

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Identificación de áreas inundables del río Rímac - sector
Lurigancho, tramo km 33+180 a km 36+760, mediante el
software iber**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Jaime Mijail Bautista Urquía
Bach. Rhode Noemí Toscano Salazar

Asesor:

Mg. Reymundo Jaulis Palomino

Lima, julio de 2023

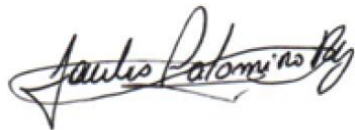
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Yo Reymundo Jaulis Palomino, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES DEL RIO RÍMAC - SECTOR LURIGANCHO, TRAMO KM 33+180 A KM 36+760, MEDIANTE EL SOFTWARE IBER”** de los autores Jaime Mijail Bautista Urquía y Rhode Noemi Toscano Salazar tiene un índice de similitud de 18% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 02 días del mes de Agosto del año 2023



Reymundo Jaulis Palomino

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **24** día(s) del mes de **julio** del año 2023 siendo las **11:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Ing. David Diaz Garamendi**, el secretario: **Ing. Ferrer Canaza Rojas** y los demás miembros: **Mg. Leonel Chahuarez Paucar** y el asesor **Mg. Reymundo Jaulis Palomino** con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Identificación de áreas inundables del río Rímac - sector Lurigancho, tramo km 33+180 a km 36+760, mediante el software IBER"

.....de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **JAIME MIJAIL BAUTISTA URQUIA**.....

.....b) **RHODE NOEMÍ TOSCANO SALAZAR**.....

.....conducente a la obtención del título profesional de:.....

..... **INGENIERO CIVIL**.....

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **JAIME MIJAIL BAUTISTA URQUIA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

Candidato (b): **RHODE NOEMÍ TOSCANO SALAZAR**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	15	B-	BUENO	MUY BUENO

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Ing. David Diaz
Garamendi



Secretario
Ing. Ferrer Canaza
Rojas

Asesor
Mg. Reymundo
Jaulis Palomino

Miembro
Mg. Leonel
Chahuarez Paucar

Miembro

Candidato/a (a)
Jaime Mijail
Bautista Urquia

Candidato/a (b)
Rhode Noemí
Toscano Salazar

INDICE

Introducción
Materiales y métodos
Resultados
Discusión
Conclusiones
Referencias
Anexos

"IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES DEL RÍO RÍMAC - SECTOR LURIGANCHO, TRAMO KM 33+180 A KM 36+760, MEDIANTE EL SOFTWARE IBER"

"IDENTIFICATION OF FLOODING AREAS OF THE RÍMAC RIVER - LURIGANCHO SECTOR, SECTION KM 33+180 TO KM 36+760, THROUGH IBER SOFTWARE"

Resumen

El presente estudio se enmarca en el tramo km 33+180 a km 36+760 del río Rímac en el distrito de Lurigancho, en el cual se llevó a cabo el modelamiento hidráulico con el software Iber; empleando información hidrométrica de la estación Chosica del periodo de 1972-2021, topografía de la zona y el mapa de uso de suelos con sus coeficientes de rugosidad respectivos. Para ello se realizó la modelación hidrológica y modelación hidráulica, y se evaluó periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, obteniendo que para un periodo de retorno de 50 años el área de inundación es de 31,599 m², para 100 años es 33,003 m² y para 500 años es 35,442 m². Concluyendo que la población que está ubicada en el margen derecho del río, es vulnerable a la inundación.

Palabras clave: Iber, área de inundación, periodo de retorno, modelación hidráulica.

Abstract

The present study is part of the section km 33+180 to km 36+760 of the Rímac river in the district of Lurigancho, in which hydraulic modeling was carried out with the Iber software; using hydrometric information from the Chosica station for the period 1972-2021, topography of the area and the land use map with their respective roughness coefficients. For this, hydrological modeling and hydraulic modeling were carried out, and return periods of 50, 100 and 500 years were evaluated, obtaining that for a return period of 50 years the flood area is 31,599 m², for 100 years it is 33,003 m² and for 500 years it is 35,442 m². Concluding that the population that is located on the right bank of the river is vulnerable to flooding.

Keywords: Iber, flood area, return period, hydraulic modeling.

Introducción

Las inundaciones son fenómenos naturales presentes en las cuencas hidrográficas del Perú ocasionados en su mayoría por la ocurrencia de eventos extremos máximos, los cuales a su vez son influenciados por cambios en el uso del suelo, la falta de conservación de la cuenca y la ocurrencia de eventos extremos (Hurtado Mena, 2017), dando como resultado problemas económicos y sociales, afectando principalmente a la población de extrema pobreza, que se ven obligados a establecer sus viviendas en áreas expuestas al peligro de inundaciones, que implica a un nivel de riesgo alto (Hernández Regalado, 2018).

En nuestro ámbito local, dentro de la cuenca denominada río Rímac se encuentra múltiples actividades económicas debido a la alta población. En el año 2017, se registraron intensas lluvias, que ocasionaron inundaciones, huaycos y deslizamientos, y a causa de estos eventos hubo pérdidas humanas, y la salud de miles de personas se vieron afectadas, y en cuanto a lo material las pérdidas fueron incontables (Chalco Collantes & Cullanco Canchaya, 2020).

En la zona del Río Rímac Puente Ñaña – Puente Carapongo del distrito de Lurigancho – Chosica, existen varios asentamientos humanos que fueron afectados por huaycos, inundaciones, desbordamiento del río, debido al el fenómeno de “El Niño Costero 2017”, que fue catalogado como “extremadamente lluvioso (Flores Moreno, 2019); afectando, principalmente a la población que ubica sus casas cerca a quebradas aparentemente secas, laderas inestables, rellenos sanitarios, dunas o mantos de arena y otros lugares vulnerables (Villacorta Chambi, y otros, 2015), o dentro de la faja marginal del río y esto se debe a:

- Carecen de información acerca del peligro que conlleva estos fenómenos

- Inexistencia de estructuras como diques de encauzamiento e ineficiente manejo de este tipo de proyectos en el gobierno local.

En base a lo antes mencionado, nos planteamos la siguiente pregunta, ¿Cuáles son las áreas de mayor probabilidad de inundación frente a fenómenos pluviométricos de gran caudal en el río Rímac, en el distrito de Lurigancho (tramo km 33+180 a km 36+760)?

El estudio, pretende identificar las zonas de mayor probabilidad de inundación en el distrito de Lurigancho tramo km 33+180 a km 36+760 del río Rímac, mediante modelos matemáticos, por caudales de avenidas para diferentes periodos de retorno; siendo este uno de los factores primordiales para la toma de decisiones y medidas de prevención, para hacer frente a los riesgos que se puedan producir en un futuro.

Materiales y métodos

Modelo Numérico

Se utilizó el modelo hidráulico bidimensional Iber, desarrollado conjuntamente por el grupo de ingeniería del agua y del medio ambiente, GEAMA (Universidad de la Coruña), el instituto Flumen (Universidad Politécnica de Cataluña y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería), el grupo de ingeniería matemática (Universidad de Santiago de Compostela) y respaldado por el Centro de estudios hidrográficos (CEDEX) (Bladé, y otros, 2014).

El modelo hidrodinámico transforma la realidad física en una formulación matemática basada en las ecuaciones de Saint-Venan o ecuaciones de aguas someras "Shallow Water Equation" (SWE), expresadas de forma

conservativa en las direcciones longitudinal (x) y transversal (y) (Bladé, y otros, 2014) (Mignot, Paquier, & Haider, 2016).

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial F_1}{\partial x} + \frac{\partial F_2}{\partial y} = G_1 + G_2$$

$$W = \begin{pmatrix} h \\ hu_1 \\ hu_2 \end{pmatrix}, F_1 = \begin{pmatrix} hu_1 \\ hu_1^2 + \frac{gh^2}{2} \\ hu_1u_2 \end{pmatrix}, F_2 = \begin{pmatrix} hu_2 \\ hu_1u_2 \\ hu_2^2 + \frac{gh^2}{2} \end{pmatrix}, G_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} \\ -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} \end{pmatrix}, G_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{\tau_{b,x}}{\rho} \\ -\frac{\tau_{b,y}}{\rho} \end{pmatrix}$$

Donde "x" e "y" son las coordenadas cartesianas en el plano horizontal y t es el tiempo. El calado del agua es "h". "u₁" y "u₂" son las velocidades en las direcciones "x" e "y" respectivamente. La aceleración de la gravedad es "g". "W" es el vector de las variables conservativas, "F₁" y "F₂" son los vectores del flujo en las direcciones "x" e "y" respectivamente. "G₁" es el vector que representa la pendiente del fondo y "G₂" el que incluye la pendiente de fricción (González Aguirre, Vázquez Cendón, & Alavez Ramírez, 2016).

Modelo de Geometría

Este estudio se enmarca en el tramo del sector Lurigancho (km 33+180 hasta el km 36+760 del río Rímac).

Los márgenes del río están constituidos generalmente por material propio de río, así como, flora propia de la zona, arena gruesa y bolonería del lecho fluvial. El material del embalse es inestable y consiste en rocas, material suelto y desmonte que no son seguros para el público cuando el nivel del río está en su nivel máximo. En el margen derecho se ubica la localidad de Carapongo y en el otro margen se ubica la localidad de Gloria Grande y Pariachi, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1 Vista del margen derecho (a) y margen izquierdo del río Rímac (b), y ubicación geográfica de la zona de estudio Lurigancho, Lima-Perú (c).

Para el presente estudio se requirió de un levantamiento topográfico para obtener las curvas de nivel del río y sus alrededores, considerando hasta una distancia máxima de 50 m de los márgenes del río.

Se utilizó el programa SAS Planet para la obtención de imágenes espaciales del área de estudio, del cual se descargó una imagen satelital de Google con una resolución espacial de 0.15 m/píxel.

Por otro lado, para el análisis de caudales, se utilizó los datos hidrométricos de la estación hidrométrica de Chosica. Estos datos consisten en caudales promedios diarios (promedio de 3 o 4 lecturas diarias) para el periodo de 1972-2021 (Figura 2), de por lo menos de 20 años (Pérez, Escobar, & Fragozo, 2018). Para la obtención de caudales máximos instantáneos de una cuenca menor a 3500 km², se utilizó las relaciones matemáticas desarrolladas por Tucci (Goldenfum, y otros, 1991).

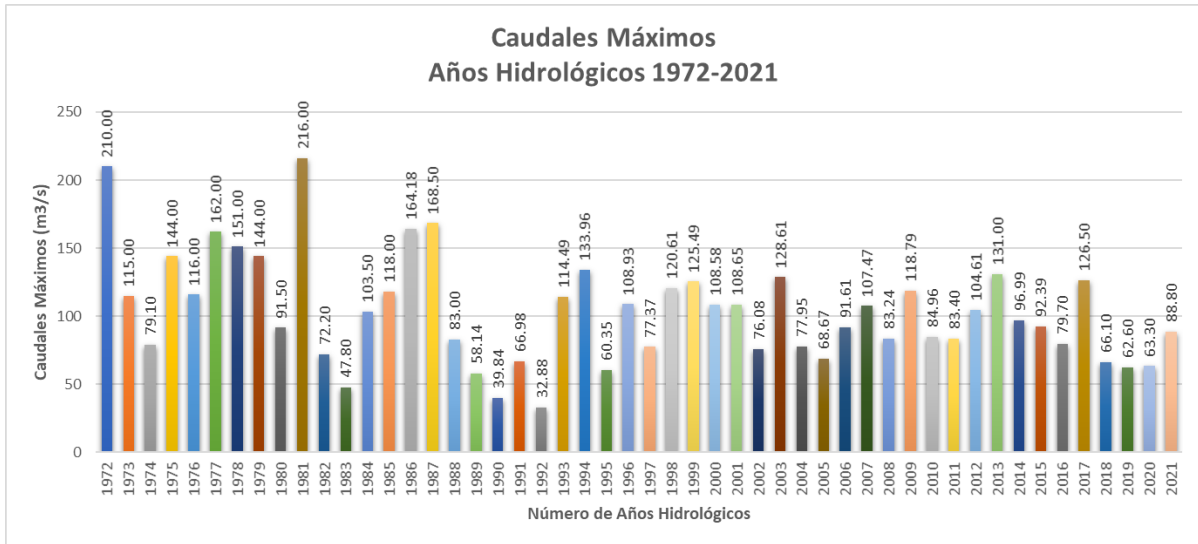


Figura 2 Caudales máximos durante los años hidrológicos 1972-2021. Estación hidrométrica Chosica.

En la figura 3, se detalla el proceso para la recopilación de información, modelación hidrológica y modelación hidráulica.

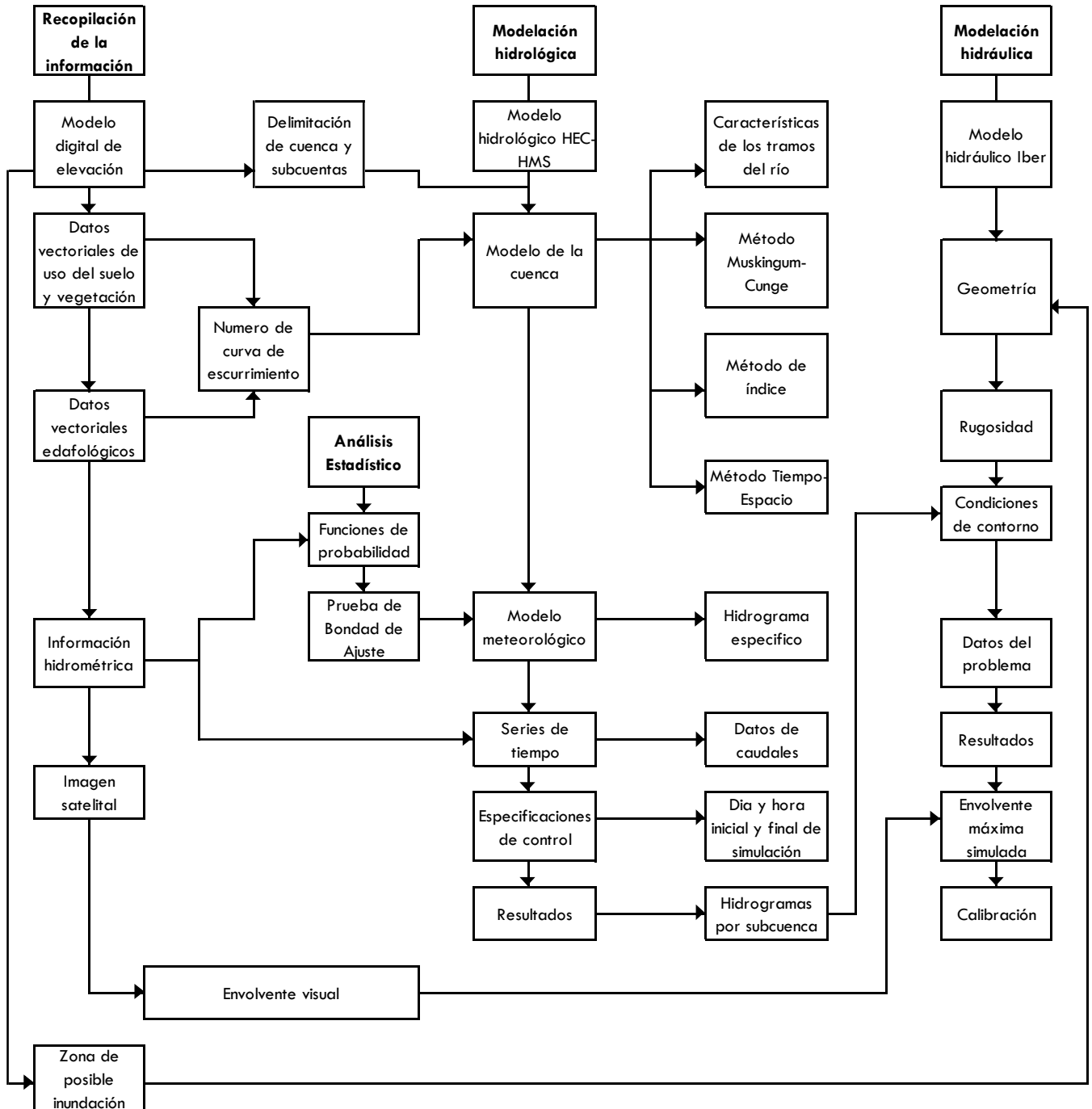


Figura 3 Diagrama general de la investigación

Para el análisis de máximas avenidas, se empleó el análisis estadístico con el uso de las funciones de distribución de probabilidades (Aguilera Navarro, 2007), tales como la distribución normal, log normal 2 parámetros, log normal 3 parámetros, gamma 2 parámetros, gamma 3 parámetros, log pearson tipo iii, gumbel y log gumbel. Para ello se utilizó el software Hidroesta para el análisis y procesamiento estadístico de los datos hidrológicos.

Además, se realizó la prueba de bondad de ajuste de distribución por el método de prueba de Kolmogorov - Smirnov considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (Aparicio Mijares, 1992). El estudio evaluó 3 periodos de retorno: 50, 100 y 500 años.

Por otro lado, para la obtención de las características morfológicas, se delimitó la cuenca en el software QGis (Figura 4).

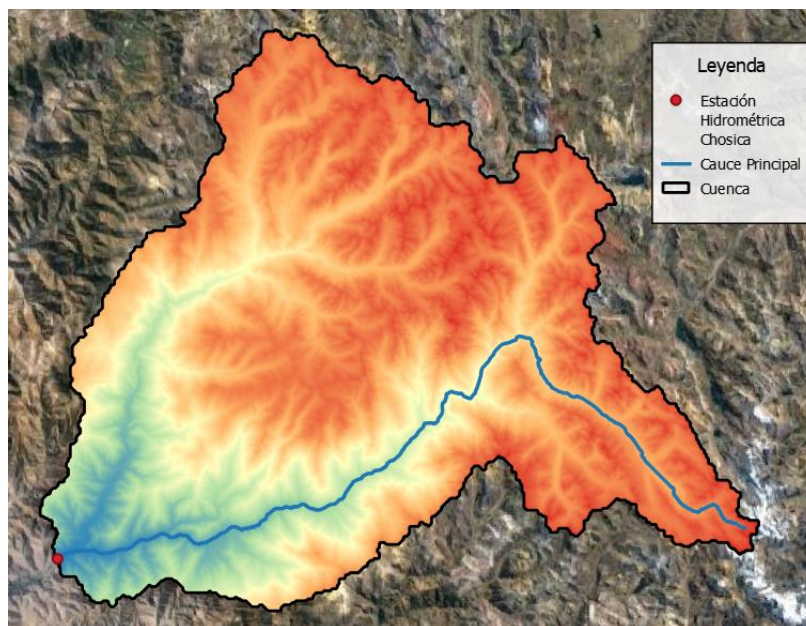


Figura 4 Delimitación de la cuenca

Para la elaboración del hidrograma de máxima avenida que represente el comportamiento del caudal del río en el área de estudio, se utilizaron los valores de los hidrogramas de máximas crecidas de las subcuencas del río Rímac según el método del Hidrograma Unitario Sintético del "Soil Conservation Service" (S.C.S). Esta información, se extrajo del «Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac» (Pagador Moya, Avalos Sanguinetti , & Santa Cruz , 2010), siendo esta la última información de los recursos hídricos como

las características geomorfológicas de la cuenca, hidrometría y generación de caudales máximos. Siendo las subcuencas del alto río Rímac, del río Blanco, de la Quebrada Párac y del río Santa Eulalia, cuyas aguas desembocan en la zona de interés.

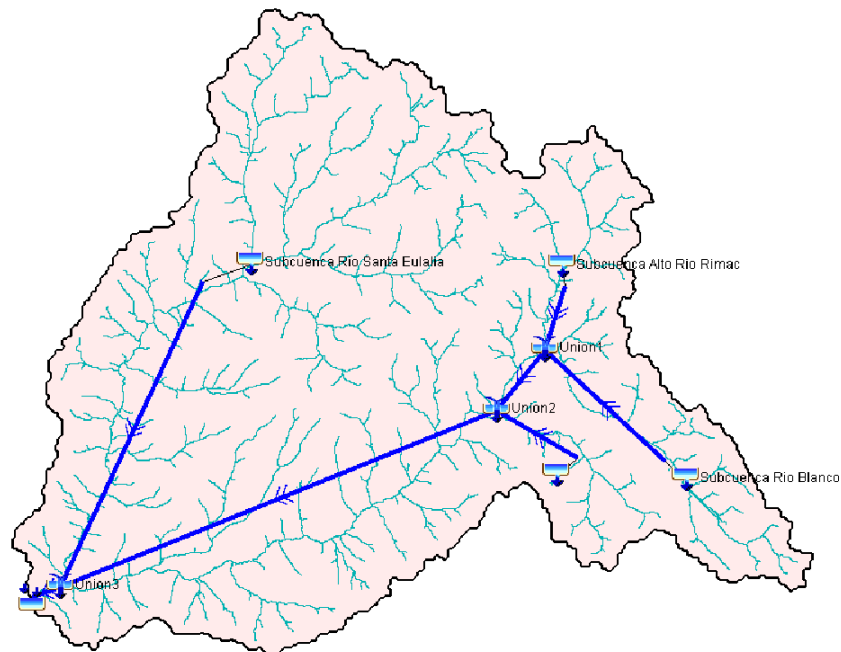


Figura 5 Elementos hidrológicos del modelo de la cuenca del río Rímac en HEC-HMS.

El hidrograma de diseño fue modelado en el software HEC-HMS del U.S. Army Corp of Engineers (Marín Muñoz & Barros Martínez, 2016), con el método de Muskingum-Cunge para el tránsito de máximas avenidas de las subcuencas hasta donde se ubica la estación hidrométrica de Chosica (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016). Una vez ingresado todos los elementos hidrológicos, se ingresa sus parámetros hidráulicos, considerando la sección del río un trapecoide. Para el procesamiento de la modelación, se usó un intervalo de tiempo de 37 horas, el máximo tiempo de escorrentía de los hidrogramas unitarios sintéticos de las subcuencas, para un intervalo de tiempo de resultados por cada hora. Luego, este hidrograma obtenido, se le adapta por cada periodo de retorno evaluado.

Para la calibración del modelo hidráulico, se localizó un punto de evaluación, en la cual se realizó la medición de altura de agua para compararlo con el resultado de calado obtenido del post-proceso de Iber.

Se simuló la última máxima avenida ocurrida en marzo del 2017, la cual tuvo un caudal máximo de 113.03 m³/s.

Asimismo, se calibró variando el coeficiente de rugosidad del cauce del río, que debe realizarse con mucho criterio reflejando la influencia de materiales de las paredes, el lecho, obstrucciones y la vegetación en el cauce (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016).

Los demás valores de coeficientes de rugosidad fueron obtenidos de los coeficientes de manning, del método de cowan (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016), y del estudio realizado por Hurtado (Hurtado Mena, 2017). En el QGis, se elaboró el shapefile de usos de suelos para asignarlo automáticamente al Iber.

Se generó el modelo digital del terreno georreferenciado, en el software QGis, a partir de las curvas de nivel levantadas en campo, exportándolo en formato ASCII.

En el software Iber, se importó el modelo digital del terreno georreferenciado (elaborado en el software QGis), mapa de uso de suelo colapsado y la ortofoto georreferenciada. Finalmente, se asignó las condiciones de contorno de entrada ingresando los hidrogramas bajo un régimen de flujo subcrítico/crítico, y para la condición de salida bajo un régimen supercrítico/crítico (Blanco Marigorta & Espina Valdés, 2018).

En el programa Iber, se generó una malla no estructurada (González Aguirre, Vázquez Cendón, & Alavez Ramírez, 2016) para el cauce y ribera de río de tamaño de 3 m, y para el resto de superficie de 6 m. A la malla se le asignó datos de elevación del MDT obtenido. Además, se configuró el número de Courant-Friedrichs-Levy para lograr un esquema numérico estable (CFL=0.45) y un límite seco-mojado (0.01 m) (González Aguirre, Vázquez Cendón, & Alavez Ramírez, 2016).

Resultados

Se realizó la conversión de caudales promedios diarios a instantáneos del periodo 1972 – 2021 de la Estación Hidrométrica Chosica (Figura 6).

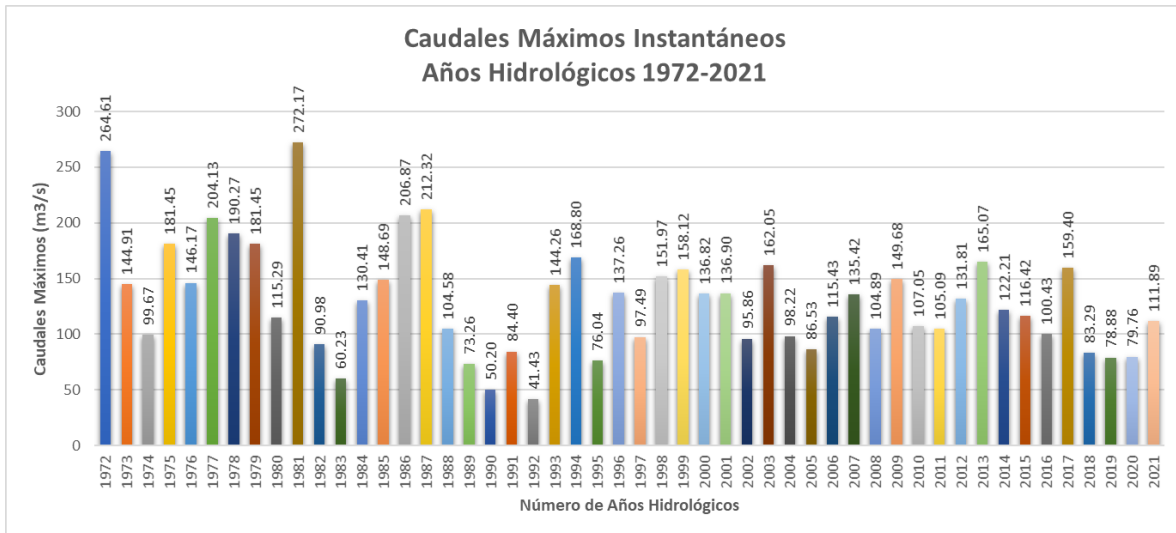


Figura 6 Caudales máximos instantáneos durante los años hidrológicos 1972-2021. Estación hidrométrica Chosica

Modelo estadístico

Del Hidroesta, se obtuvo los 8 modelos de distribución evaluados con los datos de caudales máximos instantáneos mencionados anteriormente (Ver Figura 7).

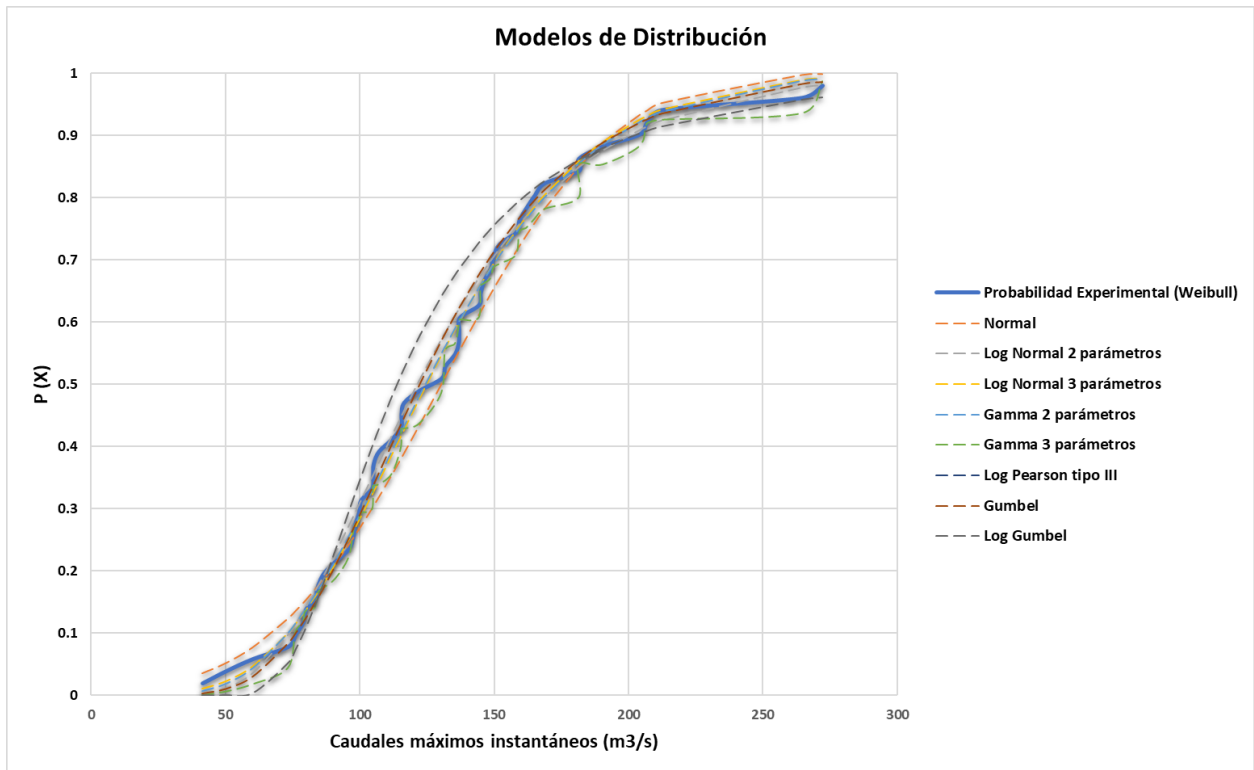


Figura 7 Funciones de Distribución

Demostrando que los datos de caudales máximos instantáneos se ajustan mejor a la distribución Gamma 2 parámetros, por presentar un delta teórico 0.0423 con menor error estándar que las otras distribuciones (Ver Tabla 1).

Tabla 1 Resumen de prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

Distribución Probabilística	Delta Teórico	Delta Tabular	Ajuste a Distribución ($\alpha=0.05$)
Normal	0.0822	0.1923	Si se ajusta
Log Normal 2 parámetros	0.0627	0.1923	Si se ajusta
Log Normal 3 parámetros	0.049	0.1923	Si se ajusta
Gamma 2 parámetros	0.0423	0.1923	Si se ajusta
Gamma 3 parámetros	0.04406	0.1923	Si se ajusta
Log Pearson tipo III	-	0.1923	No se ajusta
Gumbel	0.0618	0.1923	Si se ajusta
Log Gumbel	0.1316	0.1923	Si se ajusta

Con los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, y la Distribución Gamma 2 parámetros se obtuvo el caudal máximo de 248.44 m³/s, 269.13 m³/s y 313.84 m³/s, respectivamente.

Modelamiento hidrológico

Empleando el software QGis, se halló el área de la zona de estudio de 2,323.25 km², la longitud del cauce principal de 101.382 km y su pendiente media de 4.11%.

Además, se obtuvo el Hidrograma Unitario de cada periodo de retorno evaluado (Figura 8).

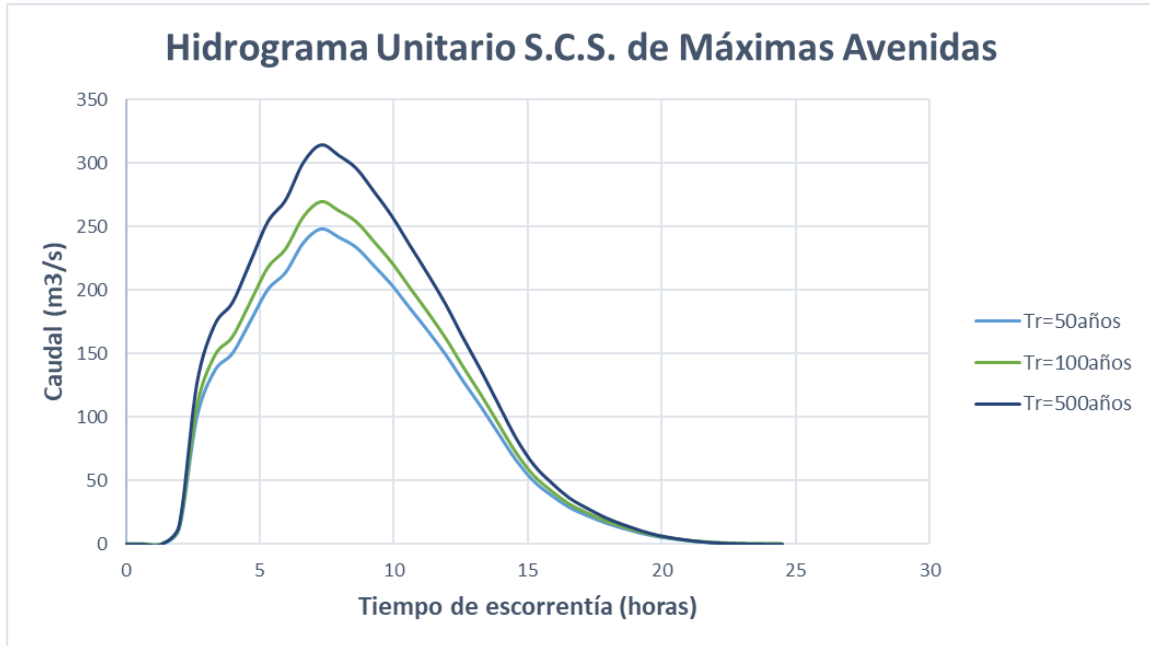


Figura 8 Hidrograma unitario de la cuenca del Rímac, Tr =50, 100, 500 años.

Cabe señalar que el río Rímac tiene un caudal que siempre está circulando durante las épocas de avenidas o estiaje, por lo que debemos considerar un caudal base en el hidrograma, lo que nos permite modelar el caudal regular del río afectado por el aumento de la escurrentía debido a inundación extraordinaria. Este caudal base es de $26.73 \text{ m}^3/\text{s}$, promedio anual del periodo de estiaje (mayo a noviembre) (Figura 9).

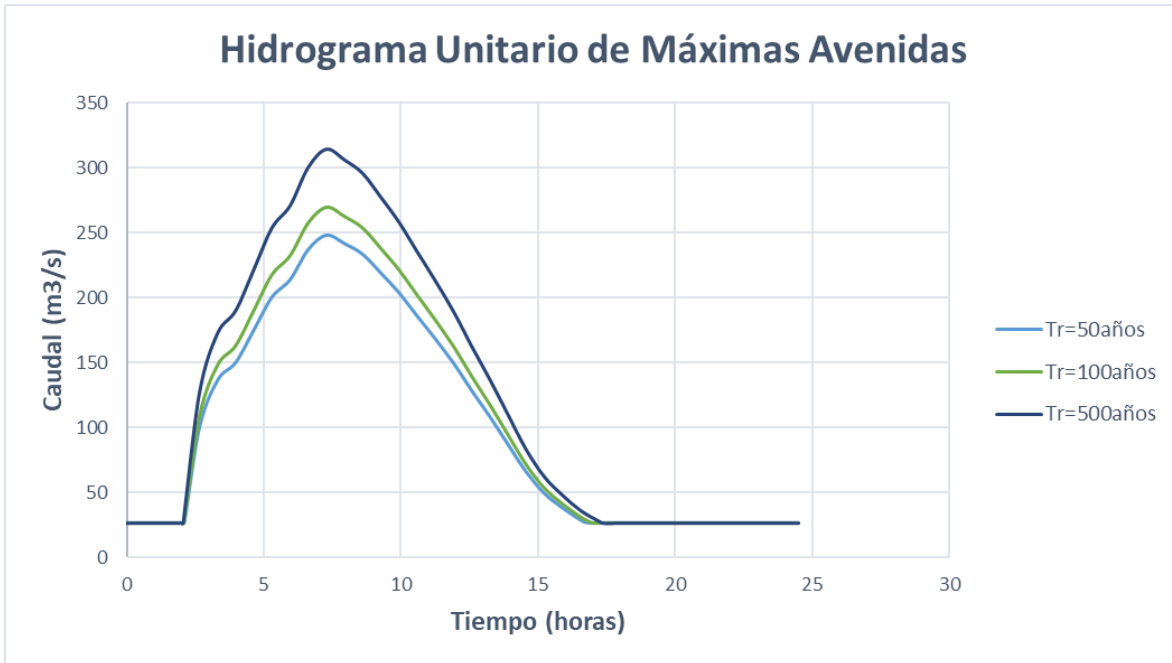


Figura 9 Hidrograma de diseño de la cuenca del Rímac, Tr =50, 100, 500 años.

Modelamiento hidráulico

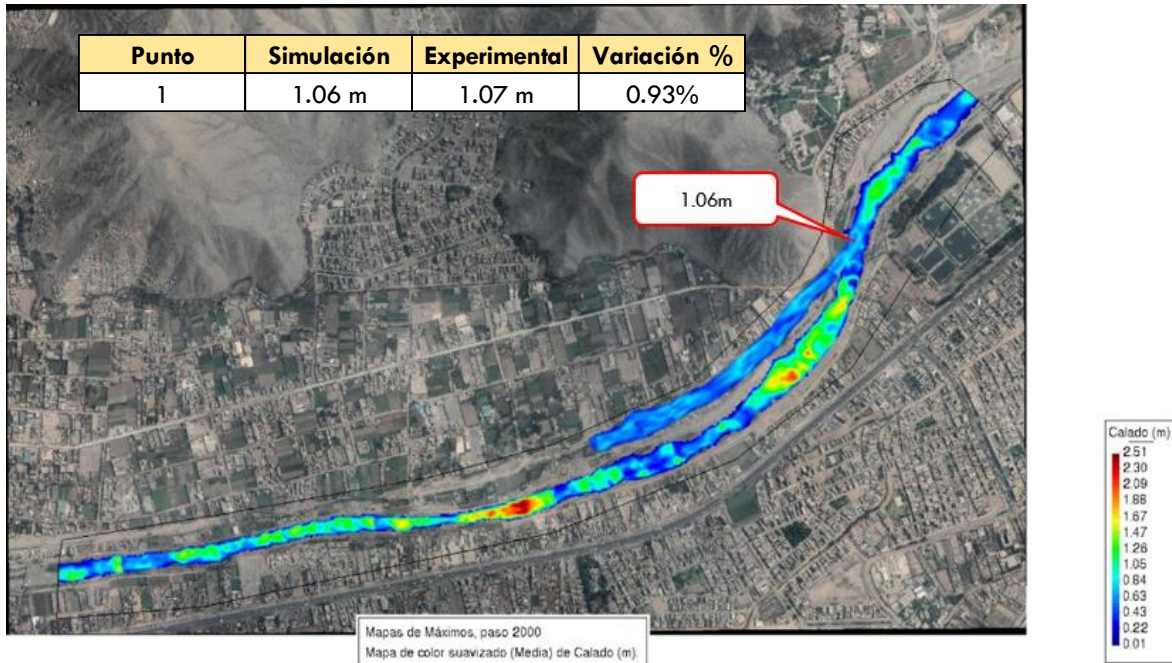


Figura 10 Simulación para la calibración

Al calibrar con el coeficiente de 0.0247 para el cauce de río, en la Figura 10 se obtiene variaciones menores al 1% del valor de tirante máximo modelado con el medido en campo (Hurtado Mena, 2017).

Además, se determinaron las rugosidades para cada tipo de suelo, la obtenidos de la calibración y de los demás estudios mencionados en la metodología (Figura 11).

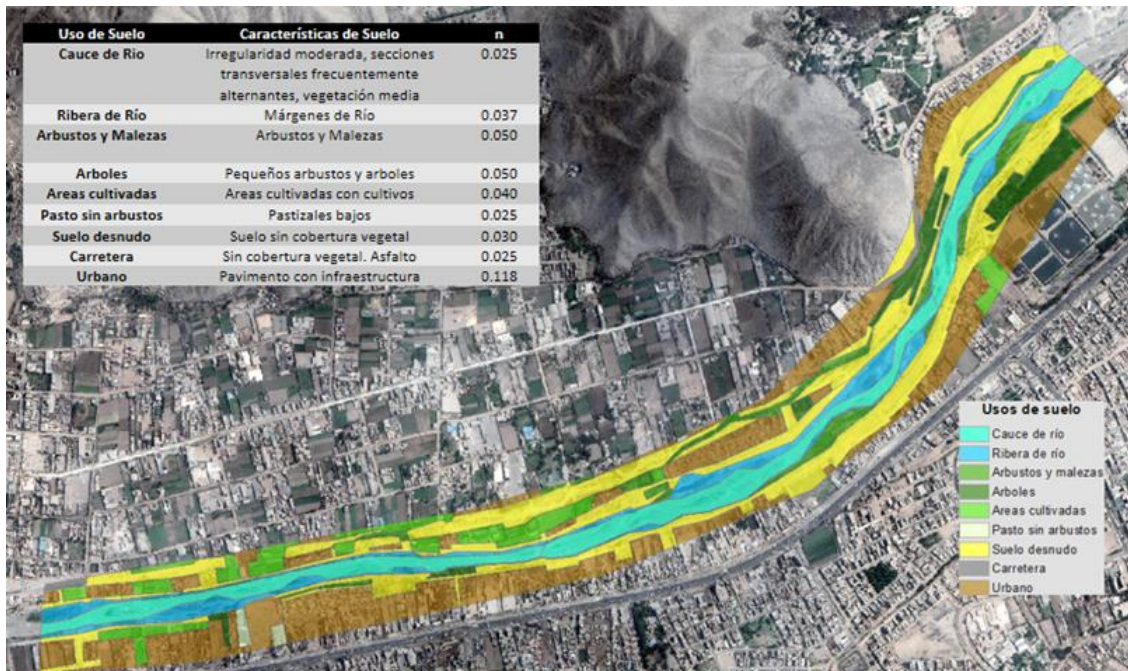


Figura 11 Mapa de uso de suelos.

Se realizaron simulaciones para 3 periodos de retorno (T_r) de 50, 100 y 500 años, obteniendo los mapas de calado y mapas de velocidad de agua alcanzados en la simulación a caudal máximo, para cada periodo de retorno.

Ante un posible evento de inundación, se obtuvo con un periodo de retorno de 50, 100 y 500 años, la profundidad del agua puede llegar a 3.47, 3.58, 3.80 metros, respectivamente, conteniendo el flujo del río en su cauce, pero habiendo pequeñas zonas, especialmente en la orilla derecha que se ve particularmente afectada. También velocidades máximas de 9.01, 9.15, 9.39 m/s, respectivamente (Figura 12).

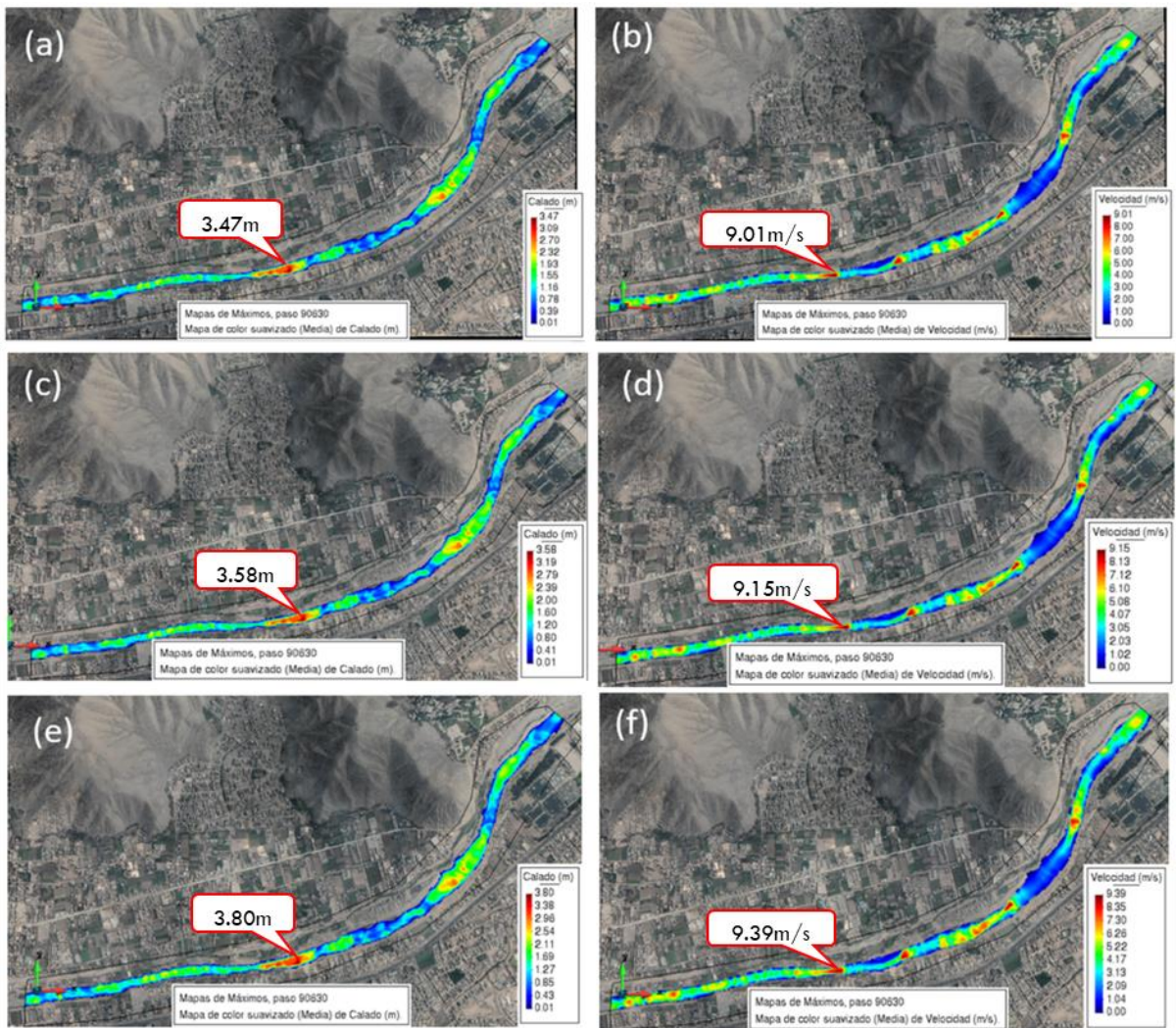


Figura 12 Mapas de calado de agua alcanzada del $Tr = 50$ (a), 100 (c), 500 (e) años; y Mapas de velocidad de agua del $Tr = 50$ (b), 100 (d), 500 (f) años alcanzada en la simulación con caudal máximo

En la Figura 13, se observa las zonas inundadas en los distintos periodos de retorno, siendo la extensión máxima de 35,442 m² que fue alcanzado para un evento extraordinario de 500 años, por los demás, para un evento de 50 años el área es de 31,599 m² y de 100 años es 33,003 m². El comportamiento del caudal en el canal durante la simulación mostró un comportamiento regular ya que las áreas de inundación fueron casi similares durante los 3 periodos de retorno, con la particularidad del volumen, ya que este es directamente proporcional al caudal, variando la profundidad en dichas áreas.

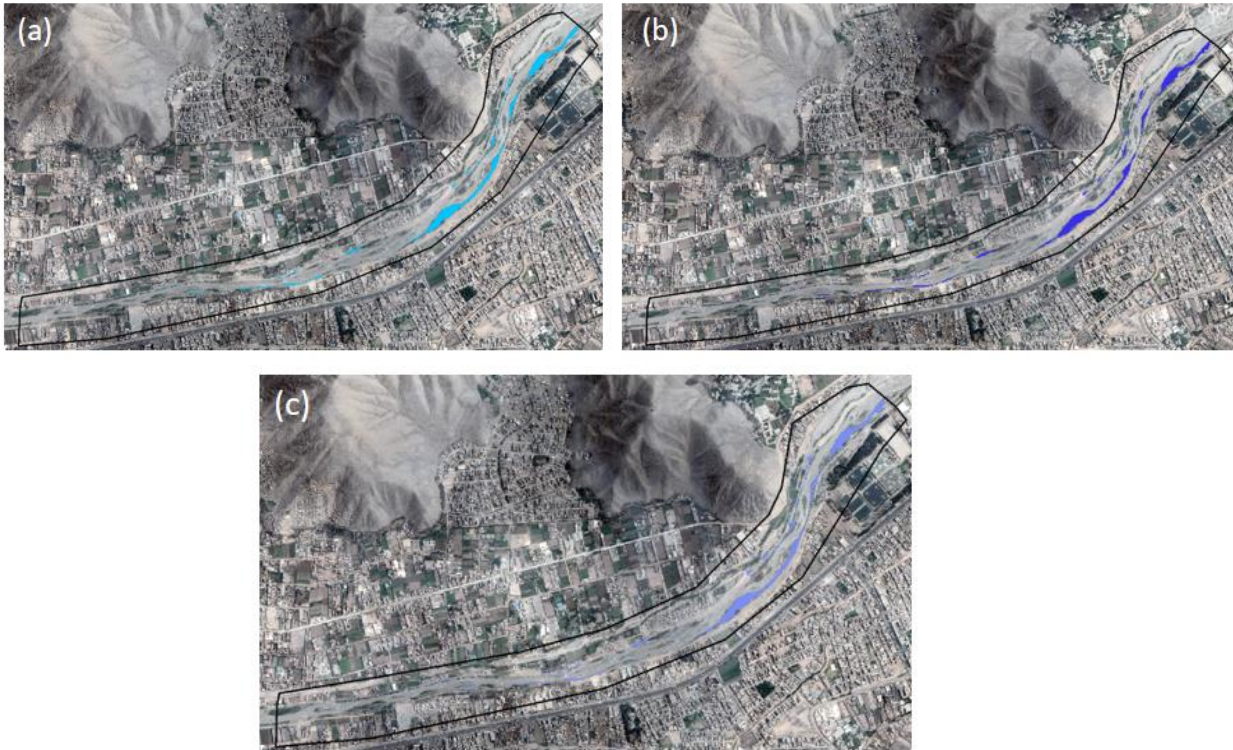


Figura 13 Mapas de inundación con $Tr = 50$ (a), 100 (b) y 500 (c) años.

Desde el inicio del recorrido del caudal no se presentan desbordes en el margen derecho, incluyendo que hay un meandro, debido a la elevación que poseen los bordes del cauce del río y a la presencia de una defensa ribereña con gaviones y muro de contención. Pero en el margen izquierdo si hay desborde, pero afectando sólo arbustos y malezas y suelo desnudo.

En los tramos km 33+880 hasta km 33+930 y km 34+310 hasta km 34+520, hay poca presencia de agua fuera de la ribera del cauce. En la evaluación de 500 años, el caudal si llega a rozar el área urbana en el margen derecho del tramo dicho anteriormente (Figura 12 c).

Discusión

La información base para obtener de caudales se usó mediante información hidrométrica, pero también se puede usar datos de precipitaciones, información meteorológica, como lo usó (Marín Muñoz & Barros Martínez, 2016) y (Rodríguez-Corzo, 2018).

Para la información hidrométrica se utilizó datos de caudales de 50 años. En cambio, (Martínez-Cantó, Martínez, & Hidalgo, 2017) recogió datos de aforos de 30 años (1985-2015) y (Fuentes Fontecha, 2019) recogió de 32 años (1984-2016) de las estaciones de aforo cercanas a su área de estudio.

Para la conversión del MDT en formato ASCII se usó el software QGIS, que es un programa de acceso libre. Pero hay otros programas que se pueda realizar esta conversión como lo usó (Blanco Marigorta & Espina Valdés, 2018) con el ArcGIS. También se pueda usar el MDT en el formato Tiff, como lo sugiere (Marín Muñoz & Barros Martínez, 2016).

Para el enmallado del MDT, se escogió un mallado no estructurado, así como lo hizo (Blanco Marigorta & Espina Valdés, 2018) y (Martins, Gomes, & Pinto Santos, 2018).

La simulación hidráulica se hizo mediante el software Iber, pero también se puede realizarlo mediante el software Hec-ras, como (Lluén Chero, 2015) y (Fernández de Córdova Webster, León Méndez, & Rodríguez López, 2020) lo hicieron.

Conclusiones

Primeramente, se afirma que la modelización numérica del flujo en ríos mediante el software Iber es una herramienta fundamental para la evaluación de las áreas de inundación del tramo evaluado.

Se evaluó posibles eventos de inundación, con un periodo de retorno de 50, 100 y 500 años, obteniendo que la profundidad del agua puede llegar

a 3.47, 3.58, 3.80 metros, respectivamente, conteniendo el flujo del río en su cauce, y velocidades máximas de 9.01, 9.15, 9.39 m/s, respectivamente.

Los hidrogramas de crecida muestran un aumento significativo en el caudal en cada período de retorno, pero la media de la profundidad máxima de caudal derivada de la simulación mantuvo una diferencia de no más de 17 cm en cada simulación.

De la simulación se obtuvo que, para un periodo de retorno de 50 años el área afectada es de 31,599 m², para 100 años es 33,003 m² y para 500 años es 35,442 m².

Siendo que, el comportamiento del flujo y la crecida del caudal muestran el mismo patrón en cada una de las simulaciones. En las zonas donde se registra una gran cantidad de caudal de agua, se produce un cambio brusco de relieve debido a la reducción de la pendiente. La geomorfología y profundidad del cauce del río es una de sus ventajas, por lo que, a pesar del aumento de su caudal, no se observan indicios de un gran número de crecidas a lo largo de su trayecto.

El margen izquierdo del río tiene mayor área de inundación. Por otro lado, el área inundada en el margen derecho del río, afecta la zona urbana, donde la población vive y hace sus actividades diarias. Esto significa que, en caso de ocurrir una avenida extraordinaria aun mayor al evaluado, afectaría a la población y sus cultivos; pero por nuestra parte, la evaluación no los afecta, pero si se debe tomar precauciones. En el mapa de inundación calculado con Iber se puede observar que las zonas con más alto riesgo para la población son los tramos km 33+880 hasta km 33+930 y km 34+310 hasta km 34+520 en el margen derecho.

Finalmente, se plantean cuatro propuestas de mitigación, las cuales constituyen limpieza y mantenimiento del cauce, estabilización de taludes, educación ambiental y prevención de desastres.

Referencias

Aguilera Navarro, M. A. (2007). *Estimación De Funciones De Distribución De Probabilidad, Para Caudales Máximos, En La. Talca - Chile.*

- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos De Hidrología De Superficie*. Mexico: Limusa S.A. De C.V. Grupo Noriega Editores .
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., . . . Coll, A. (2014). Iber: Herramienta De Simulación Numérica Del Flujo En Ríos. *Revista Internacional De Metodos Numericos Para Calculo Y Diseno En Ingenieria*, 30, 1-10. Doi:10.1016/J.Rimni.2012.07.004
- Blanco Marigorta, E., & Espina Valdés, R. (2018). Aplicación Del Modelo De Simulación Iber Para Determinar El Potencial Energético De Ríos Y Estuarios: Caso Ría De Avilés. *Máster Universitario En Ingeniería Energética*. Obtenido De [Http://Hdl.Handle.Net/10651/47887](http://hdl.handle.net/10651/47887)
- Chalco Collantes, J. A., & Cullanco Canchaya, M. C. (2020). Determinación De Zonas Vulnerables A Inundaciones En Eltramo Puente Huachipala Atarjea Del Río Rímac, Distrito Lurigancho-Chosica Para La Mitigación De Desastres. 235.
- Estrada Sifontes, V., & Pacheco Moya, R. M. (Ene-Abr De 2012). Modelación Hidrológica Con Hec-Hms En Cuencas Montañosas De La Región Oriental De Cuba. *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, 33(1), 94-105.
- Fernández De Córdova Webster, C. J., León Méndez, A. J., & Rodríguez López, Y. (Ene-Abr De 2020). Influencia Del Coeficiente De Rugosidad De Manning En Las Áreas De Inundación Del Río Yanuncay En Cuenca. *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, 41(1), 115-126.
- Flores Moreno, J. C. (2019). *Informe De Evaluacion De Riesgo Por Inundacion Fluvial En El Sector Lurigancho Rio, Distrito De Lirigancho, Provincia De Lima, Departamento De Lima*. Informe De Evaluacion De Riesgo , Lima.
- Fuentes Fontecha, L. C. (2019). Estudio De Crecientes Y Cálculo De Niveles Máximos En La Quebrada Casirba En El Cruce Sobre La Vía La Cabuya-Sácama En El Departamento Del Casanare. 9. Obtenido De [Https://Repository.Ucatolica.Edu.Co/Entities/Publication/78d0e866-Bc07-4548-87b0-Eae29b5ee729](https://Repository.Ucatolica.Edu.Co/Entities/Publication/78d0e866-Bc07-4548-87b0-Eae29b5ee729)

- Goldenfum, J. A., Bertoni, J. C., Lovatel, R., Troviscal, A. P., Lves, C. A., Krebs, C. M., . . . Froes, F. (1991). *Regionalização De Vazões Do Rio Grande Do Sul*. Obtenido De [Http://Hdl.Handle.Net/10183/192875](http://hdl.handle.net/10183/192875)
- González Aguirre, J. C., Vázquez Cendón, M. E., & Alavez Ramírez, J. (2016). Simulación Numérica De Inundaciones En Villahermosa México Usando El Código Iber. *Ingeniería Del Agua*, 20(4).
- Hernández Regalado, J. F. (2018). Zonificación De Áreas Inundables De La Localidad De Santa Bárbara Ocasionado Por Avenidas Extraordinarias De La Quebrada Sambarbamba – Baños Del Inca. Cajamarca, Perú.
- Hurtado Mena, E. P. (2017). "Modelamiento Hidráulico Bidimensional Del Rio Rímac En El Sector Huachipa, Tramo Km. 27+450 Al Km. 28+525.". Lima, Perú.
- Lluén Chero, W. E. (2015). Aplicación De La Nueva Herramienta Hec-Ras 5.0 Para Cálculos Bidimensionales Del Flujo De Agua En Ríos. 10. Obtenido De [Https://Upcommons.Upc.Edu/Handle/2117/80221](https://upcommons.upc.edu/handle/2117/80221)
- Marín Muñoz, A. F., & Barros Martínez, J. F. (2016). Medellin-Aburrá River Streamflow And Flood Analysis Model For Its Stream Restoration Proposal. *Retrieved Eia*, 13, 16. Doi:[Https://Doi.Org/10.24050/Reia.V13i26.165](https://doi.org/10.24050/Reia.V13i26.165)
- Martínez-Cantó, R., Martínez, A., & Hidalgo , A. (2017). *Congreso De Métodos Numéricos En Ingeniería*, 3-5.
- Martins, M., Gomes, A., & Pinto Santos, P. (2018). Hydraulic Modeling For The Assessment Of Flood Hazard Using The Iber Software In The Amarante Urban Center. *Foss4g-Osgeo*, 18, 9. Doi:[Https://Doi.Org/10.7275/Xzfg-Pc52](https://doi.org/10.7275/Xzfg-Pc52)
- Mignot, E., Paquier, A., & Haider, S. (2016). Modeling Floods In A Dense Urban Area Using 2d Shallow Water Equations. *Journal Of Hydrology*, 32, 186-199. Doi:10.1016/J.Jhydrol.2005.11.026
- Ministerio De Transporte Y Comunicaciones. (2016). *Manual De Hidrología, Hidráulica Y Drenaje*. Obtenido De [Http://Www.Irhperu.Com/Manuales/Manual-De-Hidrologia-Hidraulica-Y-Drenaje](http://www.irhperu.com/manuales/manual-de-hidrologia-hidraulica-y-drenaje)

- Pagador Moya, C. J., Avalos Sanguinetti , O., & Santa Cruz , E. M. (2010). *Evaluación De Los Recursos Hídricos En La Cuenca Del Río Rímac*. Lima.
- Pérez, J. I., Escobar , J. R., & Fragozo, J. M. (2018). Modelación Hidráulica 2d De Inundaciones En Regiones Con Escasez De Datos. El Caso Del Delta Del Río Ranchería, Riohacha-Colombia. *Información Tecnológica*, 29(4), 143-156. Doi:[Http://Dx.Doi.Org/10.4067/S0718-07642018000400143](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400143)
- Rodríguez-Corzo, S. F. (2018). Simulación Dinámica De Inundaciones Asumiendo Un Estado Crítico De Máxima Escorrentía, Bajo Cinco Periodos De Retorno, En La Quebrada La Virgen Del Municipio De San José De Miranda- Santander. *Revista Uis Ingenierías*, 17, 20. Doi:[Https://Doi.Org/10.18273/Revuin.V17n12018025](https://doi.org/10.18273/Revuin.V17n12018025)
- Villacorta Chambi, S. P., Núñez Juárez, S., Vásquez Acuña, J. M., Pari Pinto, W., Ochoa Zubiata, M. B., Benavente Escobar, C. L., . . . Úbeda Palenque, J. (2015). *Peligros Geológicos En El Área De Lima Metropolitana Y La Región Callao - [Boletín C 59]*. Instituto Geológico, Minero Y Metalúrgico - Ingemmet. Obtenido De [Https://Hdl.Handle.Net/20.500.12544/309](https://hdl.handle.net/20.500.12544/309)

Anexos



Figura 14 Panel fotográfico del levantamiento topográfico en el tramo del sector Lurigancho (km 33+180 hasta el km 36+760 del río Rímac).

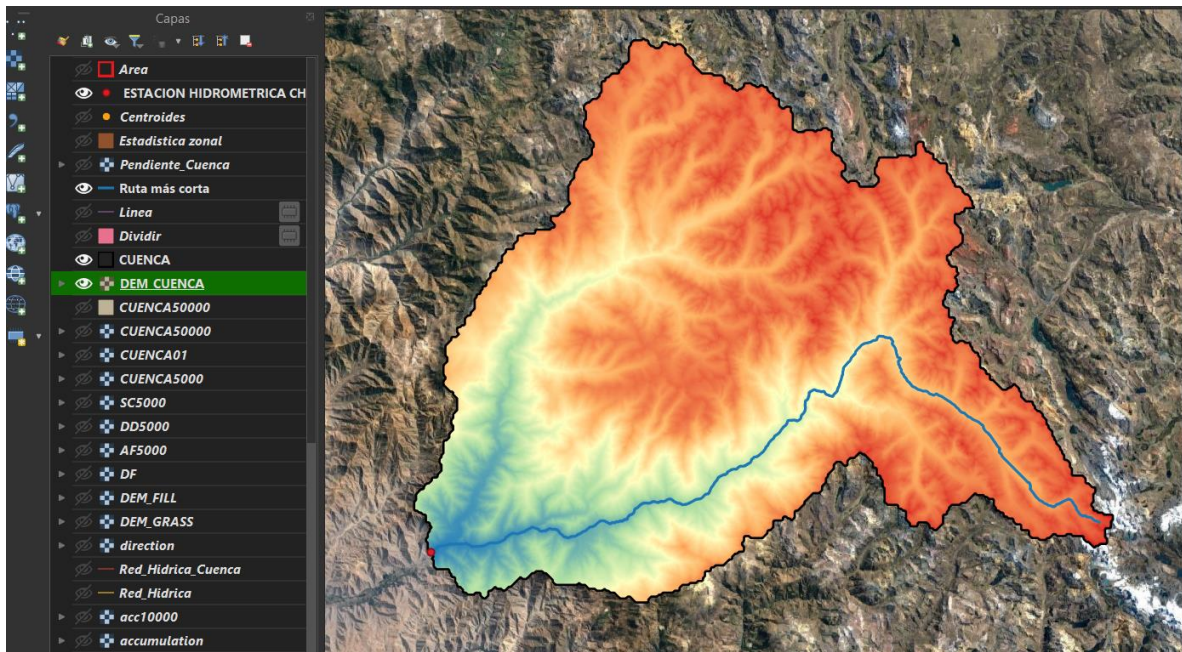


Figura 15 Delimitación de la cuenca en estudio

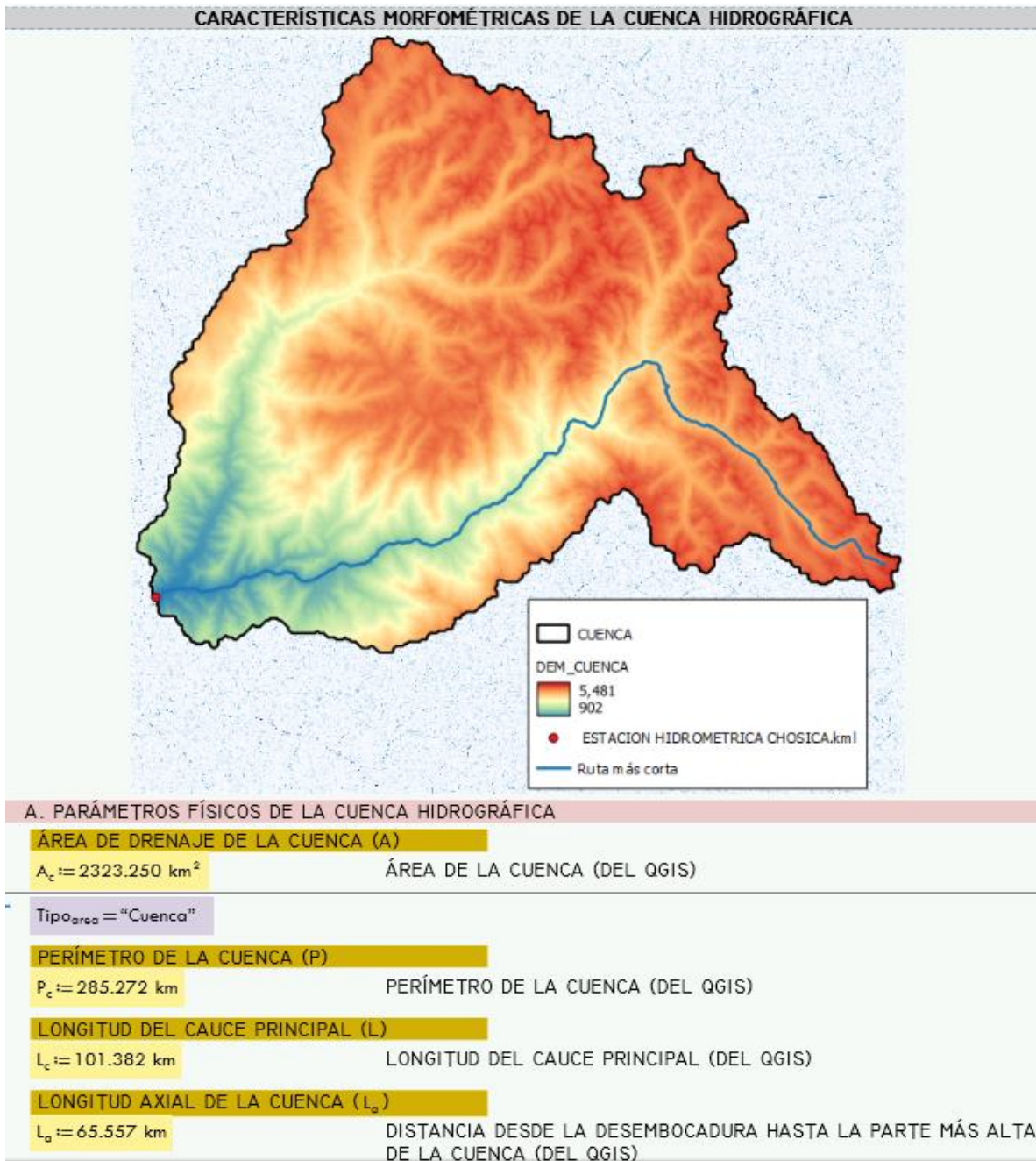


Figura 16 Características morfométricas de la cuenca en estudio

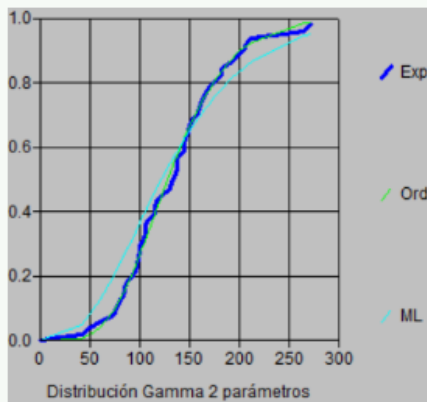
Tabla 2 Caudal máximo instantáneo

DATOS SENAHMI, SNIRH ANA		
Año	Caudal máximo (m3/s)	Caudal máximo instantáneo (m3/s)
1972	210.00	264.61
1973	115.00	144.91
1974	79.10	99.67
1975	144.00	181.45
1976	116.00	146.17
1977	162.00	204.13
1978	151.00	190.27
1979	144.00	181.45
1980	91.50	115.29
1981	216.00	272.17
1982	72.20	90.98
1983	47.80	60.23
1984	103.50	130.41
1985	118.00	148.69
1986	164.18	206.87
1987	168.50	212.32
1988	83.00	104.58
1989	58.14	73.26
1990	39.84	50.20
1991	66.98	84.40
1992	32.88	41.43
1993	114.49	144.26
1994	133.96	168.80
1995	60.35	76.04
1996	108.93	137.26
1997	77.37	97.49
1998	120.61	151.97
1999	125.49	158.12
2000	108.58	136.82
2001	108.65	136.90
2002	76.08	95.86
2003	128.61	162.05
2004	77.95	98.22
2005	68.67	86.53
2006	91.61	115.43
2007	107.47	135.42
2008	83.24	104.89
2009	118.79	149.68
2010	84.96	107.05
2011	83.40	105.09
2012	104.61	131.81
2013	131.00	165.07
2014	96.99	122.21
2015	92.39	116.42
2016	79.70	100.43
2017	126.50	159.40
2018	66.10	83.29
2019	62.60	78.88
2020	63.30	79.76
2021	88.80	111.89

Tabla 3 Modelos de distribución

MODELO PROBABILISTICO (DEL HIDROESTA)		MODELOS DE DISTRIBUCIÓN (DEL HIDROESTA, solo los que se ajustan al "a")							
Caudales máximos instantáneos	Probabilidad Experimental (Weibull) $P(x) = \frac{M}{N+1}$	Normal $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$	Log Normal 2 parámetros $f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$	Log Normal 3 parámetros $f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(\ln(x-x_0) - \mu)^2}{2\sigma^2}}$	Gamma 2 parámetros $f(x) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$	Gamma 3 parámetros $f(x) = \frac{(x-x_0)^{\alpha-1} e^{-\frac{x-x_0}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$	Log Pearson tipo III $f(x) = \frac{(\ln(x-x_0) - \mu)^{\alpha-1} e^{-\frac{x-x_0}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$	Gumbel $F(x) = e^{-e^{-x/\beta}}$	Log Gumbel $G(y) = e^{-e^{-y}}$
X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Ordinario	F(Z)	G(Y) Ordinario	G(Y) Ordinario	G(Y) Ordinario	G(Y) Ordinario	G(Y) Ordinario
41.4304	0.0196	0.0357	0.0029	0.0101	0.0071	0.006	No aplica	0.0035	0
50.2003	0.0392	0.0521	0.0116	0.0221	0.0189	0.0177	No aplica	0.011	0
60.2303	0.0588	0.0776	0.0359	0.0463	0.0442	0.0437	No aplica	0.0309	0.0035
73.2592	0.0784	0.1235	0.0971	0.0991	0.1001	0.1017	No aplica	0.0839	0.0515
76.0439	0.098	0.1354	0.1146	0.1137	0.1156	0.1177	No aplica	0.0997	0.0725
78.879	0.1176	0.1483	0.1339	0.1299	0.1325	0.1352	No aplica	0.1175	0.0977
79.761	0.1373	0.1524	0.1401	0.1351	0.138	0.1409	No aplica	0.1233	0.1062
83.2891	0.1569	0.1699	0.1664	0.1573	0.1611	0.1647	No aplica	0.1481	0.1431
84.398	0.1765	0.1756	0.175	0.1646	0.1687	0.1725	No aplica	0.1564	0.1554
86.5275	0.1961	0.187	0.192	0.1792	0.1838	0.1879	No aplica	0.1728	0.18
90.9754	0.2157	0.2122	0.2291	0.2114	0.2169	0.2216	No aplica	0.2093	0.2336
95.8644	0.2353	0.242	0.2718	0.2492	0.2555	0.2608	No aplica	0.2522	0.2941
97.4899	0.2549	0.2524	0.2863	0.2623	0.2688	0.2743	No aplica	0.267	0.3142
98.2207	0.2745	0.2572	0.2928	0.2683	0.2748	0.2804	No aplica	0.2737	0.3231
99.6698	0.2941	0.2667	0.3059	0.2803	0.2869	0.2925	No aplica	0.2871	0.3408
100.4258	0.3137	0.2718	0.3127	0.2865	0.2932	0.2989	No aplica	0.2942	0.3499
104.584	0.3333	0.3004	0.3505	0.3218	0.3286	0.3345	No aplica	0.3334	0.399
104.8864	0.3529	0.3026	0.3532	0.3244	0.3312	0.3371	No aplica	0.3363	0.4025
105.088	0.3725	0.304	0.3551	0.3261	0.3329	0.3388	No aplica	0.3382	0.4048
107.0536	0.3922	0.3181	0.373	0.3431	0.3499	0.3558	No aplica	0.357	0.4271
111.8922	0.4118	0.3538	0.4166	0.3855	0.392	0.3979	No aplica	0.4032	0.4793
115.2944	0.4314	0.3797	0.4468	0.4156	0.4216	0.4274	No aplica	0.4354	0.5135
115.433	0.451	0.3808	0.4481	0.4168	0.4228	0.4286	No aplica	0.4367	0.5149
116.4158	0.4706	0.3884	0.4567	0.4254	0.4314	0.437	No aplica	0.4459	0.5244
122.212	0.4902	0.434	0.5064	0.4763	0.4813	0.4865	No aplica	0.4992	0.5769
130.4149	0.5098	0.5	0.5725	0.5462	0.5497	0.5539	No aplica	0.5704	0.6414
131.8136	0.5294	0.5113	0.5832	0.5578	0.5609	0.565	No aplica	0.582	0.6513
135.4173	0.549	0.5404	0.61	0.587	0.5894	0.5929	No aplica	0.6108	0.6755
136.816	0.5686	0.5516	0.6201	0.5981	0.6002	0.6035	No aplica	0.6216	0.6843
136.9042	0.5882	0.5523	0.6208	0.5988	0.6009	0.6041	No aplica	0.6223	0.6849
137.257	0.6078	0.5552	0.6233	0.6015	0.6036	0.6068	No aplica	0.625	0.6871
144.2628	0.6275	0.6105	0.6707	0.6544	0.655	0.6572	No aplica	0.6759	0.7272
144.9055	0.6471	0.6155	0.6748	0.6591	0.6596	0.6616	No aplica	0.6803	0.7306
146.1655	0.6667	0.6252	0.6828	0.6681	0.6683	0.6702	No aplica	0.6888	0.7371
148.6856	0.6863	0.6444	0.6983	0.6856	0.6854	0.6869	No aplica	0.7052	0.7495
149.6811	0.7059	0.6519	0.7042	0.6924	0.692	0.6933	No aplica	0.7115	0.7542
151.9743	0.7255	0.6689	0.7176	0.7076	0.7068	0.7078	No aplica	0.7257	0.7646
158.1234	0.7451	0.7127	0.7509	0.7459	0.7442	0.7443	No aplica	0.7609	0.7902
159.396	0.7647	0.7215	0.7574	0.7534	0.7515	0.7515	No aplica	0.7677	0.795
162.0547	0.7843	0.7392	0.7705	0.7685	0.7663	0.7659	No aplica	0.7813	0.8048
165.0662	0.8039	0.7587	0.7846	0.7847	0.7823	0.7815	No aplica	0.796	0.8151
168.796	0.8235	0.7816	0.801	0.8037	0.8009	0.7997	No aplica	0.8129	0.827
181.4469	0.8431	0.8494	0.8487	0.8584	0.855	0.8528	No aplica	0.8615	0.861
181.4469	0.8627	0.8494	0.8487	0.8584	0.855	0.8528	No aplica	0.8615	0.861
190.2672	0.8824	0.8873	0.8755	0.8886	0.8852	0.8825	No aplica	0.8882	0.8798
204.1277	0.902	0.9323	0.9088	0.9249	0.9219	0.9189	No aplica	0.9206	0.9034
206.8746	0.9216	0.9393	0.9143	0.9307	0.9278	0.9248	No aplica	0.9259	0.9074
212.318	0.9412	0.9515	0.9242	0.9411	0.9384	0.9354	No aplica	0.9353	0.9146
264.61	0.9608	0.9967	0.9772	0.9889	0.9883	0.9867	No aplica	0.983	0.9577
272.1703	0.9804	0.998	0.9809	0.9914	0.991	0.9896	No aplica	0.986	0.9614

DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARÁMETROS



$$\Delta_{\text{teórico_gamma_2}} := 0.0423$$

CAUDALES DE DISEÑO POR PERIODO DE RETORNO (DEL HIDROESTA):

$$Q_{\text{TR2_gamma_2}} := 124.42 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{TR5_gamma_2}} := 168.61 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{TR10_gamma_2}} := 195.31 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{TR20_gamma_2}} := 219.30 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{TR50_gamma_2}} := 248.44 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{TR100_gamma_2}} := 269.13 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{TR500_gamma_2}} := 313.84 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

DELTA TEÓRICO DE LA DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARÁMETROS (DEL HIDROESTA)

Figura 17 Caudal máximo de diseño por cada periodo de retorno de la distribución Gamma 2 parámetros

Tabla 4 Método de Cowan para obtener uso de suelo en infraestructura

RUGOSIDAD EN ZONAS URBANAS

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	"n"
Material Involucrado	Tierra	0.020	0.020
	Corte en Roca	0.025	0.025
	Grava Fina	0.024	0.024
	Grava Gruesa	0.028	0.028
	Ecuación de Strickler	0.030	0.030
Grado de Irregularidad	Suave	0.000	0.000
	menor	0.005	0.005
	Moderado	0.010	0.010
	Severo	0.020	0.020
Variaciones de la Sección	Gradual	0.000	0.000
	Ocasionalmente Alternante	0.050	0.050
	Frecuentemente Alternante	0.010-0.015	0.010
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	0.000	0.000
	Menor	0.010-0.015	0.010
	Apreciable	0.020-0.030	0.020
	Severo	0.040-0.060	0.040
Vegetación	Baja	0.005-0.010	0.005
	Media	0.010-0.025	0.010
	Alta	0.025-0.050	0.025
	Muy Alta	0.050-0.100	0.050
Grado de los Efectos por	Menor	1.000	1.000
	Apreciable	1.150	1.150
	Severo	1.300	1.300

CONDICIONES CANAL		"n"
n0	Grava Gruesa	0.028
n1	Severo	0.020
n2	Frecuentemente Alternante	0.010
n3	Severo	0.040
n4	Baja	0.005
m5	Apreciable	1.150


Ecuación de Strickler para estimación de n0 (material pedregoso)	
D90 o D95	0.25 m
n0	0.030

n	0.118
---	--------------

Tabla 5 Tabla de Manning para arbustos y árboles

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO	"n" Manning
	D.2 PLANICIES DE INUNDACION c. Arbustos y Malezas escasos	0.040	0.060	0.080	0.050
	c. Arbustos y Malezas densos	0.070	0.100	0.160	0.100

Tipo Arbustos y malezas:	c. Arbustos y Malezas escasos	→	"n" Manning	0.050
---------------------------------	-------------------------------	---	--------------------	--------------

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO	"n" Manning
	D.2 PLANICIES DE INUNDACION d. Arboles sauces	0.110	0.150	0.200	0.150
	d. Arboles tierra despejada con troncos	0.030	0.040	0.050	0.050

Tipo Arboles:	d. Arboles tierra despejada con troncos	→	"n" Manning	0.050
----------------------	---	---	--------------------	--------------

Tabla 6 Rugosidades obtenidas

Uso de Suelo	Características de Suelo	n	Tesis o Estudios de Referencia
Cauce de Río	Irregularidad moderada, secciones transversales frecuentemente alternantes, vegetación media	0.025	Calibración
Ribera de Río	Márgenes de Río	0.037	Modelamiento hidráulico bidimensional del río rímac en el sector huachipa (2017)
Arbustos y Malezas	Arbustos y Malezas	0.050	Modelamiento hidráulico bidimensional del río rímac en el sector huachipa (2017)
Arboles	Pequeños arbustos y arboles	0.050	Modelamiento hidráulico bidimensional del río rímac en el sector huachipa (2017)
Áreas cultivadas	Áreas cultivadas con cultivos	0.040	Tabla de Manning
Pasto sin arbustos	Pastizales bajos	0.025	Tabla de Manning
Suelo desnudo	Suelo sin cobertura vegetal	0.030	Modelamiento hidráulico bidimensional del río rímac en el sector huachipa (2017)
Carretera	Sin cobertura vegetal. Asfalto	0.025	Modelamiento hidráulico bidimensional del río rímac en el sector huachipa (2017)
Urbano	Pavimento con infraestructura	0.118	Metodo de Cowan

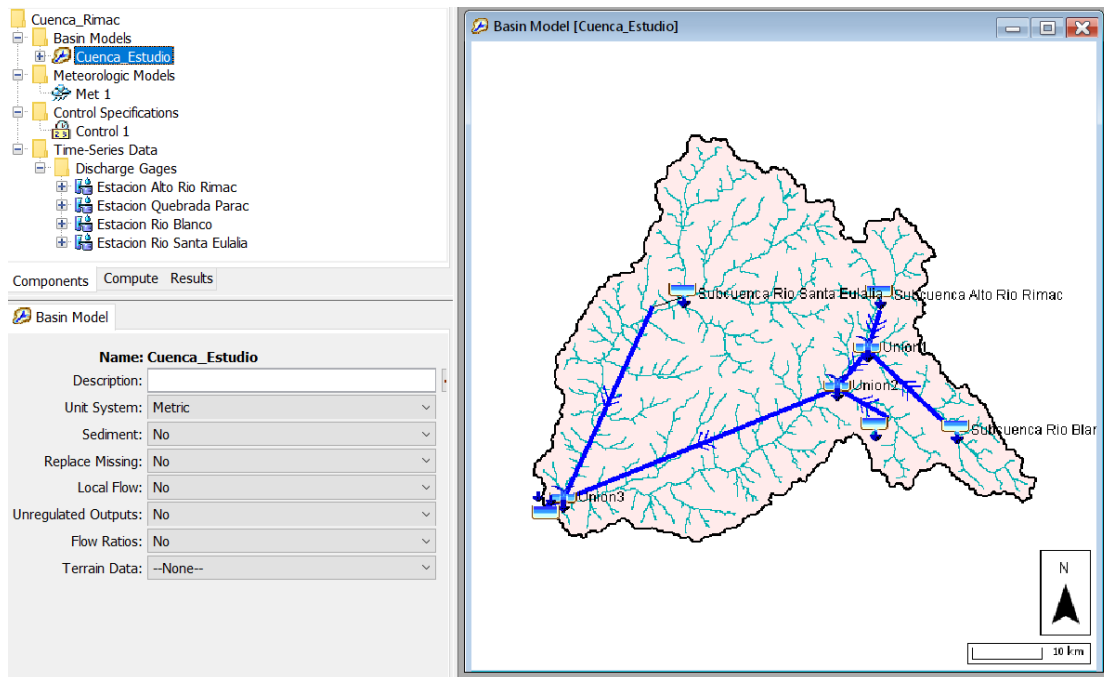


Figura 18 Creación de la Cuenca de Estudio en el HEC-HMS

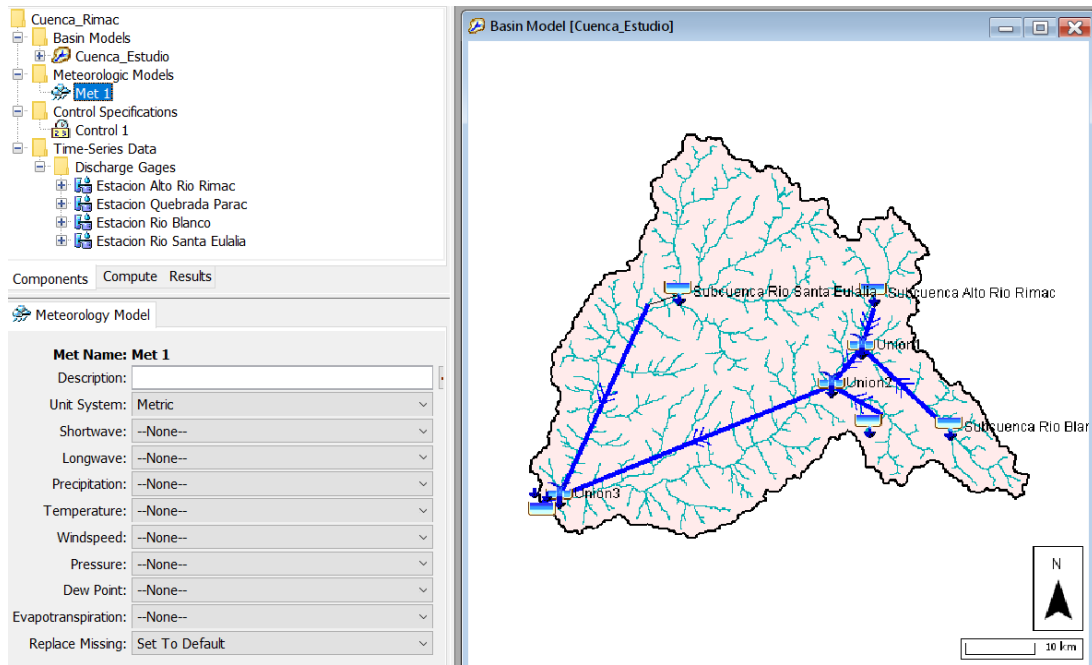


Figura 19 Modelo Metereológico en el HEC-HMS

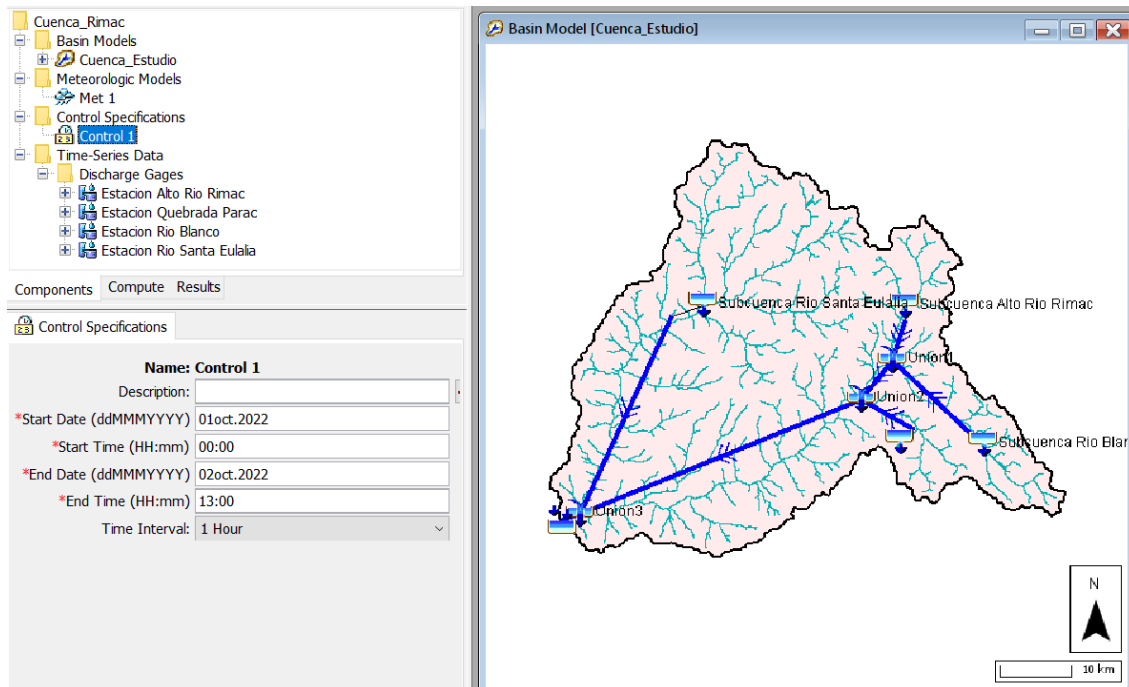


Figura 20 Especificaciones de Control en el HEC-HMS

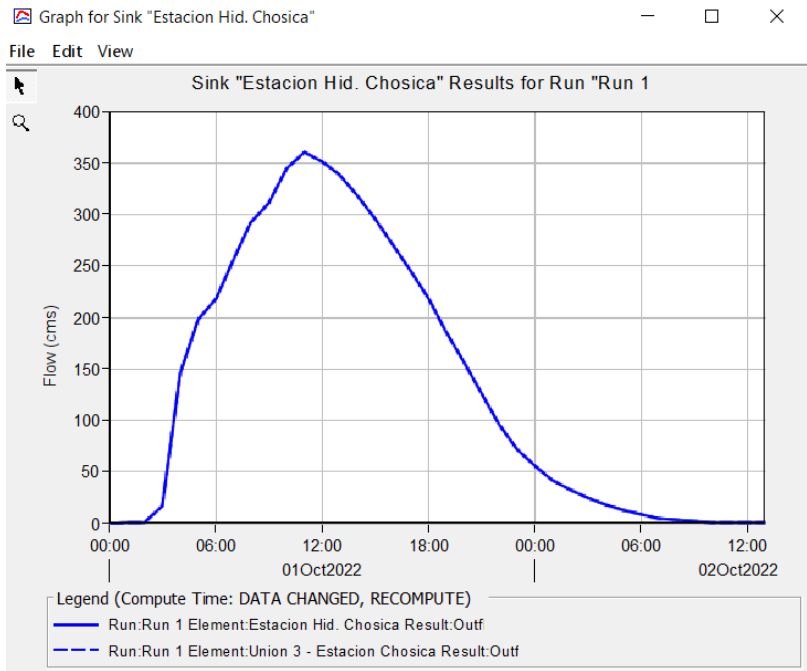


Figura 21 Hidrograma Máxima Avenida (Estación Hidrométrica Chosica, del HEC-HMS)

Tabla 7 Datos obtenido para el Hidrograma Unitario S.C.S.

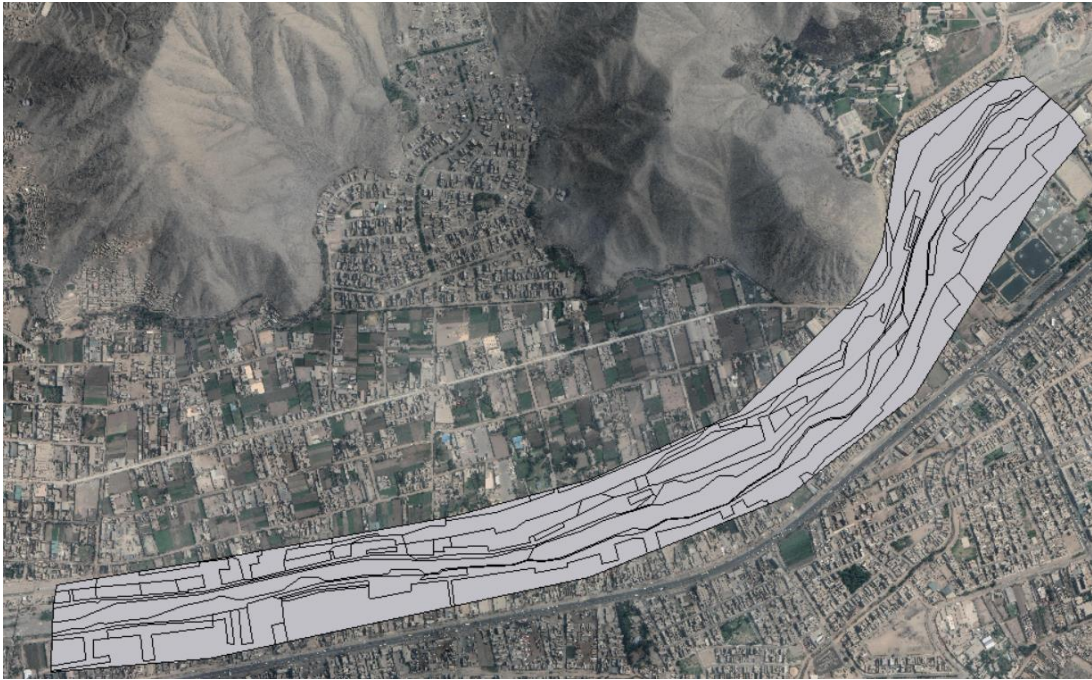


Figura 22 Geometría del área de estudio en el modelo Iber



Figura 23 Malla no estructurada del área de estudio en el modelo Iber



Figura 24 Condiciones de contorno en el modelo Iber

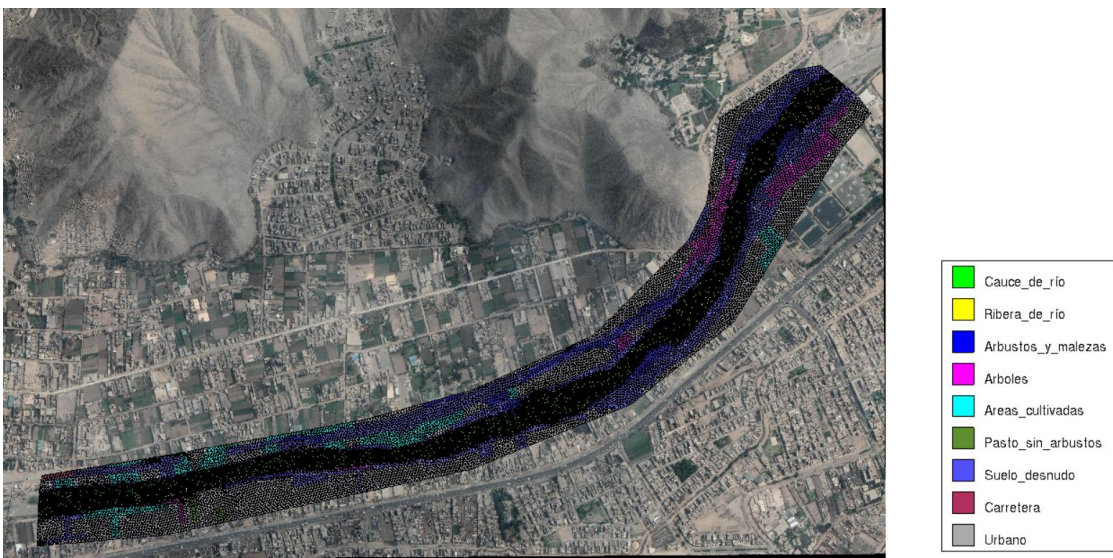


Figura 25 Usos de suelos en el modelo Iber

Datos

Parámetros de Tiempo | General | Resultados | Peligrosidad personalizada | Turbulencia | Sedimentos | Via Intenso Desagüe | Brecha | Calidad de Aguas | Oleaje | Hidrología

Simulación Nueva ▾

Instante Inicial [s] 0

Tiempo máximo de simulación [s] 90000

Intervalo de Resultados [s] 2385

Aceptar Cerrar

Parámetros de Tiempo | General | Resultados | Peligrosidad personalizada | Turbulencia | Sedimentos | Via Intenso Desagüe | Brecha | Calidad de Aguas | Oleaje | Hidrología

Análisis 2D

Número de procesadores 16

Esquema Numérico Primer Orden[Rápido] ▾

CFL 0.45

Incremento de tiempo máximo [s] 1

Límite Seco-Mojado [m] 0.01

Método de Secado Por Defecto ▾

Opciones generales Ocultar ▾

Aceptar Cerrar

Figura 26 Datos del problema en el modelo Iber