

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Modelamiento Hidráulico del Río Ica con fines de Prevención de
inundaciones e implementación de un Sistema de Alerta
Temprana**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Infante Pérez, José Ricardo

Asesor

Cerna Chávez Rigoberto

Código ORCID

0000-0003-4245-5938

Chimbote – Perú

2021

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	ii
INDICE DE FIGURAS	iii
Palabras clave – Key words – Línea de investigación	iv
Constancia de Originalidad	v
Título de la investigación	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. METODOLOGÍA	40
III. RESULTADOS	44
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	78
V. CONCLUSIONES	84
VI. RECOMENDACIONES	86
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
VIII. ANEXOS	89

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Valores de periodos de retorno para diseño recomendados.....	24
Tabla N°2: Colores de identificación del sistema de alerta temprana.....	29
Tabla N°3: Componentes de un SAT	32
Tabla N°4: Resultado de caudales máximos anuales – Estación La Achirana.....	46
Tabla N°5: Resultados de periodo de retorno por el Método de Gumbel	47
Tabla N°6: Resultados de periodo de retorno por el Método de Nash	47
Tabla N°7: Resultados de periodo de retorno por el Método de Lebediev	47
Tabla N°8: Resultado de áreas de Inundación para valle del Río Ica.....	58
Tabla N°9: Colores de identificación para alerta.....	64

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Detalle de regla limnimétrica	31
Figura N°2: Detalle de pluviómetro	34
Figura N°3: Ubicación geográfica de Ica y La Achirana	44
Figura N°4: Ubicación del tramo de estudio en el Río Ica.....	45
Figura N°5a: Ventana de creación de proyecto nuevo en HEC-RAS	48
Figura N°5b: Definición de unidades métricas	49
Figura N°5c: Secciones exportadas a HEC-RAS	49
Figura N°6a: Análisis geométrico de sección con HEC-RAS	50
Figura N°6b: Diseño de caudal $Q_{100}=274.10$ m ³ /s	50
Figura N°6c: Pendiente promedio $S=0.15\%$	51
Figura N°6d: Coeficiente de rugosidad.....	51
Figura N°7: Modelamiento hidráulico del tramo en estudio del Río Ica	52
Figura N°8: Mapeo de secciones vulnerables a inundación	53
Figura N°9: Primera sección vulnerable a inundación ubicada a 13+500 km	53
Figura N°10: Sección transversal inundada en el 13+500 km	54
Figura N°11: Segunda sección vulnerable a inundación ubicada a 22+500 km	55
Figura N°12: Sección transversal inundada en el 22+500 km	56
Figura N°13: Tercera sección vulnerable a inundación ubicada a 28+000 km.....	56
Figura N°14: Sección transversal inundada en el 28+000 km	57
Figura N°15: Identificación de zonas inundables en el tramo del Río Ica	59
Figura N°16: Ubicación de pluviómetros en el tramo del Río Ica	61
Figura N°17: Ubicación de limnímetros en el tramo del Río Ica	62
Figura N°18: Esquema de funcionamiento del SAT y COEN	63
Figura N°19: Mapas de rutas de evacuación de zonas vulnerables de Ica	65
Figura N°20: Grupos de trabajo para actividades del SAT	67
Figura N°21: Mapa de riesgos de inundaciones de Ica	68
Figura N°22: Medición de lluvia mediante pluviómetro.....	69
Figura N°23: Medición de lluvia mediante limnímetros.....	71
Figura N°24: Instrumentos para difusión de alerta.....	72
Figura N°25: Señalética para evacuación en inundación	74
Figura N°26: Simulacro para inundaciones.....	75
Figura N°27: Rutas de evacuación de La Tinguña y Parcona.....	77

Palabras clave:

Tema	Modelamiento Hidráulico
Especialidad	Hidráulica

Key words:

Theme	Hydraulic Modeling
Speciality	Hydraulics

Según OCDE:

Línea de investigación	Hidráulica
Área	Ingeniería y Tecnología
Sub-área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado **“Modelamiento Hidráulico del Río Ica con fines de Prevención de inundaciones e implementación de un Sistema de Alerta Temprana”** del (a) estudiante: **José Ricardo Infante Pérez** identificado(a) con **Código N° 1113100197**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **29%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 30 de Julio de 2021


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. CARLOS URBINA SANJINES
VICERRECTOR



NOTA:

Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

**“Modelamiento Hidráulico del Río Ica con fines de
Prevención de inundaciones e implementación de un
Sistema de Alerta Temprana”**

RESUMEN

La investigación tiene por título: **“Modelamiento Hidráulico del Río Ica con fines de Prevención de inundaciones e implementación de un Sistema de Alerta Temprana”**, cuyo objetivo principal consiste en modelar hidráulicamente un tramo del Río Ica con fines de prevención de inundaciones e implementar sistema de alerta temprana. De esta forma se recopiló y procesó la información hidrométrica máxima anual en 24 horas de la Estación La Achirana.

Por otra parte, se usó la metodología de tipo descriptiva – explicativa al procesar los caudales máximos obteniendo como resultado un caudal de diseño $Q_{100} = 274.10$ m³/s mediante el método estadístico de Gumbel para el modelamiento hidráulico del Río Ica.

De esta manera, el modelo hidráulico aplicado para prevenir inundaciones e implementar un sistema de alerta temprana en el valle del río Ica, identificó las zonas de riesgo de inundación en las secciones: 13+500 km, 22+500 km y 28+000 km presentan vulnerabilidad de desborde del río, con unas áreas de inundación de 86.19, 89.8, 93.55 y 97.17 hectáreas, para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años respectivamente.

Finalmente, se propuso el sistema de alerta temprana compuesto por la ubicación de 5 pluviómetros y 2 estaciones hidrométricas con la finalidad de brindar la información y determinar el nivel de alertar en caso de inundación, asimismo se propuso un manual adecuado el entendimiento de los pobladores de la comunidad y que puedan hacer uso del sistema de alerta temprana de una manera eficiente y puedan salvaguardar sus vidas.

ABSTRACT

The research is entitled: "**Hydraulic Modeling of the Ica River for Flood Prevention Purposes and Implementation of an Early Warning System**", whose main objective is to hydraulically model a section of the Ica River for flood prevention purposes and implement a system of early warning. In this way, the maximum annual hydrometric information in 24 hours from La Achirana Station was collected and processed.

On the other hand, the descriptive-explanatory methodology was used when processing the maximum flows, obtaining as a result a design flow $Q_{100} = 274.10 \text{ m}^3 / \text{s}$ by means of the Gumbel statistical method for the hydraulic modeling of the Ica River.

In this way, the hydraulic model applied to prevent floods and implement an early warning system in the Ica river valley, identified the flood risk areas in the sections: 13 + 500 km, 22 + 500 km and 28 + 000 km They present vulnerability to the overflow of the river, with flood areas of 86.19, 89.8, 93.55 and 97.17 hectares, for return periods of 10, 25, 50 and 100 years respectively.

Finally, an early warning system was proposed, consisting of the location of 5 rain gauges and 2 hydrometric stations in order to provide information and determine the level of warning in the event of flooding, as well as an adequate manual for the understanding of the inhabitants of the community and that they can make use of the early warning system in an efficient way and can safeguard their lives.

I. INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes y fundamentación científica

En nuestro país los constantes desbordes de los ríos es una problemática muy frecuente de cada año, a causa de las fuertes precipitaciones que se suscitan, la cual tiene temporada de sequía y de lluvia diversa, agregado al tiempo donde acostumbran ocurrir los fenómenos naturales (El Niño), ocasionando así que los ríos incrementen a una mayor magnitud, desbordándose y a la vez provocando considerables pérdidas, en específico a las siguientes partes del país como: Ica, Pisco, Áncash, Lambayeque, Piura, La libertad.

Por otra parte, la pobreza por la que pasa el Perú ligado con el incremento urbano sin orden alguno ha obligado que la mayoría de la población se instale en los márgenes vulnerables de los ríos desafiando a los riesgos que puedan estar expuestos. También, el pronóstico hidrológico de las descargas es sólo un aspecto del problema, a la ingeniería le interesa conocer la probabilidad de ocurrencia de eventos de determinada magnitud para su consideración en la planificación, diseño, construcción, operación, implementación de sistemas de alerta temprana y mantenimiento de las obras de ingeniería y para la ocupación territorial.

NIVEL INTERNACIONAL

Sánchez, L. (2017). Modelación Hidrológica e Hidráulica Acoplada de la Cuenca Media y Baja del Río Magdalena (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá– Colombia. Tuvo como objetivo el modelo hidrológico e hidráulico acoplado para el complejo sistema del Río Magdalena como un paso importante hacia la gestión del río basada en el conocimiento. El río Magdalena es el más largo de Colombia, drena una cuenca de 257,000km² en la que habitan 38 millones de personas. La toma de decisiones con respecto a la gestión del recurso hídrico en Colombia, no siempre se basó en un conocimiento sólido del sistema fluvial en su conjunto, sino en observaciones en un número limitado de ubicaciones. Para facilitar la transición hacia

un proceso de toma de decisiones basado en el conocimiento, el Centro de Investigaciones del Río Magdalena ha llevado a cabo el programa de modelación permanente del río Magdalena para mejorar la comprensión de este sistema fluvial. Dentro del programa de modelación permanente del río Magdalena se construyó un modelo hidráulico en SOBEK de la cuenca media y baja del río Magdalena (900 kilómetros) con un componente unidimensional que representa el sistema de canal principal y un componente bidimensional para las llanuras de inundación y otras áreas inundables, el cual fue acoplado externamente a un modelo hidrológico conceptual distribuido como wflow que representa el flujo de los tributarios. Esta modelación acoplada fue utilizada para reproducir el comportamiento observado en la cuenca media y baja del río Magdalena durante el período de tiempo comprendido entre el 1/1/2010 y el 31/03/2011. Adicionalmente, se identificaron los parámetros más influyentes en los resultados a partir de análisis de sensibilidad e incertidumbre. Este esfuerzo de modelación ha revelado falencias en la información disponible. El acople de modelación desarrollado puede ser utilizado en diferentes escenarios de modelación en el río Magdalena y/o puede ser replicado en otros ríos y/o considerar en la inclusión de otros temas de interés, tales como calidad de agua, transporte de sedimentos, modelamiento de hábitat acuático, entre otros.

NIVEL NACIONAL

Palomino, V. & Mauricio, L. (2019). Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para un Sistema de Alerta Temprana en la Quebrada Cashahuacra, Distrito de Santa Eulalia (Tesis de pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima – Perú. Tuvo como objetivo el modelamiento hidrológico e hidráulico de la quebrada Cashahuacra ubicada en el distrito de Santa Eulalia con el fin de proponer la estructura de un sistema de alerta temprana que integre estos modelos para evitar la pérdida, primordialmente, de vidas humanas.

Se presenta una síntesis de los principales eventos de flujo de detritos ocurridos en dicho lugar, así como un marco teórico que aborda conceptos básicos relacionados al estudio de la hidrología e hidráulica.

Para el modelo hidrológico, se llevó a cabo la caracterización de la quebrada Cashahuacra y se obtuvo sus parámetros principales, así también, fue necesario la adquisición de los datos históricos de precipitación. De esta manera, el modelo hidrológico fue realizado con el software HEC-HMS versión 4.2 en colaboración con ArcGIS versión 10.2.1. y su extensión HEC-GeoHMS. Así, se pudo determinar los caudales máximos bajo los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500 años.

El modelo hidráulico fue desarrollado con el software FLO-2D versión PRO. Tuvo como parámetros de entrada al hidrograma calculado por el modelo hidrológico, a la topografía digital del terreno, y a parámetros reológicos como la viscosidad y el esfuerzo de cedencia. Luego, fueron obtenidas las velocidades y profundidades máximas de los periodos de retorno mencionados líneas arriba.

Finalmente, se ha integrado estas dos modelaciones en la estructura de un sistema de alerta temprana frente a huaycos y se ha sugerido la implementación de un radar meteorológico para la quebrada en estudio.

Varona-Alama, M. (2018). Modelo Hidrológico de la Cuenca Catamayo – Chira hasta el Ingreso al Reservorio Poechos usando HEC-HMS (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura – Perú. Tuvo como objetivo la modelación de la cuenca Catamayo-Chira hasta el ingreso al reservorio Poechos mediante el programa Hec-Hms, basada en la información recopilada en las estaciones Puente Internacional, Paraje Grande, Ciruelo y Ardilla, ubicadas aguas arriba de dicho reservorio. De esta manera, se podrán evaluar los caudales que se originan producto de la escorrentía de las lluvias en la parte alta de la cuenca y su influencia en la entrada del reservorio Poechos.

Para ello, en el primer capítulo se ha realizado un estudio general de la cuenca que nos permite conocer el territorio que se va a modelar, también se muestra una descripción del Proyecto Especial Chira Piura, así como del Reservorio Poechos y la importancia que tiene este en la población piurana, se describe además las estaciones hidrométricas de estudio y un análisis hidrológico de la cuenca.

En el segundo capítulo se muestra una descripción del programa Hec-Hms y sus aplicaciones, para luego en el tercer capítulo describir el proceso de modelación de la cuenca y los resultados obtenidos. Finalizando en el cuarto capítulo se muestran las conclusiones obtenidas y las recomendaciones, producto de la modelación realizada.

Coloma, A. (2015). Simulación Hidrológica e Hidráulica del Rio Tambo, Sector Santa Rosa, Distrito de Cocachacra, Provincia de Islay, Departamento de Arequipa (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. Tuvo como objetivo realizar la simulación hidrológica e hidráulica del río Tambo con fines de prevención de inundaciones, en un tramo de 600 metros del Sector de Riego Santa Rosa Ventillata Ayanquera, ubicado en el Distrito de Cocachacra Arequipa, con la finalidad de conocer los caudales de máximas avenidas y los niveles de inundación para flujos con régimen permanente, para los periodos de retomo de 100, 500, 1000 y 1500 años. Para ello se realizó una descripción de la zona de estudio (ubicación, climatología, morfometría, zonas de vida, etc.), seguidamente la recopilación y el procesamiento de la información pluviométrica, para obtener los hietogramas de diseño asumiendo una distribución uniforme (igual probabilidad de ocurrencia de las intensidades de lluvia), data de entrada para el modelo hidrológico con HEC-HMS, para lo cual se defmieron los parámetros de entrada (valores de CN por el método del SCS, retención potencial y abstracción inicial, y el tiempo de retardo con el método de Snyder). Obtenido los caudales máximos de 754, 995, 1110, 1171 m³/s, para los periodos de retomo de 100, 500, 1000 y 1500 años, respectivamente, los cuáles fueron calibrados con los caudales máximos estimados con la información recopilada en campo y de los caudales máximos anuales registrados en la cuenca misma y en cuencas aledañas.

Finalmente se realizó la simulación hidráulica para flujos con régimen permanentes con HEC-RAS, obteniendo los niveles de inundación los cuales no varían significativamente entre los diferentes periodos de retomo considerado, debido a que, a lo largo del tramo evaluado se observan bancos de arena o llanuras de inundación, cuyos niveles serán inundados superando todo el ancho de río, los cuáles varían en un rango promedio de 122.5 m.s.n.m. (aguas arriba) a 118.6 m.s.n.m. (aguas abajo).

Huancas, C. (2019). Modelamiento hidráulico con Hec-ras para la prevención de Inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo – Perú.

Tuvo como objetivo principal realizar el modelamiento hidráulico del Río Reque con el fin de identificar los tramos críticos y así prevenir las inundaciones, proponiendo como solución las defensas ribereñas (muros laterales).

La investigación surge de la observación de un problema muy frecuente presentado en épocas de avenidas, esto referido a la inexistencia de obras de protección de defensas ribereñas en el Río Reque, que traen consigo pérdidas de productos agrícolas, para la investigación se trabajó con una muestra no probabilística a juicio, correspondiente al tramo del río que comprende desde el km 44+100 al 49+100.

De lo antes mencionando, se tuvo como resultado la identificación de los caudales máximos obtenidos de la estación de aforo Monsefú – Reque, teniendo una avenida máxima de 502.68 m³/s y una avenida mínima de 6.40 m³/s, además se tuvo el caudal de diseño de 670.69 m³/s obtenido del procesamiento estadístico de los métodos Gumbel, Nash y Ledevied. De esta manera, se procedió al modelamiento de los tramos críticos de inundación situados en el tramo en estudio en el Río Reque, que causaran pérdidas agrícolas a la población y sectores aledaños.

Como solución se propuso plantear defensas ribereñas con la utilización del software river para cada tramo crítico presentado a través del modelamiento logrando así la prevención a futuras inundaciones, esto permite comprobar la hipótesis que sí se realiza el modelamiento hidráulico con hec-ras entonces, se verificara las condiciones favorables en la prevención de inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque.

NIVEL LOCAL

Karin, P. (2019). Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones Aplicando un Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS en el Río Culebras (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote – Perú.

Tuvo como objetivo proponer un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones utilizando un modelamiento hidrológico con HECHMS en el Río Culebras, para prevenir el peligro ante un fenómeno natural.

La metodología de la investigación es descriptiva, como primera acción se elaboró el modelamiento hidrológico de la cuenca de aporte de descarga al estudio, dentro de esta acción se discretizó la cuenca en 9 subcuencas, para estas se hallaron sus parámetros geomorfológicos, luego por medio del método Servicio de Conservación de Suelos (SCS) se determinó las abstracciones iniciales y la Curva Número (CN) de las subcuencas, finalizando esta acción el software HEC-HMS; mediante hidrograma sintético de la SCS, transformando la precipitación de escorrentía superficial, dicho resultado de esta acción se obtuvo que el caudal pico es de 95.5 m³/s según el reporte gráfico del programa HEC-HMS, así mismo nos da la diferencia de tiempo de 7.05 horas aproximadamente.

La finalidad de esta investigación es dar a conocer de los Sistemas de Alerta Temprana de Inundaciones, que va a servir como una herramienta preventiva y de gran apoyo para la población, así mismo debemos de conocer las zonas vulnerables, para poder minimizar los peligros que ocasionan los fenómenos naturales.

Por lo tanto, este proyecto de investigación sirve como ayuda y base para una futura implementación del Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones del río Culebras, vulnerables a este fenómeno natural. Además, es un gran logro para la ingeniería, ya que se va a proponer un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones utilizando un modelamiento hidrológico con HEC-HMS.

Fundamentación científica

Hidráulica

La hidráulica es una rama de la física que se dedica al análisis del movimiento y del equilibrio de los fluidos. Un fluido, a su vez, es un líquido o un gas: una sustancia cuyas moléculas se mantienen unidas mediante una fuerza de cohesión o atracción débil. Esto hace que los fluidos adopten la forma del contenedor donde se encuentran.

Como sustantivo, la idea de hidráulica también puede usarse para aludir a las técnicas, metodologías y recursos que permiten contener, guiar y aprovechar el agua. En este sentido, el concepto se vincula al aprovechamiento del agua para producir energía, al desarrollo de acueductos, etc. (Pérez y Gardey, 2018).

Agua

Todas las formas de vida necesitan agua. El cuerpo humano está constituido por el 60% de agua. Las personas toman 2.5 cuartos de agua (2.4 litros) al día. El cerebro contiene un 70%. La sangre es 83% d agua. Las células del cuerpo humano mueven minerales y nutrientes mediante el agua. El agua mueve los desechos del cuerpo humano (Shirley, D., 2014).

Río

Los ríos son las corrientes permanentes de agua que recolectan el agua de las precipitaciones, directamente o a través de manantiales, y las conducen hasta el mar, un lago u otro río. Normalmente, el río nace en un punto conocido que constituye el nacimiento o las fuentes del río, pero también puede formarse por la confluencia de varios torrentes o de varios ríos de cabecera. Los ríos poseen una enorme importancia para la vida humana, ya que son una fuente de recursos alimentarios, aportan reservas de agua para el regadío y para el consumo, constituyen también fuentes energéticas aprovechables a través de las centrales hidroeléctricas y son así mismo importantes

vías de comunicación. Los desbordamientos en los tramos bajos de las corrientes naturales donde la pendiente del cauce es pequeña y la capacidad de transporte de sedimentos es reducida, puede provocar inundaciones, las cuales pueden traer consecuencias socioeconómicas graves en la medida que afecten asentamientos humanos, centros de producción agrícola o industrial e infraestructura vial.

Cuencas hidrográficas

Es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada “divisoria de aguas” o “divisor de aguas”. Una cuenca hidrográfica y una cuenca hidrológica se diferencian en que la primera se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (Villón, 2002).

Elementos de una cuenca

— El río principal

Suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua o bien con mayor longitud o mayor área de drenaje. La mayoría de cuencas presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura. En el curso de un río se distinguen tres partes:

- Curso superior: ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical. Su resultado es la profundización del cauce.
- Curso medio: en donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle.
- Curso inferior: situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí, el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales.

→ Afluentes

Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub – cuenca.

→ Relieve de la cuenca:

El relieve de una cuenca consta de los valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y la red 22 fluvial que conforma una cuenca. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.

→ Las obras humanas

Algunas obras construidas por el ser humano, también denominadas intervenciones antropogénicas, que se observan en la cuenca, suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo, obras para riego, energía y vías de comunicación. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se le sobreexplota quitándole recursos o “desnudándola” de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas. Pero el mayor de los males es la construcción de viviendas, urbanizaciones y poblaciones enteras en zonas inundables, sobre todo, en las llanuras aluviales de las cuencas de muchos ríos. No obstante, los seres humanos también realizan obras muy positivas en la conservación y mejoramiento de las cuencas hidrográficas para minimizar o eliminar los efectos destructivos de las crecidas e inundaciones.

Partes de una cuenca hidrográfica

→ Cuenca alta, que corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente.

→ Cuenca media, la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

→ Cuenca baja, es la parte en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

Tipos de cuenca

→ Exorreicas: drenan sus aguas al mar o al océano.

→ Endorreicas: desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar.

→ Arreicas: las aguas no desembocan ni en lagos ni en mares, pues se evaporan o se filtran en el terreno. Se suelen presentar en zonas áridas o desiertos donde existen pequeños cursos de agua de carácter temporal o intermitente que se evaporan o infiltran en el terreno hasta desaparecer. Generalmente los caudales de agua son escasos.

Principales anomalías

Sequías

Es una anomalía climatológica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de lo habitual de un área geográfica. La causa principal de toda sequía es la falta de lluvias o precipitaciones, este fenómeno se denomina sequía meteorológica y si perdura, deriva a una sequía hidrológica caracterizada por la desigualdad entre la disponibilidad natural de agua y las demandas naturales de agua. En casos extremos se puede llegar a la aridez.

Inundación

Se define como la ocupación del agua en zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río, lago u otro por fuertes precipitaciones o lluvias muy prolongadas. 24 En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los cauces de los ríos.

Clasificación de las inundaciones

Las clasificaciones más comunes obedecen a su origen, o bien, al tiempo que tardan en presentarse sus efectos.

De acuerdo con su origen

En este punto se trata de identificar la causa de la inundación. Los principales tipos son:

– Inundaciones pluviales

Son consecuencia de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días, hasta que se evapore y el terreno recupere su capacidad de infiltración.

– Inundaciones fluviales

Se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie de terreno cercano a ellos. A diferencia de las pluviales, en este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada.

→ Inundaciones costeras

Se presenta cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea y permite que éste penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno.

Por el tiempo de respuesta

La respuesta hidrológica de una cuenca depende de sus características fisiográficas. Básicamente se han definido dos grupos: inundaciones lentas e inundaciones rápidas. Lo anterior significa que en cuencas cuya respuesta hidrológica es lenta se generan avenidas en un tiempo relativamente largo (del orden de varias horas o días); en ellas ocurren principalmente daños materiales. Mientras que cuando la inundación se forma en poco tiempo (desde unos cuantos minutos, hasta un par de horas) se llama inundación súbita, causando, principalmente, la pérdida de vidas humanas en zonas pobladas (Villón, 2002).

→ Inundaciones lentas

Al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno, esto es, cuando el suelo no puede seguir absorbiendo más agua de lluvia, el volumen remanente escurre por los ríos y arroyos o sobre el terreno. Conforme el escurrimiento avanza hacia la salida de la cuenca, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de éste, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno inundado.

Este efecto se presenta comúnmente en zonas donde la pendiente del cauce es pequeña y, por ende, la capacidad de los ríos disminuye.

→ Inundaciones súbitas

Se producen generalmente en cuencas hidrográficas de fuerte pendiente por la presencia de grandes cantidades de agua en muy corto tiempo. Son causadas por fuertes lluvias, tormentas o huracanes. Pueden desarrollarse en minutos u horas, según la intensidad y la duración de la lluvia, la topografía, las condiciones del suelo y la cobertura vegetal. Este tipo de inundaciones puede arrastrar rocas, tumbar árboles, destruir edificios y otras estructuras y crear nuevos canales de escurrimiento. Los restos flotantes que arrastra pueden acumularse en una obstrucción o represamiento, restringiendo el flujo y provocando inundaciones aguas arriba del mismo, pero una vez que la corriente rompe la represión, la inundación se produce aguas abajo.

Protección contra las inundaciones

Para poder solucionar o evitar los daños causados por inundaciones, es indispensable emprender acciones de protección. Éstas pueden ser de dos tipos: medidas estructurales o medidas no estructurales (Villón, 2002).

Medidas estructurales

Incluyen las represas y reservorios, modificaciones a los canales de los ríos, diques y riberos, depresiones para desbordamientos, cauces de alivio y obras de drenaje. Las modificaciones al canal que se pueden realizar son: dragarlo para que sea más ancho o profundo, limpiar la vegetación u otros residuos, emparejar el lecho o las paredes o enderezarlo; todo esto ayuda a aumentar la velocidad del agua que pasa por el sistema e impedir las inundaciones (Villón, 2002).

Los objetivos de las medidas estructurales se pueden alcanzar de dos maneras:

→ Mantener el agua dentro del cauce del río.

→ Evitar que el agua, que ha salido de los cauces, alcance poblaciones o zonas de interés.

Medidas no estructurales

Este tipo de medidas se basa en la planeación, organización, coordinación y ejecución de acciones que buscan disminuir los daños causados por las inundaciones. Pueden ser de carácter permanente o aplicable sólo durante la contingencia. Las principales acciones por desarrollar dentro de este tipo de medidas se relacionan con la conservación y cuidado de las cuencas, la elaboración de mapas de riesgo y reordenamiento territorial, la vigilancia y alerta, la operación de la infraestructura hidráulica, los planes de protección civil, la difusión de boletines de alerta y la evacuación de personas y bienes afectables. (Villón, 2002).

Estudio topográfico

Es uno de los estudios principales de toda obra civil, su utilización permite obtener el levantamiento topográfico de la zona. Además, con los estudios topográficos se pretende proporcionar con exactitud el área en estudio, generando entonces todo lo necesario para la descripción topográfica, esto se realiza con el apoyo del AutoCAD Civil 3D (Braja, 2012).

Curvas de nivel (msnm)

Son representaciones de curvas de nivel que consisten en trazar (cortar) un terreno mediante múltiples planos paralelos, estafando separado a una distancia oportuna. Cada plano corta el terreno constituyendo una figura plana, llamada curva de nivel. (Braja, 2012).

Perfil longitudinal (m)

Son representaciones del corte del terreno que se genera del plano vertical conteniendo el eje una obra lineal. Esto relacionado a la altimetría de la cota rasante que se pretende lograr con el trazo del terreno. (Braja, 2012).

Sección transversal (m²)

Las secciones transversales representan que estas resulten de cortes por planos verticales perpendiculares al eje y que defina la rasante. En estos se puede observar la rasante, el terreno, los taludes, etc. (Braja, 2012).

Estudios hidrológicos

Caudales Máximos (m³/s)

Se utilizan para: - El dimensionamiento de una vertiente. - Sistemas de drenaje (agrícola, aeropuerto, ciudad, carretera) - Muros de encauzamiento. (Villón, 2002).

Dentro los casos mencionados es necesario calcular el caudal de diseño utilizando (métodos estadísticos) a partir de data histórica de registros de máximas avenidas de un río, en un lapso de periodo determinado.

Periodos de retorno (Años)

El Q_{diseño} debe tener un T que viene a ser el lapso (años) dentro del cual un suceso de extensión Q (m³/s), podría ser mayor o igual. Teniendo un suceso de mayor o igual caudal (m³/s), ocurrirá en un periodo en “t” años, su eventualidad que suceda en “P”, es equivalente a 1/ T. Se tiene por formula entonces:

$$P = 1/T \text{ ó } T = 1/P$$

Se tiene que: P= probabilidad de incidencia “Q” (m³/s) T=periodo de retorno o ocurrencia En la tabla N°1 se tiene los periodos de retorno, que nos permite tener rangos de variación establecidas. (Villón, 2002).

Tabla N°1: Valores de periodos de retorno para diseño recomendados

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 - 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1- 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 – 10
Drenaje agrícola	5 - 10
Muros de encauzamiento	2 - 50

Fuente: Máximo Villón Béjar, 2008, p. 244

Métodos estadísticos (m³/s)

Para utilizar los métodos estadísticos es indispensable contar con data de registros históricos de caudales anuales en una estación meteorológicas, características físicas e hidrológicas del río, determinadas a partir de los estudios básicos, entre otros. Se recomienda contar con data histórica de caudales mayor a 50 años, para la estimación más real en el cálculo de diseño.

Gran parte de las obras donde se determina el caudal de diseño, cuentan con poca información de registro de avenidas máximas anuales, es decir, su parábola de distribución de eventualidades de avenidas máximas se tiene que extender, para deducir un caudal dependiendo al periodo de retorno siempre que este sea mayor al número de años de registro histórico. Dentro de los métodos estadísticos se tiene Método de gumbel, nash y ledevied.

Modelamiento hidráulico con HEC-RAS

El Hydrologic Engineering Center - River Analysis System (HEC-RAS) es un modelo unidimensional que permite ejecutar análisis hidráulicos del flujo de agua en lámina libre en régimen permanente y no permanente.

Para el análisis hidráulico en régimen permanente, HEC-RAS es capaz de realizar cálculos de los perfiles de la superficie del agua en flujo gradualmente variado. Perfiles de la superficie del agua en régimen subcrítico, supercrítico y mixto pueden ser calculados. Los perfiles de la lámina de agua son calculados de sección en sección resolviendo la ecuación de energía por medio del procedimiento iterativo del paso estándar (U.S. Army Corps of Engineers. 2008).

Sistema de alerta temprana

Un sistema de alerta temprana (SAT), consiste en la transmisión rápida de datos que active mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar de manera temprana y oportuna.

El suministro de información oportuna se realiza por medio de las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (OEA, 2010, p. 35).

Tipos de sistemas de alerta temprana

SAT centralizados

El sistema de alerta temprana centralizado se refiere a aquel que utiliza de Tecnología que requiere de conocimiento técnico experto en lo que se refiere a la observación y monitoreo del fenómeno y en la elaboración del pronóstico de crecida. La observación y monitoreo se basa en redes telemétricas de estaciones de lluvia y nivel de los ríos,

que permiten pronósticos de crecida precisos y con anticipación. Se apoya en redes de observación global, como el radar, que permiten desarrollar modelos y pronósticos de tiempo, y utiliza una base científica que requiere.

SAT comunitarios

Es un sistema de carácter sencillo el cual se caracteriza por el uso de equipos de bajo costo y de un fácil manejo, operados por miembros de las comunidades tanto en los componentes y el monitoreo del evento, así como en la comunicación de la alerta. Este tipo de sistemas se basa en la participación activa de voluntarios de las comunidades que viven dentro de la cuenca donde se instaló el SAT, los voluntarios desempeñan funciones de trabajo en la respuesta, pero también participan en tareas de prevención con trabajos de mitigación de bajo costo y que no requieren de conocimiento técnico experto.

Componentes del sistema

→ Conocimiento y vigilancia permanente del peligro en tiempo real

Para cumplir con este componente se necesitan mapas que identifiquen los lugares inundados, permanentemente en la época de crecida del río por el incremento de las precipitaciones. El conocimiento del peligro permitirá tomar las medidas necesarias para actuar ante una emergencia. Para realizar la vigilancia es necesario contar con instrumentos de monitoreo permanentes. Los procesos de este componente son:

Módulo de monitoreo

El SAT es controlado desde un centro de operaciones que debe:

- Revisar diariamente la información del SENAMHI, especialmente las alertas emitidas todos los días a nivel distrital y regional, para el seguimiento y monitoreo

permanente. • Comunicación permanente con los puntos de monitoreo en campo donde se encuentran los pluviómetros y escalas hidrométricas.

- El funcionamiento del centro debe ser permanente y elaborar alertas locales.

Selección e instalación de instrumentos de monitoreo

Después de la fase de reconocimiento de campo en la cuenca y de identificar los lugares vulnerables según datos históricos, se deben reconocer también las áreas seguras y estratégicas para colocar los instrumentos de medición de inundación y determinar el número de instrumentos a instalar.

Lectura y registro

Cuando se incrementa el nivel del río es necesario hacer un seguimiento hidrológico para detectar los lugares donde ocurrirá una posible inundación. Los instrumentos necesarios para realizar la lectura y registro son:

- Pluviómetros: instrumentos de medición de precipitaciones (cantidad de agua caída expresada en milímetros). La lectura del pluviómetro se realiza tres veces al día (6 a.m., mediodía y 6 p.m.) y los datos se guardan en una bitácora. Luego son procesados y transmitidos al centro de operaciones.
- Escalas hidrométricas: son reglas de madera o aluminio que permiten medir el nivel (altura) del agua del río. La regla debe ser lo suficientemente larga como para medir el nivel del río cuando alcanza su máxima altura. Las medidas de las escalas se recogen con la misma frecuencia diaria que los pluviómetros.

Transmisión de datos

Los datos obtenidos de la lectura del pluviómetro y de las escalas hidrométricas son remitidos al centro de operaciones de emergencia y al SENAMHI, para su análisis y procesamiento.

Procesamiento y análisis de datos

En el Perú, el SENAMHI es la institución científica que controla la calidad de los datos obtenidos en campo para su análisis mensual y genera mapas de precipitación con modelos numéricos.

Servicio de guía y monitoreo

El monitoreo es un proceso permanente y que tiene una relación muy estrecha de dependencia con la información emitida por el SENAMHI. Cuando empieza la temporada de lluvias estos datos son útiles para determinar si el caudal del río ha aumentado y si hay inundaciones probables. En todo SAT existe un cuadro de estados de control que sirve para determinar cuándo y bajo qué condiciones se emite una alerta:

Difusión y comunicación

Este componente consiste en el uso de todos los medios de comunicación disponibles antes de una emergencia para concientizar a la población y difundir las estrategias de evacuación y emergencia, y durante y luego de la emergencia para emitir alertas y evaluar sus impactos.

Tabla N°2: Colores de identificación del sistema de alerta temprana

Colores de Alerta	Descripción de alerta
Rojo	El impacto generado y el desastre requieren de evaluación para la respuesta.
Naranja	Condiciones de inundación críticas.
Amarilla	Incremento de la manifestación de inundación
Verde	La situación es normal.

Fuente: Elaboración propia.

Es recomendable que en todo SAT las localidades de más alto riesgo cuenten con comunicación radial (HF-VHF) además de telefonía celular y medios de alerta como sirenas y alarmas que permitan establecer comunicación con el centro de operaciones de emergencia y sirvan para notificar a los vecinos sobre una emergencia. Por ello se debe realizar un inventario de los medios necesarios y adquirir aquellos pertinentes:

- Inventario de medios de comunicación en la zona de implementación del SAT.
- Radios HF-VHF y ubicación.

Lugares donde llega la señal de teléfonos celulares (las alertas se pueden transmitir por mensajes de texto).

- Ubicación de altoparlantes.
- Número de campanas en templos e iglesias.
- Silbatos.

Sobre la emisión y difusión de alertas vale decir que se deben utilizar todos los medios disponibles en cada población, desde silbatos, transmisión por voz y mediante el repique de campanas hasta herramientas más tecnológicas como mensajes de texto, alarmas y altoparlantes. Deben usarse tecnologías que permitan llegar a la mayor cantidad de vecinos en el menor tiempo posible.

Capacidad de respuesta

El sistema de respuesta es una de las tareas de los grupos de trabajo de gestión del riesgo de desastres de cada comunidad. Estos grupos son formados por funcionarios del gobierno regional y funcionarios municipales capacitados en manejo de emergencias. Usualmente las autoridades electas sirven como líderes de estos grupos (presidentes regionales, alcaldes). Es su responsabilidad desarrollar y ordenar la capacidad de respuesta de una población. Por ello son los primeros en ser informados por el centro de operaciones de emergencia. Junto a ellos participa la plataforma de Defensa Civil, conformada por las instituciones públicas (sectores educación y salud), privadas y la sociedad civil regional y local. Para desarrollar la capacidad de respuesta, un SAT también considera el establecimiento de protocolos, recursos humanos, materiales y equipos, que son organizados y puestos a disposición de las autoridades que lideran el proceso de respuesta.

Así mismo (Ochara, 2007) nos da a conocer los instrumentos utilizados para un Sistema de Alerta Temprana dependerá de las características y particularidades de los eventos o amenazas, de su ubicación geográfica, y de los recursos disponibles. En caso de sistemas centralizados se utilizan instrumentos sofisticados o tecnológicos como satélites, sensores remotos, redes telemétricas y otros que permiten transmitir información directa desde los equipos de medición hasta los centros de análisis y de toma de decisión. En cuanto a sistemas comunitarios se utilizan equipos de bajo costo y de fácil manejo. En los sistemas de alerta temprana (SAT) para inundaciones, se mide la cantidad de lluvia precipitada y el nivel de caudal de los ríos, para ello se utilizan dos instrumentos fundamentales: (Ochara, 2007).

La medición de la cantidad de lluvia precipitada: Se mide mediante un instrumento llamado “PLUVIMETRO”, estos son recipientes, en algunos casos graduados, que permiten medir la cantidad de agua que cae durante un tiempo determinado, pueden ser automatizados o manuales. En los sistemas comunitarios, los voluntarios se encargan de la lectura, registro y transmisión de los datos obtenidos en estos

instrumentos de medición. La medición de los niveles de los ríos: También se puede efectuar mediante la utilización de instrumentos automatizados con sensores ubicados en tubos que se colocan en zonas donde se pueda determinar los cambios de nivel de agua, la información se registra y es procesada automática y directamente.

También se utilizan las “REGLAS LIMNIMÉTRICAS”, su uso es generalizado por su bajo costo y fácil manejo, no requiere de personal especializado, solo de una comunidad organizada y comprometida con su propia seguridad, este instrumento consiste en colocar dentro o fuera de los ríos, postes o reglas graduadas en centímetros, y pintadas en tres colores relacionados a las alertas (verde, amarillo y rojo); como alternativa se pueden pintar y graduar postes de las bases de puertos o embarcaderos, puentes, árboles, piedras, pisos u otros elementos del entorno que sirvan como regla y permita realizar una vigilancia adecuada de los cambios en los niveles de los ríos. Al igual que los pluviómetros, cuando la comunidad participa, los voluntarios se encargan de la lectura, registro y transmisión de los datos obtenidos en estas reglas.

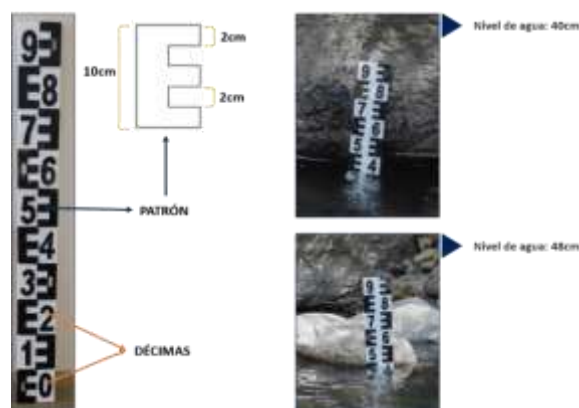


Figura N°1: Detalle de regla limnimétrica

Fuente: Elaboración propia

Sistema de alerta temprana de inundaciones

Los sistemas de alerta temprana son estructuras operativas que permiten a la población tomar medidas para minimizar los impactos debido a desastres naturales. Los sistemas de alerta temprana tienen como objetivos alertar a la población en caso de un fenómeno natural de proporciones tales que puedan causar daños a la población.

Componentes de un sistema de alerta temprana de inundaciones

Tabla N°3: Componentes de un SAT

Tipo de cuenca	Tiempo de alerta	Componentes del sistema	Respuesta
Riachuelos en montañas	< 6 horas	Monitoreo regional, observadores	Evacuación de emergencia de las planicies de inundación
pequeñas Riachuelos, tributarios o pequeñas ríos (la mayoría de cuencas con pendiente suave y área de drenaje entre 51.8 - 777 km ²)	6 a 24 horas	Estaciones hidrométricas y posiblemente pluviométricas Posiblemente modelos de producción de caudales, dependiendo de las posibilidades	Evacuación asistida, conservación del servicio vital, reubicación de propiedades y otras acciones que pueden ser cumplidas en el tiempo de alerta
Cuencas largas o grandes de ríos importantes	> 24 horas	Monitoreo con estaciones pluviométricas e hidrométricas. Modelos de predicción	Todo lo anterior incluyendo un esfuerzo significativo

Fuente: Aspectos hidrológicos de alerta de inundaciones – U.S. Army Corps of Engineers

Elementos de un sistema de alerta temprana de inundaciones

Reconocimiento de la Amenaza de inundación: El reconocimiento consiste en todas las actividades realizadas para conseguir una identificación temprana, localización, grado de las situaciones potenciales de inundación. Los elementos del reconocimiento son:

El monitoreo consiste en:

- a) Medición y detección de condiciones hidrometeorológicas en la cuenca.
- b) Transmisión de datos obtenidos a la estación central.

El monitoreo puede variar desde una simple estación pluviométrica cuyas mediciones son observadas y comparadas con tablas hasta un sistema elaborado consistente en una red de estaciones pluviométricas e hidrométricas automáticas. Esto depende del área, de las características hidrometeorológicas y de la capacidad de la comunidad local para operar y mantener el sistema.

Medición de datos

Estaciones pluviométricas

Los pluviómetros se utilizan para estimar el volumen aproximado de lluvia que cae en cierta área.

Tipos de pluviométricos

Existen dos tipos de pluviómetros de acuerdo al modo en el que se realizan las mediciones de lluvia:

- a. **Pluviómetro manual:** Un pluviómetro manual es un tipo de pluviómetro en el cual la cantidad de precipitación es registrada y enviada por un operador a cargo. Se compone normalmente de un recipiente cilíndrico, abierto con el eje vertical, que termina por su parte superior en un borde de latón de filo cortante. El cilindro termina por debajo de una especie de embudo cónico, que en su extremidad inferior lleva una escita; al abrir esta, la lluvia recogida durante un determinado periodo, se transvasa a recipiente graduado.

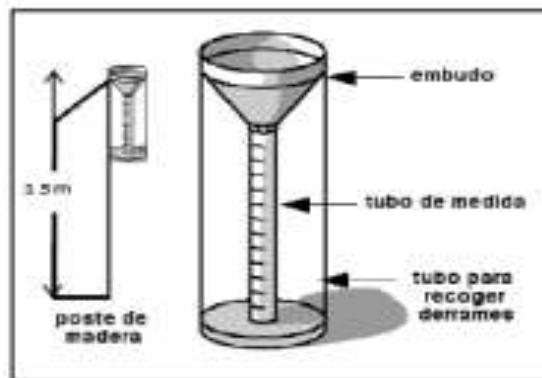


Figura N°2: Detalle de pluviómetro

Fuente: Google imágenes, 2014

b. Pluviómetro automático: Un pluviómetro automático es un tipo de pluviómetro en el cual la cantidad de precipitación es registrada, almacenada y enviada automáticamente a una estación receptora sin la necesidad de ser operado por una persona estos pluviómetros cuentan con una cubeta basculante, la cual genera una entrada digital a un almacenador de datos o transmisor cada vez que cierta cantidad de lluvia (1 mm, 2 mm, dependiendo del pluviómetro) pasa a través del embudo.

Número de pluviómetros en un sistema de alerta de inundaciones

El número de pluviómetros instalados influye directamente en la calidad de los datos y en la performance del modelo de predicción hidrológica. El número mínimo de pluviómetros a considerarse usualmente es 3. El número máximo de pluviómetros depende de los recursos económicos disponibles y del incremento en el tiempo de alerta que se desea lograr con el aumento de la densidad de estaciones en el área.

Localización de las estaciones pluviométricas

Deben ser considerados los siguientes factores en la localización de las estaciones.

- Decisión hidrológica ingenieril, conocimiento de las características de las tormentas y lluvias.
- Requerimientos de la línea de transmisión telemétrica hacia la estación base.

- Accesibilidad a la estación para mantenimiento y posible vandalismo.
- Pendiente del terreno y efectos orográficos.
- Ubicación de pluviómetros existentes.

Estaciones hidrométricas

Proveen información acerca del estado actual del sistema de respuesta hidrológico. Las estaciones hidrométricas pueden variar desde simples reglas limnimétricas, limnigrafos y tomos de aforo, hasta estaciones hidrométricas automáticas que pueden incluir un pozo de quietamiento o un transductor de presiones medidor de nivel de agua. El transductor de presión mide los cambios de nivel de agua por encima del orificio sensor de presión. Para sistemas que no cuentan con predicción sofisticada, son solo necesarias estaciones hidrométricas. Esto es especialmente cierto en cuencas donde el tiempo de alerta es suficiente para responder a una emergencia basado en una estación aguas arriba del posible lugar de inundación.

Localización de estaciones hidrométricas

La localización de las estaciones hidrométricas busca satisfacer dos necesidades: requerimientos de alerta pública y predicción hidrológica, así como los requerimientos de modelamiento de la cuenca. A continuación, se listan algunas consideraciones en la localización de estaciones hidrométricas para una apropiada operación:

- Ubicación sujeta a un lugar con mínima erosión y sedimentación.
- Curso general del río, recto 100 m. aguas arriba y aguas debajo de la ubicación de la estación.
- Lugar lo suficientemente alejado de la confluencia de otros río o de su influencia.

2. Justificación de la investigación

Por medio de esta investigación, se busca determinar el modelamiento hidráulico del Río Ica con fines de prevención de inundaciones e implementación de un sistema de alerta temprana, en beneficio de los pobladores de la zona en estudio.

La motivación por obtener soluciones en el modelamiento del Río Ica es para prevenir inundaciones, debido a que esto contribuiría a proteger las vidas de los habitantes del área, asimismo minimizar probables pérdidas humanas y materiales, por esto se desea incentivar a continuar con nuevos descubrimientos y soluciones.

Actualmente cada año los ríos en el país se ven afectados por fenómenos meteorológicos como por ejemplo el fenómeno del niño, si bien estos fenómenos son imposibles de evadir, los perjuicios que ocasionan si tienen la posibilidad de reducirse, por esto es necesario del modelamiento constante, una implementación y operación de herramientas para identificar máximas avenidas que logren manifestarse y con base a esto prevenir las inundaciones en la zona e implementar un futuro sistema de alerta temprana. La utilización del software HEC-RAS dejará adecuar los procedimientos de prevención recientes, con una mayor eficiencia y efectividad sin solicitar de inmensos costos económicos para la investigación, no causa contaminación alguna debido a que no existe manipulación de recursos de experimentación, al ser una investigación descriptiva, por lo tanto, es aceptable y viable. Con ella tenemos la posibilidad de dar a la comunidad de pobladores del Valle de Ica y brindar un óptimo resultado debido a que vamos a prevenir pérdidas tanto humanas como materiales.

Del mismo modo, va a servir como fuente de información teórica y como antecedente para la ejecución de investigaciones en un futuro dentro del campo de ingeniería, en lo relacionado con el modelamiento de ríos y tener una data concreta para probables modelamientos en cualquier parte del territorio nacional.

3. Problema

Realidad problemática

Actualmente si bien es cierto los sistemas de modelamiento hidráulico acostumbran ser drásticamente complejos y difíciles de cuantificar ya que hay fenómenos en la naturaleza que tal vez nunca se entienda en su integridad. Sin embargo, en ausencia de

un entendimiento destruido, tienen la posibilidad de manifestarse de manera simplificada por medio de modelos conceptuales que intenten ofrecer respuesta todas las partes del sistema hidráulico.

A nivel internacional

El modelamiento hidráulico para prevenir inundaciones, es más acertado por la continuidad de en su implementación para la mejoría de software para el modelamiento de sus zonas de riegos y así disminuir las pérdidas ya que no todos los modelos de simulación son adaptables a todas las cuencas, por ello se debe realizar un modelamiento para cada cuenca.

A nivel nacional

Al analizar la problemática que existe el modelamiento hidráulico de los ríos, observamos que existen muchas deficiencias debido a que no realizan continuamente y así es complicado establecer un mecanismo para prevenir inundaciones efectivo, en el Perú uno de los fenómenos más difíciles de afrontar es el fenómeno del niño, tal es lo ocurrido en el año 2017 donde se tuvo incontables pérdidas al país.

A nivel local

De esta manera la problemática local son los desbordes continuos del Río Ica ocasionado por el fenómeno del niño, que cada año causa pérdidas catastróficas, así que por ello se realizará el modelamiento hidráulico del Río Ica para prevenir las inundaciones e implementar un sistema de alerta temprana en el valle, así aportar en el cuidado de la población y preservación de los recursos agrícolas más importantes de la zona.

Formulación del problema

¿En qué medida el modelamiento hidráulico del Río Ica permitirá prevenir de inundaciones e implementar un sistema de alerta temprana?

4. Conceptualización y operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Modelamiento hidráulico	El modelamiento hidráulico involucra la simulación del comportamiento que tiene el flujo de cauce natural o canal artificial, conceptualizándolo en mayor o menor proporción, para finalmente describirlo y cuantificarlo mediante mapas de inundación (Alaghmand et al., 2010, p. 490).	En la modelación hidráulica se necesitará antes analizar los datos de estudios topográficos y estudios hidrológicos de la estación hidrométrica que nos serán de utilidad para el modelamiento del río Ica, ya que estos serán ingresados a los softwares a utilizar.	Estudios hidrológicos	Caudales máximos
				Periodo de retorno
			Estudios topográficos	Curvas de nivel
				Perfil longitudinal
				Secciones transversales

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Sistema de alerta temprana	Sistema de alerta temprana, consiste en la transmisión rápida de datos que active mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar de manera temprana y oportuna. El suministro de información oportuna se realiza por medio de las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (OEA, 2010, p. 9).	El funcionamiento de un sistema de alerta temprana consiste en los siguientes pasos: lectura y registro en tiempo real de la medición de los instrumentos sobre el evento monitoreado; transmisión de los datos registrados con precisión; procesamiento y análisis de los datos transmitidos; pronóstico de la situación; establecimiento del nivel y tipo de alerta a emitir a la población; difusión del nivel de alerta; activación de un plan de emergencias o evacuación según el manual de alerta temprana.	Modelamiento hidráulica con HEC-RAS	Diseño del modelo hidráulico
			Manual de sistema de alerta temprana	Componentes del sistema de alerta temprana

5. Hipótesis

Al proponer modelamiento hidráulico del Río Ica se identificaría las zonas vulnerables para prevención de inundaciones e implementará un sistema de alerta temprana.

De esta manera, se plantean para esta investigación los siguientes objetivos:

6. Objetivo general

Determinar un modelamiento hidráulico del Río Ica con fines de prevención de inundaciones e implementar un sistema de alerta temprana.

Objetivos específicos

- Ubicación y descripción actualizada del área en estudio.
- Procesamiento estadístico y análisis de la información de precipitaciones máximas anuales de 24 horas y caudal máximo.
- Aplicar el Modelo Hidráulico mediante HEC-RAS al Río Ica para identificar las áreas vulnerables a inundaciones.
- Proponer un sistema de alerta temprana para prevenir inundaciones en el valle de Ica.
- Implementar un manual orientativo para los pobladores en el valle de Ica sobre la utilización del sistema de alerta temprana.

II. METODOLOGÍA

a. Tipo y diseño de investigación

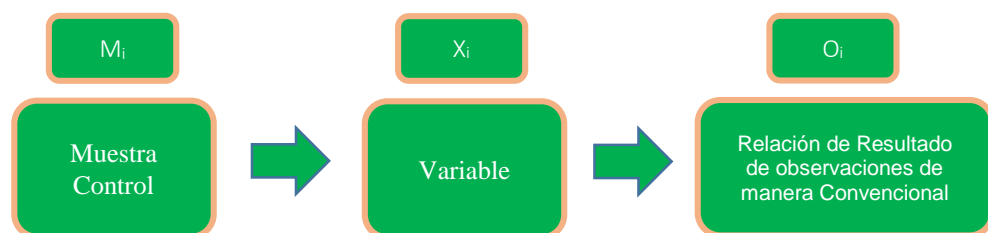
El tipo de esta investigación, por su orientación es descriptiva y de nivel aplicada a razón que tiene como objetivo fundamental resolver un determinado problema, que consiste en la identificación de la situación actuales de la zona de estudio, para la cual

se va a realizar el modelamiento hidráulico del Río Ica para prevención de inundaciones e implementación de un sistema de alerta temprana.

Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental, porque se realiza sin manipulación deliberadamente de la variable, se recolectarán datos hidrológicos en un solo momento que serán validados para el modelamiento hidráulico del Río Ica para prevención de inundaciones e implementación de un sistema de alerta temprana.

Esquema: Diseño de Tesis Descriptiva



Donde:

Mi: Tramo 55+319 km al 0.581+000 km del Río Ica del

Xi: Modelamiento hidráulico

Oi: Modelamiento hidráulico para prevenir inundaciones e implementación de propuesta de sistema de alerta temprana

b. Población y Muestra

Población

Para la población se tendrá toda la magnitud del el Rio Ica, al cual se va a realizar el modelamiento hidráulico para prevención de inundaciones e implementación de un sistema de alerta temprana.

Muestra

La muestra para la presente investigación será el tramo del Río Ica, comprendido entre el 55.319 km (La Achirana) y 5.81 km (Dirección de desembocadura al Océano Pacífico). Este tramo será modelado hidráulicamente con HEC-RAS.

c. Técnica e instrumentos de investigación

A. Observación científica

La técnica de observación permitió recolectar la información necesaria del lugar de estudio. Para esto fue necesario el uso de la guía de registro, para registrar y resumir la data de la muestra, además de observar de manera directa fotografías de la zona.

B. Análisis documental

La técnica de análisis documental se utilizó para la presente investigación, debido a que se necesitó información cartográfica, topográfica y meteorológica del lugar en estudio y de las estaciones. Para esto fue necesario el uso de la ficha de análisis documental que permitió el registro estructurado de la información de los documentos del ANA, SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) de la DR05 (Dirección Regional de Ica), de manera que pudieron ser reducidos e implementados para los cálculos correspondientes.

Información cartográfica y topográfica

La información cartográfica utilizada son las cartas nacionales: 27- M; 28-M; 28-N; 28-L; 29-M; 29-L proporcionadas por el IGN (Instituto Geográfico Nacional), en el sistema de coordenadas UTM en el Datum WGS1984, Zona 18 Sur. También, se tuvo información del uso y tipo de suelo, administrada por el PETACC (Proyecto Especial Tambo Ccaracocha), en formato shape a una escala de 1: 500,000 y un TIN (superficie irregular de triángulos), correspondientes del lugar de estudio.

Información meteorológica

La información hidrométrica, también se obtuvo del ANA Y SENAMHI de la Dirección Regional de Ica. Se ha recolectado información hidrométrica máxima anual en 24 horas de la Estación Hidrológica La Achirana ubicada en el distrito de San José de Los Molinos.

Validez y confiabilidad

Para esta investigación, se realizó un modelamiento del Río Ica con fines de prevención de inundaciones e implementación de un sistema de alerta temprana y como la información es proporcionada por entidades de confiables como ANA Y SENMAHI, se confiará en los datos y resultados ya no requiere validación por juicio de expertos externos, por ser formatos estandarizados de acuerdo sus parámetros normativos.

Procesamiento y análisis de datos

El método de análisis utilizado fue descriptivo, ya que el proceso de información se hizo mediante el llenado de protocolos, los cuales serán adheridos al software Excel 2016 para su procesamiento y definición de los cálculos para obtención de resultados como son los caudales máximos anuales para el posterior modelamiento en HEC-RAS. Durante el proceso de observación se identificó la ubicación del lugar en estudio para ser la ubicación en el programa ArcGIS, luego exportado al HEC-RAS y proceder a identificar las zonas vulnerables para esta investigación.

III. RESULTADOS

Ubicación y descripción actualizada del área de estudio

El Departamento de Ica está ubicado en el centro oeste de Perú, posee una superficie de 21 327 km², en cuanto a la referencia geográfica se encuentra en las coordenadas 14°04'S 75°44'O. La cuenca del río Ica, se encuentra ubicada en la zona central del departamento de Ica, comprendiendo dentro de su área parte de las regiones denominadas Costa y Sierra (coordenadas 13°10' - 14°53' S y 75°01' - 75°54' W). Por otra parte, el Río Ica tiene una longitud del sistema hidrográfico de 220 km con un pendiente promedio de 5%. Además, se tiene el valle de Ica que se extiende hacia el sur, alrededor de 55 km, a lo largo de los contrafuertes occidentales de los andes, su ancho varía entre 2 y 8 km, y la planicie del valle va desde los 300 hasta los 600 m.

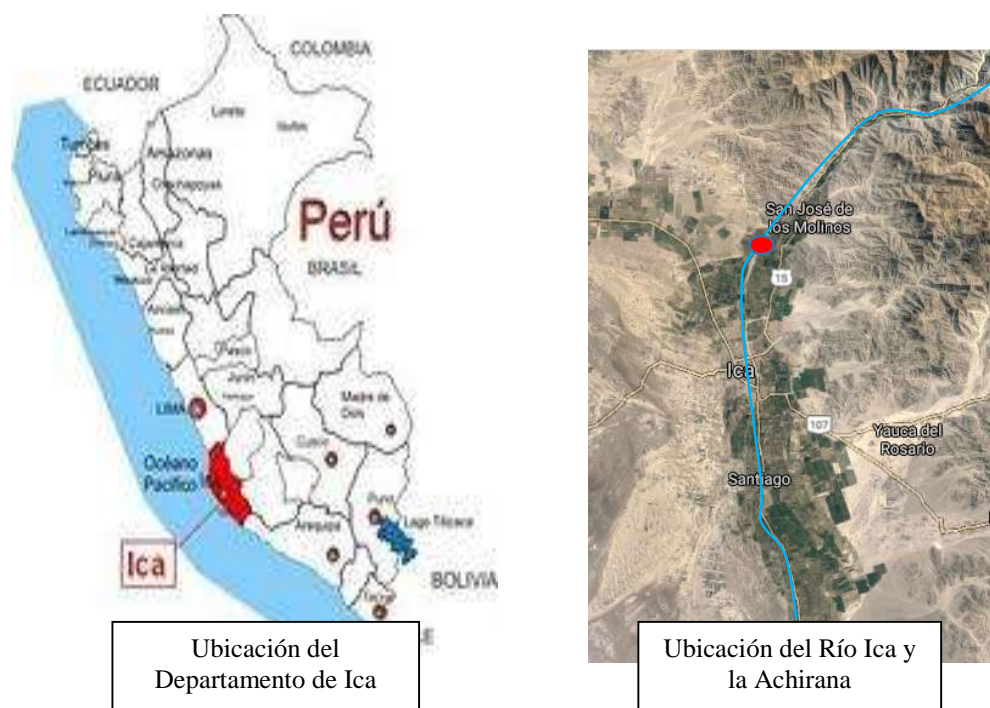


Figura N°3: Ubicación geográfica de Ica y La Achirana

Fuente: Elaboración propia

Ubicación geográfica del área de estudio

La ubicación del área de estudio sitúa al tramo del Río Ica, entre el 55.319 km (La Achirana) y 5.81 km (Dirección de desembocadura al Océano Pacífico). Este tramo será modelado hidráulicamente con HEC-RAS.

Límites Hidrográficos

- Por el Norte: con la cuenca del Río Pisco.
- Por el Sur: con la cuenca del Río San José.
- Por el Este: con la cuenca del Río Pampas.
- Por el Oeste: con el Océano Pacífico.



Figura N°4: Ubicación del tramo de estudio en el Río Ica

Fuente: Elaboración propia

Procesamiento estadístico y análisis de la información de precipitaciones máximas anuales de 24 horas y caudal máximo

Tabla N°4: Resultado de caudales máximos anuales – Estación La Achirana

Año	Caudal (m3/s)	Año	Caudal (m3/s)	Año	Caudal (m3/s)
1979	30.20	1997	20.20	2015	60.40
1980	20.60	1998	111.56	2016	160.40
1981	17.43	1999	117.40	2017	168.80
1982	25.60	2000	115.30	2018	144.40
1983	28.20	2001	82.30	2019	148.40
1984	38.50	2002	26.20		
1985	17.40	2003	22.20		
1986	22.30	2004	57.30		
1987	20.00	2005	45.20		
1988	25.80	2006	34.60		
1989	26.20	2007	58.30		
1990	33.90	2008	66.50		
1991	36.80	2009	48.20		
1992	39.40	2010	66.90		
1993	3.70	2011	35.00		
1994	3.20	2012	67.20		
1995	29.50	2013	46.20		
1996	96.50	2014	62.10		

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

De la Tabla N°4, se determinó los caudales máximos los cuales se procesaron de la data de información de la Estación La Achirana entre los años 1979 – 2019 con 41 caudales, obteniendo como avenida máxima de 168.80 m³/s y una avenida mínima de 3.20 m³/s.

Resultados de periodos de retorno por métodos estadísticos

Se determinó los periodos de retorno a 10, 25, 50, 100 y 150 años mediante de los métodos de Gumbel, Nash y Lebediev. Estos métodos permitieron el cálculo del caudal de diseño para el modelamiento con HEC-RAS para el tramo del Río Ica con la

finalidad de identificar las zonas vulnerables a desbordes para implementar un sistema de alerta temprana de prevención de inundaciones.

Tabla N°5: Resultados de periodo de retorno por el Método de Gumbel

Periodo retorno (años)	Caudales (m ³ /s)		
	Q _{máx}	ΔQ	Q _d
10	124.49	46.81	171.30
25	165.69	46.81	212.50
50	196.49	46.81	243.30
100	227.29	46.81	274.10
150	242.28	46.81	289.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°6: Resultados de periodo de retorno por el Método de Nash

Periodo retorno (años)	Caudales (m ³ /s)		
	Q _{máx}	ΔQ	Q _d
10	142.79	21.39	164.18
25	184.51	27.05	211.56
50	209.53	33.20	242.73
100	223.92	41.51	265.43
150	240.94	45.25	286.19

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°7: Resultados de periodo de retorno por el Método de Lebediev

Periodo retorno (años)	Caudales (m ³ /s)		
	Q _{máx}	ΔQ	Q _d
10	140.13	20.90	161.03
25	183.07	25.89	208.96
50	207.08	32.79	239.87
100	219.93	39.14	259.07
150	233.59	44.73	278.32

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

De acuerdo a las tablas N°5, 6 y 7 se tuvo como resultado que, para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 150 años mediante los métodos de Gumbel un caudal de diseño para 100 años de 274.10 m³/s, en cuanto a Nash fue de 265.43 m³/s y para Ledevied con 259.07 m³/s. De esta forma, el método de Gumbel para un periodo retorno de 100 años es la más crítica haciendo una comparación con los métodos antes mencionados, por ello el modelo hidráulico será modelado con el $Q_{100} = 274.10$ m³/s procesado de los resultados obtenido del registro de caudales máximos anuales de la Estación La Achirana.

Resultados de aplicar el modelo hidráulico mediante HEC-RAS al Río Ica para identificar las áreas vulnerables a inundaciones

Primer procedimiento

Para llevar a cabo el modelamiento hidráulico mediante software HEC-RAS, se tiene que exportar las curvas de nivel del software AutoCAD Civil 3D, en los cuales se ingresó los datos topográficos y geométricos del río, con las condiciones hidráulicas del río trabajado. Por esta razón, se dio paso a crear un proyecto en HEC-RAS

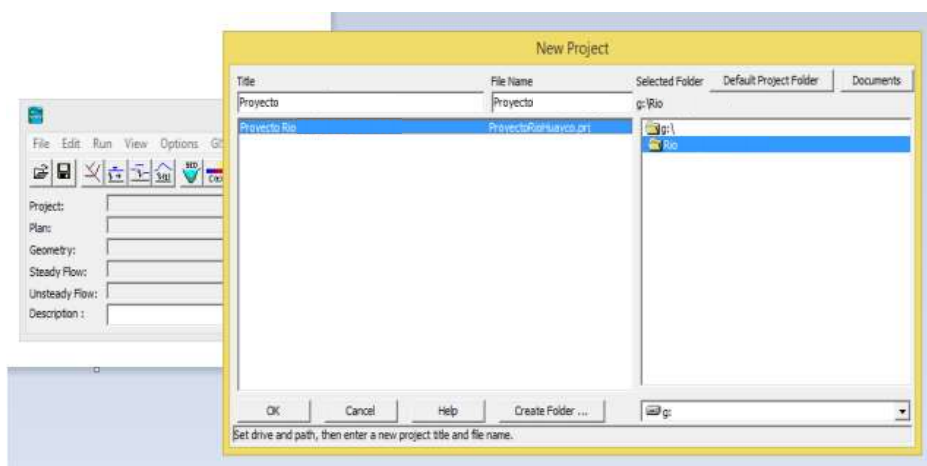


Figura N°5a: Ventana de creación de proyecto nuevo en HEC-RAS

Fuente: HEC-RAS

Segundo procedimiento

Se procedió a definir el sistema de unidades del SI, puesto que la topografía y geometría realizada en AutoCAD Civil 3D fue trabajado en el sistema internacional de unidades métricas.

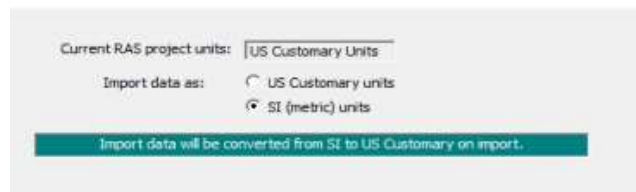


Figura N°5b: Definición de unidades métricas

Fuente: HEC-RAS

Tercer procedimiento

En este paso se insertaron las secciones transversales en el tramo de estudio iniciando en estación La Achirana hasta el final del tramo, este fue exportado del AutoCAD Civil 3D al HEC-RAS.

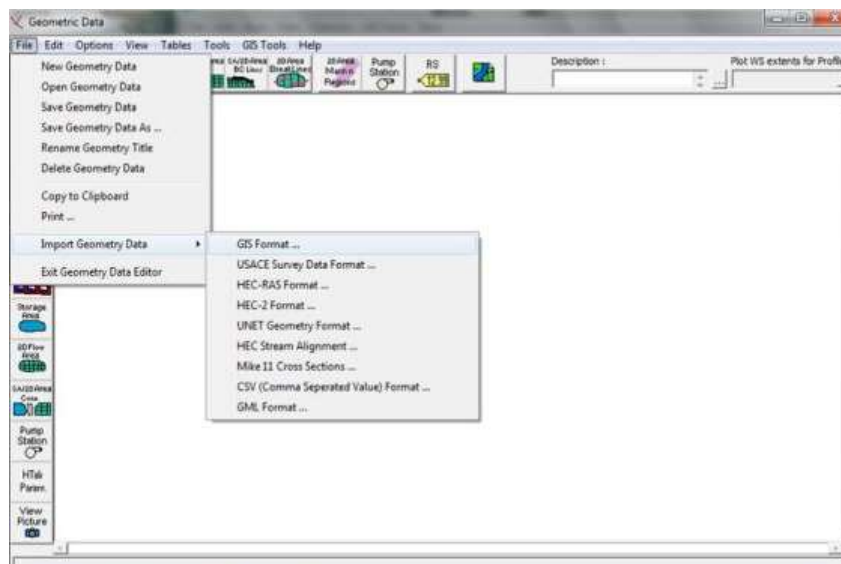


Figura N°5c: Secciones exportadas a HEC-RAS

Fuente: Elaboración propia

Se presentan las secciones transversales, para luego poder realizar la corrección en algunos puntos geométricos por compatibilidad de los softwares.

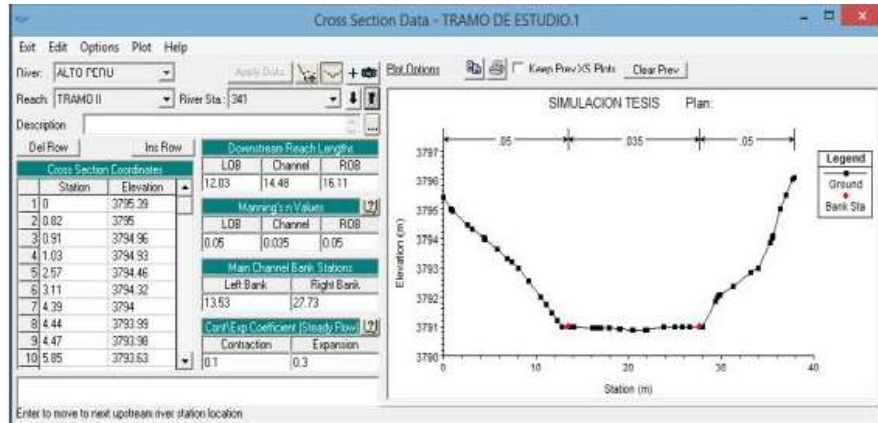


Figura N°6a: Análisis geométrico de sección con HEC-RAS

Fuente: Elaboración propia

Cuarto procedimiento

Para esta parte del procedimiento del modelamiento hidráulico con HEC-RAS, se consideró un flujo permanente. De esta forma, el caudal de diseño utilizado fue de $Q_{100} = 274.10 \text{ m}^3/\text{s}$, estimado anteriormente por método de gumbel.

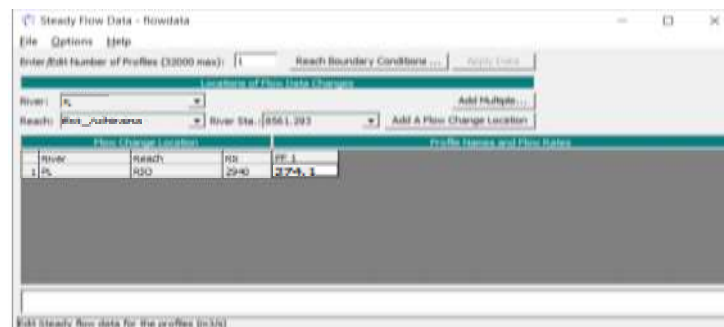


Figura N°6b: Diseño de caudal $Q_{100}=274.10 \text{ m}^3/\text{s}$

Fuente: Elaboración propia

Se ingresó la pendiente promedio para el modelamiento hidráulico del tramo del Río Ica, la pendiente fue $S = 0.15\%$, es decir 0.0015 .

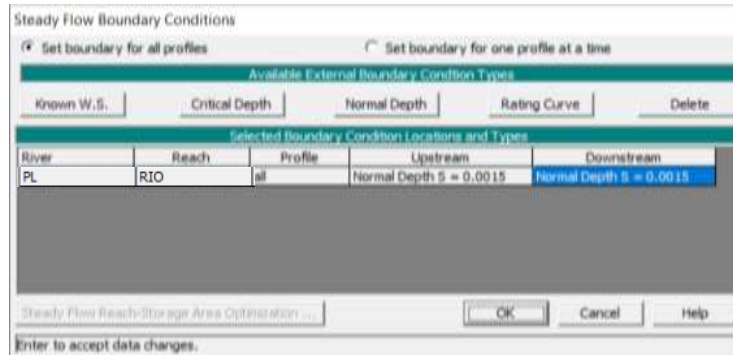


Figura N°6c: Pendiente promedio $S=0.15\%$

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, se procedió a ingresar el coeficiente de rugosidad, la elección del coeficiente de rugosidad, “n” de Manning, se hizo mediante el procesamiento de información de antecedentes con características similares al proyecto de investigación, es decir, las características del cauce principal y de los márgenes derecha e izquierda. Se escogió el coeficiente de 0.04 para el cauce y 0.08 para los taludes de ambas márgenes.

River Station	Frcn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1 8561.293	n	0.08	0.04	0.08
2 8540	n	0.08	0.04	0.08
3 8520	n	0.08	0.04	0.08
4 8500	n	0.08	0.04	0.08
5 8480	n	0.08	0.04	0.08
6 8460	n	0.08	0.04	0.08
7 8440	n	0.08	0.04	0.08
8 8420	n	0.08	0.04	0.08
9 8400	n	0.08	0.04	0.08
10 8380	n	0.08	0.04	0.08
11 8360	n	0.08	0.04	0.08
12 8340	n	0.08	0.04	0.08
13 8320	n	0.08	0.04	0.08
14 8300	n	0.08	0.04	0.08
15 8280	n	0.08	0.04	0.08
16 8260.001	n	0.08	0.04	0.08
17 8240	n	0.08	0.04	0.08
18 8216.307	n	0.08	0.04	0.08
19 8200	n	0.08	0.04	0.08
20 8182.012	n	0.08	0.04	0.08
21 8160	n	0.08	0.04	0.08
22 8140	n	0.08	0.04	0.08
23 8120	n	0.08	0.04	0.08
24 8100	n	0.08	0.04	0.08

Figura N°6: Coeficiente de rugosidad

Fuente: Hidráulica de canales abiertos, 2013

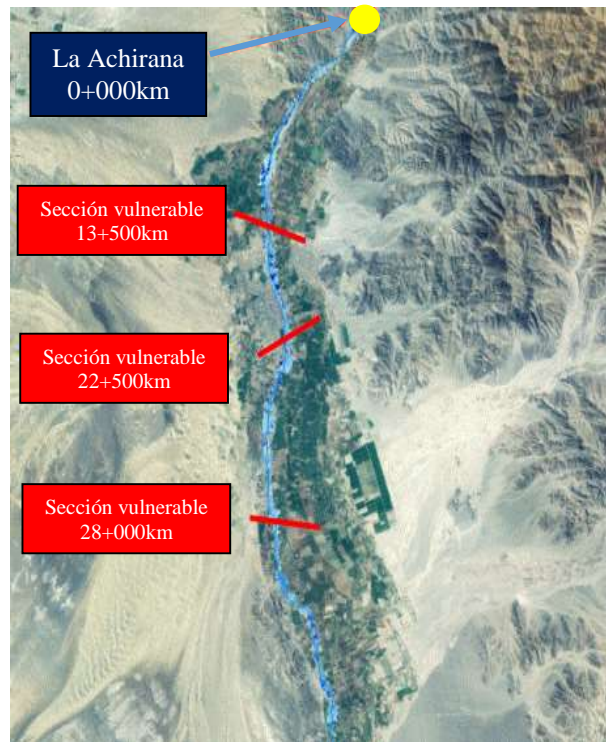


Figura N°8: Mapeo de secciones vulnerables a inundación

Fuente: Elaboración propia

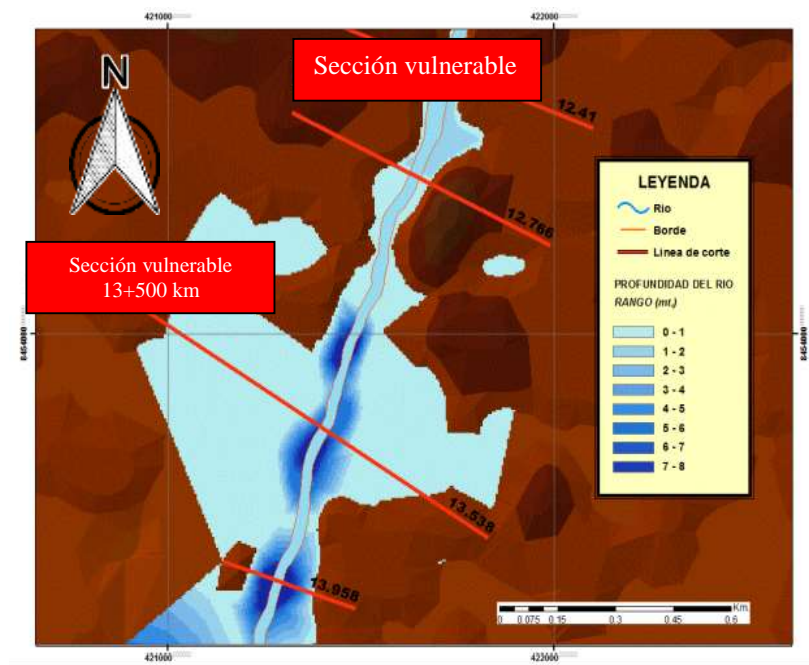


Figura N°9: Primera sección vulnerable a inundación ubicada a 13+500 km

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

De la Figura N°9, se muestra la primera sección vulnerable a desborde del Rio Ica, ubicada en el 13+500 km aguas debajo de la estación La Achirana. La lámina de inundación comprende la margen derecha del río perteneciente al distrito de San Juan Bautista, inundando 27.82 ha de áreas de cultivo aproximadamente. En la margen izquierda, el desborde del río abarca parte del distrito de La Tinguiña afectando 16.30 ha en zonas agrícolas.

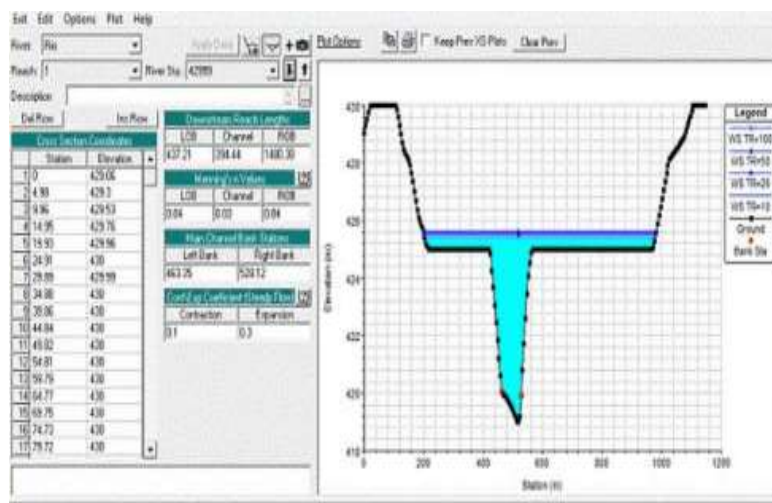


Figura N°9: Sección transversal inundada en el 13+500 km

Fuente: HEC-RAS

Descripción:

De acuerdo a la Figura N° 10, se muestra que la sección transversal ubicada en el 13+500 km, modelada hidráulicamente con HEC-RAS presenta que los bordes del río han sido sobrepasados por la lámina de agua y se han inundado ambas márgenes del río, tanto a 220 m por la margen izquierda como a 440 metros por la margen derecha.

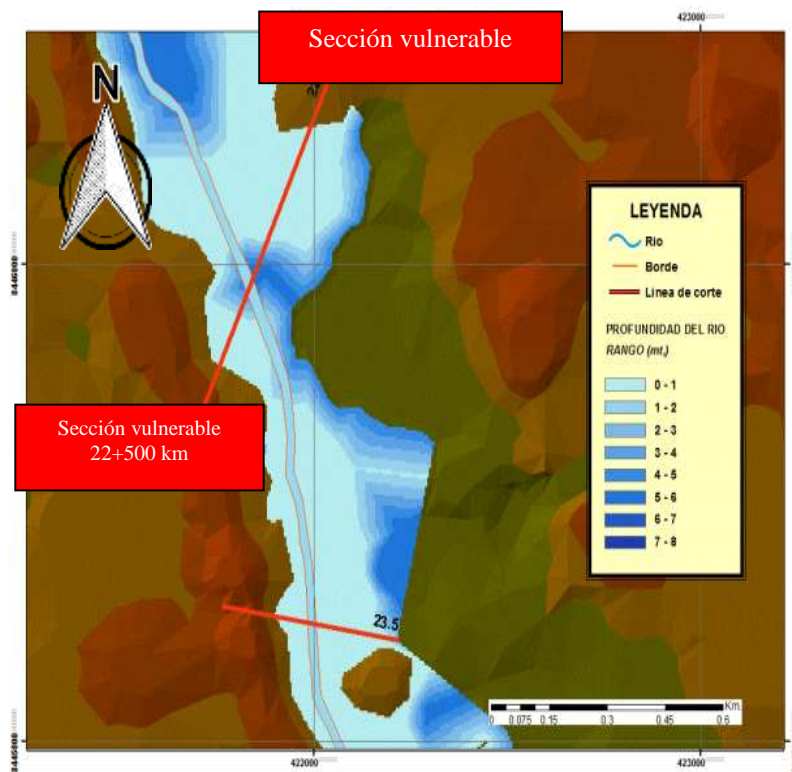


Figura N°10: Segunda sección vulnerable a inundación ubicada a 22+500 km

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

De acuerdo a la Figura N° 11, se muestra la segunda sección vulnerable a desborde del Rio Ica, ubicada en el 22+500 km aguas debajo de la estación La Achirana. La lámina de inundación está conformada por la margen derecha del río que pertenece al distrito de Ica, con aproximadamente 9.30 ha de área afectada en zonas urbanas. De igual manera, en la margen izquierda el desborde del río se extiende a los distritos de Parcona y La Tinguiña respectivamente afectando 16.74 ha en zonas urbanas aproximadamente.

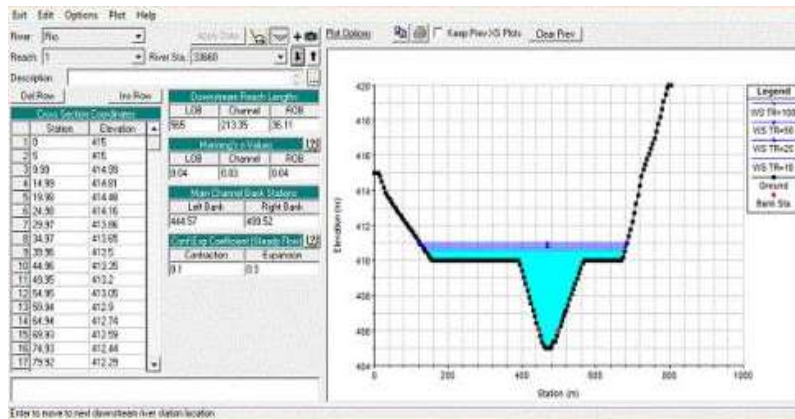


Figura N°11: Sección transversal inundada en el 22+500 km

Fuente: HEC-RAS

Descripción:

De la Figura N° 12, se muestra la sección transversal ubicada en el 22+500 km, modelada hidráulicamente con HEC-RAS RAS presenta que los bordes del río han sido sobrepasados por la lámina de agua y han sido inundadas ambas márgenes del río, 280 m por la margen izquierda y 120 m por la margen derecha del río, del mismo modo que el caso anterior. Sin embargo, en la presente sección se aprecia una mayor pendiente en la margen derecha del río.

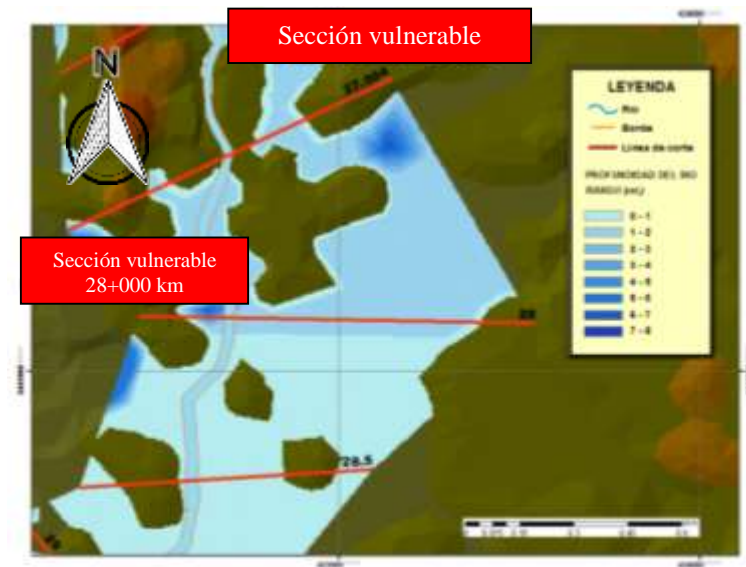


Figura N°12: Tercera sección vulnerable a inundación ubicada a 28+000 km

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

De la Figura N°13, se muestra la tercera sección vulnerable a desborde del Rio Ica, ubicada en el 28+000 km aguas debajo de la estación La Achirana. La lámina de inundación comprende la margen derecha del río perteneciente al distrito de Ica, teniendo 0.67 ha de área afectada en zonas urbanas. De igual manera, en la margen izquierda, el desborde del río ocupa una parte del distrito de Los Aquijes afectando 26.34 ha en zonas urbanas aproximadamente.

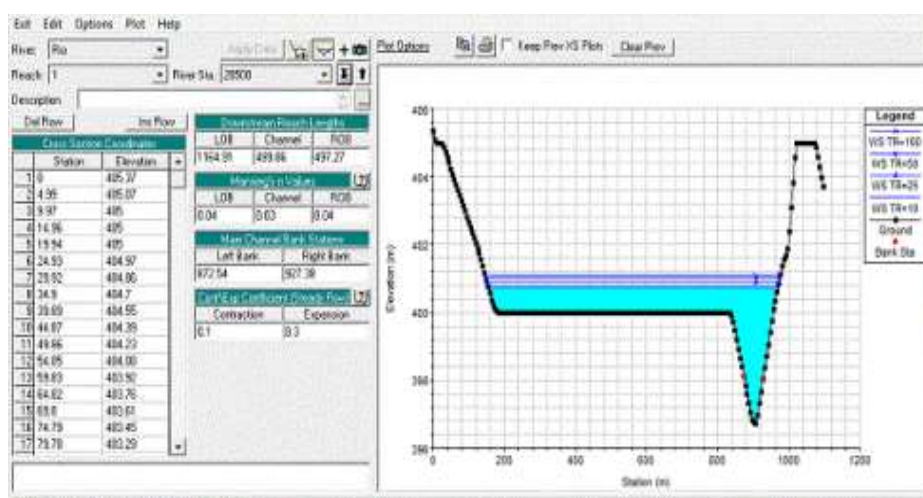


Figura N°13: Sección transversal inundada en el 28+000 km

Fuente: HEC-RAS

Descripción:

De la Figura N°14, se muestra la sección transversal ubicada en el 28+000 km., modelada hidráulicamente con HEC-RAS RAS que los bordes del río han sido sobrepasados y que la llanura de inundación se abarca significativamente por la margen izquierda a 700 m, en comparación al caso anterior el río, también desbordó por ambas márgenes, debido a que en este sector la margen derecha del río Ica es favorecida por la disposición topográfica del terreno, la cual muestra mayor altitud en sus cotas de nivel en dicho sector.

Tabla N°8: Resultado de áreas de Inundación para valle del Río Ica

Áreas de Inundación para el valle del Río Ica						
Tiempo de Retorno (años)	Sección de desborde	Margen derecha	Margen izquierda	Área afectada	Área Total afectada	Unidades
TR = 10	Sección 13+500 km	24.97	13.80	38.77	86.19	ha
	Sección 22+500 km	7.70	14.94	22.64		
	Sección 28+000 km	0.38	24.40	24.78		
TR = 25	Sección 13+500 km	25.84	14.62	40.46	89.80	ha
	Sección 22+500 km	8.29	15.53	23.82		
	Sección 28+000 km	0.46	25.06	25.52		
TR = 50	Sección 13+500 km	26.93	15.44	42.37	93.55	ha
	Sección 22+500 km	8.80	16.13	24.93		
	Sección 28+000 km	0.55	25.70	26.25		
TR = 100	Sección 13+500 km	27.82	16.30	44.12	97.17	ha
	Sección 22+500 km	9.30	16.74	26.04		
	Sección 28+000 km	0.67	26.34	27.01		

Fuente: Elaboración propia

Propuesta de sistema de alerta temprana para prevenir inundaciones en el valle de Ica

Para esta propuesta se seguirán los 4 pasos fundamentales para poder lograr implementar un sistema de alerta temprana de manera adecuada y correcto funcionamiento, estos serán los siguientes:

Paso N°1: Conocimiento de los riesgos y socialización del proceso en territorio

Consiste en el reconocimiento e identificación del área geográfica y de la capacidad real de la comunidad para enfrentar posibles eventos de inundación, en este caso el Río Ica se debe mapear considerando también sus tributarios (quebradas o ríos menores que son colectores de agua y desembocaduras). De igual forma identificarse zonas vulnerables a inundaciones como centros poblados y terrenos agrícolas asentados en las márgenes del río.

Paso N°2: Seguimiento, monitoreo técnico y alerta

Se hace la recopilación sistemática de información disponible de la estación o estaciones del SENAMHI o ANA, sobre la precipitación media mensual del Río Ica, para poder realizar el procedimiento estadístico a fin de determinar el caudal máximo. Una vez procesados los datos históricos, se llega a confirmar que durante el periodo de precipitación de menor o mayor intensidad en el área cercana a los márgenes del Río Ica cabe la probabilidad de sufrir inundaciones. Por esta razón, mediante el modelamiento hidráulico con HEC-RAS se llega a determinar las zonas críticas que necesitan tomar precauciones.



Figura N°14: Identificación de zonas inundables en el tramo del Río Ica

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la determinación de las zonas críticas y la posibilidad de riesgo de inundación, es momento oportuno para implementar la construcción de los

instrumentos de medición, instalación, lectura y mantenimiento. Estos servirán para el desarrollo del seguimiento y monitoreo del sistema de alerta temprana. Además, se debe contar con la disponibilidad de las instituciones y autoridades responsables de la gestión del riesgo y desastres.

La instalación de instrumentos de medición del volumen de lluvia y nivel de agua de para los ríos como pluviómetros y escalas hidrométricas. Estos deben instalarse de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

- a) Que no exista obstáculos (árboles, casas, edificios, etc).
- b) Que se encuentren a una distancia considerable donde permita su lectura con fácil acceso por parte de la población.
- c) Que se encuentre en un lugar con alta probabilidad de que exista una lluvia considerable, que permita una buena lectura pluvial, es decir en la cabecera de la cuenca.

Además de ello se debe colocar una regla limnimétrica, que permita medir el nivel del caudal del Rio Ica, zonas de confluencia en las quebradas más importantes, pues es allí donde el caudal del río aumenta inicialmente. La ubicación de los limnimetros se realiza mediante el análisis fisco-geográfico, donde se tomarán las características como:

- a) La sección del río debe ser lo más recto posible.
- b) Las paredes del río deben ser lo menos erosivas posibles y debe de contener una estructura dura (construcción de puentes, retención del suelo, barda ante erosión, etc.) que permita la colocación de la escala limnimétrica.
- c) La escala debe estar graduada acorde a una medida métrica (metros, centímetros y milímetros), con el propósito de que el usuario pueda dar aviso a las autoridades correspondientes el nivel del cauce.
- d) Deben de estar colocadas cerca de casas habitación, para que el usuario monitoree los niveles del río.

Para esta investigación se va a considerar una red de pluviómetros a fin de brindar un tiempo adicional para la difusión de la alerta, ya que el tramo en estudio solo cuenta con 1 pluviómetro en La Achirana, de esta forma la red estará compuesta por 1 pluviómetro Molinos ubicado en $-13.942687, -75.698897$, 2 pluviómetro El Carmen ubicado en $-13.973737, -75.726278$, 3 pluviómetro Los Aquijes ubicado en $-14.094858, -75.718292$ y 4 pluviómetro CD Casa Blanca ubicado en $-14.203840, -75.715580$ y 5 pluviómetro Aguada de Palos ubicado en $-14.321024, -75.680828$. La instalación del pluviómetro en las partes bajas, ya que en las altas hay precipitaciones de mayor intensidad. Además, se colocan reglas limnimétricas, para medir el nivel del caudal del río, en zonas de confluencia en las quebradas más importantes, pues ahí es donde el caudal del río aumenta inicialmente.

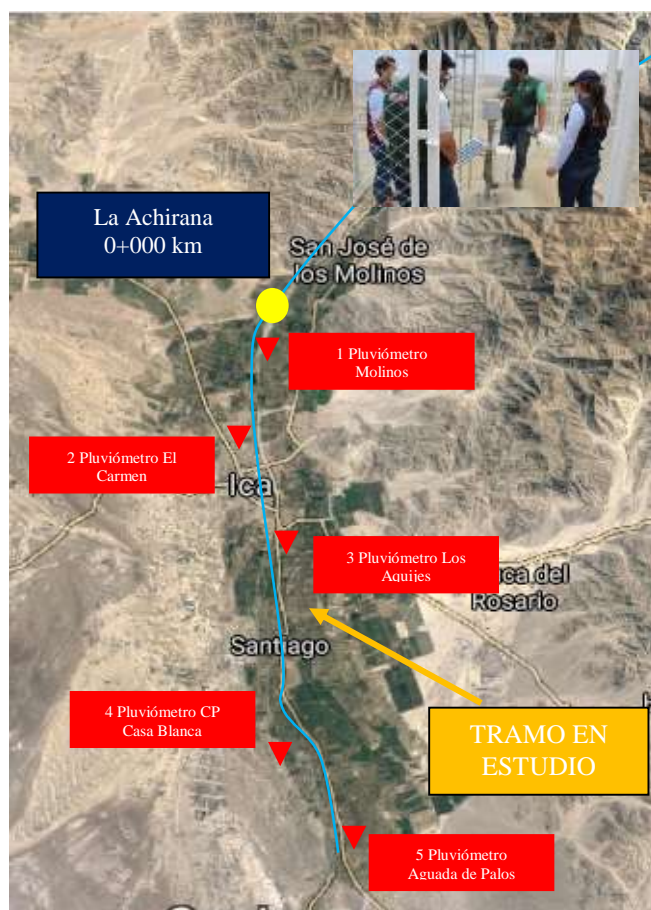


Figura N°15: Ubicación de pluviómetros en el tramo del Río Ica

Fuente: Elaboración propia

Estos se procedieron se ubicaron de forma 1 Limnómetro Los Molinos aproximadamente a 100 m de aguas abajo y el 2 Limnómetro Aguada de Palos a igual distancia, pero aguas arriba, esto para tener lectura en toda la amplitud del río.



Figura N°16: Ubicación de limnómetros en el tramo del Río Ica

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, para iniciar la toma lectura en cada punto identificado, el encargado debe hacerlo a las horas en punto o cada 45, 30 o 15 min según la intensidad de la lluvia para cuidar que los pluviómetros se rebalsen y transmitir la información a un centro de monitoreo y vigilancia que procesa la información dada (COEN).

Si esta entidad con la información brindada, establece una alerta porque se encuentran en zonas de inundaciones se procede a la difusión e informar a la población que está en zona que han sufrido inundaciones, posiblemente con los datos recogidos presenta una zona de inundación nueva es así que se les comunica para que tomen medidas de evacuación.



Figura N°17: Esquema de funcionamiento del SAT y COEN

Fuente: INDECI

Paso N°3: Difusión y comunicación

La alerta se difundirá utilizando la radio local, la campana de iglesia, radio parlante, bocinas, sirena, bandera roja y cualquier otro instrumento que tenga el mayor alcance para que toda la comunidad pueda ser avisada. Es así que la alerta debe ser clara y oportuna, una vez emitida y comprobada se procede a notificarla a la población, garantizando la confianza de las comunidades.

De esta manera, una vez que situación rebasar ciertos umbrales establecidos, se activan alarmas indicando a los usuarios, generalmente a las autoridades del Municipio de los Distritos afectados, Defensa Civil, Policía Nacional y Bomberos, sobre el peligro de la posible ocurrencia de flujos e inundaciones que pudiesen provocar en una cierta área

de la cuenca y poder poner a si en marcha un plan de emergencia previamente establecido. Es importante instruir a los pobladores de la cuenca acerca de la importancia del Sistema de Alerta Temprana y de los equipos instalados en su centro poblado o cerca de su centro poblado; muchas veces al tener este conocimiento puedan brindar apoyo y así poder ayudarnos todos mutuamente.

Esto ocurrirá dependiendo de la magnitud de peligro a inundación que se presente, por ello para identificar la situación la alerta esta identificada de acuerdo a colores, de la siguiente manera:

Tabla N°9: Colores de identificación para alerta

Identificación de Colores de Alerta	
Verde	Indica que se debe estar atento al comportamiento y evolución del fenómeno monitoreado y de las alertas
Amarillo	Aumenta la alerta y los diferentes equipos e instituciones inician sus preparativos para ejecutar acciones
Rojo	Inminente llegada de un peligro, por eso se debe ordenar la evacuación de los pobladores a zonas seguras
Anaranjado	Condiciones para que se presente un fenómeno y sólo sea cuestión de poco tiempo para que ocurra

Fuente: Elaboración Propia

Paso N°4: Capacidad de respuesta

Luego de la evaluación de la situación, difusión de alerta se da inicio al plan de respuesta. Este plan de emergencia previamente preparado y socializado con la comunidad que participe para ser informada.

Este plan de emergencia mínimamente, contiene lo siguiente:

- Transportar a la gente a los albergues.
- Trasladar ayuda a los damnificados: agua, medicinas, etc.
- Coordinar las actividades para el rescate utilizando la ruta de evacuación.
- Buscar y rescatar a las personas desaparecidas.
- Dar seguridad a los pobladores y sus pertenencias.
- Vigilar los centros de distribución de alimentos y de ayuda en general.
- Atender a heridos y enfermos.
- Mantener un registro de la población afectada.
- Distribuir alimentos en los albergues

La ruta de evacuación debe ser primordial en comunidades que han sufrido inundaciones por desbordes de ríos, como es el caso de los pobladores del Valle de Ica. Para ello, la comunidad debe saber por dónde evacuar en caso de una emergencia de inundación. La ruta de evacuación puede estar descrita en un mapa, el cual debe estar en un lugar visible en los hogares de los miembros de la comunidad. Este mapa debe mostrar la ruta más segura para llegar al albergue previamente establecido.



Figura N°18: Mapas de rutas de evacuación de zonas vulnerables de Ica

Fuente: INDECI

Implementar un manual orientativo para los pobladores en el valle de Ica sobre la utilización del sistema de alerta temprana

La implementación de un SAT, tiene que tener un manual orientativo que provea la suficiente información para que como complemento de los talleres de capacitación a las comunidades puedan diseñar, construir, instalar y monitorear pluviómetros e instrumentos de medición de los niveles de los ríos. Sin embargo, se requerirá un profesional para supervisar ciertas actividades, estas serán indicadas a lo largo del manual.

El manual está dividido en cinco pasos. Estos pasos explican en una manera sencilla e ilustrativa el orden de actividades que se debe realizar.

Paso N°1: Organización comunitaria

Tiene como objetivo la formación de un comité organizador y reunión inicial con miembros de la comunidad para formar equipos de trabajo y explicar conceptos generales para el desarrollo de la implementación de un SAT.

Una vez establecido el comité organizador se debe convocar a todos los miembros de la comunidad, a una reunión inicial para explicar que con la ayuda de este manual se implementará un Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones, basado en la participación de la comunidad, para lo cual se necesitará formar equipos de trabajo, establecer un programa de trabajo y explicar los conceptos generales necesarios para el mejor entendimiento de este manual.

Formación de equipos de trabajo

- Equipo de trabajo 1: Voluntarios para la construcción e instalación de instrumentos de medición.
- Equipo de trabajo 2: Voluntarios para la lectura de los instrumentos de medición de lluvia y nivel de agua de ríos y transmisión de la información, los miembros de este equipo de trabajo tienen que vivir en la parte alta del río cerca de los sitios donde se colocarán los instrumentos.

- Equipo de trabajo 3: Voluntarios para buscar información hidrológica y para trabajar en el Centro de Operaciones de Emergencia (COEN). El COEN es el lugar que será establecido con el propósito de recibir la información, procesarla, y pronosticar la inundación cuando sea necesario.
- Equipo de trabajo 4: Voluntarios para ejecutar planes de emergencia como respuesta a un pronóstico de inundación.



Figura N°19: Grupos de trabajo para actividades del SAT

Fuente: INDECI

Paso N°2: Reconocimiento de las zonas vulnerables a inundaciones

Tiene como objetivo la elaboración del mapa de la comunidad, análisis del problema de las inundaciones y elaboración del mapa de las zonas vulnerables a inundaciones. De esta manera, identificar las zonas con más probabilidad a sufrir una inundación inminente.

Por otra parte, para poder identificar los sitios vulnerables a futuras inundaciones y reconocer las características de un posible evento de inundación se debe recordar lo que pasó en las últimas inundaciones.

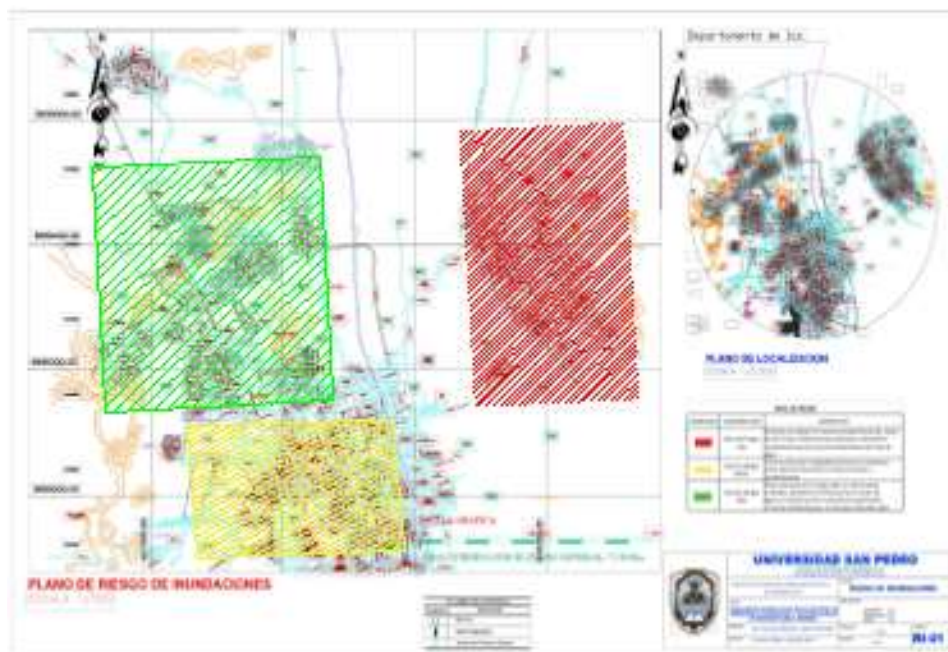


Figura N°20: Mapa de riesgos de inundaciones de Ica

Fuente: Elaboración propia

Paso N°3: Medición de lluvia y nivel de agua del río

Este es un proceso orientado a promover la observación y registro de las lluvias y los niveles de los ríos de una forma práctica para determinar la relación lluvia-escorrentía (Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno) y los umbrales de alerta (mediciones que indican una posible inundación en un determinado lugar),

De esta forma, la medición de la lluvia se debe realiza por medio de pluviómetros, estos recogen el volumen de agua en un tiempo determinado; estos medidores los pueden ser sencillos, o con cierta tecnología. Esto consiste en observar y registrar la cantidad de lluvia que ha caído y al mismo tiempo analizar si esto representa un riesgo

para un lugar determinado; esto deberá hacerse todos los días de la época del invierno y en verano cuando se detecte una precipitación de lluvia (estas anotaciones se deberán de reportarse a las 7:00 am. Todos los días). Además de ello se debe considerar colocar las escalas hidrométricas (reglas limnimétricas) proveen información sobre el crecimiento del nivel de agua en los cuerpos de agua.



Figura N°21: Medición de lluvia mediante pluviómetro

Fuente: INDECI

Además de la lectura y registro, se debe dar un mantenimiento a los pluviómetros de convencionales, se debe tener los siguientes cuidados:

- Cuidar que no exista ninguna rama o cualquier otra obstrucción que impide la libre caída de la lluvia en el pluviómetro.
- Controlar que la base de madera esté siempre horizontal. Esto se puede chequear con un nivel de mano, o al ojo.
- Cuidar que no exista ningún agujero en pluviómetro. Si lo hubiera se deberá reemplazarse inmediatamente.

Los datos de precipitación son los únicos registros hidrometeorológicos fiables para cuantificar las amenazas, en ese sentido la interpretación de mediciones se basa en estudios hidrológicos y modelos de pronósticos de inundación para el Río Ica,

Por otra parte, se considera que el número de escalas a instalar dependerá del número de cuerpos de agua. Idealmente se requiere una escala en cada río y quebrada, así como en sus tributarios. Las escalas hidrométricas no son otra cosa que unas reglas con las cuales se lee el nivel o altura de las aguas de los ríos y quebradas. Esta regla debe ser lo suficientemente larga para poder medir el nivel cuando el río esté muy alto.

De esta manera, una vez que se cuente con los instrumentos de medición un factor importante es la ubicación los criterios para la ubicación de pluviómetros:

- Los pluviómetros tienen que ser accesibles a los voluntarios que harán las lecturas.
- Deben estar de preferencia en la parte alta de la cuenca.
- Se deben colocar de manera que cubran toda la extensión del río.

Para los criterios para la ubicación de escalas hidrométricas.

- Tienen que ser accesibles a los voluntarios que realizarán las mediciones.
- Se deben colocar en la parte alta de la cuenca menor.

- Deben colocarse en un tramo del río o quebrada sin curva por lo menos 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo de la escala.
- Deben colocarse abajo de la confluencia de dos o más quebradas.
- La sección del río (forma del perfil del lecho del río) debe ser la más estrecha posible.
- El río no debe desbordarse en este punto.



Limnímetros

Regla graduada en metros y centímetros que sirve para medir el nivel de agua de los ríos, lagos y lagunas. previene inundaciones.

Figura N°22: Medición de lluvia mediante limnímetros

Fuente: Manual SATI

Paso N°4: Funcionamiento del sistema de alerta temprana

Este tiene como objetivo la lectura, registro y transmisión de datos al COEN; análisis hidrológico, pronóstico de inundaciones y difusión de la alerta a los pobladores de la comunidad.

Cuando se inicia la lluvia, los voluntarios comenzarán a tomar las lecturas de los pluviómetros y escalas hidrométricas a los que fueron asignados. Las lecturas se harán a las horas en punto o cada 45, 30 o 15 minutos según la intensidad de la lluvia para cuidar que los pluviómetros no se rebalsen. Los voluntarios lectores de los pluviómetros deberán tener en cuenta que conforme vaya lloviendo el pluviómetro se va llenando, y se tendrá que vaciar el agua acumulada antes que se rebalse. Esta actividad se debe anotar y reportar al COEN para su incorporación al cálculo del

pronóstico. Por otro lado, los voluntarios leedores de las escalas realizarán las lecturas si se observa un cambio en el nivel del río, aunque no esté lloviendo, porque puede ser que el caudal haya aumentado debido al aporte de los tributarios. Una vez procesada la información se debe transmitir la alerta de acuerdo al nivel de alerta.

Esta debe transmitir de forma clara y oportuna las diferentes disposiciones y/o situaciones que requieren la atención y participación de la población, las Comisiones Municipales de Protección Civil y Comisiones Comunales de Protección Civil, en ese sentido se describen a continuación algunas formas empleadas para la difusión de las alertas:

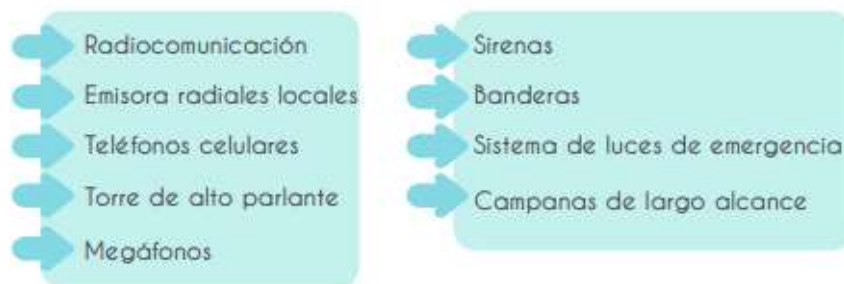


Figura N°23: Instrumentos para difusión de alerta

Fuente: Manual SATI

Paso N°5: Evaluación de la situación, difusión de alerta y plan de emergencia

Este tiene como objetivo dar aviso de toda la comunidad cuando existe peligro de inundación. Esta se realizará de después de evaluar la situación para determinar el nivel en el que se encuentra la amenaza de inundación. De esta forma se clasifican por colores las alertas:

ALERTA VERDE: Estado que se declarará cuando se tenga la presencia de un fenómeno natural que por su evaluación, comportamiento y características se percibe, dentro de un nivel de probabilidad, con un grado de amenaza previa, de la cual pueden considerarse ciertas medidas de protección predeterminadas y específicas que

aseguren una condición cautelosa y de vigilancia por la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso.

ALERTA AMARILLA: Se declarará cuando se manifieste el desarrollo de una amenaza, en la cual se encuentre aumentada en un 50 % la probabilidad de afectación por el evento natural, logrando dar un mayor grado de certeza del peligro que pueda existir. Para el caso de las Comisiones Municipales de Protección Civil, este nivel de alerta conlleva a activar el Centro de Operaciones de Emergencia.

ALERTA NARANJA: Se activará ante el hecho que se intensifique el riesgo logrando alcanzar un nivel crítico mayor del 75 % teniendo la posibilidad de producir serios daños hasta lograr que se necesite la participación de los grupos de búsqueda y rescate, así como lo que se estipula en el plan.

ALERTA ROJA: Se activará cuando la magnitud generalizada del evento ha logrado impactar de manera severa hasta producir una situación de desastre, debiéndose aplicar la atención de acuerdo al Plan de Emergencia, disponiendo en un momento dado de todos los recursos que el Estado necesite para dar seguridad y salvaguardar a la población que se encuentre afectada o en situación de riesgo.

Por otra parte, cualquier comunidad que es vulnerable a inundaciones debe siempre contar con un plan de emergencia para así saber responder ante un posible peligro de inundación. Este plan consiste en haber pensado de antemano en una serie de medidas que tienen por finalidad brindar seguridad a la población.

Capacitación antes de la inundación

La construcción de un protocolo de respuesta para el distrito municipal de Ica se basará en la aplicación de los lineamientos establecidos por el INDECI, institución que lidera los procesos de capacitación con el objetivo de no infringir la normativa ni los procedimientos vigentes en Perú. Será necesario considerar las particularidades del

territorio en el que, pueda variar inesperadamente la ocurrencia de inundaciones obedientes a la crecida del río y a la liberación del caudal.

Con el objetivo de garantizar una respuesta adecuada ante inundaciones, los técnicos del INDECI deben realizar talleres comunitarios. En ellos se capacitará a la comunidad en gestión de riesgos, para mejorar su capacidad de respuesta y fortalecer la Unidad de Gestión de Riesgos (UGR) del municipio.

Además, de acuerdo con las recomendaciones técnicas del INDECI, si se tiene una cantidad limitada de personal técnico municipal, se debe crear un grupo de brigadistas de primera respuesta. El propósito de esta iniciativa es para contribuir al empoderamiento de la gestión de riesgos por parte de la comunidad y proveer herramientas y capacidades para que esta responda ante inundaciones de manera adecuada. La capacitación consiste en que los miembros de INDECI, enseñen las medidas necesarias para entender el plan de emergencia y brinden a los pobladores una acertada ayuda para que, estos puedan entender y ejecutar el plan adecuadamente. Para ello se les enseña los siguiente:

a. Señalética: Constituye una guía gráfica de fácil interpretación para el desplazamiento de la población hacia sitios seguros. Su diseño e instalación es otra acción de preparación. Debe regirse por los estándares establecidos y ubicarse en lugares altos y visibles, como postes y paredes, de acuerdo con el mapa local de riesgo de inundaciones.



Figura N°24: Señalética para evacuación en inundación

Fuente: PRASDES

b. Simulacros: Buscan poner en práctica las actividades realizadas durante el proceso de implementación del SAT. Los simulacros tienen dos objetivos centrales:

- Evaluar los procedimientos, herramientas y capacidades, tanto individuales como institucionales, relacionados con la respuesta ante una alerta de inundación, así como el protocolo de respuesta establecido previamente.
- Identificar y corregir posibles falencias, para enfrentar de mejor manera una emergencia real.



Figura N°25: Simulacro para inundaciones

Fuente: INDECI

c. Rutas de evacuación

Es la salida inmediata y organizada de la población desde una zona de riesgo hacia una zona segura mediante una ruta establecida por INDECI o el sistema de alerta temprana implementado en la localidad, esto ante la cercanía de la amenaza de inundación. Así mismo la evacuación, debe realizarse por indicaciones de la comisión comunal de protección civil, de acuerdo a las rutas a seguir para llegar a los sitios seguros o puntos de encuentro.

Respuesta durante la inundación

Las acciones de ejecución durante la inundación se fundamentan en el protocolo de respuesta, este se poya en las acciones de preparación y se refiere a la puesta en marcha de las acciones de respuesta en cuanto se presente una alerta real de inundación. En ese momento, la autoridad local competente recibe primero la comunicación de alerta emitida por el COEN y, entonces, difunde la alerta a la población a través de los medios de comunicación identificados en el protocolo de respuesta.

Para fortalecer las acciones de ejecución se comunica a las brigadas comunitarias, ya que están capacitados para actuar en caso de inundaciones y apoyen a la preparación y respuesta durante la inundación. Generalmente, estas brigadas son auspiciadas por el gobierno local, que se encarga de brindarles capacitación y las herramientas necesarias para su desempeño (megáfonos, sirenas, chalecos reflectivos, cascos, linternas, sogas, radios transmisores, etc.).

Una vez que toda la población a sido informada, se procederá con la evacuación en caso de ser necesaria. La evacuación es la salida inmediata y organizada de la población desde una zona de riesgo hacia una zona segura, ante la cercanía de la amenaza de inundación. Así mismo la evacuación, debe realizarse por indicaciones de la comisión comunal de protección civil, de acuerdo a las rutas a seguir para llegar a los sitios seguros o puntos de encuentro.

Pasos para evacuación

- Activación del equipo o brigada de evacuación.
- Referir a los encargados para apoyar a las personas con discapacidades tomando en cuenta las herramientas técnicas de cada persona.
- Preparación para la salida de la población (rápida y ordenada).
- Seguir las rutas de evacuación definidas.
- Ubicarse en zonas seguras o punto de encuentro.

- Abordaje en transporte que garantice el acceso universal hacia albergues.
- Elaborar el registro de personas evacuadas.
- Esperar que las personas encargadas informen en cuanto pase el peligro de inundación.



Figura N°26: Rutas de evacuación de La Tinguña y Parcona

Fuente: INDECI

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para el presente capítulo se procedió al análisis y discusión de los resultados, así mismo con la contrastación con otros autores. Por este motivo, se inició los resultados de ubicación y descripción actualizada del área de estudio, también se procedió a analizar y discutir los resultados del procesamiento estadístico y analítico de la información de precipitaciones máximas anuales de 24 horas y caudales máximo. De la misma manera, se hizo con los resultados de la aplicación del software HEC-RAS para el modelamiento hidráulico del Río Ica e identificación de las zonas vulnerables a inundación, además la propuesta de un sistema de alerta temprana para prevenir inundaciones en el valle de Ica y por último los resultados de implementar un manual orientativo para los pobladores en el valle de Ica sobre la utilización del sistema de alerta temprana.

Ubicación y descripción actualizada del área de estudio

Se analizó los resultados de ubicación y descripción actualizada del área de estudio, determinando que el departamento de Ica está ubicado en el centro oeste de Perú, posee una superficie de 21 327 km², en cuanto a la referencia geográfica se encuentra en las coordenadas 14°04'S 75°44'O. La cuenca del río Ica, se encuentra ubicada en la zona central del departamento de Ica, comprendiendo dentro de su área parte de las regiones denominadas Costa y Sierra (coordenadas 13°10' - 14°53' S y 75°01' - 75°54' W). Por otra parte, el Río Ica tiene una longitud del sistema hidrográfico de 220 km con un pendiente promedio de 5%. Además, se tiene el valle de Ica que se extiende hacia el sur, alrededor de 55 km, a lo largo de los contrafuertes occidentales de los andes, su ancho varía entre 2 y 8 km, y la planicie del valle va desde los 300 hasta los 600 m.

De esta forma, la ubicación del área de estudio sitúa al tramo del Río Ica, entre el 55.319 km (La Achirana) y 5.81 km (Dirección de desembocadura al Océano Pacífico). Este tramo será modelado hidráulicamente con HEC-RAS.

Procesar estadísticamente y analizar la información de precipitaciones máximas anuales de 24 horas y caudales máximos

Se analizó y discutió los resultados obtenidos de los caudales máximos los cuales se procesaron de la data de información de la Estación La Achirana entre los años 1979 – 2019 con 41 caudales, obteniendo como avenida máxima de 168.80 m³/s y una avenida mínima de 3.20 m³/s. Por esta razón, se realizó la comparación con la tesis del autor Huancas, C. (2019), que lleva por título: “Modelamiento hidráulico con Hec-ras para la prevención de Inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque”, donde obtuvo como resultados de un registro de 12 caudales promedios entre los años 2006 - 2017, unos caudales máximos tomados de la Estación de aforo Monsefú – Reque teniendo una avenida máxima de 502.68 m³/s y mínima de 6.40 m³/s, ello muestra que existe diferencia significativa tanto en la cantidad de registros de caudales utilizados para cada investigación como el resultado en la máxima avenida y mínima, puesto que la presente investigación tiene un mayor número de caudales con 41 pero con resultados menores en las avenidas.

Al mismo tiempo, se analizó y discutió los resultados obtenidos del procesamiento estadístico, donde se determinaron los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 150 años mediante los métodos de Gumbel con un caudal de diseño para 100 años de 274.10 m³/s, en cuanto a Nash fue de 265.43 m³/s y para Ledevied con 259.07 m³/s. De esta forma, el método de Gumbel para un periodo retorno de 100 años es la más crítica haciendo una comparación con los métodos antes mencionados, por ello el modelo hidráulico será modelado con el $Q_{100} = 274.10$ m³/s procesado de los resultados obtenido del registro de caudales máximos anuales de la Estación La Achirana. Por esta razón, se realizó la contrastación con el autor Huancas, C. (2019), quien tuvo como resultado en este aspecto entre los periodos de retorno de 2 a 1000 años por 3 métodos estadísticos, empezando con el método estadístico de Gumbel con un diseño de caudal de 274.39 m³/s a 1365.27 m³/s, respecto a Nash obtuvo resultados de un caudal de 645.41 m³/s a 1662.20 m³/s y por medio de Ledevied un caudal de 484.24 m³/s a 1724.85 m³/s, estos resultados fueron obtenidos de la Estación de aforo

Monsefú – Reque y para el diseño del modelamiento hidráulico se utilizó el caudal máximo de 670.69 m³/s a un periodo de 50 años. De esta manera, se discrepa con el autor debido a que el resultado del caudal del diseño hidráulico es menor al de esta investigación.

Aplicar el modelo hidráulico mediante HEC-RAS al Río Ica para identificar las áreas vulnerables a inundaciones

Se procedió a analizar y discutir el resultado de la aplicación del software para el modelamiento hidráulico, donde se modeló el tramo del Río Ica iniciando por la Estación La Achirana hasta aguas abajo para lo que se aplicó un caudal de diseño Q₁₀₀ = 274.10 m³/s en HEC-RAS, considerándose un flujo permanente, además de una pendiente promedio S = 0.15%. De igual manera, se tuvo en consideración el coeficiente de rugosidad, siendo el coeficiente de 0.04 para el cauce y 0.08 para los taludes de ambas márgenes.

De esta manera, se identificó 3 zonas vulnerables a inundaciones, para primera sección vulnerable a desborde del Río Ica, ubicada en el 13+500 km aguas debajo de la estación La Achirana. La lámina de inundación comprende la margen derecha del río perteneciente al distrito de San Juan Bautista, inundando 27.82 ha de áreas de cultivo aproximadamente. En la margen izquierda, el desborde del río abarca parte del distrito de La Tinguiña afectando 16.30 ha en zonas agrícolas, la segunda sección vulnerable a desborde del Río Ica, ubicada en el 22+500 km aguas debajo de la estación La Achirana. La lámina de inundación está conformada por la margen derecha del río que pertenece al distrito de Ica, con aproximadamente 9.30 ha de área afectada en zonas urbanas. De igual manera, en la margen izquierda el desborde del río se extiende a los distritos de Parcona y La Tinguiña respectivamente afectando 16.74 ha en zonas urbanas aproximadamente y, por último, la tercera sección vulnerable a desborde del Río Ica, ubicada en el 28+000 km aguas debajo de la estación La Achirana. La lámina de inundación comprende la margen derecha del río perteneciente al distrito de Ica,

teniendo 0.67 ha de área afectada en zonas urbanas. De igual manera, en la margen izquierda, el desborde del río ocupa una parte del distrito de Los Aquijes afectando 26.34 ha en zonas urbanas aproximadamente.

Ahora bien, se realizó la contrastación con el autor Huancas, C. (2019), quien utilizó un caudal de $Q_{50} = 670.69 \text{ m}^3/\text{s}$ para el diseño del modelamiento hidráulico en HEC-RAS, así mismo consideró flujo subcrítico, una pendiente de $S = 0.100\%$ y un coeficiente de rugosidad de 0.033. De esta manera, obtuvo como resultado la identificación 4 zonas inundables, con los tramos críticos en el km 49+350 – km 49+300, km 48+880 – km 48+500, km 47+150 – km 46+650 y por último de km 45+300 – km 45+150, existe desborden en ambas márgenes. De esta razón, se discrepa con el autor, debido a que en su investigación presenta un tramo crítico más respecto a esta.

Propuesta de sistema de alerta temprana para prevenir inundaciones en el valle de Ica

Se procedió a analizar y discutir los resultados de la propuesta de un sistema de alerta temprana para prevenir inundaciones en el valle de Ica, que consistió en considerar una red de pluviómetros a fin de brindar un tiempo adicional para la difusión de la alerta, ya que el tramo en estudio solo cuenta con 1 pluviómetro en La Tinguña, de esta forma la red estará compuesta por 1 pluviómetro Molinos ubicado en -13.942687, -75.698897, 2 pluviómetro El Carmen ubicado en -13.973737, -75.726278, 3 pluviómetro Los Aquijes ubicado en -14.094858, -75.718292 y 4 pluviómetro CD Casa Blanca ubicado en -14.203840, -75.715580 y 5 pluviómetro Aguada de Palos ubicado en -14.321024, -75.680828. La instalación de los pluviómetros será en las partes bajas, ya que en las altas hay precipitaciones de mayor intensidad. Además, se colocan reglas limnimétricas, para medir el nivel del caudal del río, en zonas de confluencia en las quebradas más importantes, pues ahí es donde el caudal del río aumenta inicialmente. De esta forma, se colocó el 1 Limnómetro Los Molinos aproximadamente a 100 m de aguas abajo y el 2 Limnómetro Aguada de Palos a igual

distancia, pero aguas arriba, esto para tener lectura en toda la amplitud del río. Estos instrumentos facilitarían la toma de medidas, las que deben realizarse de manera oportuna por un poblador capacitado que cumpla con esta función indispensable, luego poder reportar a la entidad responsable como el COEN para que determine si existe una inminente alerta de inundación, para que se prepare la población para una posible evacuación de acuerdo al plan de riesgos y evacuación a zonas seguras. Por tal motivo, se comparó con la autora Karin, P. (2019), con la tesis titulada: “Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones Aplicando un Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS en el Río Culebras, quien tuvo el resultado de proponer un sistema de alerta temprana que consiste en basarse en la información pluviométrica de estaciones vecinas, puesto que en la zona no existe una estación adecuada para la toma de lecturas y medición de precipitaciones, por lo que propuso la implementación de la instalación de 2 estaciones pluviométricas (Alto Culebras y Medio Bajo Culebras) y la instalación de 2 estaciones hidrométricas automáticas (Medio Alto Culebras y Bajo Culebras).

Asimismo, se discrepó con los resultados de la autora antes mencionada, puesto que en esta investigación si existe una estación adecuada y que solo sería necesario implementar la red pluviómetros y limnómetros para mejorar la toma de lectura y medición de precipitación, mientras que la tesis anterior carece de una estación propia y recurre de estaciones vecinas.

Implementar un manual orientativo para los pobladores en el valle de Ica sobre la utilización del sistema de alerta temprana

Se analizó los resultados de la implementación de un manual orientativo para los pobladores del valle de Ica sobre cómo utilizar el sistema de alerta temprana implementado, considerando que el manual orientativo debió proveer la suficiente información para que como complemento de los talleres de capacitación a las comunidades puedan diseñar, construir, instalar y monitorear pluviómetros e instrumentos de medición de los niveles de los ríos, además se indicó que se requerirá un profesional para supervisar ciertas actividades, estas serán indicadas a lo largo del

manual. Por esta razón, el manual está dividido en cinco pasos importantes como son: Organización comunitaria, Reconocimiento de las zonas vulnerables a inundaciones, Medición de lluvia y nivel de agua del río, Funcionamiento del sistema de alerta temprana y Evaluación de la situación, difusión de alerta y plan de emergencia, determinando en cada uno de ellos información precisa para afrontar adecuadamente una inundación, ya que el contenido del mismo cuenta con indicaciones fáciles de aplicar para los pobladores del valle de Ica.

V. CONCLUSIONES

Se llega a la conclusión que, los caudales máximos de la Estación La Achirana entre los años 1979 a 2019, tuvo una avenida máxima de 168.80 m³/s y una avenida mínima de 3.20 m³/s.

Se concluye que, por medio de los métodos estadísticos para los periodos de retorno entre 10 y 150 años, por los métodos estadísticos de Nash se determinó un caudal de 265.43 m³/s, para Ledevied un caudal de 259.07 m³/s y para Gumbel un caudal de 274.10 m³/s referente al periodo de retorno de 100 años considerado es más apropiado para el modelamiento hidráulico.

Se concluye que, para el modelamiento hidráulico con HEC-RAS del tramo comprendido entre la Estación La Achirana y La Aguada de Palos, se hizo uso del $Q_{100} = 274.10$ m³/s considerando el método estadístico de Gumbel debido a que se identificó como el más crítico de los 3 métodos.

Se llega a concluir que, por medio del modelamiento hidráulico se identificó como zona vulnerable la sección 13+500 km aguas debajo de la Estación La Achirana, comprendiendo una inundación a la margen derecha del río que pertenece al distrito de San Juan Bautista, afectando 27.82 ha de cultivo y una inundación a la margen izquierda que pertenece al distrito de La Tinguña afectando 16.30 ha de zonas agrícolas. De igual modo, se identificó como zona vulnerable a la sección 22+500 km comprendiendo una inundación a la margen derecha del río que pertenece al distrito de Ica, afectando 9.30 ha de zonas urbanas y una inundación a la margen izquierda que pertenece a los distritos de Parcona y La Tinguña afectando 16.74 ha de zona urbana. Por último, se identificó como zona vulnerable a la sección 28+000 km comprendiendo una inundación a la margen derecha del río perteneciente a distrito de Ica, afectando 0.67 ha de zonas urbanas y una inundación a la margen izquierda que pertenece al distrito de Los Aquijes afectando 26.34 ha de zona urbana.

Se concluye que, la propuesta un sistema de alerta temprana conformada por instrumentos medición implementados en el tramo de la Estación La Achirana a Aguada de Palos, compuesto por una red de pluviómetros y limnímetros es la más apropiada como medida de prevención que se pueda tener un control en todo tiempo del incremento de precipitación que pueda ocurrir y de esta forma poder mantener a la población informada y salvo frente a un inminente desborde del río.

Se concluye, que los pobladores del valle de Ica deben de considerar el manual orientativo del sistema de alerta temprano como un medio informativo para salvaguardar su integridad frente a una inundación y poder estar capacitados para saber cómo afrontar esta situación.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el análisis de regionalización en ríos que no poseen un sistema de alerta temprana o tienen uno inadecuado y que se encuentren cerca al Río Ica, para poder tener un plan de emergencia frente a futuras ocurrencias de inundaciones con la finalidad de salvaguardar la vida de todos y evitar pérdidas tanto humanas como áreas agrícolas.

Se recomienda realizar estudios con mayor detalle a los caudales del Río Ica, utilizando más métodos estadísticos y empleado softwares que complemente la investigación.

Se recomienda realizar campañas informativas con la finalidad de concientizar e instruir a la población del peligro inminente que deriva construir sus viviendas o establecerse cerca a los bordes del Río Ica dado que no se sabe con veracidad si el cercano fenómeno del Niño puede ser igual o de mayor repercusión que la ocurrida hoy en día.

Se recomienda a las autoridades locales, nacionales y a las juntas de usuarios del agua de cada sector, se le debe de mantener perpetuamente actualizados e informados y a su vez estos deben de vigilar por la generalidad completa de los sistemas de protección que se instalan para proteger la seguridad de la localidad.

Se da como recomendación que las entidades municipales o regionales realicen labores de mantenimiento y construcción de defensas ribereñas en las zonas identificadas como vulnerables a inundación para que de esta manera la protección pueda estar vigente y ayude a soportar futuros eventos de la naturaleza.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autoridad Nacional del Agua (ANA - 2010). Manual de diseño de defensas ribereñas. Perú.

Braja M. Das. (2012). Mecánica de suelos. Cuarta edición. Bogotá – Colombia: Editorial Cengage Learning, 630 pp. ISBN: 978-607-519-373.

Coloma, A. (2015). Simulación Hidrológica e Hidráulica del Río Tambo, Sector Santa Rosa, Distrito de Cocachacra, Provincia de Islay, Departamento de Arequipa (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

Huancas, C. (2019). Modelamiento hidráulico con Hec-ras para la prevención de Inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo – Perú.

Karin, P. (2019). Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones Aplicando un Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS en el Río Culebras (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote – Perú.

Palomino, V. & Mauricio, L. (2019). Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para un Sistema de Alerta Temprana en la Quebrada Cashahuacra, Distrito de Santa Eulalia (Tesis de pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima – Perú.

US Army Corps of Engineers. (2010). Manual de usuario HEC – RAS, 790 pp.

Villón, M. (2002). Hidrología. Tercera edición. Lima – Perú: Editorial Villón, 430 pp. ISBN: 99778-66-081-6.

Varona-Alama, M. (2018). Modelo Hidrológico de la Cuenca Catamayo – Chira hasta el Ingreso al Reservorio Poechos usando HEC-HMS (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura – Perú.

Sánchez, L. (2017). Modelación Hidrológica e Hidráulica Acoplada de la Cuenca Media y Baja del Río Magdalena (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá– Colombia.

VIII. ANEXOS

Anexo N°1:

SOLICITUD PARA CAUDALES MÁXIMOS DEL RÍO ICA



CUT N°: 0105934-2021-ANA

Ica, 12 de julio de 2021

CARTA N° 0613-2021-ANA-AAA.CHCH-ALA.I

Señor
JOSE RICARDO INFANTE PEREZ
Jr. Independencia 334 P. Joven El Progreso Mz. A1 Lt. 34
Ancash - Santa - Chimbote

Presente.-

Asunto : Precipitaciones máximas anuales de 24 horas y caudal máximo del Río Ica que pertenece AAA-CHCH

Referencia : Solicitud SN

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en relación al documento de la referencia, mediante el cual solicita información de precipitaciones máximas anuales de 24 horas y caudal máximo del Río Ica, conforme al TUO de la Ley N° 27806, Ley de transparencia y acceso a la información pública, aprobado por DS N° 021-2019-JUS.

Al respecto, esta dependencia informa, que no cuenta con el requerimiento de precipitaciones máximas anuales de 24 horas, precisando que dicha información podría solicitarla al SENAMHI; asimismo se adjunta al presente, un archivo en formato PDF con la información de caudales máximos del Río Ica.

Es propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi consideración.

Atentamente,

FIRMADO DIGITALMENTE

WILLIAM ALAN ORMEÑO HUAMANI
ADMINISTRADOR LOCAL DEL AGUA
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA ICA

c.c.
Adj.:(02) Folios

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en la Autoridad Nacional del Agua, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final el D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <http://sisged.ana.gob.pe/consultas> ingresando el código KLM64AFJDE y el número de CUT.



BICENTENARIO PERÚ 2021

Calle Lambayeque N°169 (Interior Dra Ica)

T: (511) 224 3298
www.gob.pe/ana
www.gob.pe/midagri

Anexo N°2:

CAUDALES MÁXIMOS DEL RÍO ICA

CALDALES PROMEDIOS MENSUALES AÑOS 1973 - 2013
REGISTRADOS EN EL RÍO ICA

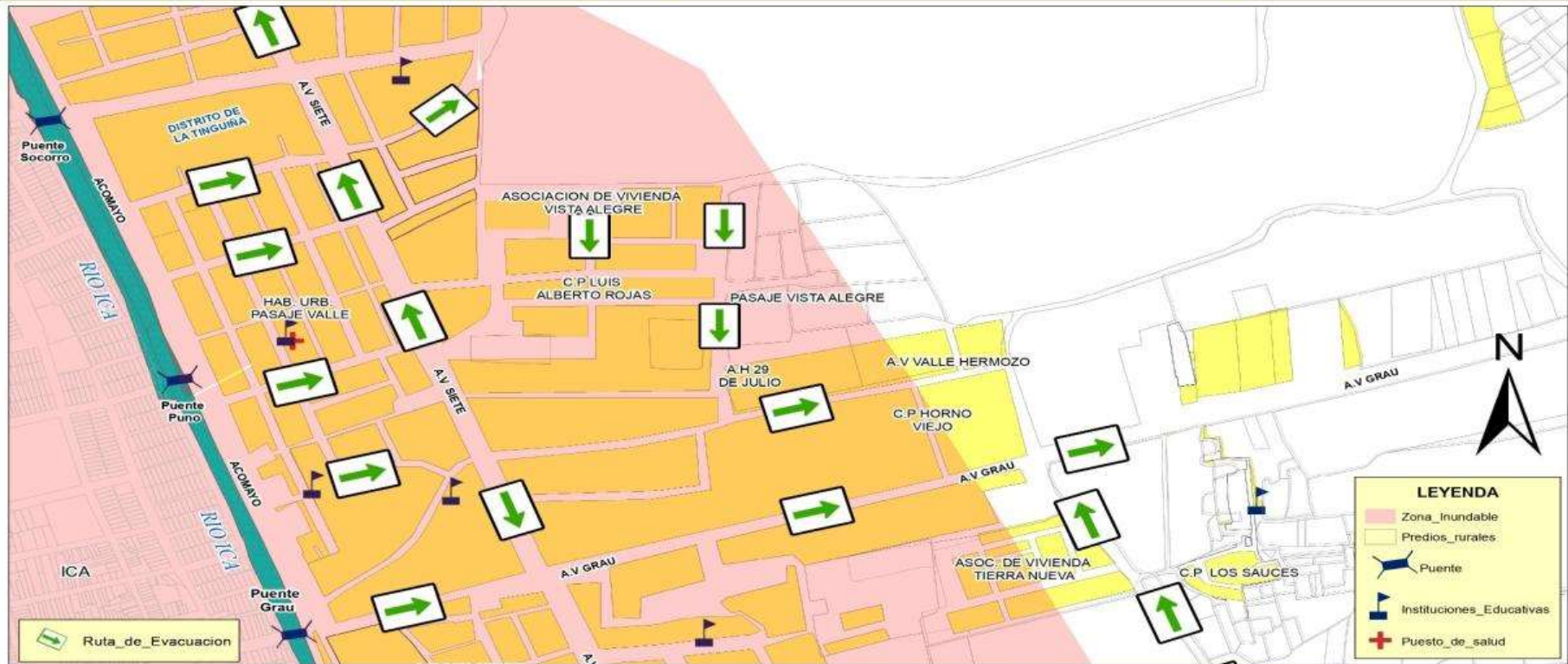
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prom. Anual	Máximo
1973	453	628	386	753	621	320	743	285	290	202	548	110	298	1000
1974	274	213	257	180	137	143	216	327	217	223	18	175	14	700
1975	214	100	386	210	376	130	741	181	220	18	585	204	126	1000
1976	423	627	357	243	321	130	18	327	423	303	227	261	714	1000
1977	363	714	180	817	317	286	104	360	279	104	104	174	220	2000
1978	210	171	180	233	120	218	532	221	498	510	247	534	117	1000
1979	374	121	121	253	389	18	171	177	210	188	122	243	18	1000
1980	714	170	321	217	384	130	703	171	174	408	408	244	127	2000
1981	353	131	323	1	223	170	190	321	220	212	21	245	144	1000
1982	353	144	714	163	747	138	104	302	298	500	403	171	220	2000
1983	712	620	371	113	120	500	138	520	148	110	243	113	210	2000
1984	153	210	330	174	130	127	314	167	218	100	471	352	271	2000
1985	543	490	180	264	420	303	218	230	294	212	203	123	120	1000
1986	423	544	321	443	377	214	173	307	17	410	410	743	310	2000
1987	353	110	300	117	331	138	117	300	290	100	103	103	120	210
1988	224	100	380	143	380	130	103	340	100	700	168	143	120	210
1989	353	210	340	553	345	130	173	307	218	504	593	407	290	2000
1990	814	4138	2440	124	380	130	143	380	130	100	103	103	720	2000
1991	210	24	257	1	137	143	216	327	217	223	18	175	14	700

1998	49.47	23.67	21.87	7.97	2.59	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	5.07	9.24	111.56
1999	10.28	57.36	35.87	10.88	164	0.19	0.10	0.10	0.10	0.16	0.00	0.00	9.72	117.40
2000	23.03	30.15	43.30	8.85	8.45	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.50	9.55	115.30
2001	18.60	13.27	48.56	0.28	0.10	0.10	0.13	0.16	0.38	0.00	0.00	0.00	6.80	82.30
2002	1.20	7.90	0.15	0.29	1.23	5.03	0.35	5.33	0.45	0.90	2.40	0.25	2.12	26.20
2003	1.78	1.93	0.89	0.78	0.69	0.98	1.83	1.70	0.74	4.06	4.06	2.04	1.79	22.20
2004	8.11	13.36	18.65	0.56	1.25	2.00	10.04	0.12	0.23	0.00	0.00	2.26	4.72	57.30
2005	6.16	9.46	16.35	0.45	1.09	0.10	0.10	10.34	0.00	0.00	0.43	0.00	3.71	45.20
2006	2.10	8.46	0.89	0.33	4.32	1.23	3.56	5.64	0.56	0.08	4.44	2.27	2.82	34.60
2007	18.93	9.51	26.61	0.80	0.11	0.12	0.23	0.12	0.23	0.00	0.00	0.92	4.80	58.30
2008	28.17	23.50	0.04	0.12	0.33	0.45	1.04	0.90	0.10	1.34	0.34	9.45	5.48	66.50
2009	5.05	10.34	18.34	1.34	2.03	0.10	0.10	9.75	0.00	0.00	0.43	0.00	3.96	48.20
2010	28.40	23.42	0.04	0.64	0.33	0.01	1.20	0.91	0.10	1.34	0.34	9.45	5.52	66.90
2011	2.50	8.46	0.89	0.33	4.32	1.23	3.56	5.64	0.56	0.08	4.44	2.27	2.86	35.00
2012	26.43	23.98	0.90	0.30	0.10	1.23	0.45	1.27	0.56	1.39	0.38	9.49	5.54	67.20
2013	4.98	11.34	15.32	1.45	2.01	0.10	0.10	9.75	0.00	0.00	0.43	0.00	3.79	46.20
2014	19.60	22.28	9.10	6.87	1.75	0.10	0.32	0.45	0.35	0.23	0.31	0.02	5.12	62.10
2015	0.11	10.17	10.41	6.50	0.11	0.13	7.66	4.22	3.63	2.10	7.00	7.64	4.97	60.40
2016	39.56	35.78	58.02	9.45	0.90	0.16	1.85	0.24	1.97	3.86	2.60	5.29	13.31	160.40
2017	44.60	38.12	58.17	10.61	0.68	0.16	1.74	0.40	1.81	3.90	2.60	5.29	14.01	168.80
2018	15.62	7.42	42.12	6.44	4.70	0.24	0.06	35.30	10.41	13.50	3.62	0.25	11.64	140.40
2019	12.47	35.75	34.00	4.03	0.77	1.27	10.14	6.65	4.29	21.00	9.24	8.07	12.31	148.40
Promedio	10.5	19.5	17.3	3.0	2.3	2.2	5.8	4.4	4.8	11.5	4.8	4.6		
Máximo	49.47	47.56	58.17	10.61	8.45	5.64	10.04	35.30	10.41	13.50	9.24	9.45		
Mínimo	0.11	0.00	0.04	0.12	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Anexo N°3:

MAPA DE RUTA DE EVACUACIÓN

MAPA DE RUTAS DE EVACUACIÓN DEL DISTRITO DE PARCONA SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES



LEYENDA	
	Zona Inundable
	Predios rurales
	Puente
	Instituciones Educativas
	Puesto de salud



GORE-ICA



CENEPRED



Senamhi



PERÚ Ministerio de Economía y Finanzas



cooperación alemana DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



Implementada por giz

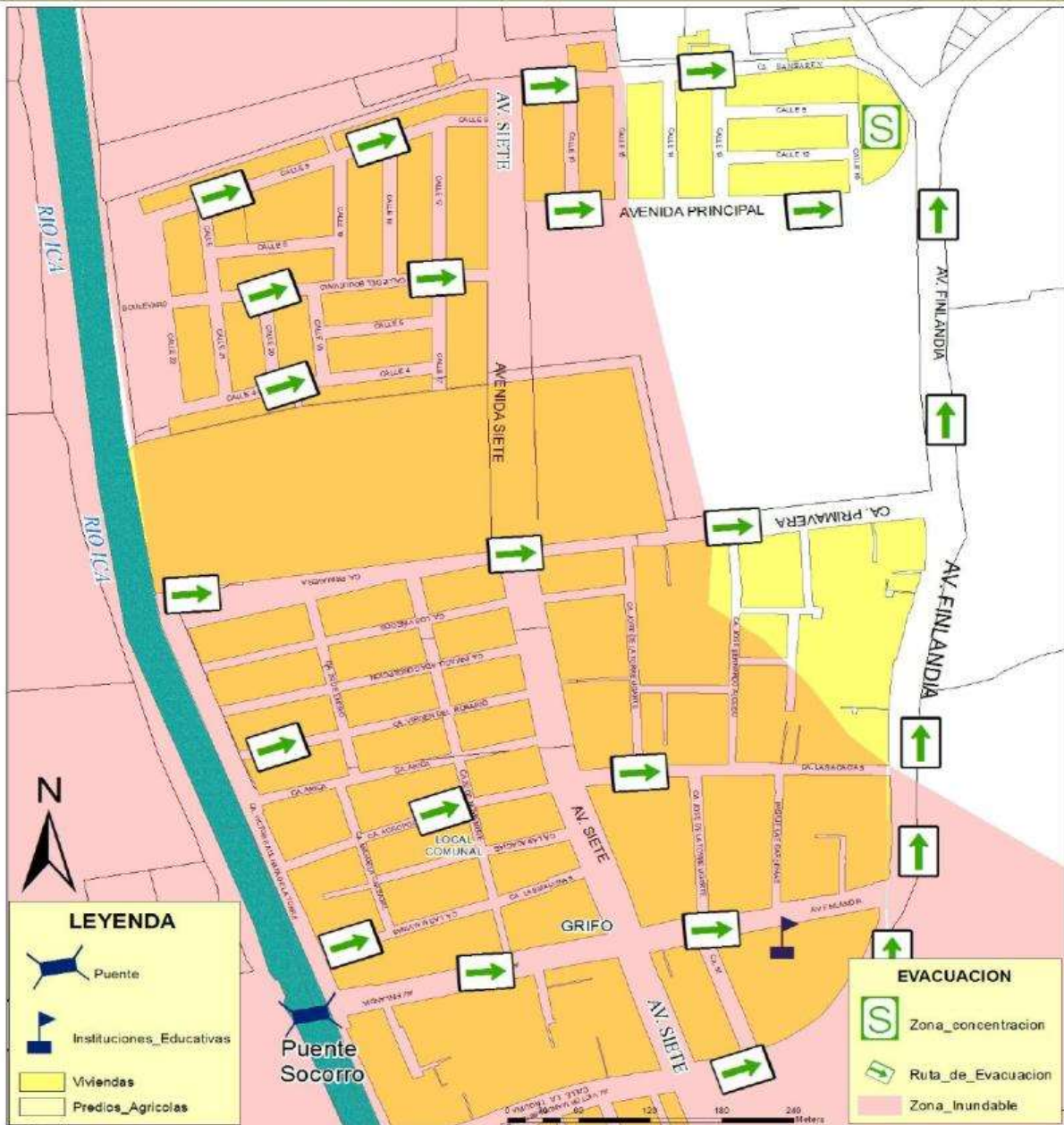


MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PARCONA



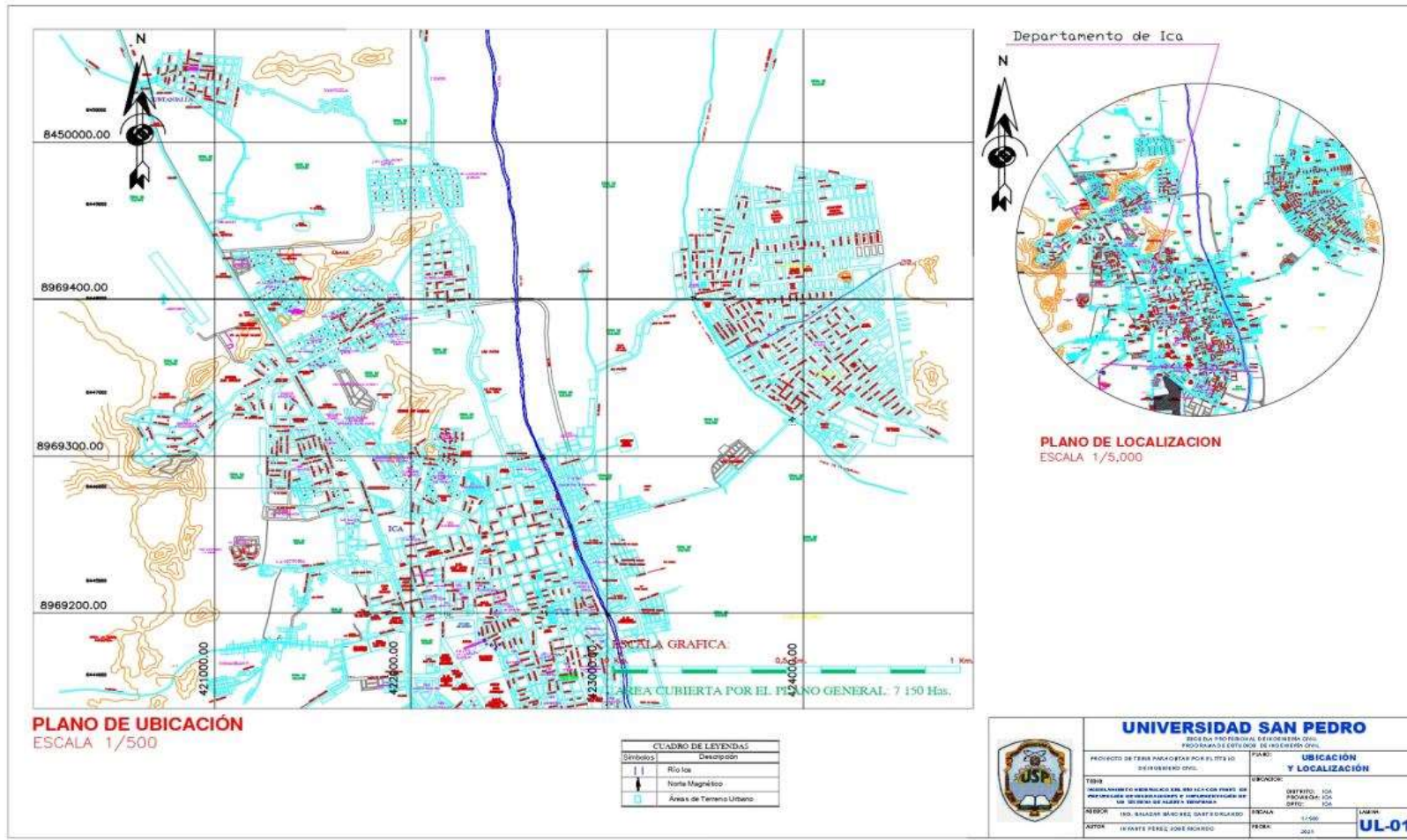
SAT ante Inundaciones

**MAPA DE RUTAS DE EVACUACIÓN DEL SECTOR DE
SAN ILDEFONSO NUEVO Y SAN ILDEFONSO ANTIGUO
DEL DISTRITO DE LA TINGUIÑA
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES**



Anexo N°4:

PLANO DE UBICACIÓN



Anexo N°5:
FORMATO DE
PUBLICACION EN
REPOSITORIO

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
Infante Pérez José Ricardo		76344367	joseinfante@usp.edu.pe
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional¹			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
« Modelamiento Hidráulico del Río Ica con fines de Prevención de inundaciones e implementación de un Sistema de Alerta Temprana »			
5. Programa Académico			
INGENIERÍA CIVIL			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público * (info@usp.edu.pe/semantic/openAccess/)		<input type="checkbox"/> Acceso restringido * (info@usp.edu.pe/semantic/restrictedAccess/) ^(*)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo		—	

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS²

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.³

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	03	07	2023




Firma

Importante

- 1 Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2018-SUAEDU-CO Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2
- 2 Ley N° 30205 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 008-2015-PCM
- 3 Si el autor eligió el tipo de acceso abierto a público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822
- 4 En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2018-CONYTEC-DECC (Numeradas 52 y 53) que norma el Anuncioamiento del Repositorio Nacional Digital
- 5 Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra
- 6 Según el inciso 12.2 del artículo 5º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales (RDNA 7) Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los manuscritos en sus repositorios institucionales prestando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RDNA7, a través del Repositorio ALICIA*

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3)

Anexo N°6:
REPORTE DE
SIMILITUDES

Modelamiento Hidráulico del Río Ica con fines de Prevención de inundaciones e implementación de un Sistema de Alerta Temprana

por José Ricardo Infante Pérez

Fecha de entrega: 30-jul-2021 06:16p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1625977709

Nombre del archivo: Infante_P_rez_Jos_Ricardo_final.pdf (1.66M)

Total de palabras: 17940

Total de caracteres: 95510



Modelamiento Hidráulico del Río Ica con fines de Prevención de Inundaciones e Implementación de un Sistema de Alerta Temprana


INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	www.unesco.org Fuente de Internet	3%
3	repository.ucatolica.edu.co Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	www.sacacoyo.gob.sv Fuente de Internet	1%
6	www.ciesas.edu.mx Fuente de Internet	1%
7	cne.go.cr Fuente de Internet	1%
8	cidbimena.desastres.hn Fuente de Internet	




9	Submitted to Unviersidad de Granada Trabajo del estudiante	1 %
10	madreselva.org.gt Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia Trabajo del estudiante	1 %
12	mundogeograficc.blogspot.com Fuente de Internet	1 %
13	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	1 %
14	definicion.de Fuente de Internet	1 %
15	biblioteca.universia.net Fuente de Internet	1 %
16	revistas.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1 %
17	www.minagri.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
18	docs.com Fuente de Internet	<1 %
19	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unap.edu.pe	

	Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
24	sitios.ingenieria.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
25	g-medio-p-ambiente-s-sociales-l-la-n.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
26	www.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	slideplayer.es Fuente de Internet	<1 %
29	w.ea1uro.com Fuente de Internet	<1 %
30	www.proteccioncivil.gob.mx Fuente de Internet	<1 %



31	conociendoanimalesderios.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
32	www.cenapred.unam.mx Fuente de Internet	<1 %
33	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
34	ecopedia.cvc.gov.co Fuente de Internet	<1 %
35	es.thefreedictionary.com Fuente de Internet	<1 %
36	www.unisdr.org Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Nacional de Huancavelica Trabajo del estudiante	<1 %
38	cuencashidrograficasunad.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
39	documentslides.org Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Universidad Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %



42	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
43	proteccioncivil.gob.sv Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	en.calameo.com Fuente de Internet	<1 %
46	reliefweb.int Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
49	ns.netsalud.sa.cr Fuente de Internet	<1 %
50	es.wikibooks.org Fuente de Internet	<1 %
51	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
52	purl.org Fuente de Internet	<1 %
53	ingenieriareal.com	

Fuente de Internet

<1 %

54 Celestino Hernández. "Sistema de alerta temprana para la reducción de riegos de inundaciones, utilizando tecnología Arduino y comunicación con redes de datos para el área de la cuenca media del Río Lempa.", Revista de Investigación, 2021
Publicación

55 es.m.wikipedia.org
Fuente de Internet

56 www.crid.or.cr
Fuente de Internet

57 bvpad.indeci.gob.pe
Fuente de Internet

58 "Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction", Springer Nature, 2003
Publicación

59 repositorio.upci.edu.pe
Fuente de Internet

60 www.dgpad.gov.co
Fuente de Internet

61 www.mosp.gba.gov.ar
Fuente de Internet

62 vsip.info
Fuente de Internet



		<1 %
63	www.aristegui.info Fuente de Internet	<1 %
64	www.chicagotribune.com Fuente de Internet	<1 %
65	archive.org Fuente de Internet	<1 %
66	docslide.com.br Fuente de Internet	<1 %
67	inba.info Fuente de Internet	<1 %
68	planetagea.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
69	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
70	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
71	www.tec.com.mx Fuente de Internet	<1 %
72	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1 %
73	Francisco Javier Sánchez Romero. "Criterios de seguridad en balsas de tierra para riego",	<1 %

Universitat Politècnica de València, 2014

Publicación

74	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
75	www.edutecne.utn.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
76	www.scn.org Fuente de Internet	<1 %



Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo