo [4]. Es por ello que, es necesario evaluar una posible solución futura y se considera que los Sistemas de Información Geográfica son herramientas digitales que sirven de apoyo para realizar simulaciones que nos van a permitir prevenir, mitigar y controlar un futuro fenómeno del niño.

El sistema de modelamiento hidrológico (HMS), es una herramienta digital, que va permitir simular la quebrada y recorrido de un río, la respuesta que tendrá en relación al escurrimiento superficial, generado por la precipitación, mediante la muestra de la quebrada como un medio interconectado de elementos hidrológicos e hidráulicos [5]. Existen investigaciones previas que trabajaron de la misma

II. MÉTODO Y MATERIALES

manera, tal es el caso de García (2016), en su trabajo buscaba alternativas para la estabilización de la quebrada Cantuta II con fines de mitigación de deslizamientos donde se estudió distintas metodologías de trabajo que consistían en un sistema mixto conformado por: zanjas de drenaje, camas de gravas y diques de piedra, ubicados estratégicamente en la zona alta, media y baja de la quebrada. El sistema mixto elegido dio resultados satisfactorios para estabilizar la quebrada y reducir efectos del deslizamiento [6].

Celi y Tanta (2019), en su trabajo buscaron realizar el modelamiento y simulación de la Quebrada Llocllamayo para control de flujo de escombros – Región de Puno en el 2019; con el fin de controlar el flujo de escombros a través de modelamiento y simulación Utilizando el modelo FLO – 2D para diferentes tiempos de retorno. Llegando a la conclusión de que para controlar el flujo de escombros en la Quebrada Llocllamayo, la propuesta más viable era construir un dique de contención de una altura de 2 metros, el cual se encargaría de romper la dinámica del traslado de energía, ubicado en el eje principal del cauce [7]. Por su lado, Palomino y Mauricio (2019), en su trabajo enfocado en realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico para un sistema de alerta temprana en la quebrada Cashahuacra, distrito de Santa Eulalia, en el 2019. Utilizaron softwares para un sistema de alerta temprana por deslizamientos, donde fue necesario la obtención de datos históricos de las precipitaciones ocurridas e interceptar información y procesos con el software Hec-HMS versión 4.2 en colaboración con ArcGIS versión 10.2.1. y su extensión Hec-GeoHMS. Dando así, una conclusión de que se ha integrado dos modelaciones en la estructura de un sistema de alerta temprana frente a deslizamientos y se ha sugerido la implementación de un radar meteorológico para la quebrada en estudio [8].

La presente investigación busca realizar el modelamiento hidrológico de la Quebrada San Idelfonso, la cual se ubica en la parte superior de la provincia de Trujillo-Perú. Es por ello que, la información disponible del registro de caudales en las todas las quebradas que comprende Trujillo, son secas. Esto se debe a que los eventos ocurridos como el Fenómeno del niño costero no acontecen siempre; por lo tanto, no se tienen información actualizada de ello. De esta manera, se determinó el área de estudio en donde se realizó el modelamiento hidrológico, el análisis de la información histórica de los últimos cincuenta años de ocurrencia de Fenómenos del Niño, para luego generar un modelo digital de elevación del área de estudio delimitado para la simulación de inundación por la Quebrada San Idelfonso y al final proponer una alternativa de mitigación aplicable al control de la mecánica de ríos en el lugar de estudio; y así evitar daños futuros a la población que se encuentra en el recorrido de la quebrada San Idelfonso.

El enfoque que se consideró para esta investigación es cuantitativo. Tuvo un diseño no experimental, es por ello que presentó un corte longitudinal, debido a que consiste en medir un fenómeno a través de un intervalo temporal determinado. El tipo de investigación fue descriptivo ya que buscó especificar las distintas propiedades, las abundantes características y los perfiles de un fenómeno que pueda ser llevado a un análisis. La presente investigación se realizó con el método inductivo-deductivo, también se utilizó el método hermenéutico; ambos permitieron interpretar y comprender de manera sistematizada las teorías que fundamenten la presente investigación.

Se realizó el análisis de modelo digital de elevación en Arc Gis versión 10.8 con una varianza de error de 10 metros (Ráster obtenido) EARTHDATA- ASF DATA SEARCH VERTEX. Además, se utilizó el simulador virtual de mecánica del agua en HEC- RAS versión 5.0.4 y en el software ArcGIS , para que de esta manera se pueda interpretar mejor el comportamiento del fenómeno natural en forma de escorrentía que se está estudiando. De la misma manera se utilizó el método flujo base el cual básicamente se enfoca un valor que puede ser utilizado como indicador de sostenibilidad de la reserva hídrica en las quebradas, que en este caso sería la Quebrada San Idelfonso. Y, por último, con el software CIVIL 3D, el método de enrutamiento que se encarga del movimiento del agua, sedimentos, etc.; a través de la red de canales de la quebrada que se está trabajando hacia el vertedero final como se muestra en la fig. 1.

Cabe mencionar que, se trabajó con resultados de informes de los monitoreos participativos realizados por entidades como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y por parte de la Autoridad Nacional del Agua. También, se utilizó como instrumentos, distintos softwares con el fin de lograr el objetivo planteado. Los softwares que se utilizaron fueron Arc Gis, para realizar el modelo digital de elevación. Además, se hizo uso del software HEC-RAS, el cual sirvió para realizar la simulación virtual y, por último, se empleó el software Civil 3D con el fin de buscar algún tipo de solución de construcción para evitar destrozos por fenómenos futuros. En la misma línea, los instrumentos que también se utilizaron fueron plataformas digitales de satelitales, las cuales aportaron distintos datos con el fin de mejorar la investigación.

Debido a que se utilizó un software externo como fueron Arc GIS, Civil 3D, Hec-HMS y Hec-Ras; la validación viene de terceros, los cuales están relaciones directamente a la misma. Y por el lado de la información, para determinar la validez y confiabilidad se obtuvo la opinión y el visto bueno de expertos de la carrera de Ingeniería Ambiental de Universidad Privada Del Norte-Sede Trujillo-San Isidro.

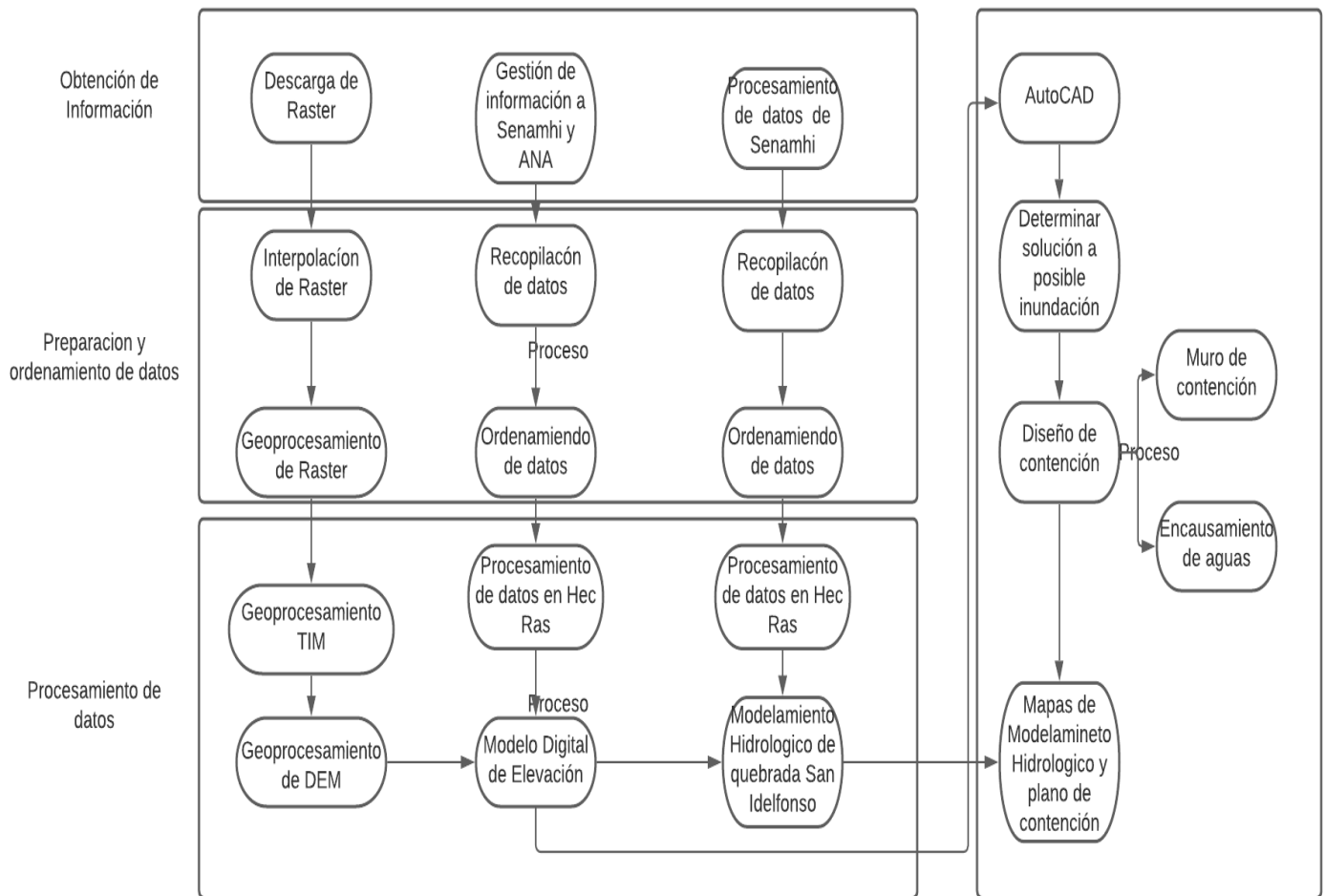


Fig.1 Procedimiento a seguir durante toda la investigación

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La quebrada San Idelfonso se ubica en la parte alta del distrito de El Porvenir, donde inicia su recorrido para luego tener una desembocadura directamente a la ciudad de Trujillo, cruzando todo el centro de la ciudad, teniendo como coordenadas de ubicación la tabla 1

TABLA 1
COORDENADAS DE REFERENCIA UTM 17S DE LA QUEBRADA SAN IDELFONSO

Vértices	Latitud	Longitud
1	9115044.67	724269.87
2	9113088.51	727332.09
3	9107283.5	724516.14
4	9110634.17	718735.83

Fuente: Elaboración propia

En la tabla antes mencionada, se hace referencia a la ubicación de la quebrada San Idelfonso; cabe mencionar que, dicha quebrada nace en la parte alta de la ciudad del Porvenir y limita con la ciudad de Laredo, donde se encuentra la naciente de varias quebradas, tal como lo señala el Informe Técnico N°A6949 realizado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Sector Energía y Minas (INGEMMET). Éstas quebradas se encuentran en zonas con un acceso difícil [9], la mayor parte del año están secas y sólo se activan en época de lluvia. Muchas de ellas limitan con los Andes Liberteños, tal es el caso de las Quebradas De León, San Carlos, Campiña, Caballo muerto, entre otras, que, ante fuertes precipitaciones ocasionan escorrentías que, a su vez, producen inundaciones y deslizamientos de lodo y tierra.

Durante los últimos 50 años han venido ocurriendo fenómenos naturales desastrosos, donde se vio afectada toda la población trujillana siendo el ultimo fenómeno natural el que tuvo más nivel de desastre con una intensidad de 750 mm/mes aproximadamente, las cuales son precipitaciones muy altas para

lugares ubicados en esta zona costera Trujillana como se muestra en la fig. 2.

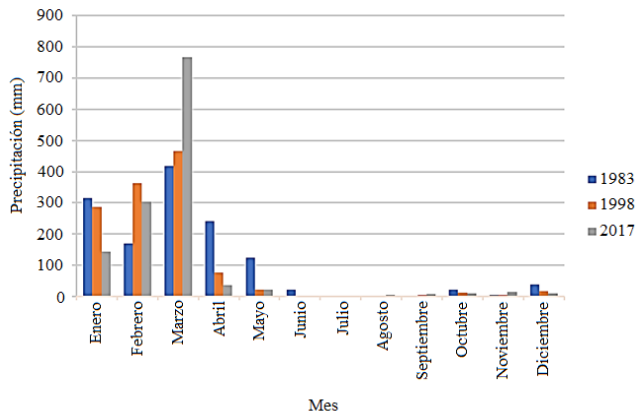


Fig. 2 Variabilidad pluviométrica mensual de los tres últimos Fenómenos del Niño acontecidos en la Quebrada San Idelfonso, en los últimos cincuenta años

En la fig. 2 se puede observar que, los meses en donde ocurren los fenómenos con mayor intensidad son los primeros del año; relacionándolos con las épocas de lluvia de los Andes Liberteños y sabiendo que las quebradas tienen su nacimiento en las partes altas de las ciudades que limitan con ellos.

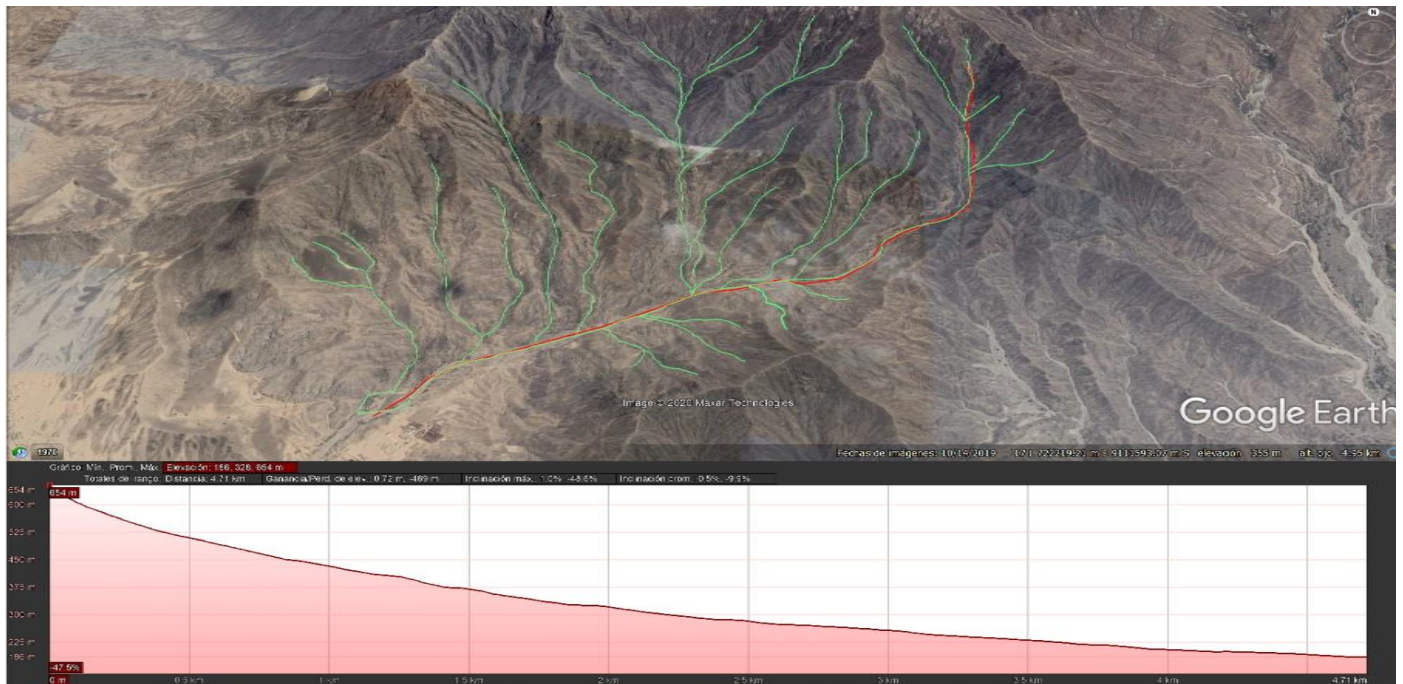


Fig. 3 Ramificaciones de las Escorrentías de La Quebrada San Idelfonso y grafica de elevación principal

Al realizar una breve comparación entre los años con mayor intensidad, se puede visualizar que en el 2017 se produjeron lluvias con una intensidad superior a los años 1983 y 1998. Esto ocasionado por la reunión de escorrentías en pequeñas cantidades de agua, las cuales no son filtradas, y así van formando el cauce principal que recorre el agua; es decir, se va reuniendo cada vez más agua hasta ser un gran volumen y seguir su cauce de acuerdo a la geografía del terreno, tal como se visualiza en la Fig. 3.

En la fig. 3 se muestra la manera en que se formó la escorrentía, desde la parte más alta de la quebrada, hasta la parte más baja. Se tiene que tener en cuenta que la quebrada sigue la misma estructura de una cuenca, la cual es de una forma amplia a una forma estrecha, que es la desembocadura. De acuerdo a las curvas de nivel que se generaron, se hizo el análisis para poder encontrar las zonas de inundación crítica y posibles inundaciones según lo muestra la fig. 4.

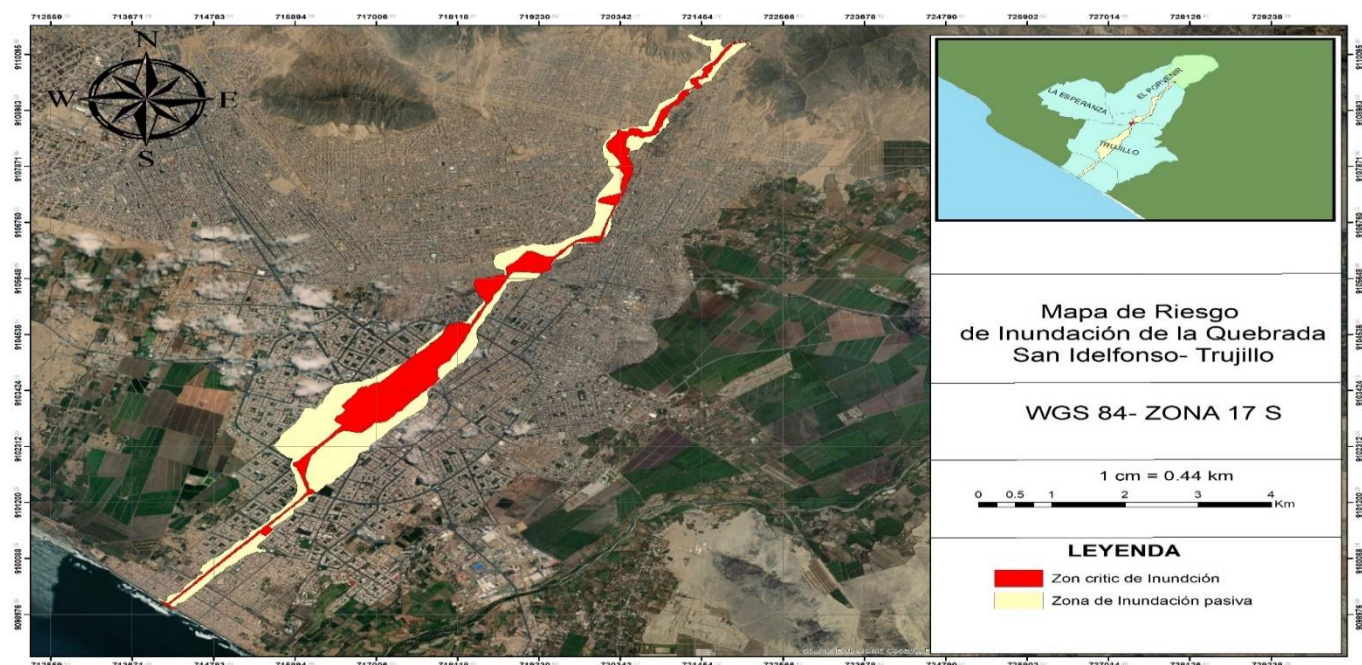


Fig. 4 Mapa de Riesgo y pteligros de inundación de la Quebrada San Idelfonso

En la fig. 4 se muestra la zona de inundación y actualizada de la zona de crítica de inundación (Rojo) y la zona de riesgo de inundación (Crema) del recorrido de deslizamientos de la quebrada San Idelfonso, realizando una comparación con el "Anexo 1". Lo que más se puede resaltar, es principalmente el enfoque tan específico que se realiza en base a la quebrada San Idelfonso, por donde será el desborde exactamente y cuál es la zona de posible inundación si ocurriera un fenómeno de mayor magnitud que los registrados en los últimos 50 años.

El modelamiento de vuelo de la Quebrada San Idelfonso, se realizó mediante la combinación de 2 softwares, que trabajan conjuntamente. El video del vuelo se realizó mediante modelo digital de elevación, el cual tiene origen en las costas Trujillanas, específicamente en Buenos Aires. Comienza el recorrido subiendo las distintas pendientes, las cuales se diferencian por el color, se aprecia la distribución que tiene la quebrada San Idelfonso a lo largo de su extensión, por donde se ubica en el mapa y cuál es su cauce principal donde se junta la escorrentía. Dicho procedimiento se evidencia en la plataforma digital YouTube "https://youtu.be/gkxU3_zUXkc" [10].

De la misma manera, se ha trabajado con información donde se muestra las direcciones y ubicaciones de la zona crítica de inundación. Dentro de ellas se incluye el catastro, para así poder tener un mejor panorama de la manera en que se desplaza el cauce de la quebrada San Idelfonso, desde la naciente hasta el Océano Pacífico. Incluyendo en su recorrido al Centro Histórico de la ciudad de Trujillo. El recorrido digital con las zonas afectadas, se visualiza en la plataforma digital YouTube "<https://www.youtube.com/watch?v=7MbE-T5-oyM>" [11].

Para poder solucionar este posible problema y evitar que vuelva a suceder en un futuro, se planteó la construcción de un muro de contención con paso de caudal regulado como muestra la Fig. 5 teniendo un resumen del presupuesto en la Tabla 2. El cual será encausado al Rio Moche, donde luego desembocará en el Océano Pacífico como en la fig. 6.

TABLA II
RESUMEN DE COSTOS QUE ABARCA TODA LA OBRA DE CONSTRUCCIÓN DE CANAL Y MURO DE CONTENCIÓN PARA

COSTOS GENERALES	
RUBROS DE INVERSION	SOLES
A.-Inversión	
ADAPTACION DEL TERRENO	S/1,000,000.00
CANAL DE CONSTRUCCIÓN Y MURO DE CONTENCIÓN	S/6,446,600.00
B.-Intangibles	
Elaboración expediente Técnico	S/200,000.00
Asesoría Licitación	S/200,000.00
Supervisión de Obras	S/250,000.00
Liquidación de Obras	S/500,000.00
C.-Unidad Ejecutora	
Implementación de PIP	S/2,000,000.00
Evaluación Ex post	S/400,000.00
Total de inversiones	S/10,996,600.00
BARRERA DE CONTENCIÓN Y ENCAUSAMIENTO	

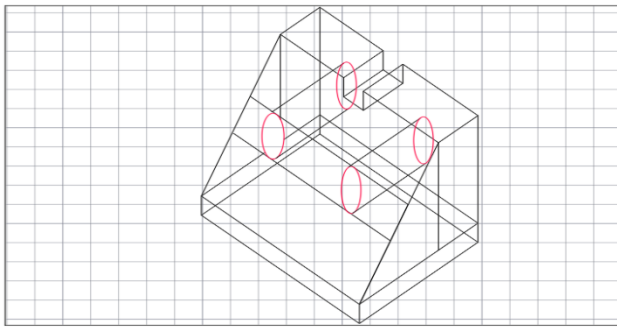


Fig. 5 Modelamiento en Civil 3D del muro que soportará la fuerza del caudal de las venidas de agua de la Quebrada San Idelfonso

En la fig. 5 se muestra cómo será el diseño que se realizará como método de contención para la quebrada San Idelfonso, siendo basado en los antecedentes de García C. (2016), donde uno de sus objetivos era realizar el muro de contención para proteger a su población, Siendo muy similar a lo que se piensa hacer

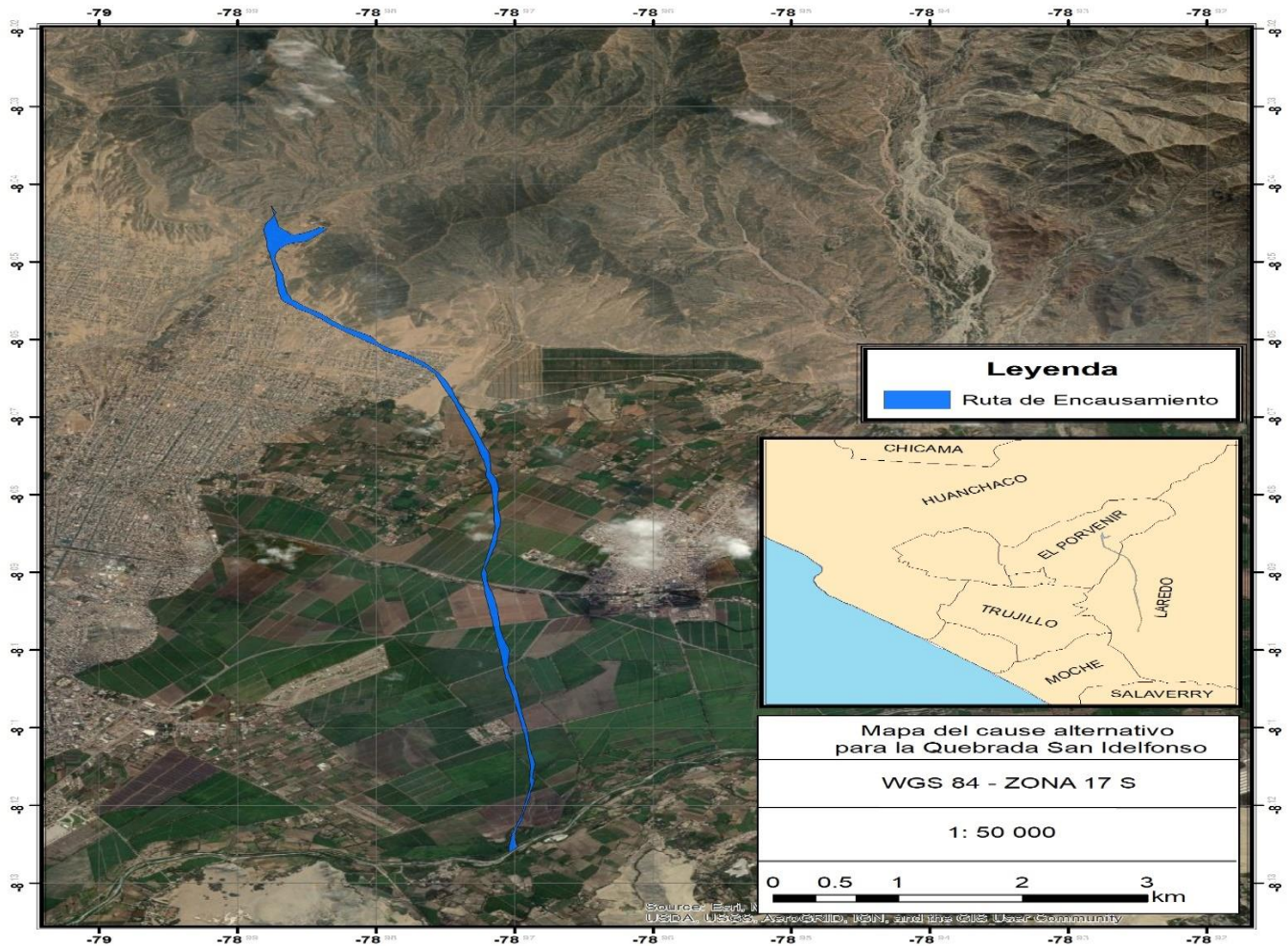


Figura 6. Mapa de encausamiento de canal como alternativa de Solución.

En la Fig. 6 se muestra el diseño que se está planteando para un posible desborde de la quebrada San Idelfonso. Cabe mencionar que, la mayoría de quebradas ubicadas de la zona sur-Libertena desembocan en el Río Moche; por tal motivo se considera un escenario posible para evitar su recorrido actual.

El modelamiento hidrológico que se plantea es el resultado de análisis espectrales de imágenes y análisis de datos. Este se

realizó en base al Fenómeno del Niño Costero ocurrido en el año 2017 entre los meses de enero y marzo. El 17 y 18 de marzo del 2017 aproximadamente a las 19:00 horas, se activó la quebrada San Idelfonso. En la parte alta del distrito de El Porvenir, se registraron fuertes precipitaciones pluviales originando inundaciones y deslizamientos que afectaron las vías de comunicación y áreas de cultivo en los distritos Laredo, de El Porvenir, Florencia de Mora, Trujillo y Víctor Larco

Herrera, desembocando en el Océano pacífico, cruzando todo el Centro Histórico.

Es por ello que realizando las comparaciones respectivas, se encontró que en la investigación García, en el 2016 titulado alternativas para la estabilización de la quebrada Cantuta II con fines de mitigación de deslizamientos se corrobora lo que se viene trabajando con respecto al fenómeno del niño en el presente estudio, en donde se contrasta que las fuertes precipitaciones son las que generan la activación de las quebradas y uno de los factores para las altas precipitaciones es la presencia del Fenómeno del Niño Costero, siendo el Perú por su ubicación y por la naturaleza de una geografía abrupta un candidato idóneo para el desarrollo de deslizamientos.

Al igual que, Celi y Tanta (2019), en su estudio titulado Modelamiento y simulación de la Quebrada Llocllamayo para control de flujo de escombros en la Región de Puno, se realizó un modelamiento y la simulación en esa quebrada con el software Arc Gis [7], siendo similar al presente estudio, ya que también se enfocaron en realizar el modelamiento de una quebrada, es por ello que se encontró similitudes entre los dos como el enfoque de los mapas temáticos realizados para comprender el modelamiento digital de elevación y el modelamiento digital de Terreno.

Palomino y Mauricio (2019), quienes realizaron un trabajo que se enfoca en un sistema de alerta temprana de una posible inundación generado mediante un software que predice y alerta el momento en el que podría existir un deslizamiento los cuales activan el sistema de alerta temprana de inundación por desbordamiento; ejecutándose mediante los modelos digitales de elevación, generando la posición de las alarmas de alertas tempranas de deslizamientos [8]; sin embargo, no tenía más de un 40 % de eficacia su método, por lo que fue descartado; pero el trabajo que está realiza, no solo abarca esa zona o rubro de estudio, ya que se trabaja con equipos sofisticados y con un muro de contención, el cual dará tiempo de reacción contra posibles avenidas y un canal de encausamiento que no dejará que se genere algún daño a la población. Por otro lado, las limitaciones que se encontraron en la realización de la presente investigación es la coyuntura actual que impidió la salida a campo y la limitada información sobre los temas relacionados; sin embargo, aun así, se supo sobrellevar.

IV. CONCLUSIONES

Al final de la investigación se logró diseñar un modelo hidrológico para la quebrada San Idelfonso teniendo en cuenta el Sistema de información geográfico utilizando el software ArcGIS versión 10.2.2, el software Civil 3D y el software Hec-RAS 5.0.7. Teniendo como resultado un conjunto de mapas los cuales son parte del modelamiento de la Quebrada San Idelfonso. Donde para eso se determinó el área de estudio donde se realiza el modelamiento hidrológico, dicha área se encuentra ubicada en la quebrada de San Idelfonso y está comprendida por 12 km² y un recorrido de 15 km siendo la extensión longitudinal del cauce de la quebrada San Idelfonso los distritos

de Laredo, El Porvenir, Florencia de Mora, Trujillo y Victor Larco Herrera. Por otro lado, también se logró analizar la información histórica perteneciente a los últimos 50 años de ocurrencia del fenómeno de El niño, considerando datos de organismos como INDECI, SIAL, SINIA; donde se obtuvo las precipitaciones diarias, mensuales y anuales de muchos años atrás, siendo los años con mayores precipitaciones los años 1983, el año 1998 y el año 2017. Se generó un modelo digital de elevación del área de estudio delimitada utilizando el software versión Arc Gis versión 10.2.2 para poder obtener los distintos mapas y videos de vuelo (Vista no tripulada).

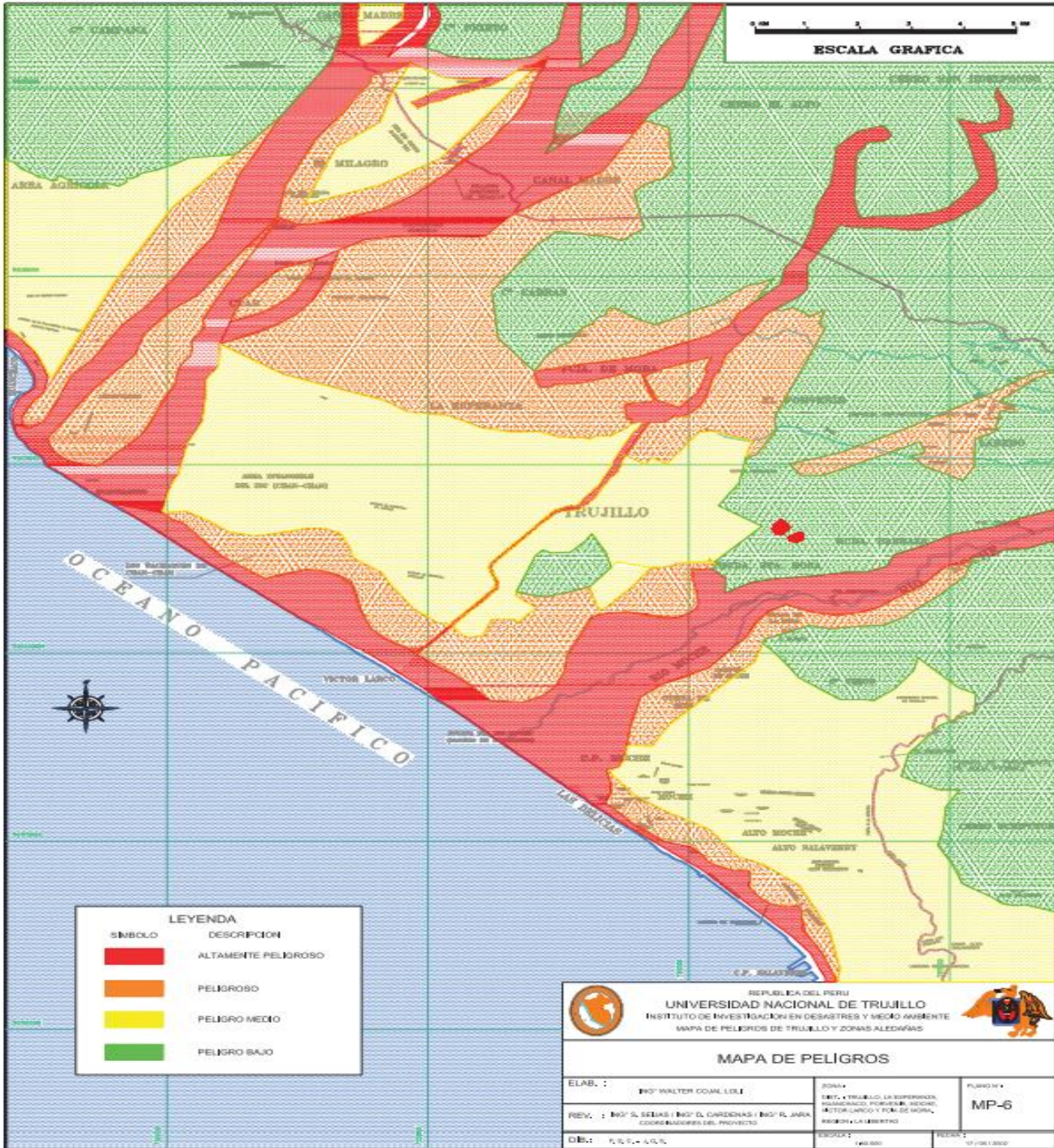
Se recomienda continuar con investigaciones similares, visitar campo y enfocarse en el diseño de construcción del canal en el cual se piensa construir como medida de prevención y acción y mitigación para un posible riesgo de deslizamientos similares a los del Fenómeno del niño costero del 2017.

REFERENCIAS

- [1] J. Rutllant, y H. Fuenzalida, "Synoptic Aspects of the Central Chile Rainfall Variability associated with the Southern Oscillation," *International Journal of Climatology*, vol 11, no.1, pp. 63-76, Febrero 1991.
- [2] Science for a changing world, "El Ciclo del Agua, The Water Cycle, Spanish," *Water Science School*, 2016. https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- [3] M. Glantz, *Corrientes de Cambio: El Impacto de "El Niño" sobre el Clima y la Sociedad*, 1ra ed., Valparaíso, Chile: Cambridge University Press, 1996.
- [4] J. Aurazo, "Así fue el primer huaico durante El Niño costero del 2017 | Fotos," *Diario El Comercio*. <https://elcomercio.pe/peru/libertad/lluvias-trujillo-primer-huaico-nino-costero-2017-fotos-noticia-617138-noticia/>
- [5] Ministerio de Transporte y comunicaciones, "*Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*," 2018. <https://www.hidrosm.com/2018/05/manual-de-hidrologia-hidraulica-y.html>
- [6] R. García, "*Alternativas para la estabilización de la quebrada Cantuta II con fines de mitigación de huaycos*," [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina], Repositorio Institucional UNALM, 2016. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2487>
- [7] J. Celi y F. Tanta, "*Modelamiento y simulación de la Quebrada Llocllamayo para control de flujo de escombros, - Región de Puno*," [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma], Repositorio Institucional URP, 2019. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2649>
- [8] V. Palomino, y L. Mauricio, (2019). "*Modelamiento hidrológico e hidráulico para un sistema de alerta temprana en la quebrada Cashahuacra, distrito de Santa Eulalia*," [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas], Repositorio Académico UPC, 2019. <http://hdl.handle.net/10757/626417>
- [9] Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, "*Informe técnico N°A6949: Evaluación de peligros geológicos en la localidad de Laredo*," 2019. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/7663>
- [10] C. Anticona, "*Modelamiento Digital de Elevación de la Quebrada San Idelfonso-Trujillo*" 2020," 2020. https://www.youtube.com/watch?v=gkxU3_zUXkc&feature=youtu.be
- [11] TV COSMOS, "*Trujillo: Ruta de la quebrada San Idelfonso*," 2017. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=7MbE-T5-oyM>

Anexos:

Anexo 1. Mapa de Peligro de Inundación – 2002 de la ciudad de Trujillo.



Fuente: INDECI