



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano de la cuenca baja del río Nanay – Loreto, 2021.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**Autores:** - Bach. Brhistyan Peter Cenepo Lancha  
- Bach. Jhonar Roldan Arvelaes Cumapa

**Asesor:** Ing. Marco Antonio Paredes Riveros.

**Distrito de Punchana, Maynas**

**2021**

## **DEDICATORIA**

*A Dios quien constantemente conduce mi destino, y me provee de fortalezas para continuar con perseverancia y así cumplir mis objetivos.*

*Brhistyan Peter Cenepo Lancha*

*Dedico este trabajo de investigación a mis padres quienes siempre están presentes de manera incondicional en mi realización profesional.  
El trabajo de igual manera lo dedico a mis maestros y a mi segundo hogar la Universidad Científica del Perú.*

*Jhonar Roldan Arvelaes Cumapa*

### **AGRADECIMIENTO**

*En conjunto agradecemos a la Universidad Científica del Perú que siempre llevare en alto como la institución ilustre que es, particularmente a la carrera de Ingeniería Ambiental;*

*Expreso mi profundo agradecimiento a PRONABEC por ejecutar el programa de beca 18 como una esperanza de estudio a personas con bajos recursos.*

*"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"*  
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

Con Resolución Decanal N° 031-2022-UCP-FCEI del 20 de octubre del 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- |   |            |
|---|------------|
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Mgr. | Presidente |
| • Ing. Gustavo Fernando Gamarra Ramírez, Mgr    | Miembro    |
| • Ing. Giorgio Sergio Urro Rodríguez, M.Sc.     | Miembro    |

Como Asesor: al **Ing. Marco Antonio Paredes Rivero, Mgr**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 10:00:00 horas del día 18 de agosto del 2022, de manera presencial y supervisado en línea por la Secretaría Académica del programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"MODELAMIENTO HIDRULICO POR MEDIO DEL IRI-NAY2DFLOOD PARA DETERMINAR EL LÍMITE DE AMENAZA POR RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL SECTOR URBANO DE LA CUENCA BAJA DEL RIO NANAY-LORETO"**.

Presentado por los sustentantes: **BRHYSTYAN PETER CENEPO LANCHA y JHONAR ROLDAN ARVELAES CUMAPA**

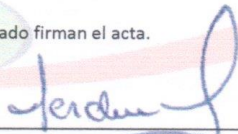
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO AMBIENTAL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

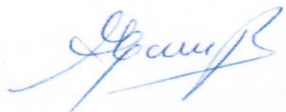
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Mgr.  
Presidente



Ing. Gustavo Fernando Gamarra Ramírez, Mgr  
Miembro



Ing. Giorgio Sergio Urro Rodríguez, M.Sc.  
Miembro

Contáctanos:

Iquitos – Perú  
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240  
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú  
42 – 58 5638 / 42 – 58 5640  
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagñon 933

Universidad Científica del Perú  
www.ucp.edu.pe



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

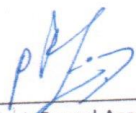
La Tesis titulada:

**"MODELAMIENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DEL IRIC –NAY2DFLOOD PARA DETERMINAR EL LÍMITE DE AMENAZA POR RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL SECTOR URBANO DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO NANAY – LORETO, 2021"**

De los alumnos: **BRHISTYAN PETER CENEPO LANCHI Y JHONAR ROLDAN ARVELAES CUMAPA**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **9% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 14 de Julio del 2022.






  
Dr. César J. Ramal Asayag  
Presidente del Comité de Ética – UCP

CJRA/ri-a  
317-2022

Document Information

Analyzed document	ucp_ingenieria_2021_tesis_petercenepo_jhonararvelaes_v1.pdf (D141831278)
Submitted	2022-07-07 16:44:00
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revison.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	9%
Analysis address	revison.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com

Sources included in the report

<b>W</b>	URL: https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibid.nsf/BC90DDE0F044B03D05257B7200771A18/\$FILE/ESTRATEGIA-NANAY.pdf Fetched: 2022-02-16 02:58:51		5
<b>W</b>	URL: http://terra.iiap.gob.pe/assets/files/meso/03_zee_nanay/Medio_Fisico_ZEE_Nanay.pdf Fetched: 2022-07-07 16:44:00		9
<b>SA</b>	<b>Proyecto Tesis_ZarateJorge.docx</b> Document Proyecto Tesis_ZarateJorge.docx (D28234688)		1
<b>SA</b>	<b>TESIS DAYANA JARAMILLO ESPINOZA.docx</b> Document TESIS DAYANA JARAMILLO ESPINOZA.docx (D112733528)		2
<b>SA</b>	<b>Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERIACIVIL_2020_TESIS_EVELYN_PAREDES_V1.pdf</b> Document UCP_INGENIERIACIVIL_2020_TESIS_EVELYN_PAREDES_V1.pdf (D83693958) Submitted by: revison.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revison.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com		2

Entire Document

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL INFORME FINAL DE TESIS TÍTULO Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano de la cuenca baja del río Nanay – Loreto, 2021. PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Autores: - Bach. Brhistryan Peter Cenepo Lancha - Bach. Jhonar Roldan Arvelaes Cumapa Asesor: Ing. Marco Antonio Paredes Riveros. Distrito de Punchana, Maynas 2021

2 DEDICATORIA A Dios quien constantemente conduce mi destino, y me provee de fortalezas para continuar con perseverancia y así cumplir mis objetivos. Brhistryan Peter Cenepo Lancha Dedico este trabajo de investigación a mis padres quienes siempre están presentes de manera incondicional en mi realización profesional. El trabajo de igual manera lo dedico a mis maestros y a mi segundo hogar la Universidad Científica del Perú. Jhonar Roldan Arvelaes Cumapa

3 AGRADECIMIENTO En conjunto agradecemos a la Universidad Científica del Perú que siempre llevare en alto como la institución ilustre que es, particularmente a la carrera de Ingeniería Ambiental; Exproso mi profundo agradecimiento a PRONABEC por ejecutar el programa de beca 18 como una esperanza de estudio a personas con bajos recursos.

4 ÍNDICE DEDICATORIA ..... 2 AGRADECIMIENTO  
..... 3 Resumen.  
..... 6 Palabras Clave  
..... 6

Abstract ..... 7 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO  
..... 8 1.1. Antecedentes del estudio. .... 8 1.2. Bases teóricas ..... 11 2.3. Definición de Términos Básicos.

II: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA ..... 24 2.1. Descripción del problema ..... 24 2.2. Formulación del problema ..... 25 2.2.1. Problema general ..... 25 2.2.2. Problemas específicos ..... 25 2.3. Objetivos ..... 26 2.5.4. Objetivo general ..... 26 2.5.5. Objetivos específicos ..... 26 2.4. Hipótesis ..... 27 2.5. Variables: ..... 27 2.5.1. Identificación de las variables ..... 27 2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables ..... 27 2.5.3. Operacionalización de las variables ..... 28 3.1. 27 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA ..... 28 3.1.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	3
Resumen.....	9
Palabras Clave .....	9
Abstract.....	10
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b> .....	11
1.1. Antecedentes del estudio.....	11
1.2. Bases teóricas.....	14
2.3. Definición de Términos Básicos. ....	20
2.3.1. Aspectos generales y Marco estructural para el análisis de cuencas.....	25
<b>CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA</b> .....	27
2.1. Descripción del problema .....	27
2.2. Formulación del problema .....	28
2.2.1. Problema general .....	28
2.2.2. Problemas específicos .....	28
2.3. Objetivos.....	29
2.5.4. Objetivo general .....	29
2.5.5. Objetivos específicos.....	29
2.4. Hipótesis.....	30
2.5. Variables:.....	30
2.5.1. Identificación de las variables .....	30
2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables.....	30
2.5.3. Operacionalización de las variables .....	30
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b> .....	31
3.1. Tipo y Diseño de investigación .....	31
3.2.1. Población.....	31
3.2.2. Muestra .....	31
3.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos.....	31
3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos .....	31
3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos .....	32
3.4. Procesamiento de los Datos.....	32
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	36
4.1. Resultados.....	36
4.1.1. Estudio climatológico e hidrológicos .....	37

4.1.2. Morfología de la cuenca .....	45
4.1.3. Variable Manning en el área de estudio .....	46
4.1.4. Resultado del estudio hidrológico.....	51
4.2. Discusión .....	54
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>55</b>
5.1. Conclusión .....	55
5.2. Recomendaciones.....	56
Referencias Bibliográficas.....	57
Anexo 1. Matriz de consistencia. ....	58



## **Resumen.**

La investigación tuvo como objetivo Realizar el Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano bellavista, cuenca baja del río Nanay.

La problemática fue responder ¿Cómo se efectuará el Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano bellavista, cuenca baja del río Nanay? Para contestar las preguntas planteadas la metodología de la investigación fue de tipo descriptivo no experimental. En la obtención de información se realizaron revisiones bibliográficas complementadas con trabajo en campo, procesamiento y análisis.

Los valores promedios del nivel del río Nanay varían de 117 a 118.06 msnm en períodos de mayor creciente en marzo, abril y mayo cada año, considerado en el área de estudio las condiciones geomorfológicas, la precipitación, Caudal, variable Manning, Valores de las Características granulométricas y el desnivel de la cuenca según su perfil longitudinal el modelamiento hidráulico determino que la cota 117 representa el límite de inundación en la zona de estudio, por lo tanto en la investigación se concretó la hipótesis y los objetivos planteados.

**Palabras Clave;** Modelamiento hidráulico, IRIC –Nay2DFlood, río Nanay.

## **Abstract**

The objective of the research was to carry out hydraulic modeling by means of IRIC –Nay2DFlood to determine the threat limit due to flood risk in the Bellavista urban sector, lower basin of the Nanay River.

The problem was to answer: How will Hydraulic Modeling be carried out through IRIC –Nay2DFlood to determine the threat limit due to flood risk in the Bellavista urban sector, lower basin of the Nanay River? To answer the questions posed, the research methodology was experimental and the design is descriptive. In obtaining information, bibliographic reviews were carried out, supplemented with field work, processing and analysis.

The average values of the level of the Nanay River vary from 117 to 118.06 meters above sea level with periods of greatest increase in March, April and May each year, considering geomorphological conditions, precipitation, Flow, Manning variable, Characteristic Values in the study area. The hydraulic modeling determined that the elevation 117 represents the flood limit in the study area, therefore in the investigation the hypothesis and the proposed objectives were specified.

**Keywords;** Hydraulic modeling, IRIC –Nay2DFlood, Nanay river.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Antecedentes del estudio.**

(Mora y Ochoa 2016) en el proyecto de investigación; MODELAMIENTO DE ZONAS DE INUNDACIÓN POR MEDIO DE LAS HERRAMIENTAS HEC-RAS, GEO-RAS Y ARCGIS, PARA EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CORRALES- PAZ DE RÍO A LO LARGO DEL RÍO CHICAMOCHA, EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ (1), se trazaron como objetivo principal realizar un modelamiento de zonas de inundación por medio de las herramientas Hec-ras, Geo-ras y ArcGis, para en el sector comprendido entre los municipios de Corrales- Paz de Río a lo largo del río Chicamocha, en el departamento de Boyacá así mismo, Evaluar, analizar y validar información secundaria de la zona, estableciendo un registro histórico de la evolución del fenómeno de las inundaciones dentro de esto se formularon los siguientes problemas; Dentro de muchos de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT), no se cuenta actualmente con información relevante que permita hacer el debido seguimiento a sucesos naturales adversos tales como los incrementos de niveles y caudales de los afluentes hídricos de 3 y 4 orden, según la clasificación hídrica de Strahler , para cada una de las diferentes épocas del año.

Para ello, propusieron la implementación de herramientas de modelación hidrológica permitirá la toma de decisiones en la ordenación del territorio y planificación del mismo y especialmente en la gestión del riesgo. Desde épocas inmemorables hasta hoy en día, el 77% de los desastres y afectaciones a la población mundial han estado relacionados con fenómenos hidrometeorológico. Las inundaciones representan uno de los mayores peligros naturales para el desarrollo sostenible y Colombia por su riqueza hídrica es un país altamente propenso a los desastres, donde las inundaciones son uno de los eventos más frecuentemente registrados.

Por otro lado, (Sánchez, 2017) en su investigación; MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA ACOPLADA DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO MAGDALENA (2), en la investigación se tomó como

objetivo principal reproducir el comportamiento observado del río Magdalena en su cuenca media y baja mediante la construcción y acople de un modelo hidrológico y un modelo hidráulico. Esta tesis presenta 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 257,000km<sup>2</sup> 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 flow 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.

De igual manera, (Escobar, 2017) en la investigación “CRITERIOS AMBIENTALES Y SOCIALES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DE LAS QUEBRADAS CUSHURO Y COCHEROS DE LA CIUDAD DE TINGO MARÍA” (3), se planteó como objetivo principal Proponer criterios ambientales y sociales que permitan delimitar la faja marginal de las quebradas Cushuro y Cocheros de la ciudad de Tingo María, justificando que Los espacios que se establezcan en la delimitación de la faja marginal permitirán generar una herramienta de gestión del recurso hídrico, que pueda servir para un ordenamiento territorial, así como la conservación y preservación del mismo.

En los resultados se encontró que; según la R.J 332-2016-ANA y tomando en consideración la pendiente y el material conglomerado del cauce se establece un ancho mínimo de faja marginal de 4 metros ambas márgenes en el tramo alto y de 3 metros ambas márgenes en el tramo bajo. Sin embargo, aplicando los criterios ambientales y sociales evaluados en los factores, principalmente, dominio público, vertido de aguas residuales, la disposición final inadecuada de los residuos sólidos y los derechos de uso de agua otorgados por la Administración Local de Agua – Tingo María (ALA), por otra parte, se propuso un ancho de 6 metros ambas márgenes comprendida desde su nacimiento con coordenadas 392373 m E, 8969671 m N hasta el inicio de la carretera central Tingo María - Huánuco coordenadas 390858 m E, 8969678 m N; y un ancho de faja marginal de 4 metros ambas márgenes para el segundo tramo comprendida desde el inicio de la carretera central Tingo María – Huánuco hasta alturas del comité 11 del AA.HH Brisas del Huallaga con coordenadas 389780 m E, 8970481 m N, considerando además que es una zona totalmente asentada por viviendas con un total de 60 viviendas de influencia directa.

## 1.2. Bases teóricas

### ▪ Bases Legales

- Artículo 74° Faja Marginal, Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338.
- Constitución Política del Perú.
- Ley Orgánica de Municipalidades N° 27972.
- Ley de Procedimiento Administrativo General, Ley N° 27444.
- Ley General del ambiente, Ley N° 28611.
- Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, Ley N° 29338.
- Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, Ley N° 29664.
- Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y Edificaciones, Ley N° 29090.
- Artículo 108° - 122° Protección del Agua, Clasificación de los cuerpos de agua, cauces, riberas y fajas marginales. Bienes de dominio público hidráulico, fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua.
- Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N° 001-2010- AG.
- Artículo 4° - 17° Aspectos generales, dimensiones, actividades y propiedades de la faja marginal para su regulación, delimitación y aprobación, dispuesto por el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de la Faja Marginal en cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales, Resolución Jefatural N° 300-2011-ANA.
- Reglamento, procedimiento y Guía para la Delimitación de Faja Marginal, Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, Año 2010.

### ▪ DISTRITO DE PUNCHANA

Localizado en la región Loreto. El Distrito de Punchana fue creado mediante Ley N° 24765, de fecha 16-12-87, pertenece a la Provincia de Maynas del Departamento de Loreto. Se ubica al Norte-Oeste del distrito de Iquitos, provincia de Maynas (Loreto), desprendida de una parte del área geográfica del Cercado, se encuentra a una altitud media de 98 msnm. Su población total es de 91 128 Habitantes (INEI, 2017), representando una densidad de la poblacional de 57,0 hab./km<sup>2</sup>

- CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO NANAY

La cuenca del río Nanay, afluente del Amazonas, es un área de 16667.23 Km<sup>2</sup>. El río tiene una longitud de 434 km, su ancho máximo es de 545 ms. La velocidad promedio en período de crecientes es de 0.58 a 0.62 m/s. Sus principales tributarios son los ríos Pintuyacu y Momón y las quebradas Agua Blanca y Agua Negra (Fig.1).

De acuerdo a estudios formulados por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, en la cuenca media y alta del Nanay se encuentran 38 especies de mamíferos, 353 especies de aves, 43 especies de anfibios, 111 especies de mariposas y 76 especies de frutas nativas. Gran parte de la ciudad de Iquitos, se ubica en la parte baja de esta cuenca. Excluyendo a esta ciudad, la población está distribuida en 173 comunidades campesinas y nativas, todas ellas rurales, localizadas en áreas accesibles mediante vía fluvial o terrestre.

- IMPACTO SOCIAL EN LA CUENCA DEL RÍO NANAY.

La cuenca del río Nanay representa una de las principales abastecedoras de alimentos y fuente principal de aprovisionamiento de agua potable de la creciente ciudad de Iquitos, que alberga una población de más de 500,000 habitantes (4).

El río Nanay es soporte de las actividades socioeconómicas de 25,200 habitantes rurales que se ubican en sus orillas. Cabe mencionar que el presente estudio estará sectorizado como zona principal la cuenca baja del nanay que corresponde el sector de Bellavista Nanay.

Datos Generales de la cuenca del río Nanay:

Área	: 16617 Km <sup>2</sup>
Altura Mínima	: 85.0 msnm
Altura Máxima	: 210.0 msnm
Perímetro	: 652 Km

## ▪ ANTECEDENTES DE CONTAMINACIÓN EN EL RÍO NANAY

Un estudio realizado cerca de la ciudad de Iquitos por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP, 1994) reportó ausencia de mercurio en el río.

En mayo de 2000 la Dirección General de Salud del Ministerio de Salud reportó concentraciones de mercurio por debajo de los límites máximos permisibles para los diferentes tipos de agua de acuerdo a sus usos.

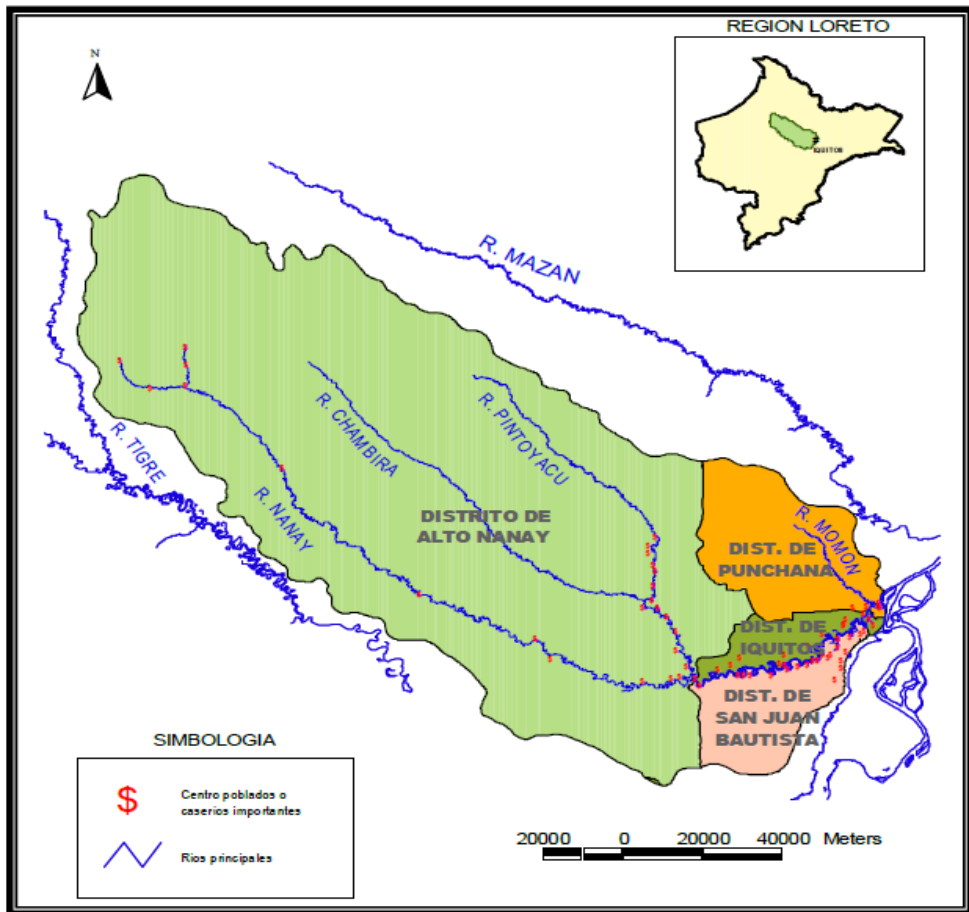
No obstante debido al aumento de las actividades mineras, especialmente de la explotación de oro aluvial, empleando dragas, es que se constituyó una Comisión Técnica Multisectorial conformada por especialistas del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, la Municipalidad Provincial de Maynas, la Dirección Regional de Salud de Loreto, la Dirección General de Energía y Minas de Loreto, la Dirección Regional de Pesquería de Loreto, Defensa Civil, Capitanía de Puerto y la Policía Ecológica de Iquitos (5).

Según el IIAP (2002), en la cuenca se pueden distinguir 4 zonas con características relativamente diferenciadas, estas son:

1. Alto Nanay. - Comprende las comunidades ubicadas en el Alto Nanay y los ríos Chambira y Pintuyacu.
2. Margen izquierda del bajo Nanay. - Se ubica desde la localidad de Samito hasta la ciudad de Iquitos. Esta zona abarca el área rural del distrito de Iquitos.
3. Margen derecha del bajo Nanay. - Comprende la jurisdicción del distrito de San Juan Bautista y Punchana. Es la más poblada, en este sector viven más de 15 mil personas. En este sector se localiza bellavista Nanay.
4. Sub cuenca del río Momón. - Comprende la parte rural del distrito de Punchana.

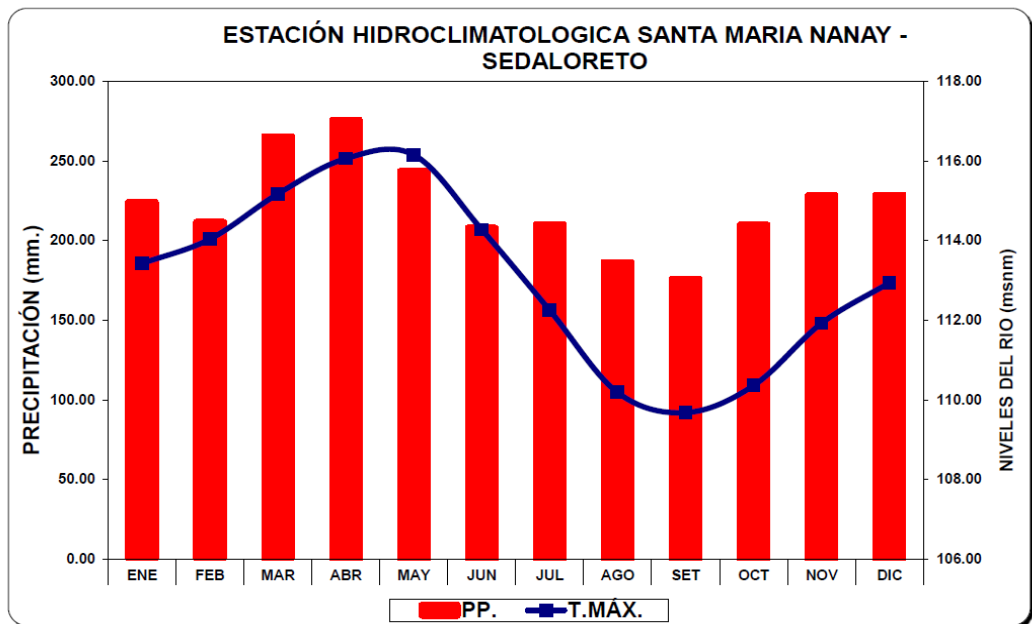


**Figura 1.** Promedios de precipitación y nivel de los ríos Nanay y Amazonas



Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP.

**Figura 2.** Promedios de precipitación y nivel de los ríos Nanay y Amazonas



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI.

Existe una relación estrecha entre los regímenes hidrológicos del río Nanay y del río Amazonas. Tomando como base los datos del nivel del agua de ambos ríos obtenidos en Iquitos, se ha establecido cuatro períodos hidrológicos: creciente: marzo, abril, mayo; media vaciante: junio, julio; Vaciante: agosto, setiembre, octubre; media creciente: noviembre, diciembre, enero y febrero (IIAP, 2012).

## ▪ PROBLEMAS QUE AFECTAN A LAS FAJAS MARGINALES

La autoridad nacional del agua (ANA) en su calidad de ente rector menciona dos problemas fundamentales relacionados directamente a los problemas que se han venido manifestando en las últimas décadas;

### 1. Fenómenos Naturales

En los fenómenos naturales los problemas se dan principalmente por las máximas avenidas, en nuestro caso de selva baja este fenómeno también se le conoce como inundaciones de nivel alto. Las crecidas de los cursos de agua en la época de lluvias (ríos/quebradas), lagunas y lagos, producen inundaciones en tramos vulnerables, los cuales afectan a campos de cultivos, poblaciones y la infraestructura de servicios (6).

Efectos: en estas áreas superiores a los cauces de los ríos se conforman zonas de alto riesgo, activándose periódicamente la erosión lateral de los cursos de agua y en tramos vulnerables se producen deslizamientos y derrumbes. La elevada carga de sedimentos, colmatan los cauces, la red de los sistemas de riego y la infraestructura de almacenamiento.

### 2. Fenómenos Antrópicos

- La actividad humana, produce impactos negativos, sobre estas zonas de alto riesgo:
- La expansión urbana por crecimiento poblacional y crecimiento económico.
- La deforestación de las defensas ribereñas.
- La deposición de residuos sólidos y vertidos.

- Extracción inadecuada de materiales de acarreo del cauce.
  - Ejecución inadecuada de obras hidráulicas, carreteras, puentes, etc.
  - Inadecuadas prácticas agrícolas.
- **INFLUENCIA SOCIOAMBIENTAL DE LOS AA. HH EN LA FAJA MARGINAL**  
Las disposiciones normativas y administrativas establecidas en la Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972, Ley N° 28611 Ley General del Ambiente y Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos, que asentara la prohibición de construcción de viviendas, habilitaciones urbanas y otros similares en las fajas marginales y riberas, las cuales están normadas bajo Leyes con el fin de conservar, velar y proteger las mismas de cualquier irregularidad constructiva (6).
- **Delimitación de la Faja Marginal**
    - a) La Autoridad Administrativa del Agua – AAA, es la autoridad competente para realizar la delimitación de la faja marginal (3).
    - b) La delimitación de la Faja Marginal tiene por objetivo establecer las dimensiones y localización de las áreas y espacios destinados para las actividades establecidas en la Ley, como son (6):
      - Protección de los recursos fluviales y cuerpo de agua.
      - Vías de libre tránsito, caminos de acceso, vigilancia y/o mantenimiento de los cursos fluviales y cuerpos de agua.
      - Áreas y accesos para las presas, reservorios, embalses, obras de captación y derivación, canales de riego, obras de drenaje y otros.
      - Actividades de pesca.
      - Áreas y acceso para la infraestructura de navegación y otros servicios.

- **Dimensión de la faja marginal**

La Faja Marginal al ser un área inmediata superior al nivel alcanzado por la máxima creciente, su límite inferior será la línea establecida por las cotas de la máxima creciente en secciones transversales sucesivas (7).

El área de terreno para la faja marginal será fijada en función de las dimensiones del cauce o álveo del cuerpo de agua y podrá tener un ancho variable, necesario para realizar actividades de protección y conservación de la fuente natural de agua, permitir el uso primario, el libre tránsito, el establecimiento de los caminos de vigilancia u otros servicios (8). De conformidad con la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA que establece en el Capítulo II Artículo 12° los Criterios Generales para determinar al ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo a lo señalado en el Cuadro N° 01 del mencionado artículo. Asimismo, las dimensiones pueden variar de acuerdo a los usos y costumbres establecidos, siempre que no generen un riesgo a la salud y la vida humana de la población (9).

### **2.3. Definición de Términos Básicos.**

- **Faja Marginal**

La faja marginal constituye un bien de dominio público hidráulico, establecida para protección de los cuerpos de agua y cursos fluviales, así como vía de libre tránsito, caminos de acceso, vigilancia y/o mantenimiento de los mismos, teniendo la condición de inalienable e imprescriptible (6).

Según el proyecto de ley N° 4130/2018 CR, ley que modifica la ley 29338 Ley de Recursos Hídricos. En el artículo 74 de la presente se establece que la faja marginal es los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesario para la protección de todo elemento contaminante, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios públicos. El reglamento determina su extensión, cuya demarcación territorial considera los eventos excepcionales (10).

- **Los AA.HH.**

Se entiende por asentamiento humano aquella agrupación de familias establecidas sin título legal y que carecen de alguno de los servicios básicos. En nuestro país existe una ordenanza que prohíbe la construcción de viviendas, habilitaciones urbanas y similares en las fajas marginales de río, quebradas y riberas (8).

- **Inundación**

Una inundación es un fenómeno natural que se da por el desborde lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que cubre temporalmente los terrenos bajos adyacentes. Suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunami (11).

- **Gestión de Riesgo**

A través de la historia las sociedades establecen su desarrollo en el ámbito de los cuerpos de agua, haciéndose necesario establecer la faja marginal, para proteger y preservar al río, limitando el avance de las ciudades hacia las riberas y los cauces, esto generando una superposición, entre el bien de dominio público hidráulico y la propiedad privada en las zonas ribereñas (7).

- **Funciones Aplicadas Del Modelamiento Hidráulico**

  - IRIC**

El software iRIC es una plataforma de simulación numérica que admite una amplia variedad de solucionadores computacionales para problemas en ciencia e ingeniería del agua. El software comenzó como una herramienta de análisis de morfodinámica y flujo de ríos, pero ahora se ha expandido para tratar un conjunto mucho más amplio de problemas, incluyendo predicciones de inundaciones, generación de escorrentía de lluvia, propagación de tsunami, flujos de escombros, evaluación de hábitat y más. Como un esfuerzo comunitario, el equipo de iRIC agradece las nuevas contribuciones de científicos e ingenieros de todo el mundo.

## **Algunos Solucionadores IRIC**

### **a) Nays2DH**

Es un modelo computacional para simular flujos bidimensionales horizontales (2D) inestables, transporte de sedimentos y cambios morfológicos de lechos y bancos en ríos.

Nays2DH se construyó combinando Nays2D y Morpho2D para proporcionar una herramienta más potente y fácil de usar para los usuarios de iRIC.

Los usuarios pueden calcular el flujo del río 2D y la morfodinámica del lecho, incluida una amplia variedad de nuevas extensiones, que incluyen un modelo de confluencia del río, modelo de erosión de bancos, simulaciones de carga suspendida en lecho en sedimentos de tamaño mixto, modelo de capa de lecho y modelo de lecho fijo, y tasa de suministro de sedimento variable de aguas arriba. El modelo de flujo de filtración utilizado en Morpho2D no está implementado actualmente, pero se agregará en un futuro próximo.

### **b) "FaSTMECH**

(Flujo y transporte de sedimentos con evolución morfológica de canales)"

Es un solucionador de morfodinámica y flujo fluvial de dos y tres dimensiones casi estables desarrollado por el Dr. Jonathan Nelson del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Debido a que FaSTMECH se desarrolla bajo una aproximación casi constante, lo que significa que la descarga varía, pero los términos inestables se descuidan en las ecuaciones de movimiento, el solucionador no tiene la condición de Courant y puede realizar cálculos espacialmente detallados en escalas de tiempo relativamente largas extremadamente rápido.

### **c) (SRM)**

El solucionador de Modelo de enrutamiento de almacenamiento (SRM) es un solucionador de cálculo de escorrentía que utiliza modelos de enrutamiento de almacenamiento. Los modelos habían sido El modelo fue desarrollado originalmente por el Dr. Kiyoshi Hoshi, ex Director General del Instituto de Ingeniería Civil de Hokkaido (el actual Instituto de Investigación de Ingeniería Civil para la Región Fría, Instituto de

Investigación de Obras Públicas) y ex Director de Investigación del Instituto de Investigación de la Fundación del Río Hokkaido. Centro de Investigación de Prevención de Desastres (el actual Centro Fluvial de Hokkaido).

**d) Nays2D Flood**

Nays2D Flood es un solucionador de flujo de inundación desarrollado por el profesor Yasuyuki Shimizu y sus estudiantes de la Universidad de Hokkaido junto con varios colegas del CERI. El solucionador trata el flujo plano bidimensional inestable utilizando coordenadas curvilíneas generales. Este sistema de coordenadas permite que tanto los bancos de canales como los bordes de las llanuras aluviales se ajusten al sistema de coordenadas. El solucionador adopta el esquema computacional del solucionador Nays2DH desarrollado por el profesor Shimizu, incluido el método de advección de momento CIP, que mantiene gradientes de flujo agudos sin difusión numérica incluso en dominios de flujo complejos.

El solucionador permite al usuario establecer fácilmente las condiciones de entrada de un número arbitrario de ríos de entrada que ingresan desde el extremo aguas arriba o los lados de un complejo de río / planicie de inundación. Nay2dFlood se ha aplicado para el análisis del flujo de inundación de ríos en una amplia gama de escalas de longitud, desde pequeños arroyos hasta el Mississippi. Debido a que el solucionador no requiere datos del canal del río para grandes inundaciones (donde el transporte dentro del canal es una pequeña parte de la descarga de la inundación), también puede usarse para análisis de inundaciones extremas en ríos y ríos primitivos en países en desarrollo, donde los datos batimétricos del canal son típicamente no disponibles.

▪ **Condiciones de rugosidad.**

En el modelamiento hidráulico un factor de importancia es la rugosidad o también denominado valor Manning, para estimar el caudal de una corriente está en la determinación del coeficiente de rugosidad "n " (12).

Esto significa estimar la resistencia al flujo en un canal determinado, lo cual, demanda una experiencia del Ingeniero para evitar que el problema se limite a un proceso de aproximaciones. En tal sentido, en este trabajo se estima el coeficiente de rugosidad "n" de Manning se realizó por el Método de Strickler-Van Rijn (Chow, 1994) donde se evalúan ciertos factores característicos de la cuenca o tramo a estudiar utilizando las funciones de distribución de velocidades obtenidas mediante los aforos realizados por el servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI).

Fórmula para determinar el valor del coeficiente de Manning a través de la interacción de diferentes parámetros que permiten describir o valorar características concretas de un cauce.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

**Donde;**

**n<sub>0</sub>** = un valor base de n para un cauce recto, uniforme y liso en función del material del fondo.

**n<sub>1</sub>**= factor de corrección para implementar el efecto de las irregularidades superficiales.

**n<sub>2</sub>** = un valor que añade las variaciones de forma y tamaño de la sección del cauce.

**n<sub>3</sub>** = un valor que implementa el efecto de obstrucciones.

**n<sub>4</sub>** = un valor que incorpora el efecto de presencia de vegetación.

**m<sub>5</sub>** =un factor corrector que implementa la sinuosidad del cauce.



### 2.3.1. Aspectos generales y Marco estructural para el análisis de cuencas

3. **Tabla 1.** Conceptualización de caracterización.

<b>ESTRUCTURACIÓN</b>	
Modelos de elevación digital	Los DEM son la base para el análisis morfométrico y geomorfológico de este trabajo, a partir de ellos se generaron las curvas de nivel, la red de drenaje y la divisoria de aguas de la cuenca. Mediante procesamientos de la información de los DEM, se obtuvieron mapas de la dirección del flujo y acumulación, pendientes, orden de corrientes (según el método de Strahler), perfiles del cauce principal en la cuenca hidrográfica, área de la cuenca, y longitud de los cauces principales.
Dirección de flujo	Se aplica la función <i>Flowdirection</i> al DEM para cada una de las cuencas. Esta función se encarga de definir la dirección del flujo basada en la dirección de una gota de agua en una celda o pixel comparado con el valor de la elevación del mismo pixel o cuadrícula con las elevaciones del terreno de 8 celdas vecinas a ella dándole un valor a este pixel de acuerdo con la diferencia de la altura (Mc Coy, 2000, en Patiño & Montoya, 2001).
Acumulación de flujo	Usando la aplicación de la función <i>Flowaccumulation</i> la cual genera una matriz de flujo acumulado para cada pixel o cuadrícula, esto lo hace calculando el total de celdas que fluyen hacia cada celda de la matriz. El total de celdas que fluyen hacia cada celda es calculado por la dirección de flujo (Patiño & Montoya, 2001).
Definición de la red de drenaje	Para esta función los parámetros de entrada son la matriz generada a partir de la función <i>Flowdirection</i> en el DEM. Para poder generar esta superficie se define un valor para el área mínima de captación, para la concentración del flujo. Las celdas o pixeles con un valor mayor al otorgado serán drenajes y los que posean valores menores no lo serán (Patiño & Montoya, 2001). Es importante destacar que los valores asignados serán relacionados a la escala de trabajo.
Red de drenajes y clasificación método de Strahler	Con la red de drenaje ya definida se aplica la función <i>Streamorder</i> para definir los órdenes de las corrientes según el método propuesto por Strahler (1957). El orden de las corrientes es clasificado basado en el número de las corrientes tributarias. El método de Strahler clasifica un orden de corriente cuando dos corrientes del mismo orden se interceptan, dando una mayor categorización a esta corriente (Chow, 1964).
Centroides de las cuencas	Los centroides de las cuencas son los centros de masa de las cuencas, y se utilizan para calcular ciertos parámetros de la forma de la cuenca (Black, 1990, en Patiño & Montoya, 2001), para definir estos centroides se utilizó la función <i>feature to point</i> .
Delimitación de las cuencas hidrográficas	Para definir el área de la cuenca hidrográfica se aplica la función <i>Watershed</i> , esta produce una cuenca de drenaje o área de captación en un punto específico, definiendo todas las celdas que fluyen hacia el punto antes definido. Para la generación de esta matriz se parte de la función <i>Flowdirection</i> (Patiño & Montoya, 2001).
Área de la cuenca	Para conocer el área de la cuenca se parte de la matriz de atributos <i>Watershed</i> la cual posee valores de atributos característicos propios de la cuenca. Para calcular el área se usó la función <i>Calculate Geometry</i> la cual toma valores asociados con el valor de elevación y el área designada por los atributos de la función <i>Watershed</i> (Patiño & Montoya, 2001).

Longitud del cauce principal	Para determinar la longitud del cauce principal se usó la función <i>Calculate Geometry</i> la cual toma valores asociados con la elevación y con la dirección de flujo. Esta función sirve para definir las características geomorfológicas del cauce principal (Patiño & Montoya, 2001).
Perímetro de la cuenca	Este atributo de características cuantitativas se utiliza para calcular la forma de la cuenca. Para el cálculo del perímetro se parte del área de la cuenca y de la matriz de datos <i>Watershed</i> que posee información de atributos. Se utilizó la función <i>Calculate Geometry</i> la cual toma valores asociados con la elevación y el área de la cuenca (Patiño & Montoya, 2001).
Mapas de pendientes	Con la función <i>Slope</i> en el DEM se genera una matriz de datos que representa para cada pixel o cuadrícula el valor de la pendiente máxima con relación a las cuadrículas cercanas o la relación en el cambio de altura para cada celda. Esta se puede definir en ángulo o en porcentaje. Para este estudio se utilizó en ángulo para poder relacionar los cambios de pendientes con los <i>Knickpoints</i> o puntos de inflexión del cauce principal (Patiño & Montoya, 2001).

Fuente: Elaboración Propia, datos (IIAP)

## **CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA**

### **2.1. Descripción del problema**

La propiedad predial constituye gran parte de los activos de los peruanos de menor recurso, sin embargo, los hogares no pueden gozar de su uso en el mercado legal ya que carecen de un título de propiedad registrado que le dé valor de intercambio o de adquisición, más aún, si se encuentran en una zona intangible del río. Se considera que el proceso de formalización de la propiedad juega un papel importante en el desarrollo del país, por lo tanto, es necesario señalar que la problemática planteada carece de estudios actualizados que permitan su seguimiento y una correcta evaluación que relacione la variable tenencia de vivienda en la dimensión de los derechos de propiedad en una zona intangible en el futuro y su impacto en el factor social y económico del nivel de vida.

En la actualidad en nuestra región las fajas marginales están siendo pobladas por personas que invaden estos lugares de alto riesgo social y ambiental, La delimitación de las fajas marginales de ríos, lagos y otras fuentes de naturales de agua podría prevenir la pérdida de vidas humanas y daños materiales, en zonas donde se registran desbordes e inundaciones producto del cambio climático, A todo esto, cabe mencionar que otra situación preocupante en la zona de estudio son clasificados como fenómenos naturales o antrópicos que se manifiestan cada año en toda la amazonia.

Por ello, en la presente investigación se realizó un Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood que nos permitió determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano del río Nanay, así mismo, identificar las características geomorfológicas del sector urbanizado por los Asentamientos Humanos del distrito de Punchana (Bellavista Nanay) que se ubican dentro de las zonas inundables.

## **2.2. Formulación del problema**

### **2.2.1. Problema general**

¿Cómo se efectuará el Modelamiento hidráulico por medio del IRIC – Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano bellavista, cuenca baja del río Nanay?

### **2.2.2. Problemas específicos**

¿Cuáles son los criterios hidrológicos y geomorfológicos para el modelamiento hidráulico de la cuenca baja del río Nanay en el sector de Punchana?

¿Cuáles son las áreas con mayor potencial de inundación en el sector urbano bellavista, cuenca baja del río Nanay?

¿Cómo influye la delimitación de la faja marginal del río Nanay sobre la propiedad predial de los Asentamientos Humanos ubicados en el sector urbano bellavista, cuenca baja del río Nanay?

### **2.3. Objetivos.**

#### **2.5.4. Objetivo general**

Realizar el Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano bellavista, cuenca baja del río Nanay.

#### **2.5.5. Objetivos específicos**

- Examinar los criterios hidrológicos y geomorfológicos para el modelamiento hidráulico de la cuenca baja del río Nanay en el sector de Punchana.
- Representar mediante un mapa las áreas con mayor potencial de inundación en río Nanay.
- Analizar cómo influye la delimitación de las zonas con mayor riesgo de inundación sobre la propiedad predial de los Asentamientos Humanos ubicados en el sector urbano del río Nanay.

## 2.4. Hipótesis.

El Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood nos permitirá determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano del río Nanay.

## 2.5. Variables:

### 2.5.1. Identificación de las variables

#### Independiente

El modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood.

#### Dependiente

El límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano del río Nanay.

### 2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

#### Independiente

El modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood.

Indicador:	Índice:
Topografía del terreno	Metros (m),
batimetría de área de estudio	Dimensiones (x, y, z)
Precipitación	Milímetros (mm)
Caudal de la zona de estudio	. (m <sup>3</sup> /s)

#### Dependiente

El límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano del río Nanay.

Indicador:	Índice:
Modelamiento Hidráulico	Modelo dimensional 2D
Límite de alcance del agua	Terreno cubierto por agua (río Nanay)
Caudal de la zona de estudio	Velocidad del cuerpo de agua(m <sup>3</sup> /s)

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y Diseño de investigación**

El presente trabajo de investigación fue de tipo descriptivo no experimental. Descriptivo porque nos permitió evaluar el Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano del río Nanay (Bellavista Nanay).

La investigación se consideró no experimental porque no se manipularon las variables ya que se observaron situaciones existentes, tal como se dan en el contexto natural, para posteriormente ser analizadas.

### **3.2. Población y muestra**

#### **3.2.1. Población**

Para este estudio la población estuvo constituida por toda la cuenca hidrográfica del río Nanay, 2021.

#### **3.2.2. Muestra**

En el trabajo la muestra fue representada por el sector urbano de la cuenca baja del río Nanay (Bellavista Nanay) – Iquitos, 2021.

### **3.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos**

#### **3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos**

Para la técnica de recolección de datos se emplearon fuentes secundarias con la revisión de documentos de carácter legal, bases legales, informes técnicos de modelamiento hidráulicos, así mismo, se complementó el trabajo con el uso de información primaria básicamente con el uso de datos topográficos y de sistema de coordenadas UTM constituidas en Latitud, Longitud, y Elevación (X, Y, Z) Capturado por el Equipo Perfilador – ADCP obtenidas en campo.

### 3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Entre los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fue el Perfilador- ADCP, mapas, imágenes satelitales entre otros softwares de ayuda como el google earth, googlemaper y rivermaker.

### 3.4. Procesamiento de los Datos

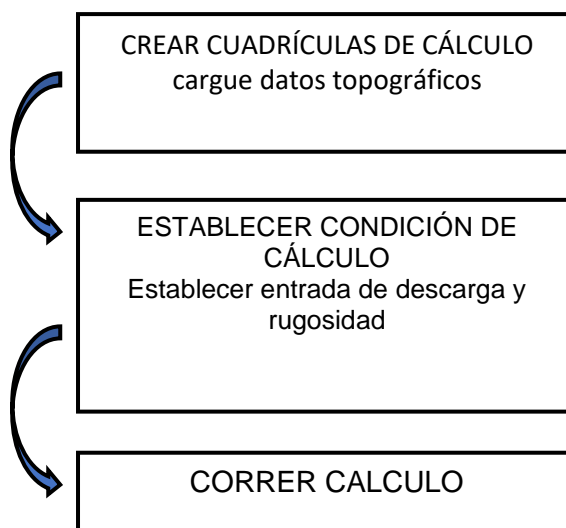
El procesamiento de los datos se realizó en forma manual y computarizada utilizando el software IRIC.

#### Nays2D Flood

##### 1. Características del modelo de simulación del flujo.

Los datos utilizados para un cálculo de inundación y desbordamiento por Nays2D Flood son datos topográficos y datos de descarga de entrada y rugosidad de cada río o cada punto de entrada. El proceso básico para comenzar el cálculo de desbordamiento es el siguiente;

**Figura 3.** Características del modelo de simulación



*Fuente: Elaboración Propia.*



## 2. Ecuaciones básicas en un sistema de coordenadas rectangulares

Las siguientes son las ecuaciones básicas en un sistema de coordenadas rectangulares (x, y) antes de que esas ecuaciones se asignen a un sistema de coordenadas curvilíneas generales.

### *Ecuación de continuidad*

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q + r \quad (1)$$

### *Ecuación de movimiento*

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x \quad (2)$$

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + D^y \quad (3)$$

Donde;

$$\frac{\tau_x}{\rho} = C_f u \sqrt{u^2 + v^2} \quad \frac{\tau_y}{\rho} = C_f v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (4)$$

$$D^x = \frac{\partial}{\partial x} \left[ v_t \frac{\partial(uh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ v_t \frac{\partial(uh)}{\partial y} \right] \quad (5)$$

$$D^y = \frac{\partial}{\partial x} \left[ v_t \frac{\partial(vh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ v_t \frac{\partial(vh)}{\partial y} \right] \quad (6)$$

Donde, **h** es la profundidad del agua, **t** es el tiempo, **u** es la velocidad del flujo en la dirección **x**, **v** es la velocidad del flujo en la dirección **y**, **g** es la aceleración gravitacional, **H** es la elevación de la superficie del agua,  **$\tau_x$**  es el esfuerzo cortante del lecho del río en la dirección **x**,  **$\tau_y$**  es el

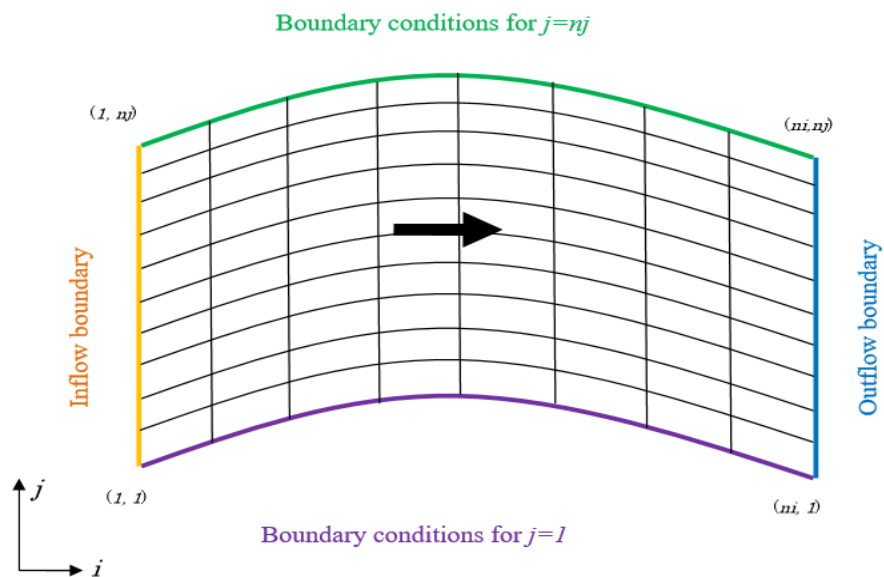
esfuerzo cortante del lecho del río en la dirección  $y$ ,  $C_f$  es el coeficiente de fricción del lecho del río  $\nu t$  es el coeficiente de viscosidad del remolino,  $\rho$  es la densidad del agua,  $q$  ingresa a través de una alcantarilla, una tubería de esclusa o una bomba por unidad de área y  $r$  es lluvia.

**Nays-2D Flood** establece la fricción del fondo mediante el uso del coeficiente de rugosidad de Manning. En la ecuación (4), el esfuerzo cortante del lecho del río  $\tau_x$  y  $\tau_y$  se expresa mediante el coeficiente de fricción del lecho del río  $C_f$ . La relación entre el coeficiente de fricción del lecho del río  $C_f$  y el coeficiente de rugosidad de Manning  $n_m$  es la siguiente

$$C_f = \frac{gn_m^2}{h^{7/3}} \quad (7)$$

### 3. Condiciones de calculo

**Figura 4.** Modulaci3n de celda de cuadr3cula



Fuente: IRIC 2019.

Las condiciones de contorno deben establecerse para cada cuatro líneas de una cuadrícula.

- "[Condiciones de límite de entrada]" significa las condiciones de límite de la línea entre  $(1, 1)$  y  $(1, n_j)$  de la cuadrícula. La línea entre  $(1, 1)$  y  $(1, n_j)$  debe establecerse como [Entrada]. Aquí se da "descarga", que es necesaria para el cálculo.

- "Condiciones de límite para  $j = 1$ " significa las condiciones de límite de la línea entre  $(1, 1)$  y  $(n_i, 1)$  de la cuadrícula. Se puede establecer [Flujo de entrada] o [Flujo de salida] para la línea entre  $(1, 1)$  y  $(n_i, 1)$ . -

"Condiciones de contorno para  $j = n_j$ " significa las condiciones de contorno de la línea entre  $(1, n_j)$  y  $(n_i, n_j)$  de la cuadrícula. Se puede establecer [Flujo de entrada] o [Flujo de salida] para la línea entre  $(1, n_j)$  y  $(n_i, n_j)$ .

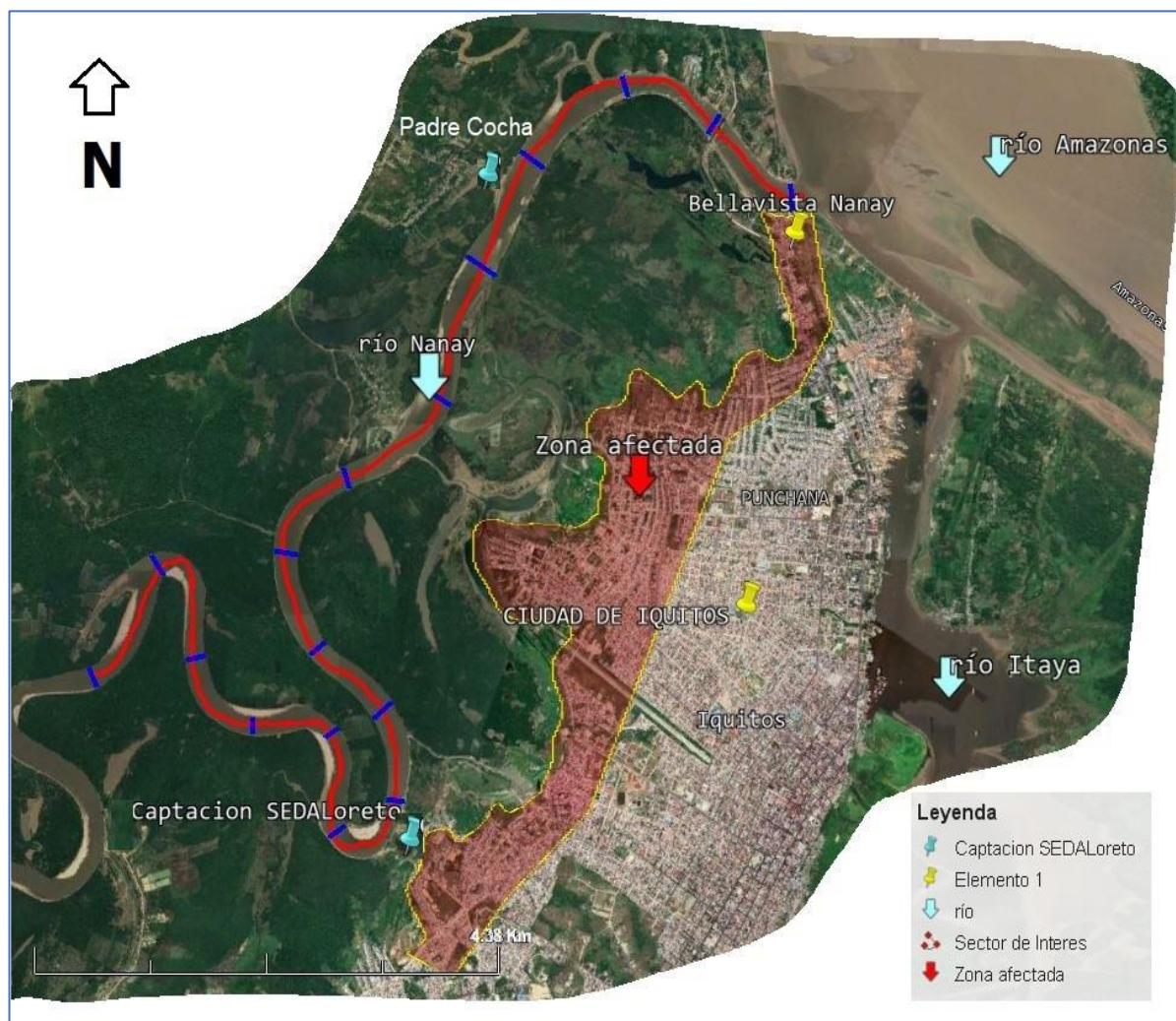
- "Condiciones límite de salida" significa las condiciones límite de la línea entre  $(n_i, 1)$  y  $(n_i, n_j)$  de la cuadrícula. La línea entre  $(n_i, 1)$  y  $(n_i, n_j)$  debe establecerse como [Flujo de salida]. Aquí se proporciona la "elevación de la superficie del agua", que es necesaria para el cálculo.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

Luego de la extensa revisión bibliográfica y posterior trabajo en el área de estudio (río Nanay fig.5) que comprende desde la progresiva Km 415+000.00 Km 432+000.00 (17 km aproximadamente desde la desembocadura aguas arriba del río Nanay), efectuando mayor importancia al sector urbano del río nanay (margen derecho del río Nanay). En cada sección del área se realizó el procesamiento y análisis de la información climatológica, geomorfológica, la variable de Manning, uso del suelo y estudio hidrológico se plantean los siguientes resultados;

**Figura 5.** Área de estudio para determinar el límite de inundación



*Fuente: Elaboración Propia.*

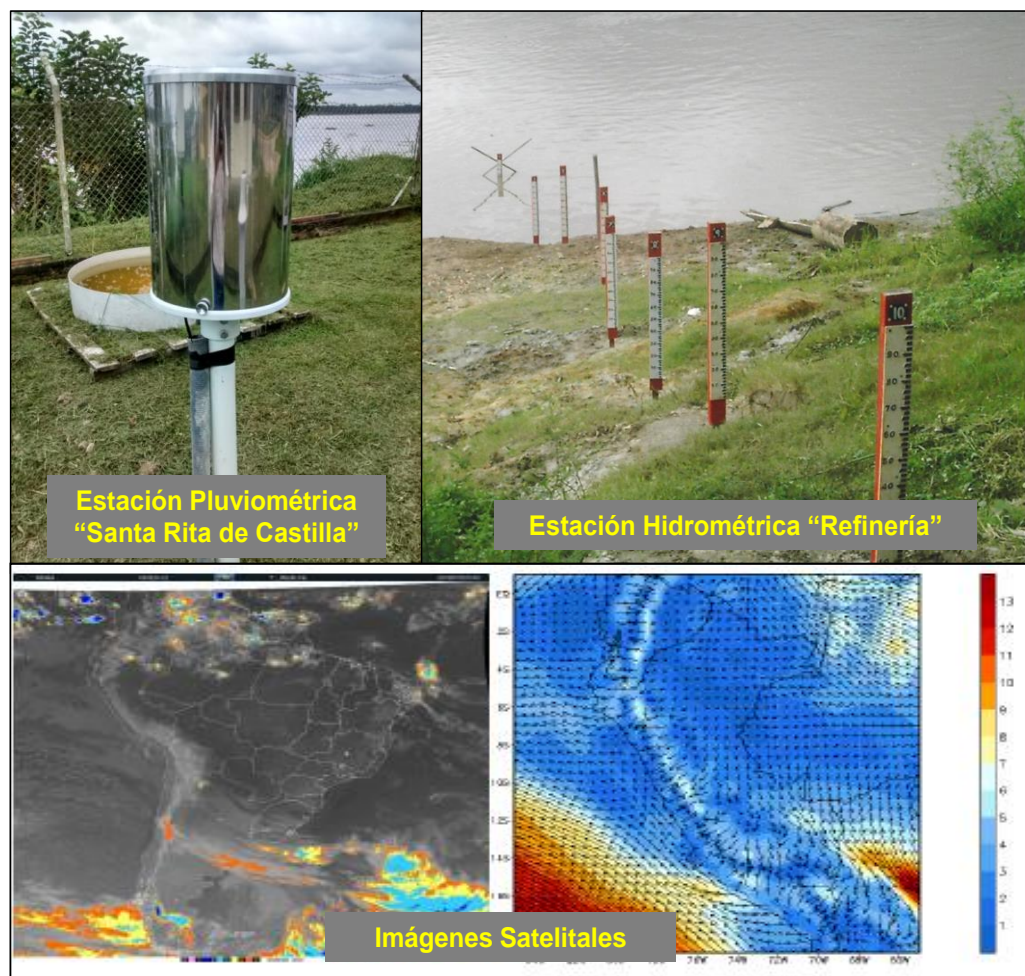
#### 4.1.1. Estudio climatológico e hidrológicos

##### 1.1. Consideraciones generales respecto a datos climatológicos

Para definir el clima de la zona de estudio, se emplearon datos diarios y mensuales a lo largo del año, considerando años anteriores con respecto a la temporada de creciente, como son, la temperatura, humedad atmosférica, precipitación y datos de reglas temporales (Hidrométricas referidas).

El clima predominantemente en la zona central de estudio se considera tropical ya que solo se pueden identificar épocas de vaciante y épocas de creciente todos los años. Para el modelamiento hidráulico de este estudio en particular que busca evaluar el límite de inundación, la temperatura y la precipitación se analizaron a mayor profundidad.

**Figura 6.** Promedios de precipitación y nivel de los ríos Nanay y Amazonas.



*Fuente: Elaboración Propia.*

### **1.2. Características climatológicas e hidrológicas de la cuenca hidrográfica del río Nanay.**

En la presente investigación la cuenca hidrográfica estudiada se ubica en el departamento de Loreto, donde se evaluaron tanto los factores Intrínsecos como los factores Extrínsecos, la cual influyen en diferentes actividades que se llevan a cabo en la Provincia de Maynas siendo una de las principales la captación de agua potable (río Nanay).

Las características climático estudiadas para el modelamiento fueron; la precipitación, temperatura y humedad atmosférica.

Cabe mencionar que existe un régimen hidrológico en el río Nanay que se manifiesta con la fuerte relación entre los regímenes hidrográficos del río Nanay y del río Amazonas, Tomando como base los datos del nivel del agua del río Amazonas y del río Nanay obtenidos en Iquitos, se ha establecido dos períodos hidrológicos (Vaciante y creciente).

### **1.3. Precipitación, Temperatura y Humedad relativa media en la cuenca del río Nanay.**

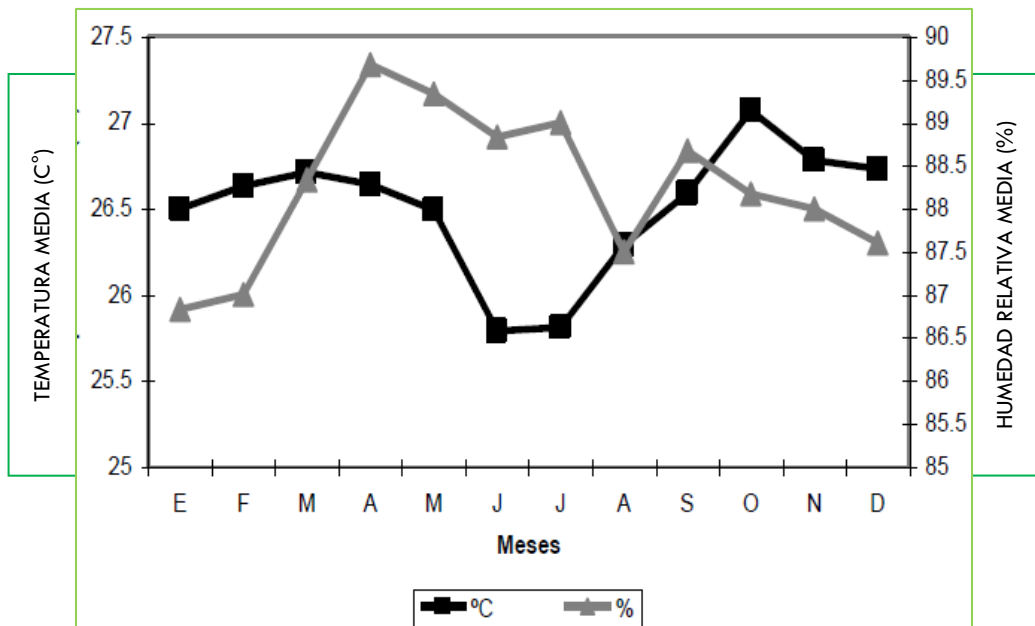
El clima es cálido y húmedo, sin estación bien definida. La temperatura promedio es de 26°C. Durante el mes de setiembre a mayo las temperaturas son más elevadas que en el resto del año; mientras que las menores temperaturas se presentan entre los meses de junio y julio. El ambiente es bastante húmedo, registrándose valores de humedad relativa media promedio entre 86.8 % a 89.7 % (Fig.7).

Las lluvias se presentan durante todo el año; sin embargo, se pueden distinguir dos estaciones: la estación lluviosa que se presenta entre los meses de octubre a junio y la estación seca de julio a setiembre (Fig.7).

En la cuenca hidrográfica del río Nanay los niveles de precipitación total anual se encuentran alrededor de 3,500 mm.



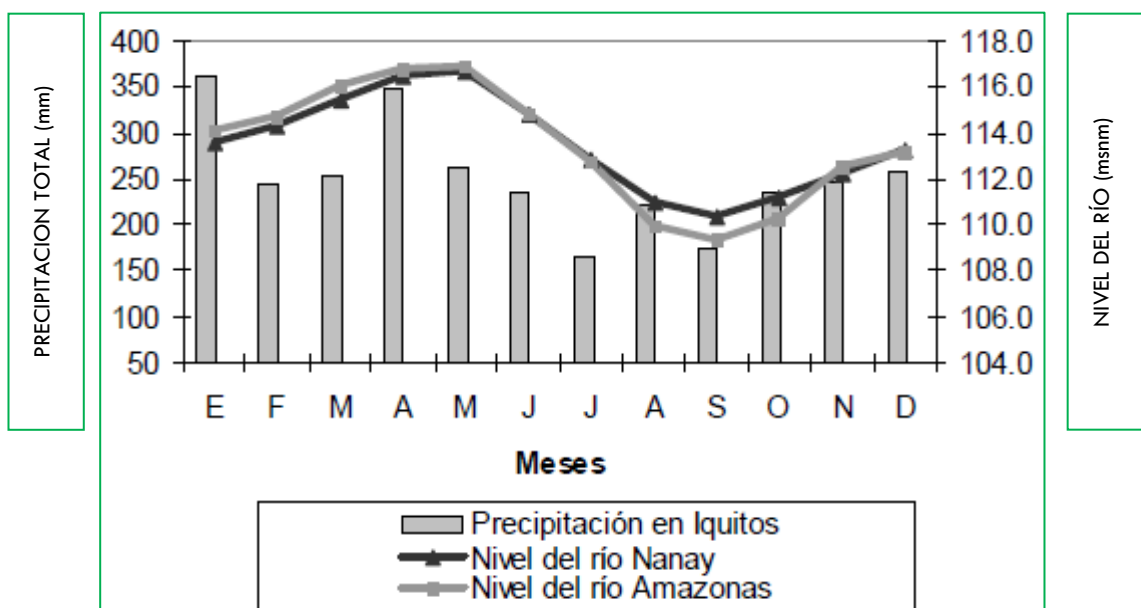
**Figura 7.** Promedios de temperatura media, humedad relativa media en la Estación de Iquitos.



Fuente: Elaboración Propia, datos (IIAP)

En los ríos Amazonas y Nanay, en el sector de la ciudad de Iquitos, el pico más alto del nivel del agua se presenta mayormente durante el mes de mayo, por lo contrario, el más bajo generalmente se presenta durante el mes de setiembre.

**Figura 8.** Promedios de precipitación y nivel de los ríos Nanay en relación con el río Amazonas.

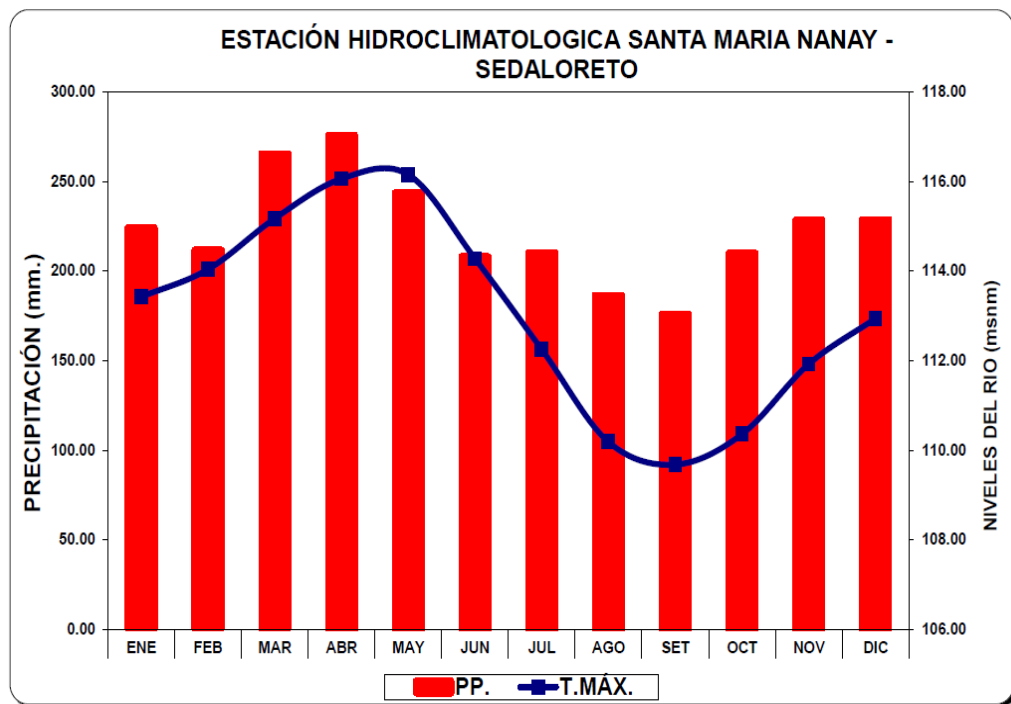


Fuente: Elaboración Propia, datos (IIAP)

Existe una relación estrecha entre los regímenes hidrológicos del río Nanay y del río Amazonas. Tomando como base los datos del nivel del agua de ambos ríos obtenidos en Iquitos, se ha establecido cuatro períodos hidrológicos: creciente: marzo, abril, mayo; media vaciante: junio, julio; Vaciante: agosto, setiembre, octubre; media creciente: noviembre, diciembre, enero y febrero, en conclusión, en el río Nanay solo se encontraron dos períodos; vaciante y creciente.

Los valores promedios del nivel del río Nanay varían de 117 a 118.06 msnm con períodos de mayor creciente en marzo, abril y mayo y menor vaciante en los meses de agosto, setiembre y octubre. La amplitud del nivel del río en un año puede variar de 4 a 10 m (13).

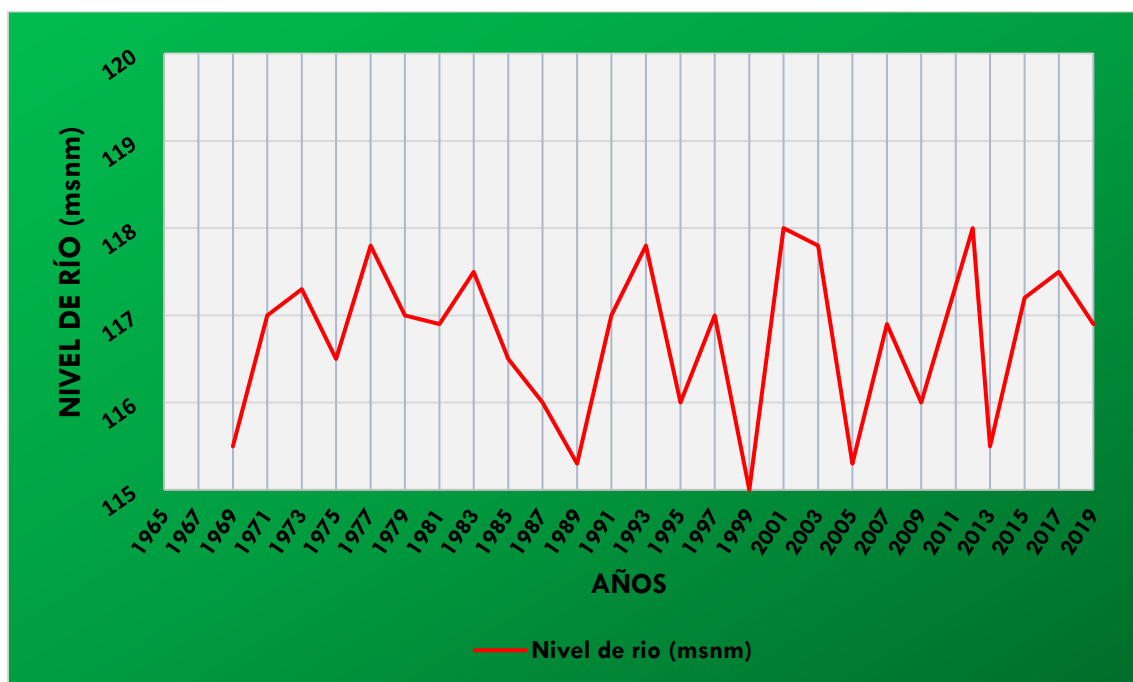
**Figura 9.** Promedios de precipitación y nivel del río Nanay.



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI.



**Figura 10.** Niveles máximos y mínimos del río Nanay entre los años 1969 a 2019. (Fuente: SEDALORETO).

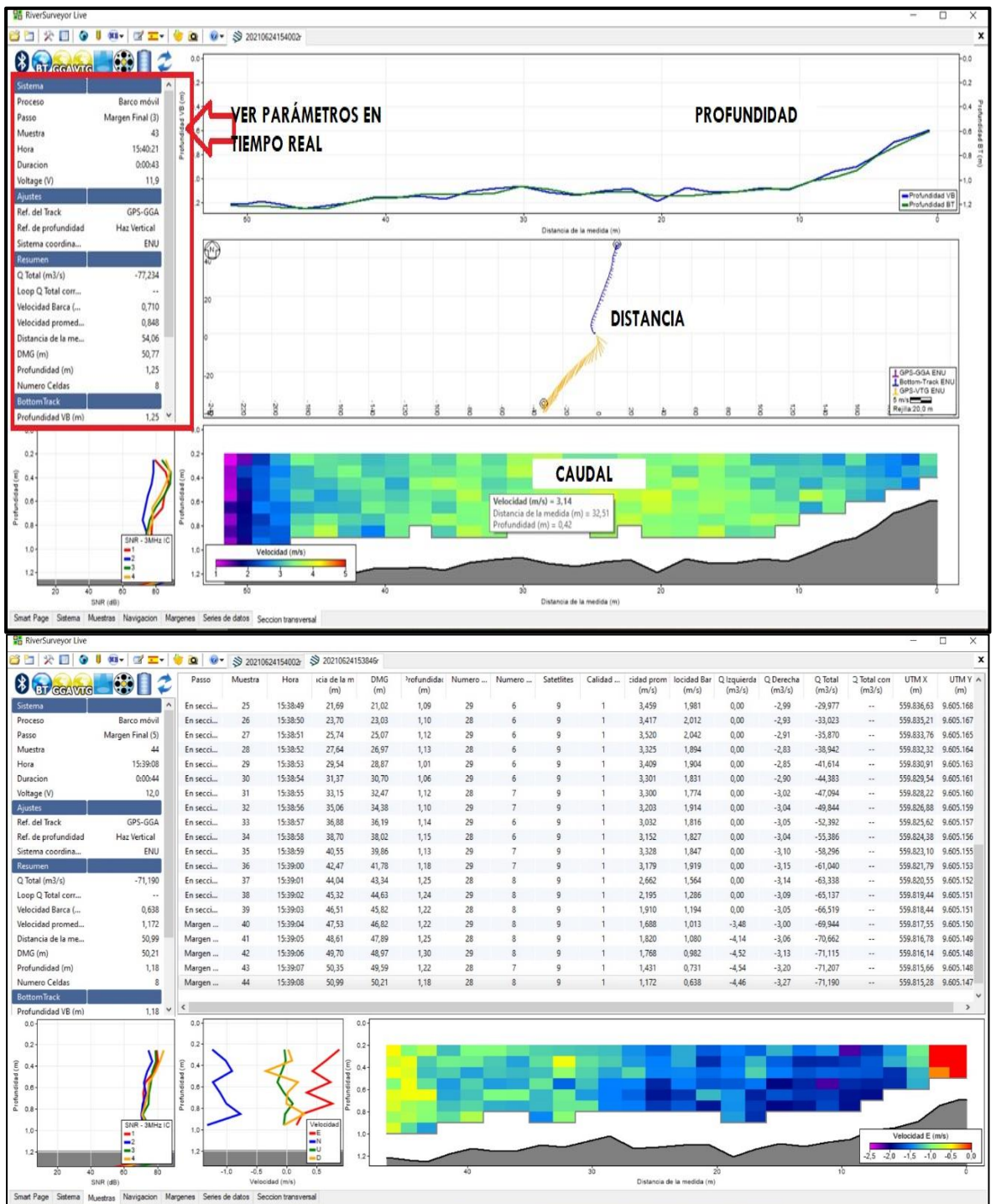


Fuente: Elaboración Propia.

#### 1.4. Perfil transversal del área de estudio- Aforos.

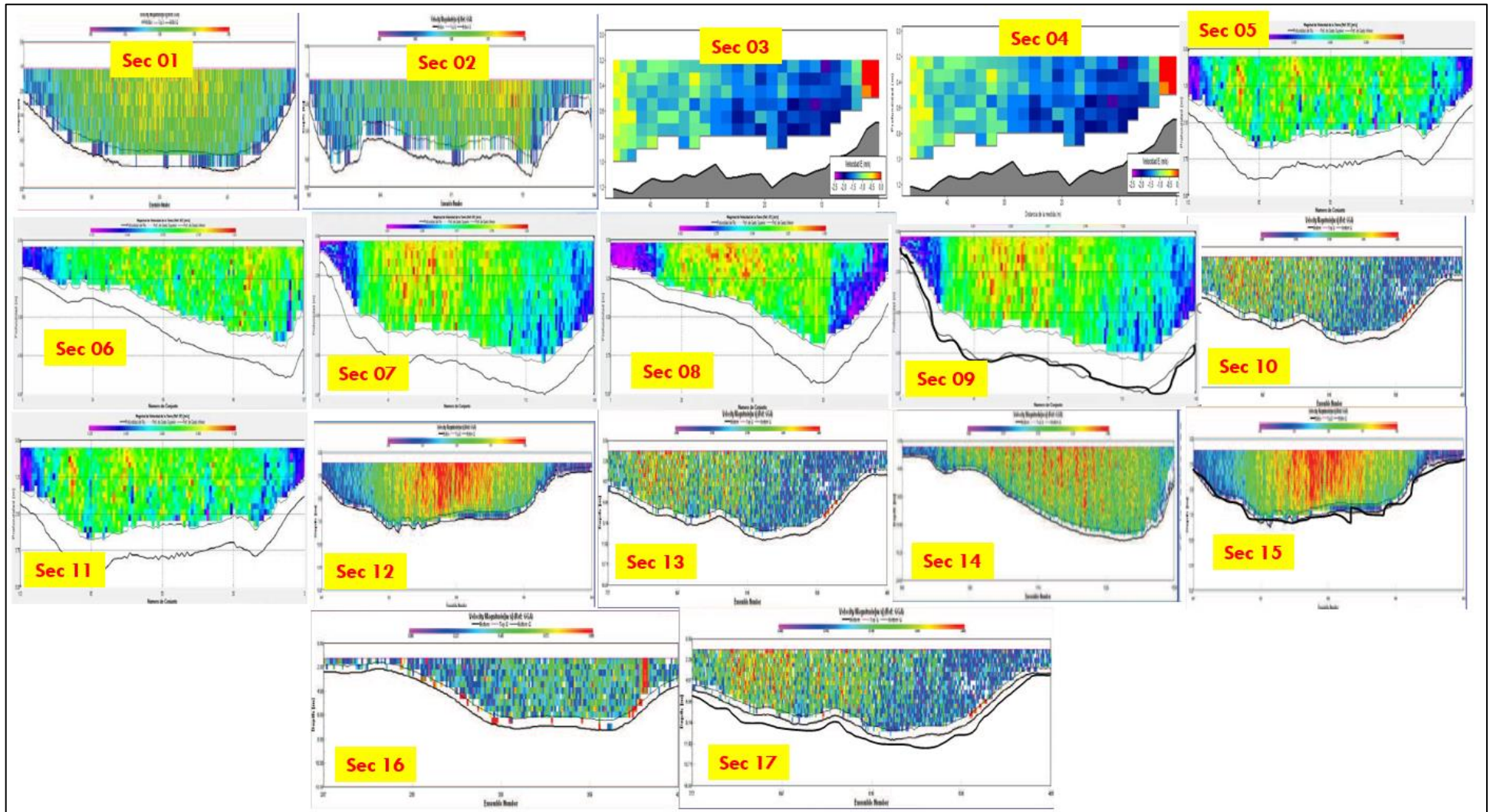
Desde hace varios años, el IRD al igual que El Servicio Hidrografía y Navegación de la Amazonia (SHNA) viene realizando campañas de aforos en casi toda la Amazonia, siendo los ríos principales el Nanay, Itaya y Amazonas, estos dos primeros cuentan con información de caudales. Para el caso particular de esta investigación se trabajó con datos registrados de aforos, los mismo que fueron validados por conclusiones y estudios anteriores. En el área de estudio se estableció estratégicamente 17 secciones transversales que fueron estudiadas y monitoreadas mediante aforos, para para ello es necesario contar con los equipos de medición como el ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) y sus accesorios. En la fig.11 se puede visualizar la representación gráfica instantánea del perfilador ADCP en campo.

Figura 11. Representación gráfica instantánea del perfilador ADCP en campo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12. Aforo - Perfiles transversales en el área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra una tabla con el valor de dichos caudales y la sección correspondiente en el modelo ejecutado. Tal y como se ha visto en el apartado hidrológico, la obtención de dichos caudales ha quedado detallada.

**Tabla 2.** Datos del promedio del Caudal por sección transversal en el río Nanay.

Secciones	Descripción	Río	Q(m <sup>3</sup> /s) Promedio	msnm	Profundidad (m)	Ancho del Río (m)
01-03	Bellavista Nanay	Nanay	800.45	89	12	200
03-06	Santo Tomas	Nanay	750.58	90	10	170
06-09	Río Momón	Nanay	700.20	92	9	130
09-12	Padre Cocha	Nanay	612.56	93	8	145
12-15	SedaLoreto	Nanay	501.32	95	7	120
12-17	Mariposas	Nanay	445.30	96	6	111

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### 4.1.2. Morfología de la cuenca

##### a) Geomorfología de la Cuenca

##### Perfil Longitudinal del Río Nanay

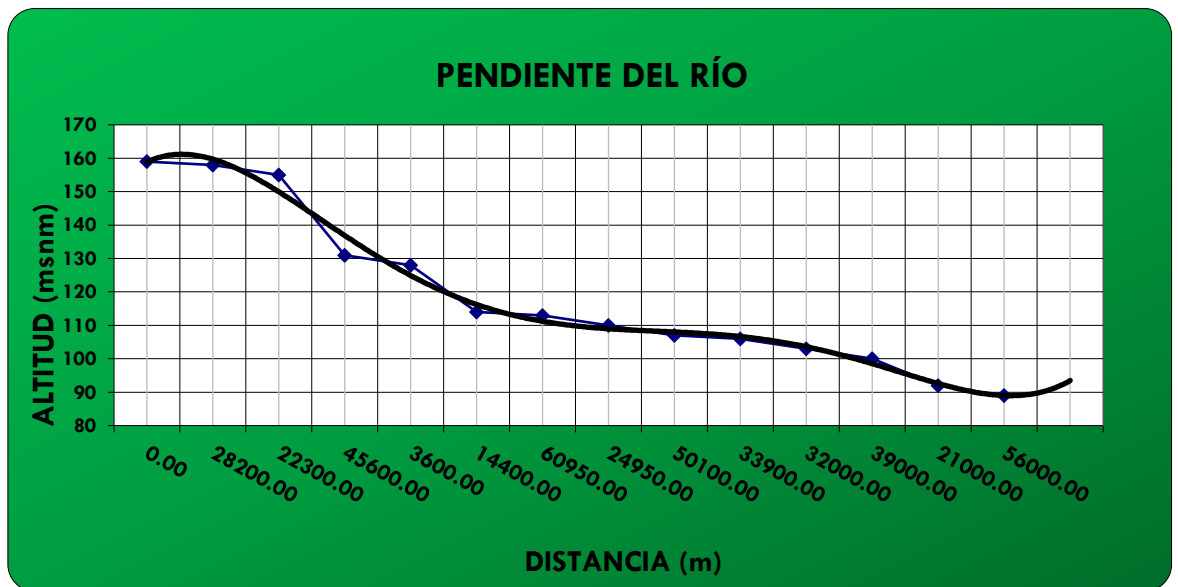
El área de estudio en el río Nanay comprenderá desde la progresiva Km 415+000.00 Km 432+000.00 (17 km aproximadamente desde la desembocadura aguas arriba del río Nanay) esto se encuentra a una altitud de 88 a 91 msnm (fig.11). En la investigación en todo momento se efectuó mayor importancia al sector urbano bellavista, cuenca baja del río nanay (margen derecho del río Nanay).

**Tabla 3.** Datos del Perfil longitudinal de la cuenca del río Nanay.

PROGRESIVA	LONG. TRAMO(M)	COTA	DESNIVEL	S	1/(S)^0.5
Km 0+000	0.00	159			
Km 28+200.00	28200.00	158	1	0.0000	167.9285562
Km 50+500.00	22300.00	155	3	0.0001	86.21678104
Km 96+100.05	45600.00	131	24	0.0005	43.58898944
Km 99+700.00	3600.00	128	3	0.0008	34.64101615
Km 114+100.00	14400.00	114	14	0.0010	32.07134903
Km 175+050.00	60950.00	113	1	0.0000	246.8805379
Km 200+000.00	24950.00	110	3	0.0001	91.19576014
Km 250+100.00	50100.00	107	3	0.0001	129.2284798
Km 284+000.00	33900.00	106	1	0.0000	184.1195264
Km 316+000.00	32000.00	103	3	0.0001	103.2795559
Km 355+000.00	39000.00	102	3	0.0001	114.0175425
Km 376+000.00	21000.00	95	8	0.0004	51.23475383
Km 432+000.00	56000.00	89	3	0.0001	136.6260102

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 13.** Pendiente longitudinal de la cuenca del río Nanay.



Fuente: Elaboración Propia



#### **4.1.3. Variable Manning en el área de estudio**

##### **a) El uso del medio acuático y terrestre en el área de estudio**

Así mismo, aportan a gran escala no solamente al desarrollo socioeconómico de la provincia con más del 60% de la extensión territorial de la región Loreto, sino que funcionan como corredores biológicos por la biodiversidad de flora y fauna que presentan.

##### **a) Llanuras de inundación en el área de estudio.**

En el siguiente apartado, se expone el proceso seguido para la determinación de los coeficientes de rugosidad de Manning en las llanuras de inundación, con el fin de conseguir una correcta definición de la resistencia al flujo de la vegetación del río Nanay y de la rugosidad del cauce para la mejora en la precisión de los cálculos hidráulicos realizados en las secciones del área de estudio (sector urbano Iquitos).

El material básico para la determinación de los coeficientes de rugosidad de Manning en las llanuras de inundación ha consistido en:

- Mapa del área de estudio (2021), del Google Earth.
- Sistema de información generadas en campo (infraestructuras, zonas de inundación).
- Antecedentes sobre determinación de coeficientes de rugosidad.

#### **Resultados**

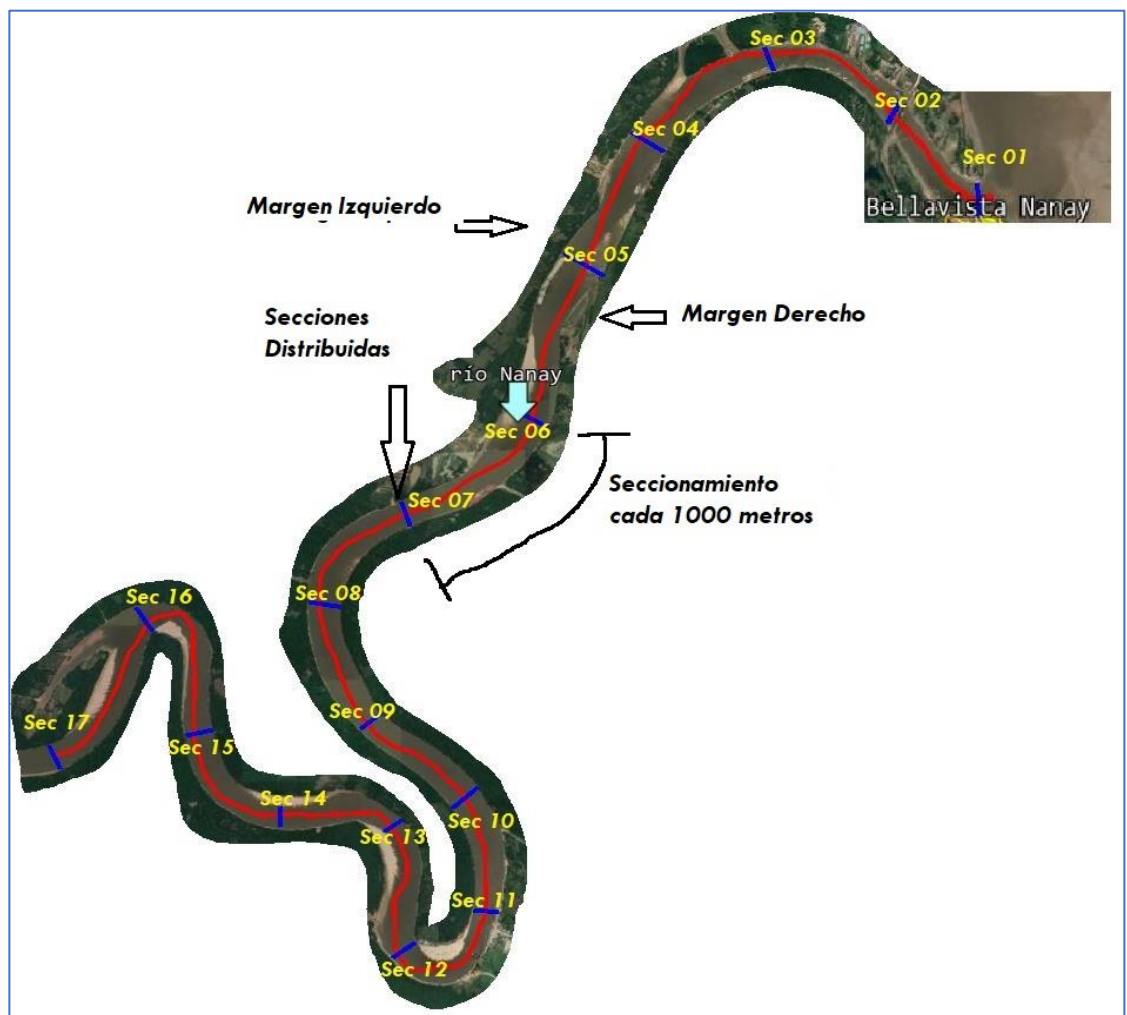
Los coeficientes de rugosidad obtenidos para la llanura de inundación del río Nanay, se presentan en la tabla 4. En la misma se señalan los distintos tipos de vegetación asociados a un valor del coeficiente de Manning. Cabe mencionar que se obtuvieron siguiendo las siguientes categorías del libro "Ingeniería de ríos Juan P. Martín Vide" (14). Finalmente, en el área de estudio Fig. 12, con las categorías descritas en la tabla 3, los valores obtenidos para la rugosidad de las llanuras de inundación en cada una de las secciones distribuidas a cada 1000 metros en el área de estudio se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** Categorías para la definición de la rugosidad (n) de Manning.

Categorías de Vegetación	Manning(n)
Hierba y prados (incluidas también zonas con vegetación escasa)	0,035
Cultivos (cereales, huerta, vid, etc.)	0,040
Explotación forestal (árboles alineados)	0,060
Arbustos, bosquines, vegetación de ribera	0,075
Bosque natural	0,085

Fuente: J.P. Martín (14).

**Figura 14.** Seccionamiento de los perfiles transversales en el área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 5.** Valores de la rugosidad (n) en las llanuras de inundación para cada sección del modelo.

<b>Categorías de Vegetación</b>	<b>Secciones</b>	<b>(n) Manning</b>
Hierba y prados (incluidas también zonas con vegetación escasa)	01-03	0,035
Explotación forestal (árboles alineados)	03-06	0,060
Explotación forestal (árboles alineados)	06-09	0,060
Arbustos y vegetación de ribera	09-12	0,075
Bosque natural	12-15	0,085
Bosque natural	12-17	0,085

*Fuente: Elaboración Propia.*

En la tabla 5. Se representa los alores de la rugosidad (n) en las llanuras de inundación para cada sección del modelo, estas fueron evaluadas en sectores de 3 km ya que no existe variaciones significativas en cuanto a las condiciones ambientales de terreno en la zona de estudio.

**b) Evaluación del transporte de fondo-Datos granulométricos del tramo bajo del río Nanay.**

Partiendo de los datos de antiguos estudios realizados para la caracterización granulométrica del río Nanay a través de determinadas estaciones de muestreo, se ha podido apreciar, una clara separación del río en dos zonas completamente distintas en cuanto a la composición granulométrica y por tanto en cuanto a comportamiento frente al transporte de sedimento. En la zona de la desembocadura se encontró presencia de un lecho areno arcilloso y por el sector de sedaLoreto hay más presencia de grava y arena. Concretamente, para la caracterización del tramo bajo del río, se han tomado de base las muestras obtenidas en tres puntos del cauce en el mes de agosto del 2021, momento en el que no circulaba agua por ningún de las tres secciones.

Importante mencionar que en la investigación el Método de Strickler Van Rijn se aplicado para el control granulométrico.

En base a los datos granulométricos observados, puede procederse a la obtención de los coeficientes (n) de Manning para cada una de las secciones de estudio, empleando para ello, la formulación de Strickler.



No obstante, y como ya sea comentado, cabe destacar que, a diferencia del tramo superior del río, donde el material del lecho es fundamentalmente grava, y, por tanto, se emplearía la siguiente ecuación:

$$n_s = \frac{(D_{90} (m))^{1/6}}{26}$$

En el caso de los puntos analizados en el tramo bajo de estudio, y al tratarse en su gran mayoría de arenas, no es posible determinar con validez el valor (D90), por lo que la ecuación empleada ha sido modificada de la siguiente forma:

$$n_s = \frac{(D_{50} (m))^{1/6}}{21}$$

Desde la desembocadura del río Nanay (sección 01), en cada seccionamiento (fig.12) se realizó la colecta de muestras para la del análisis granulométrico, el resultado de la caracterización se observa en la siguiente tabla;

**Tabla 6.** Valores de las Características granulométricas para cada sección transversal del área de estudio.

Secciones	Descripción	Río	Peso (Kg)	D16 (mm)	D54 (mm)	D84 (mm)	Dm (mm)
01-03	Bellavista Nanay	Nanay	50	0.45	1.42	6.35	5.48
03-06	Santo Tomas	Nanay	45	0.73	2.30	8.95	8.87
06-09	Río Momón	Nanay	12	0.26	1.45	10.26	33.25
09-12	Padre Cocha	Nanay	45	1.02	4.58	30.22	26.53
12-15	SedaLoreto	Nanay	8	0.89	2.88	15.23	79.16
12-17	Mariposas	Nanay	40	0.98	3.20	20.05	20.19

Fuente: Elaboración Propia.

A tener en cuenta:

- El (D<sub>m</sub>) está definido como el tamaño medio, calculado aritméticamente.
- El peso (Kg) es el total de la muestra de material analizado.
- Las muestras se tomaron en cada seccionamiento, la cantidad mínima tomada para el ensayo fue 8 kg.
- Debido a la mayor presencia de arenas en este tramo, no ha sido posible disponer de la información necesaria para la evaluación del (D<sub>90</sub>).

#### 4.1.4. Resultado del estudio hidrológico

##### a) Parámetros del modelo

**Figura 15.** Procedimiento para el modelamiento con Nays2D Flood.



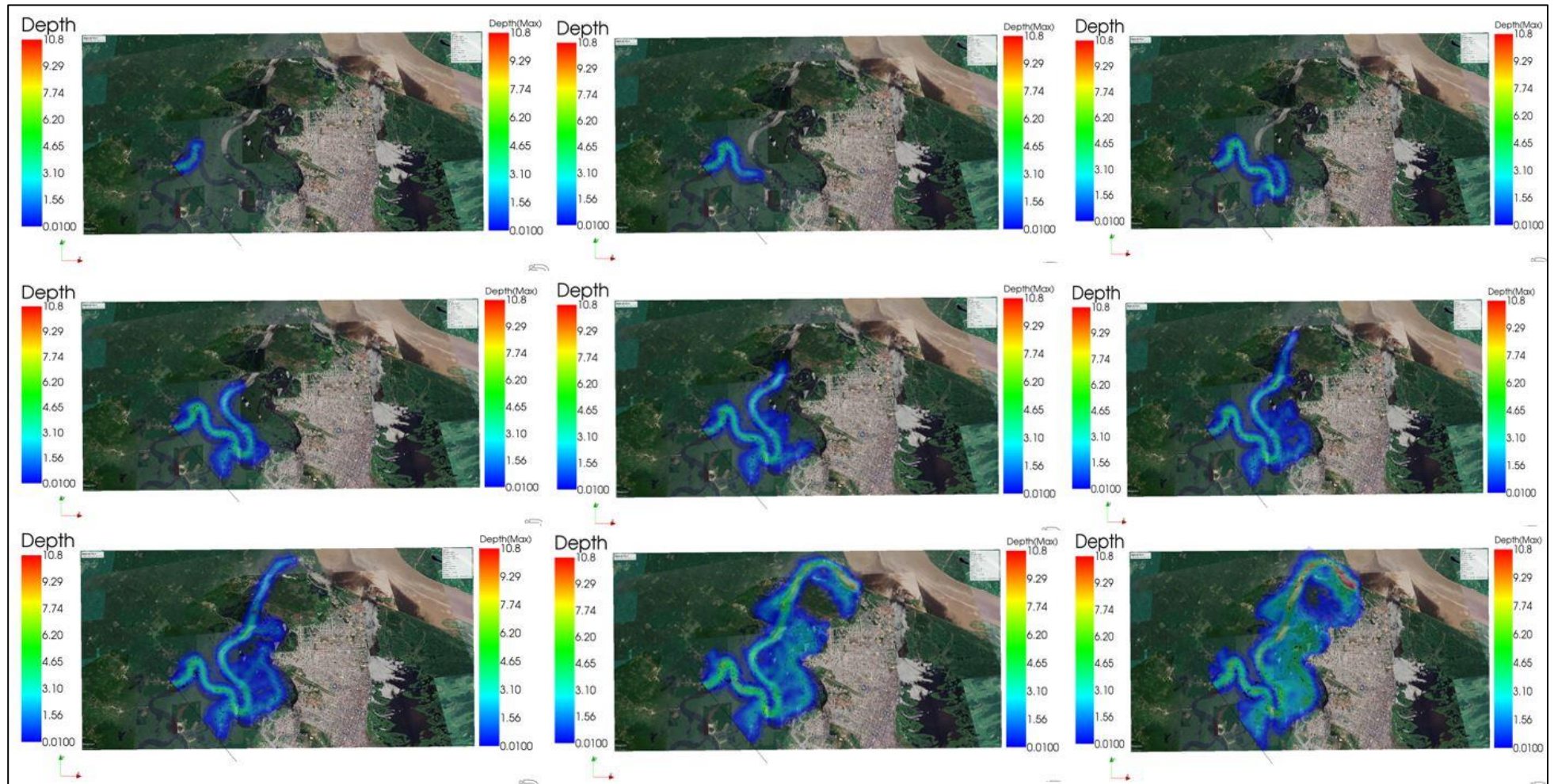
*Fuente: iRIC-2021*

El modelamiento hidráulico permitió determinar el límite de inundación, considerando la cota 117 como tal.

La fig.14 presenta el modelamiento hidráulico del área de estudio, así mismo el comportamiento en cada sesión transversal del río Nanay según los parámetros estudiados. Finalmente, en la figura 15 se puede apreciar el límite de inundación como las áreas con mayor potencial de inundación en el sector bellavista (cuenca baja del río Nanay).

## b) Resultados del modelo hidrológico

Figura 14. Seccionamiento de los perfiles transversales en el área de estudio.

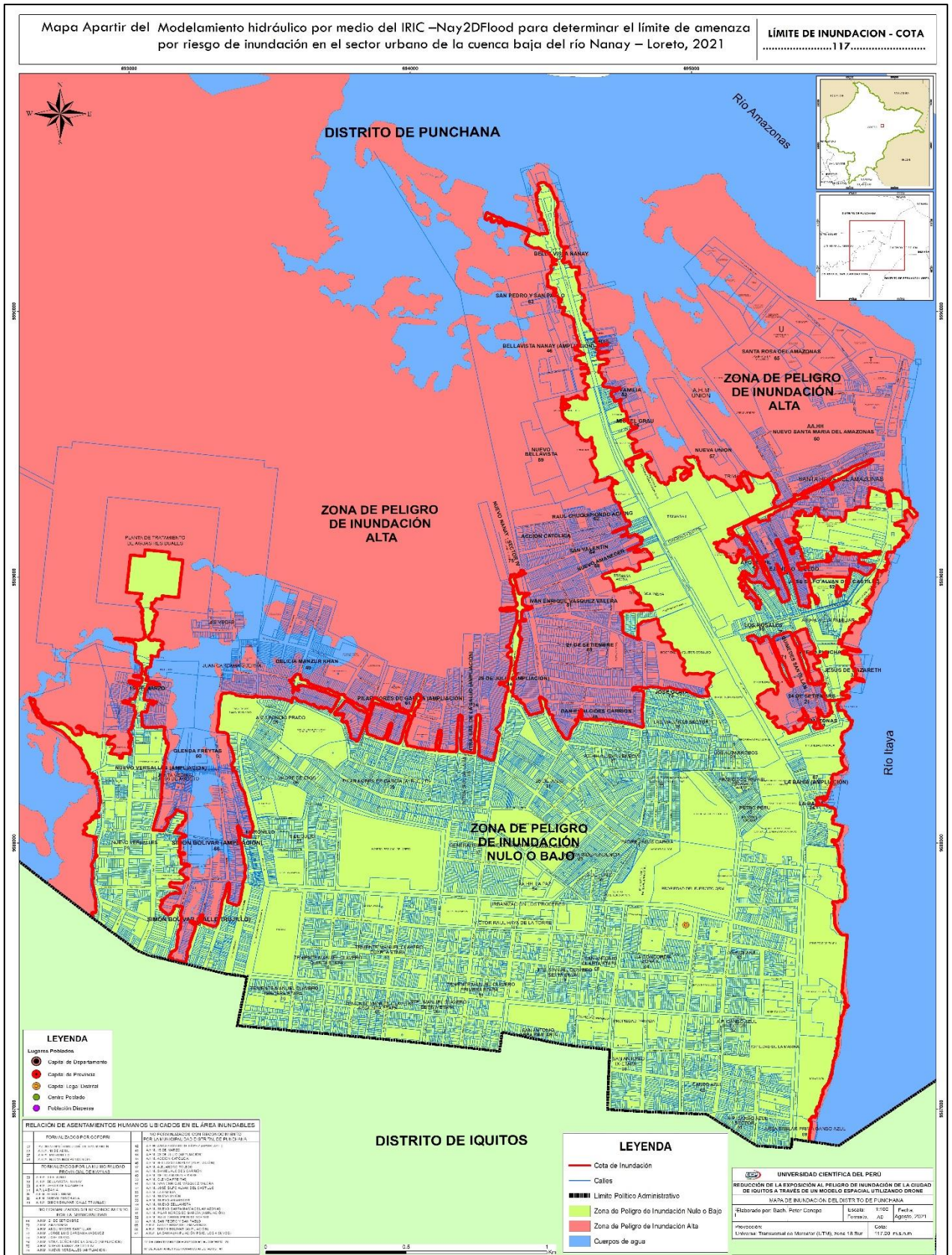


Fuente: Elaboración Propia.



### c) Determinación de la cota para el límite de inundación

**Figura 14.** Seccionamiento de los perfiles transversales en el área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

## **4.2. Discusión**

El modelamiento hidráulico es una técnica que se ha venido aplicando para delimitación de sectores de inundación, determinación de la faja marginal y zonas rivereñas en el país.

Con esta investigación aplicando el modelamiento Hidráulico mediante el Software IRIC Nays2D Flood, se logró determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano bellavista, cuenca baja del río Nanay. Para llegar a efectuar el modelamiento se empleó revisiones bibliográficas como trabajos en campo para el análisis climatológico y geomorfológico, lo mismo que nos permitió mejorar los resultados.

El Software IRIC Nays2D Flood, es considerado relativamente nuevo si lo comparamos con otros modeladores hidráulicos como el HEC- RAS, GEO-RAS o SOBECK, siendo el primero uno de los más utilizados en el mundo de la hidrología. Sin embargo, nosotros en la investigación consideramos el solucionados Nays2D Flood por su característica amigable con todo tipo de sistemas operativos (Windows, Linux y Apple), por otro lado, el algoritmo del solucionador se acopla a las condiciones climatológicas y geomorfológicas propias de los ríos en la amazonia.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusión**

En base al modelamiento hidráulico por medio del IRIC-Nay2DFlood, se concluye lo siguiente:

Se determinó que la cota 117.00 m representa el límite de inundación en la zona de estudio (17km del río). A su vez se consideró dos criterios hidrológicos (creciente-vaciante) y geomorfológico (arcilloso-arenoso)

Se logró presentar mediante un mapa las áreas con mayor potencial de inundación como: Bellavista Nanay, Nuevo Bellavista, Nuevo Santa María y Nueva Unión.

En la delimitación de la zona de inundación sobre la predial de los AA. HH, influye mucho, en primer lugar se ordenaría el territorio, se tendría ordenado la ribera, se evitaría el riesgo de la población frente a la inundación y se priorizaría las inversiones.

Las zonas comprendidas entre las cotas (117.00 a 118.06 m) deben convertirse en zonas intangibles, es decir donde nadie puede vivir.

## **5.2. Recomendaciones**

Tomar en consideración el aporte geográfico y cartográfico de las cuencas de los ríos Nanay en futuras investigaciones que involucren la Caracterización Geomorfológica de cuencas de la región Loreto.

Potenciar y propiciar investigaciones de este tipo en otras cuencas hidrográficas de la región.

A todas las instituciones publicas o privadas, como por ejemplo a INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), para la gestión de los riesgos (inundación, sequias, etc), al GOREL, para que pueda invertir en los sectores críticos de inundación, al ANA (Autoridad Nacional del Agua), para saber la franja marginal, es decir zona intangible, donde nadie puede vivir.



## Referencias Bibliográficas.

1. **Mora , Wilfredy y Ochoa , Rene Gilberto .** *MODELAMIENTO DE ZONAS DE INUNDACIÓN POR MEDIO DE LAS HERRAMIENTAS HEC-RAS, GEO-RAS Y ARCGIS, PARA EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CORRALES- PAZ DE RÍO A LO LARGO DEL. CORRALES-* Boyaca : s.n., 2016.
2. **Sánchez Lozano , Jorge Luis .** *MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA ACOPLADA DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO MAGDALENA.* Magdalena - Colombia : s.n., 2017.
3. **FERNÁNDEZ ESCOBAR, Angie y BUSTAMANTE SCAGLIONI, ERLE.** *CRITERÍOS AMBIENTALES Y SOCIALES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DE LAS QUEBRADAS CUSHURO Y COCHEROS DE LA CIUDAD DE TINGO MARIA.* TINGO MARIA : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA / ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL, 2017.
4. **(CIGAP), CENTRO DE INVESTIGACION GEOGRÁFICA DE LA AMAZONÍA PERUANA.** *Mapas region loreto.* Iquitos, Perú : <http://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iiap/iiap17/iiap>, 2017. Portal web.
5. **Ambiente, Ministerio del y MINAN.** *Contaminantes en los ríos de la amazonia peruana .* Lima : s.n., 2019.
6. **ANA, Autoridad Nacional del Agua .** *Regulacion de las fajas marginales .* Lima, Perú : ANA/MINAM, 2018.
7. *Revista: El Binomio Río-Ciudad y la difícil relacion entre el río Rimac y los centros Urbanos que atraviesa.* **ROCHA FELICES, Arturo .** 1, Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 2010, Vol. Primera parte. ISBN.
8. **ALEMÁN GARCÍA , SILVIA , y otros.** *INFORME DE ESTIMACIÓN DEL RIESGO – QUEBRADA “EL GALLO”.* Piura : Universidad Nacional de Piura , setiembre, 2016.
9. **MINAM, MINISTERÍO DEL AMBIENTE.** *DIAGNOSTICO AMBIENTAL LOCAL – DAL DE LA PROVINCIA DE HUAURA.* peru, HUAURA : Sistema de Informacion Ambiental, 2013.
10. **REPÚBLICA, CONGRESO DE LA.** *Ley que modifica la ley N ° 29338 ley de Recursos Hidricos .* Lima,Perú : EL PERUANO , 2018.
11. **INDECI, INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL.** *Inundación y desastres ocasionados por fenomenos naturales en la faja marginal .* Lima : <https://www.indeci.gob.pe/>, 2018. plataforma virtual.
12. **(Mónica G., y otros, 2012).** *conceptos principales de Geomorfologia de ríos y estudios de modelamiento hidraulico.* Mexico : s.n., 2016.
13. **SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología -.** *Estudios geomorfológicos de la Amazonia.* Iquitos, Perú : DZ8, 2012.
14. **Batalla., J.P. Martín y R.J.** *Incisión, erosión transitoria y formas de fondo en los tramos medio y bajo del río Tordera. .*

## Anexo 1. Matriz de consistencia.

<b>Título:</b> Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano de la cuenca baja del río Nanay – Loreto						
Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos
<p>¿Cómo se efectuará el Modelamiento hidráulico por medio del IRIC – Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano del río Nanay?</p>	<p><b>Objetivo general.</b></p> <p>Realizar el Modelamiento hidráulico por medio del IRIC –Nay2DFlood para determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano bellavista, cuenca baja del río Nanay.</p> <p><b>Objetivos específicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Examinar los criterios hidrológicos y geomorfológicos para el modelamiento hidráulico de la cuenca baja del río Nanay en el sector de Punchana.</li> <li>• Representar mediante un mapa las áreas con mayor potencial de inundación en río Nanay.</li> <li>• Analizar cómo influye la delimitación de las zonas con mayor riesgo de inundación sobre la propiedad predial de los Asentamientos Humanos ubicados en el sector urbano del río Nanay.</li> </ul>	<p>El modelamiento hidráulico por medio del IRIC – Nay2DFlood nos permitirá determinar el límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano del río Nanay</p>	<p><b>Independiente</b> El modelamiento hidráulico por medio del IRIC – Nay2DFlood.</p> <p><b>Dependiente</b> El límite de amenaza por riesgo de inundación en el sector urbano del río Nanay.</p>	<p>-Topografía del terreno.</p> <p>-Batimetría de área de estudio.</p> <p>-Precipitación</p> <p>-Caudal de la zona de estudio.</p> <p>Modelamiento Hidráulico</p> <p>Modelo dimensional 2D</p> <p>Límite de alcance del agua</p> <p>Terreno cubierto por agua (río Nanay)</p> <p>Caudal de la zona de estudio</p>	<p>-Metros (m)</p> <p>-Dimensiones (x, y, z)</p> <p>-Milímetros (mm)</p> <p>- Q (m3/s)</p>	<p>- GPS.</p> <p>-Perfilador ADCP</p> <p>- Mapas</p> <p>- Imágenes Satelitales</p> <p>- Entre Otros Software De Ayuda Como El Google Earth, Googlemaper Y Rivermaker.</p>