

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CUT: 162371-2024

Huaral, 27 de junio de 2025

OFICIO MULTIPLE N° 0033-2025-ANA-AAA.CF

Señores

Municipalidad Distrital Santa Rosa de Quives

Km 56 Carretera a Canta, distrito de Santa Rosa de Quives

Canta

Señores

Ministerio de Transporte y Comunicaciones

Jr. Zorritos 1203

Lima

Señores

Organismo de Formalización de la Propiedad Informal -COFOPRI

Av. Paseo de la República 3135 – 3137, distrito de San Isidro

Lima

Señores

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres

Av. Del Parque Norte 829 – 833, distrito de San Isidro

Lima

Señores

Gobierno Regional de Lima

Agua Dulce - Av. Circunvalación S/N, distrito de Huacho

Huaura

Señores

Instituto Nacional de Defensa Civil

Calle 41 894 – CORPAC, distrito de San Isidro

Lima

Señores

Autoridad Nacional de Infraestructura

Av. República de Chile 350, distrito de Jesús María

Lima

Asunto : Notificación de la Resolución Directoral N° 0690-2025-ANA-AAA.CF



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Firmado digitalmente por ZAVALA
ZAVALA Abner FAU 20520711865
hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 27/06/2025 15:01:40

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes para notificarles la Resolución Directoral N°0690-2025-ANA-AAA.CF de fecha 24 de junio del 2025 para conocimiento.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

FIRMADO DIGITALMENTE

ABNER ZAVALA ZAVALA

DIRECTOR (E)

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA CAÑETE – FORTALEZA

AZZ/ckea/Magaly A.





CUT: 162371-2024

RESOLUCION DIRECTORAL N° 0690-2025-ANA-AAA.CF

Huaral, 23 de junio de 2025

VISTO:

El expediente administrativo sobre aprobación de estudio y delimitación de la faja marginal Huerta Vieja, en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, región Lima, y.

CONSIDERANDO:

Que, literal i) del numeral 1. del artículo 6° de la Ley 29338 «Ley de Recursos Hídricos», señala que la faja marginal constituye un bien natural asociado al agua. En ese sentido, el artículo 7° del mismo cuerpo legal establece que los bienes naturales asociados al agua constituyen bienes de dominio público hidráulico; por lo que, toda intervención de los particulares que afecte o altere las características de estos bienes debe ser previamente autorizado por la Autoridad Administrativa del Agua.

Que, el Artículo 74° de la Ley de Recursos Hídricos señala que, *en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario de agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. El Reglamento determina su extensión.*

Que, el numeral 113.1 del Artículo 113° del Reglamento de la Ley 29338, determina que: *Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales.*

Asimismo, el numeral 113.2 señala: *Las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos;*

Que, el Artículo 114° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, determina los criterios para la delimitación de las fajas marginales.

Que el numeral 115.1 del Artículo 115° de la norma antes citada señala: *Está prohibido el uso de las fajas marginales para fines de asentamiento humano, agrícola u otra actividad que las afecte. La Autoridad Nacional del Agua en coordinación con los gobiernos*

locales y defensa Civil promoverán mecanismos de reubicación de poblaciones asentadas en fajas marginales. Además, el numeral 115.2 señala: La Autoridad Administrativa del Agua autoriza la ejecución de obras de defensa ribereña y la utilización de materiales ubicados en las fajas marginales necesarios para tal fin.

Que, el artículo 120° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, menciona en el numeral 120.1 que: *En las propiedades adyacentes a las riberas, se mantendrá libre una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, camino de vigilancia u otros servicios públicos, según corresponda.* En el numeral 120.2 que: *En todos estos casos no habrá lugar e indemnización por la servidumbre, pero quienes usaren de ellas, quedan obligados, conforme con el derecho común, a indemnizar los daños que causen, tanto en las propiedades sirvientes como en los cauces públicos o en las obras hidráulicas.*

Que, mediante Resolución Jefatural 332-2016-ANA se derogó la Resolución Jefatural 300-2011-ANA y se aprobó el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales estableciendo las metodologías y criterios aplicables para la delimitación de las fajas marginales de los cauces naturales o artificiales.

Que, el Texto Único Ordenado de la Ley 30556 de Reconstrucción con Cambios, aprobado por Decreto Supremo 094-2018-PCM, en la Quinta Disposición Complementaria Final, analiza respecto a la posesión en zonas de riesgo no mitigable y zonas intangibles. Así se establece que, *la posesión debe ejercerse sobre zonas consideradas habitables. Es ilegal el ejercicio del derecho de posesión en zonas declaradas de riesgo no mitigable. Para estos fines, se considera zona de riesgo no mitigable a aquella zona donde la implementación de medidas de mitigación resulta de mayor costo y complejidad que llevar a cabo la reubicación de las viviendas y equipamiento urbano respectivo. Se comprende dentro de esta categoría la zona de muy alto riesgo no mitigable y la zona de alto riesgo no mitigable. Las zonas de riesgo no mitigable son declaradas intangibles por la autoridad competente, para lo cual se identifica el polígono respectivo y se inscribe como carga en el Catastro Urbano y Rural y en el Registro de Predios de la Superintendencia Nacional de Registros Públicos – Sunarp, de ser el caso. Las zonas de riesgo no mitigable tienen los siguientes efectos: 1. La posesión en zonas declaradas de riesgo no mitigable no configura un derecho susceptible de acciones judiciales en el fuero constitucional, civil o cualquier otra. No resulta procedente demanda judicial sobre dichos predios, bajo responsabilidad. 2. Son nulos de pleno derecho los contratos que se celebren respecto de predios ubicados en zonas declaradas de riesgo no mitigable, a partir de que dichos predios sean declarados como tales. 3. Adolecen de nulidad los actos administrativos emitidos sobre otorgamiento de derechos en zonas declaradas de riesgo no mitigable. Las zonas declaradas de riesgo no mitigable quedan bajo administración y custodia del Gobierno Regional de la jurisdicción, el que preserva su intangibilidad, bajo responsabilidad del titular del Gobierno Regional y de aquella autoridad que se designe. El Gobierno Regional, con opinión del Gobierno Local correspondiente, se encuentra facultado a disponer la desocupación y/o demolición de toda edificación, pudiendo inclusive utilizar el mecanismo de la recuperación extrajudicial prevista en los artículos 65° al 67° de la Ley 30230; Ley que establece medidas tributarias, simplificación de procedimientos y permisos para la promoción y dinamización de la inversión en el país. Declárase como zonas intangibles los cauces de las riberas, las fajas marginales y las fajas de terreno que conforman el derecho de vía de la red vial del Sistema Nacional de Carreteras; y prohíbase expresamente la transferencia o cesión para fines de vivienda, comercio, agrícolas y otros, sean estas para posesiones informales, habilitaciones urbanas, programas de vivienda o cualquier otra modalidad de ocupación poblacional.*

Que, la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza, determinó la necesidad de desarrollar la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja, en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, región Lima, con la finalidad de contar con un documento o técnico que sustente el espacio que ocupará la faja marginal para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otro servicio.

Que, los estudios con modelamiento hidráulico para la delimitación de faja marginal de la quebrada Cañón tributario del río Chillón, se encuentran desarrollados en la Memoria del «Estudio Topográfico, Hidrológico e Hidráulico de la Quebrada Huerta Vieja»; describiendo la ubicación, descripción del tramo de estudio, topografía, análisis de máximas avenidas, simulación hidráulica, cálculos y niveles de riesgo, alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce y propuesta de ubicación de hitos, así como la recomendación para la aprobación de la citada delimitación.

Que, con Memorando 2198-2024-ANA-AAA.CF de 2024-08-20, se hizo de conocimiento a la Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín, la conclusión de los estudios básicos de la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja, en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, región Lima, requiriéndole la realización de una diligencia de verificación técnica de campo con participación del gobierno local y otras entidades administrativas; para luego emitir finalmente su opinión con arreglo a lo establecido en la Resolución Jefatural 332-2016-ANA.

Que, la Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín, en función a la diligencia de verificación técnica de campo programada y realizada el 2024-09-17 la cual obra en el expediente, según Acta signada con N.º 024-2024-ANA-AAA-CF-CHRL/JMSS emitió el Informe Técnico 016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC de 2024-11-13 que se anexa, concluyendo que: es factible establecer la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja, progresivas Km 0+000 al 2+000. Se han georreferenciado y validado un total de 39 hitos en coordenadas UTM bajo el sistema WGS 84, de los cuales 21 se ubican en la margen derecha y 18 en la margen izquierda. «...».

Que, el Área Técnica de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza luego de analizar y evaluar técnicamente los actuados, emitió el Informe Técnico 0112-2024-ANA-AAA.CF/MCFS de 2024-12-16 que se anexa a la presente resolución¹, precisando en el acápite 2.4 que: para el análisis de máximas avenidas, se empleó el modelamiento precipitación-escorrentía con HEC-HMS con el propósito de determinar el caudal máximo instantáneo correspondiente a un periodo de retorno de 50 años. Como resultado, se recomienda el caudal máximo a emplear para la delimitación de la faja marginal:

Tabla N° 3. Caudales quebrada Huerta Vieja

CUENCA	Caudales máximos para periodo de retorno de 50 años
SU1	9,215 m ³ /s

Firmado digitalmente por PEREZ ANDERSON
Javier Alfredo
FAU 20520711865
hard
Motivo: V'B
Fecha: 24/06/2025 11:14:32

¹ Decreto Supremo 004-2019-JUS que aprueba el TUO de la Ley 27444 “Ley General del Procedimiento Administrativo General”

¹⁶. Motivación del acto administrativo

6.2 Puede motivarse mediante la declaración de conformidad con los fundamentos y conclusiones de anteriores dictámenes, decisiones o informes obrantes en el expediente, a condición de que se les identifique de modo certero, y que por esta situación constituyan parte integrante del respectivo acto. Los informes, dictámenes o similares que sirvan de fundamento a la decisión, deben ser notificados al administrado juntamente con el acto administrativo.

Firmado digitalmente por PAYANO VERGEL
Christian Jorge
FAU 20520711865
hard
Motivo: V'B
Fecha: 24/06/2025 09:20:12

Para luego concluir indicando que se debe establecer la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja, progresivas Km 0+000 al 2+000, en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, región Lima. Esta delimitación comprende un total de 39 hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM, sistema WGS 84; de los cuales, 18 corresponden a la margen derecha y 21 a la margen izquierda. Los detalles se presentan en el cuadro respectivo y en los mapas incluidos en el anexo del informe. Asimismo, se recomienda a los gobiernos locales la elaboración de planes de ordenamiento territorial a mediano y largo plazo, que contemplen la reubicación de la población asentada en zonas de riesgo, considerando que los proyectos estructurales tienen una vida útil limitada. También se sugiere tener en cuenta las recomendaciones y alternativas expuestas en el informe, con el fin de proteger unidades productivas, centros poblados y prevenir posibles impactos en áreas agrícolas cercanas, vías de comunicación y otras infraestructuras.

Que; al respecto, estando al mérito de las consideraciones técnicas anteriormente expuestas y en cuyos documentos se concluye determinar su viabilidad para sustentar el espacio que ocupará la faja marginal para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otros servicios públicos con arreglo a lo establecido en la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, como en la Resolución Jefatural 332-2016-ANA que aprobó el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales, se debe **aprobar** el «Estudio Topográfico, Hidrológico e Hidráulico de la Quebrada Huerta Vieja», **así como la delimitación de la faja marginal** de la quebrada Huerta Vieja, progresivas Km 0+000 al 2+000, en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, región Lima, con las especificaciones desarrolladas en el Informe Técnico 0112-2024-ANA-AAA.CF/MCFS de 2024-12-16.

Que, estando al Informe Legal 102-2025-ANA-AAA-CF/JAPA de 2025-04-23, Informe Técnico 016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC de 2024-11-13 emitido por la Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín e Informe Técnico 0112-2024-ANA-AAA.CF/MCFS de 2024-12-16, en aplicación a lo dispuesto por el Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N°018-2017-MINAGRI.

SE RESUELVE:

ARTICULO 1°. – **Aprobar**, el «Estudio Topográfico, Hidrológico e Hidráulico de la Quebrada Huerta Vieja» elaborado en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, región Lima.

ARTICULO 2°. – **Delimitar** la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja, progresivas Km 0+000 al 2+000, en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, región Lima. Esta delimitación comprende un total de 39 hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM, sistema WGS 84; de los cuales, 18 corresponden a la margen derecha y 21 a la margen izquierda, de acuerdo con las características técnicas detalladas en los cuadros siguientes:

UBICACIÓN DE TRAMO DE ESTUDIO – Quebrada Huerta Vieja – Longitud 2.00 km						
Cuerpo de Agua	Sector	Inicio		Final		Longitud (km)
		Este	Norte	Este	Norte	
Quebrada Huerta Vieja	Huerta Vieja	300 603	8 706 642	300 420	8 705 189	2,00
N. ° HITOS		39		Hitos Margen Derecha		Hitos Margen Izquierda
				21		18

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-1	300596	8706636	HI-10	300540	8705985
HI-2	300633	8706553	HI-11	300552	8705916
HI-3	300654	8706452	HI-12	300576	8705852
HI-4	300663	8706419	HI-13	300573	8705785
HI-5	300657	8706370	HI-14	300546	8705693
HI-6	300653	8706336	HI-15	300493	8705560
HI-7	300603	8706197	HI-16	300452	8705420
HI-8	300575	8706134	HI-17	300411	8705312
HI-9	300538	8706064	HI-18	300361	8705198

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-1	300615	8706645	HD-12	300623	8706066
HD-2	300642	8706578	HD-13	300614	8705990
HD-3	300660	8706554	HD-14	300629	8705914
HD-4	300672	8706503	HD-15	300658	8705864
HD-5	300686	8706454	HD-16	300665	8705796
HD-6	300700	8706422	HD-17	300641	8705674
HD-7	300697	8706383	HD-18	300585	8705528
HD-8	300696	8706356	HD-19	300560	8705416
HD-9	300683	8706296	HD-20	300511	8705327
HD-10	300671	8706220	HD-21	300445	8705185
HD-11	300641	8706130			

ARTÍCULO 3°. - Se anexan el Informe Técnico 016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC de 2024-11-13 emitido por la Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín e Informe Técnico 0112-2024-ANA-AAA.CF/MCFS de 2024-12-16 emitido por el Área Técnica de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza, así como la memoria y mapas ubicación de los hitos de fajas debidamente visados como parte integrante del presente acto administrativo.

ARTÍCULO 4°. – Exhortar a la Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Quives a cumplir con lo establecido en el numeral 120.1 del artículo 120° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, el cual dispone que en los terrenos colindantes con las riberas debe mantenerse una faja marginal libre. Esta faja es indispensable para garantizar la protección del recurso hídrico, el uso primario del agua, el libre tránsito, la actividad pesquera, la habilitación de caminos de vigilancia y otros servicios públicos, según corresponda.

ARTÍCULO 5°.- Notificar la presente Resolución Directoral a la Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Quives al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, al Organismo de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI, al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres – CENEPRED, al Gobierno Regional de Lima, al Instituto Nacional de Defensa Civil, a la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chillón, a la Autoridad Nacional de Infraestructura «ANIN» a fin de realizar las acciones pertinentes para su conocimiento en el desarrollo del ámbito y su preservación como dominio público hidráulico

de la faja marginal delimitada; y remitir copia a la Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín, conforme a Ley.

Regístrese y comuníquese,

FIRMADO DIGITALMENTE

ABNER ZAVALA ZAVALA

DIRECTOR

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA - CAÑETE FORTALEZA

AZZ/Javier P

Firmado
digitalmente por
PEREZ ANDERSON
Javier Alfredo
FAU 20520711865
hard
Motivo: V'B
Fecha: 24/06/2025
11:14:32

Firmado
digitalmente por
PAYANO VERGEL
Christian Jorge
FAU 20520711865
hard
Motivo: V'B
Fecha: 24/06/2025
09:20:12

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CUT: 162371-2024

INFORME TECNICO N° 0112-2024-ANA-AAA.CF/MCFS

A : **Abner Zavala Zavala**
Director (e)
Autoridad Administrativa del Agua - Cañete Fortaleza

ASUNTO : Delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja

REFERENCIA : a) Estudios básicos para la delimitación de faja marginal de la quebrada Huerta Vieja.
b) Informe Técnico N° 0135-2024-ANA-AA.CF/AFP
c) Memorando N° 2198-2024-ANA-AAA.CF
d) Informe N° 016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

FECHA : Huaral, 16 de diciembre de 2024

Por medio del presente me dirijo a usted, en relación con el documento de la referencia, estudio de delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja, al respecto informo lo siguiente:

I. Antecedentes.

1.1. La Autoridad administrativa del Agua Cañete – Fortaleza, ha determinado la necesidad de desarrollar el “*Delimitación de Faja Marginal de la Quebrada Huerta Vieja*”, con la finalidad de contar con un documento técnico que sustenté el espacio que ocupará la faja marginal para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otro servicio.

II. Análisis.

Respecto al Informe Técnico realizado por Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza

2.1. Ubicación

La cuenca de la quebrada Huerta Vieja se encuentra ubicada en la región Lima en la provincia de Lima, comprende el distrito de Santa Rosa de Quives, tal como se muestra en la Tabla 1

Tabla N° 1. Ubicación política de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja

Cuenca	Departamento	Provincia	Distrito
Quebrada Huerta Vieja	Lima	Canta	Santa Rosa de Quives

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Fuente: *Elaboración propia*

2.2. Descripción del tramo de estudio

La quebrada Huerta Vieja, tiene una altitud mínima 983 msnm y máxima de 2 596 msnm, que bordean las partes altas de esta cuenca hidrográfica. La quebrada posee un área de 8,89 km² con una longitud total de 7,02 km.

2.3. Topografía

Se ha monumentados un (01) punto geodésico (LIM04178), el cual han sido materializados en hitos de concreto de 40x40cm de lado y 60 cm de alto, con incrustación de placa de bronce de 7cm de diámetro sobre una masa de concreto, el cual sobresale 20 cm del terreno circundante, se ha identificado con el nombre de la institución “Autoridad Nacional del agua”.

Figura 1: Punto de control de orden “C”

LIM0-4178



Fuente: *Memoria descriptiva delimitación de faja marginal en la quebrada Huerta Vieja*

Tabla N° 2. Puntos de control certificados.

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
LIM04178	300 661	8 706 367	994

Fuente: *Estudio topográfico*

2.4. Análisis de Máximas Avenidas

De acuerdo con el modelo hidrológico, análisis de lluvias y cálculo de los parámetros de los modelos para la quebrada Huerta Vieja se procede a la estimación de los caudales máximos o



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

hidrogramas de salida en cada uno de los puntos de interés para periodos de retorno de 50 años. A continuación, mostramos el modelo hidrológico en el entorno del HEC-HMS:

Tabla N° 3. Caudales quebrada Huerta Vieja

CUENCA	Caudales máximos para periodo de retorno de 50 años
SU1	9,215 m ³ /s

Fuente: Memoria descriptiva delimitación de faja marginal en la quebrada Huerta Vieja

Tabla 1: Caudales líquidos máximos para distintos periodos de retorno en puntos de interés

ELEM.	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
HIDROL.	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
SU1	0.000	0.114	0.613	2.007	2.668	5.462
SALIDA_2	0.000	0.114	0.613	2.007	2.668	5.462

Fuente: Memoria descriptiva delimitación de faja marginal en la quebrada Huerta Vieja

Bajo las disposiciones establecidas en la normativa vigente en materia de delimitación de fajas marginales y efectuado el estudio hidrológico de máximas avenidas se recomienda considerar los caudales determinados para un periodo de retorno de 50 años, porque existen viviendas y/o poblaciones asentadas próximas y en los mismos cauces de las quebradas en estudio.

Tabla 2: Caudales máximos recomendados para delimitación de fajas marginales

CUENCA	Caudales máximos para periodo de retorno de 50 años
Quebrada Huerta Vieja	2,67 m ³ /s

Fuente: Memoria descriptiva delimitación de faja marginal en la quebrada Huerta Vieja

2.5. Simulación Hidráulica

La evaluación de resultados se realizará desde la quebrada Huerta Vieja hacia la confluencia con el río Chillón.

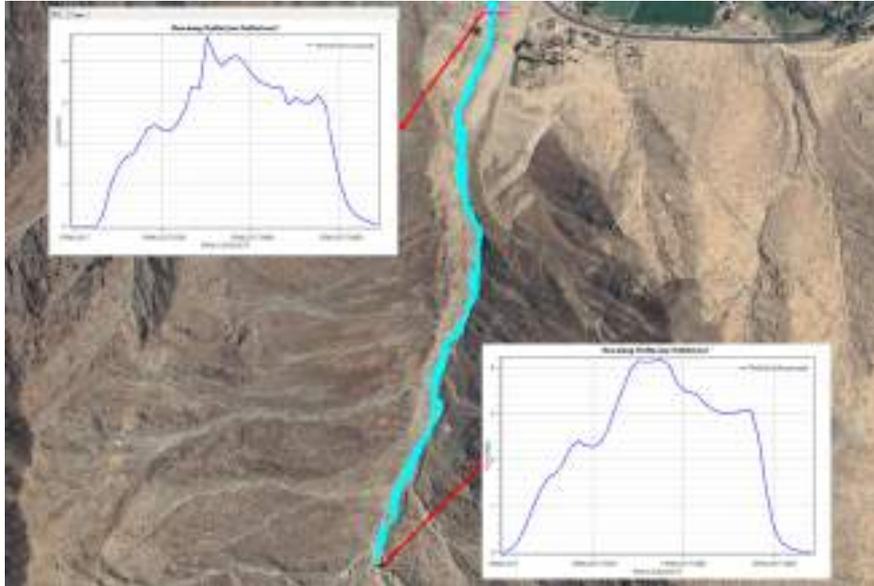
Zona de Garganta

- Con respecto a la zona de garganta, observamos que el caudal en la entrada del modelo es de 4,19 m³/s, mientras que en la parte final de dicha zona tenemos un caudal de 4,59 m³/s, además encontramos tirantes máximos hasta 2,17 m.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Figura 2: Hidrograma de entrada y salida y tirantes máximos: TR 50 – Zona de garganta



Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)

- Con respecto a las velocidades la máxima en su rampa de color, las mayores velocidades se originan en la parte alta (300 m aguas debajo de la condición de contorno de entrada) siendo esta menor a 7.00 m/s.

Figura 3: Velocidades Máximas TR 50 – Zona de garganta



Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



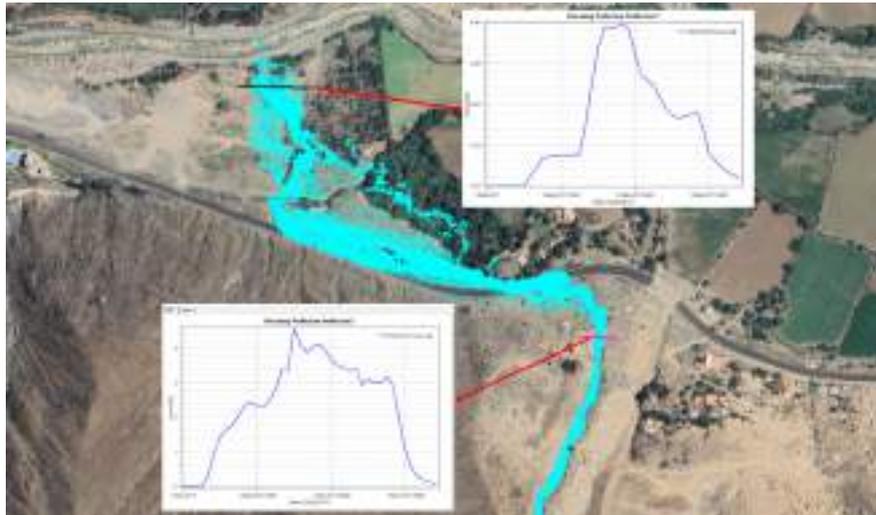
Firmado digitalmente por FLORES
SANCHEZ Mario Cesar FAU
20520711865 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16/12/2024 14:35:38

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Abanico Aluvial

- En el abanico aluvial, observamos que el caudal en la entrada del modelo es de 4,59 m³/s; mientras que el caudal de salida es de 0,40 m³/s.

Figura 4: Hidrograma de entrada y salida TR 50 – Zona aluvial



Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)

- De acuerdo con los tirantes máximos en la zona urbana oscilan entre 0,20 m a 1,53 m, así mismo sus velocidades máximas son menores a 7,0 m/s en la carretera y en su desembocadura hasta el río Chillón son menores a 1m/s

Figura 5: Tirantes en encauzamientos parte baja para TR 50.



Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)

Figura 6: Velocidades en zonas urbanas para TR 50.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



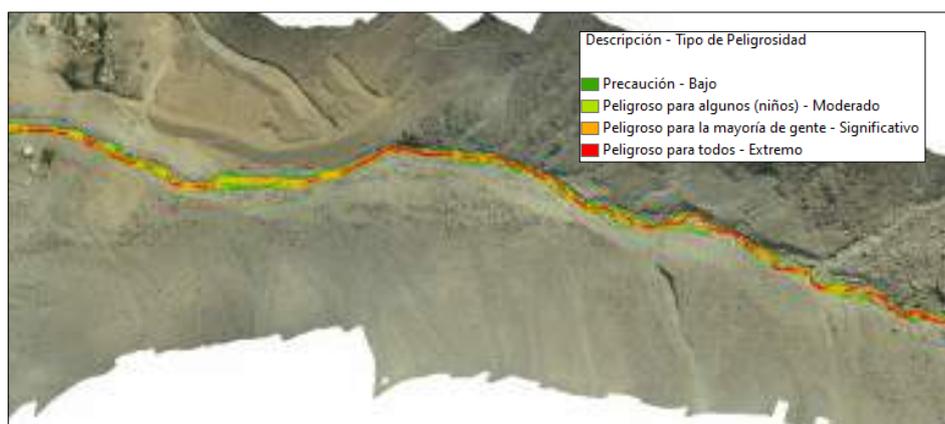
Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)

2.6. Cálculos y niveles de riesgo

De la simulación para el escenario del periodo de retorno de 50 años se obtuvo los mapas de peligrosidad, la cual se presenta en los mapas de los anexos adjuntados en este informe. En ese caso analizaremos las zonas de inundación que a continuación se describirá:

- Con respecto a la zona de garganta, el cauce muestra un índice de peligro significativo a extremo, constatando como por el estudio realizado por el INGEMMET siendo este uno de los puntos críticos por problemas de huacos. (Ver imagen 59)

Figura 7: Índice de peligrosidad – Zona de garanta



Fuente: Elaboración propia

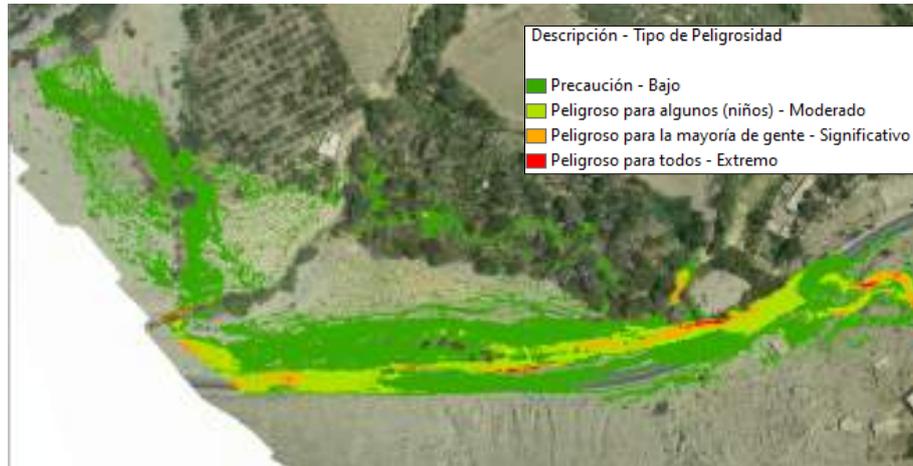
Con respecto al cono aluvial, observamos un índice de peligrosidad Moderado a extremo en la carretera y badén existentes, mientras que en la zona inundable en su



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

margen derecho hasta su confluencia con el río Chillón se observa un nivel de peligrosidad bajo a significativo (Ver imagen 60)

Figura 8: Índice de peligrosidad zona aluvial



Fuente: Elaboración propia

2.7. Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce.

Las Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública indica algunas medidas estructurales para mitigar el impacto negativo del peligro, que se describirán a continuación:

a) Carreteras

- Diseñar el trazo de la carretera, del tramo paralelo al cauce del río o quebrada, lo más alejado posible del mismo.
- Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área de inundación, se debe diseñar obras de defensa ribereña paralelas al trazo de la carretera, con el fin de evitar la erosión del material de la plataforma de la carretera
- En lo posible, ubicar el trazo de la carretera fuera del área transversal ocupada por los volúmenes críticos alcanzados de materiales sólidos mezclados con el agua.
- Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección con el fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.
- Cuando el trazo de la carretera corta el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de la carretera con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas de las quebradas.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Firmado digitalmente por FLORES
SANCHEZ Mario Cesar FAU
20520711865 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16/12/2024 14:35:38

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.

- Diseñar obras complementarias de estabilidad de taludes, como el desarrollo de especies vegetales, etc.
- Considerar el diseño de obras complementarias para derivar fuera del área de influencia de las obras, los volúmenes de los deslizamientos, a través de la construcción de muros de encauzamiento.

b) Puentes

- La selección de la ubicación debe ser donde se encuentre menos expuesta la obra, debe tener la menor sección transversal técnicamente posible, ubicarse en lo posible sobre cauce angosto, sobre los tramos del río donde la velocidad del flujo del agua es relativamente baja, etc.
- Considerar el diseño de obras de protección de los apoyos de los puentes contra el impacto de materiales rocosos arrastrados por los volúmenes máximos.
- En el diseño considerar la magnitud de los eventos correspondientes a huaicos, aludes o aluviones. Considerar los volúmenes alcanzados de materiales sólidos mezclados con el agua para los casos críticos y la sección transversal del puente debe permitir el tránsito de estos volúmenes.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir que la sección transversal del puente mantenga el área de diseño en forma permanente, para permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.
- En lo posible, diseñar las estructuras de protección del puente, como muros de contención de la masa sólida de sedimentos y/o rocas.

c) Obras de derivación y conducción

- Cuando el trazo del canal o tubería sigue paralelo al cauce del río o quebrada y se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección a fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.
- El nivel topográfico de la base del canal o tubería debe estar por encima del nivel del agua que ocurre durante las máximas avenidas.
- Cuando el trazo del canal o tubería cruza el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de las obras con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas.



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Firmado digitalmente por FLORES
SANCHEZ Mario Cesar FAU
20520711865 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16/12/2024 14:35:38

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

- Evaluar la construcción de los canales, como conductos cubiertos, en los tramos expuestos.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes, independientemente de la magnitud de estos, a fin de que la sección transversal del puente mantenga el área de diseño en forma permanente, para permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.

d) Medidas no estructurales de reducción del riesgo

- **Deslizamientos de tierra y aluviones (huaicos)**

Monitoreo permanente de las condiciones meteorológicas y sistemas de alerta.

Cultivos a nivel.

Zonificación para uso de terreno.

Prevención de deforestación.

Reubicación

- **Inundaciones**

Monitoreo permanente de las condiciones meteorológicas y sistemas de alerta.

Cultivos a nivel.

Zonificación para uso de terreno.

Prevención de deforestación.

Reubicación

Adicional a ello, de acuerdo con el libro “Presas de Corrección de Torrentes y Retención de Sedimentos” detalla algunas acciones que pueden ser considerada respecto a los problemas que presentan los torrentes, las cuales se detallan a continuación:

- **Acciones en la cuenca:**

Forestación, enfajinado.

Construcción de obras de drenaje.

Colocación de mallas ancladas.

Terraceado de laderas.

Estabilización de deslizamiento.

Construcción de muros y palizadas.

Construcción de traviesas en cárcavas.

- **Acciones en la garganta:**

Av. Chancay N°408 Urb. El
Rosario - Huaral - Lima
T: 2466030
www.gob.pe/ana
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de: <https://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : AC185F42



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Firmado digitalmente por FLORES SANCHEZ Mario Cesar FAU 20520711865 hard Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 16/12/2024 14:35:38

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Construcción de presas.

Protección de márgenes.

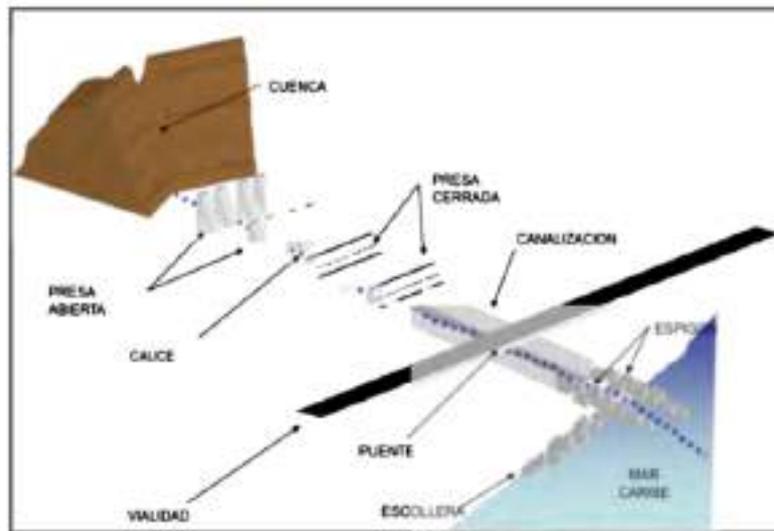
Canalización del cauce.

o **Acciones en el cono de deyección y canal de desagüe:**

Protección de márgenes.

Canalización del cauce.

Figura 9: Sistema de integral para el control de torrentes (Acciones correctivas en los torrentes)



Fuente: Diseño de estructuras de corrección de torrentes y retención de sedimentos

2.8. Respecto a la Verificación Técnica de Campo

Mediante Memorando N°2198-2024-ANA-AAA.CF de fecha 2024-08-19, se solicita a la Administración Local del Agua (ALA) Chillón Rímac Lurín que realice la verificación técnica de campo. Mediante Oficio Múltiple N°0064-2024-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL la ALA Chillón Rímac Lurín notifica a la Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Quives, Municipalidad provincial de Canta y Gobierno Regional de Lima, a fin de que participen de la inspección ocular el día 06 de septiembre de 2024, a horas 10:00 am, en la quebrada Huerta Vieja, asimismo, posterior a la inspección ocular se deberá otorgar una opinión sobre la Delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja.

Mediante Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC del 2024-11-15, la ALA Chillón Rímac Lurín realizó el informe respecto a la verificación técnica de campo (VTC) de la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja en la que se constata lo siguiente:





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Firmado digitalmente por FLORES SANCHEZ Mario Cesar FAU 20520711865 hard Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 16/12/2024 14:35:38

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

- De acuerdo a las acciones de campo, realizada el 17 de setiembre del 2024, conjuntamente con la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, se han establecido nuevos puntos de coordenadas ya que de acuerdo a lo manifestado por los pobladores de la zona quienes se integraron a la inspección de campo, precisan que el cauce de la quebrada entre los hitos HI- 1 al HI- 9 margen izquierdo y los hitos HD1 al HD-13 margen derecha, no sería el más apropiado en el estudio de delimitación de Faja; pues muestran el recorrido natural de la quebrada para lo cual en las coordenadas UTM WGS 300688 m E – 8706379 m N, se observa la continuidad de la huella del cauce de la misma, teniendo el siguiente recorrido según las coordenadas UTM WGS obtenidas en campo:
 - 300684.00 m E - 8706418.00 m S
 - 300649.00 m E - 8706530.00 m S
 - 300641.00 m E - 8706559.00 m S
 - 300612.00 m E - 8706645.00 m S

Figura 10: Propuesta y cauce natural de la quebrada Huerta Vieja



Fuente: Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

- De las propuestas elaboradas por los pobladores, la inspección ocular y de la reunión virtual del día 24/09/2024 se ha propuesto la modificación de los hitos y del recorrido considerando su recorrido natural y se tiene lo siguiente: la faja en ambos márgenes, tienen en total de 39 hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 21 hitos corresponden a la margen derecha y 18 hitos a la margen izquierda, a continuación se muestra a través de una imagen satelital la nueva reubicación de los hitos.





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Figura 11: propuesta de ubicación hitos de acuerdo a la VTC



Fuente: Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

- Respecto a la margen izquierda de la quebrada Huerta Vieja, proponen modificar la proyección de los hitos desde HI-1 hasta el HI-10, por lo que los nuevos hitos propuestos son los siguientes

Figura 12: propuesta de las coordenadas de los hitos de la margen izquierda de acuerdo a la VTC

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
P5 MI	300596	8706636	P1 MI	300657	8706370
P4 MI	300633	8706553	HI-8	300653	8706336
P3 MI	300654	8706452	HI-9	300603	8706197
P2 MI	300663	8706419	HI-10	300575	8706134

Fuente: Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

- Respecto a la margen derecha de la quebrada Huerta Vieja, proponen modificar la proyección de los hitos desde HI-1 hasta el HI-12, por lo que los nuevos hitos propuestos son los siguientes

Figura 13: propuesta de las coordenadas de los hitos de la margen derecha de acuerdo a la VTC

FAJA MARGINAL -QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
P12 MD	300615	8706645	P6 MD	300697	8706383

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

P11 MD	300642	8706578	P5 MD	300696	8706356
P10 MD	300660	8706554	P4 MD	300683	8706296
P9 MD	300672	8706503	P3 MD	300671	8706220
P8 MD	300686	8706454	P2 MD	300641	8706130
P7 MD	300700	8706422	P1 MD	300623	8706066

Fuente: Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

2.9. Límites de Faja Marginal

Los hitos quedan establecidos de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla N° 4. Propuesta de Hitos de la faja marginal – Quebrada principal Huerta Vieja

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-1	300596	8706636	HI-10	300540	8705985
HI-2	300633	8706553	HI-11	300552	8705916
HI-3	300654	8706452	HI-12	300576	8705852
HI-4	300663	8706419	HI-13	300573	8705785
HI-5	300657	8706370	HI-14	300546	8705693
HI-6	300653	8706336	HI-15	300493	8705560
HI-7	300603	8706197	HI-16	300452	8705420
HI-8	300575	8706134	HI-17	300411	8705312
HI-9	300538	8706064	HI-18	300361	8705198

FAJA MARGINAL -QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-1	300615	8706645	HD-12	300623	8706066
HD-2	300642	8706578	HD-13	300614	8705990
HD-3	300660	8706554	HD-14	300629	8705914
HD-4	300672	8706503	HD-15	300658	8705864
HD-5	300686	8706454	HD-16	300665	8705796
HD-6	300700	8706422	HD-17	300641	8705674
HD-7	300697	8706383	HD-18	300585	8705528
HD-8	300696	8706356	HD-19	300560	8705416
HD-9	300683	8706296	HD-20	300511	8705327
HD-10	300671	8706220	HD-21	300445	8705185
HD-11	300641	8706130			

Fuente: Memoria descriptiva

III. Conclusiones

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Del análisis, se concluye que:

- 3.1. Se ha realizado la simulación hidráulica de la quebrada Huerta Vieja para el periodo de retorno de 50 años de acuerdo con lo que solicita el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales.
- 3.2. Se ha recopilado la información base como el modelo digital de elevación presentado por el área de topografía, y caudales líquidos de la quebrada Huerta Vieja.

CUENCA	Caudales Máximos para Periodo de Retorno de 50 años
SU1	2.668 m ³ /s
SALIDA	2.668 m ³ /s

- 3.3. Se ha monumentado un (01) punto geodésico (LIM04178), el cual han sido materializados en hitos de concreto de 40x40cm de lado y 60 cm de alto, con incrustación de placa de bronce de 7cm de diámetro sobre una masa de concreto, el cual sobresale 20 cm del terreno circundante, se ha identificado con el nombre de la institución “Autoridad Nacional del agua”

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
LIM04178	300 661	8 706 367	994

- 3.4. De acuerdo con el informe realizado por el ALA Chillón Rímac Lurín para la verificación técnica de campo, conjuntamente con la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, se han establecido nuevos puntos de coordenadas ya que de acuerdo a lo manifestado por los pobladores de la zona quienes se integraron a la inspección de campo, precisan que el cauce de la quebrada entre los hitos HI- 1 al HI- 9 margen izquierdo y los hitos HD1 al HD-13 margen derecha, no sería el más apropiado en el estudio de delimitación de Faja; pues muestran el recorrido natural de la quebrada para lo cual en las coordenadas UTM WGS 300688 m E – 8706379 m N, se observa la continuidad de la huella del cauce de la misma (Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC del 2024-11-15)
- 3.5. Establecer la delimitación de la Faja Marginal en ambas márgenes en el cauce principal y su tributario, con un total de 39 hitos georreferenciadas y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 18 hitos corresponden a la margen derecha y 21 hitos a la margen izquierda, las mismas que se encuentra detalladas en el cuadro adjunto y los mapas que se muestran en el anexo del presente informe

UBICACIÓN DE TRAMO DE ESTUDIO – Quebrada Huerta Vieja – Longitud 2.00 km						
Cuerpo de Agua	Sector	Inicio		Final		Longitud (km)
		Este	Norte	Este	Norte	
Quebrada Huerta Vieja	Huerta Vieja	300 603	8 706 642	300 420	8 705 189	2,00
N° HITOS		39		Hitos Margen Derecha		Hitos Margen Izquierda
				21		18

- 3.6. Para de la delimitación de la faja marginal se ha considerado lo establecido en el artículo 12 de la RJ 332-2016-ANA, así como el índice de peligrosidad (HR), huella máxima ocurrido en



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

eventos pasados y el flujo de detritos de las quebradas ubicadas en ambas márgenes.

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-1	300596	8706636	HI-10	300540	8705985
HI-2	300633	8706553	HI-11	300552	8705916
HI-3	300654	8706452	HI-12	300576	8705852
HI-4	300663	8706419	HI-13	300573	8705785
HI-5	300657	8706370	HI-14	300546	8705693
HI-6	300653	8706336	HI-15	300493	8705560
HI-7	300603	8706197	HI-16	300452	8705420
HI-8	300575	8706134	HI-17	300411	8705312
HI-9	300538	8706064	HI-18	300361	8705198

FAJA MARGINAL -QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-1	300615	8706645	HD-12	300623	8706066
HD-2	300642	8706578	HD-13	300614	8705990
HD-3	300660	8706554	HD-14	300629	8705914
HD-4	300672	8706503	HD-15	300658	8705864
HD-5	300686	8706454	HD-16	300665	8705796
HD-6	300700	8706422	HD-17	300641	8705674
HD-7	300697	8706383	HD-18	300585	8705528
HD-8	300696	8706356	HD-19	300560	8705416
HD-9	300683	8706296	HD-20	300511	8705327
HD-10	300671	8706220	HD-21	300445	8705185
HD-11	300641	8706130			

IV. RECOMENDACIÓN

- 4.1. El gobierno local debe proponer planes a mediano y largo plazo para el ordenamiento territorial, que conlleva a desarrollar actividades de reubicación de la población ubicada en zonas de riesgo, dado que los proyectos estructurales tienen un tiempo de vida útil determinado.
- 4.2. El gobierno local debe tomar en consideración las recomendaciones y/o alternativas mostradas en el presente informe con el objetivo de defender las unidades productoras como los centros poblados, así mismo la posible afectación de áreas agrícolas aledañas, carreteras, etc.
- 4.3. La delimitación de faja marginal de la quebrada Huerta Vieja fue tomando los estudio de topografía (considerando las condiciones actuales de la zona), hidrología y modelación



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Firmado digitalmente por FLORES
SANCHEZ Mario Cesar FAU
20520711865 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16/12/2024 14:35:38

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

hidráulica para el periodo de retorno de 50 años, sin embargo, si se plantea la modificación de los hitos, las condiciones de la zona en estudio deben mejorarse, mostrándose obras de protección y canalización que permita que las condiciones sean favorables y siendo demostrado técnicamente con la metodología realizada en el presente estudio.

- 4.4. Comunicar al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, municipalidad Provincial de Canta, Gobierno Regional de Lima, Organismos de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres – CENEPRED, Oficina Registral de Lima -SUNARP, Instituto Nacional de Defensa Civil, Superintendencia de Bienes Nacionales, a fin de realizar las acciones pertinentes para su conocimiento en el desarrollo del ámbito y su preservación como dominio público hidráulico de la faja marginal delimitada, y remitir copia a la Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín, conforme a Ley
- 4.5. Derivar al área legal para continuar con el trámite correspondiente.

Atentamente,

FIRMADO DIGITALMENTE

MARIO CESAR FLORES SANCHEZ

PROFESIONAL

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA - CAÑETE FORTALEZA



INFORME TÉCNICO N° 016-2024/P ALACHRL 30/JEAC

A : **Juan Eduardo Muñoz Alva**
Administrador Local de Agua
Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín

ASUNTO : Delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja progresivas
Km 0+000 al 2+000

REFERENCIA : MEMORANDO N° 2198-2024-ANA-AAA.CF

FECHA : Canta, 13 de noviembre del 2024

Tengo el agrado de dirigirme a usted con relación al estudio realizado, mediante el cual se presenta el informe técnico de la referencia, sobre “Delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja, progresivas Km 0+000 al 2+000”, distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, departamento de Lima; al respecto, informo a su despacho lo siguiente:

I. ANTECEDENTES

- 1.1 De acuerdo con lo establecido por el Artículo 74° de la Ley de Recursos Hídricos, en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios.
- 1.2 El Artículo 112° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, determina que las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico, están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales; las dimensiones en una o ambos márgenes de un cuerpo de agua son fijados por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos por el reglamento, respetando los usos y costumbres.
- 1.3 Mediante Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA, de fecha 28 de diciembre del 2016, la Autoridad Nacional del Agua, aprueba el reglamento de la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua naturales y artificiales.
- 1.4 Mediante coordinación entre la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza (AAA- CF) y las Administraciones Locales de Agua, se establece la necesidad de la realización de los estudios técnicos para establecer la delimitación de la Faja Marginal en las Cuencas de para establecer la delimitación de la Faja Marginal en las Cuencas de los ríos del ámbito de la AAA CF, con la finalidad de proponer la ubicación y diseño de los hitos de delimitación correspondientes.
- 1.5 Mediante MEMORANDO N° 2198-2024-ANA-AAA.CF, de fecha 20 de agosto del 2024, se traslada el Informe Técnico N° 0135-2024-ANA-AAA.CF/AFP, de la conclusión de los estudios básicos de delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja, y solicita la verificación técnica de campo con la participación de los gobiernos locales o regionales.

- 1.6 Mediante Oficio Múltiple N°0064-2024-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL, de fecha 02 de setiembre de 2024, invita a participar a la inspección ocular del día 06 de setiembre del 2024, y solicita opinión de las entidades para la delimitación de la Faja Marginal propuesta.
- 1.7 Mediante Acta de Verificación Técnica de Campo N° 0024-2024-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL/JMSS, de fecha 17 de setiembre del 2024, se ha efectuado la inspección ocular a fin de evaluar la situación actual y realizar la opinión respectiva en cuanto a la propuesta de la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja.

II. ANÁLISIS

2.1 Ubicación: Política, Geográfica e hidrográfica.

✓ **Ubicación Política.**

Distrito: **Santa Rosa de Quives** Provincia: **Canta** Región: **Lima**

✓ **Ubicación Geográfica.**

La cuenca de la quebrada Huerta Vieja fue delimitada hasta la desembocadura en el río Chillón, para lo cual se tiene los vértices que conforman la cuenca de la quebrada Huerta Vieja.

Tabla 1: Ubicación Geográfica

Vértice	Coordenadas UTM datum WGS84 zona 18 Sur	
	Este	Norte
Superior izquierdo	297821.75	8706654.70
Superior derecho	302739.36	8706654.70
Inferior izquierdo	297821.75	8700577.41
Inferior derecho	302739.36	8700577.41

Coordenadas UTM (WGS 84) Zona 18 sur.

✓ **Ubicación Hidrográfica.**

La cuenca de la quebrada Huerta Vieja se encuentra dentro de la cuenca Chillón; identificado con código Pfafstetter (nivel 6): UH 137556. La cuenca Chillón se encuentra en la vertiente del Pacífico y limita por el Norte con la Cuenca Chancay - Huaral, por el Este con la Cuenca Mantaro, por el Sur con cuenca Rímac y por el oeste con las Intercuencas 137555 y 137557.

Tabla 2: Codificación Pfafstetter en la que se encuentra la quebrada Huerta Vieja

UH-137556		
Área		2210.51 km ²
Nivel	Codificación	Nombre
1	1	Región Hidrográfica del Pacífico
2	13	Unidad Hidrográfica 13
3	137	Unidad Hidrográfica 137
4	1375	Unidad Hidrográfica 1375
5	13755	Unidad Hidrográfica 13755
6	137556	Chillón

- 2.2 El estudio “Delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja” longitud 2.00 Km, se encuentra desarrollado de conformidad al artículo N° 09 “Modelamiento hidráulico” del reglamento para la determinación y mantenimiento de fajas marginales, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA-28 de diciembre de 2016.
- 2.3 La faja marginal se ha conformado en base a los resultados hidráulicos de inundación, para la quebrada Huerta Vieja un caudal máximo de 2.67 m³/s, transcurrido en un tiempo de retorno de 50 años y aplicando los criterios del “Reglamento para la delimitación y mantenimiento de las fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos naturales y artificiales”.
- 2.4 Para la delimitación de la faja marginal se ha considerado que en la provincia de Canta se identificó 26 zonas críticas, principalmente inundaciones, erosiones fluviales y derrumbes; cercano a la zona de proyecto tenemos al sector Santo Toribio y Huerta Vieja (Ubicado en las coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S: 303000 m E, 870130 m N), en la que tenemos Área sujeta a avalancha de rocas, erosión de laderas y huaicos pudiendo afectar poblados aguas abajo como Santo Toribio y Huerta Vieja, en la margen izquierda del río Chillón.

DE ACUERDO A LA PROPUESTA DE LA FAJA MARGINAL:

- 2.5 De acuerdo a la Propuesta se tiene lo siguiente: la faja en ambos márgenes, tienen en total de 41 hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 20 hitos corresponden a la margen derecha y 21 hitos a la margen izquierda, las misma que se encuentra detalladas en el cuadro del presente informe.

UBICACIÓN DE TRAMO DE ESTUDIO – Quebrada Huerta Vieja – Longitud 2.00 km						
Cuerpo de Agua	Sector	Inicio		Final		Longitud (km)
		Este	Norte	Este	Norte	
Quebrada Huerta Vieja	Huerta Vieja	300 263	8 706 581	300 420	8 705 189	2,00
N° HITOS		41	Hitos Margen Derecha		Hitos Margen Izquierda	
			21		20	

Quedando de acuerdo con el siguiente detalle:

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-1	300 293	8 706 586	HD-12	300 605	8 706 067
HD-2	300 311	8 706 527	HD-13	300 614	8 705 990
HD-3	300 340	8 706 446	HD-14	300 629	8 705 914
HD-4	300 371	8 706 417	HD-15	300 658	8 705 864
HD-5	300 470	8 706 379	HD-16	300 665	8 705 796
HD-6	300 533	8 706 360	HD-17	300 641	8 705 674
HD-7	300 600	8 706 368	HD-18	300 585	8 705 528
HD-8	300 653	8 706 336	HD-19	300 560	8 705 416
HD-9	300 661	8 706 292	HD-20	300 511	8 705 327
HD-10	300 649	8 706 215	HD-21	300 445	8 705 185
HD-11	300 619	8 706 126			

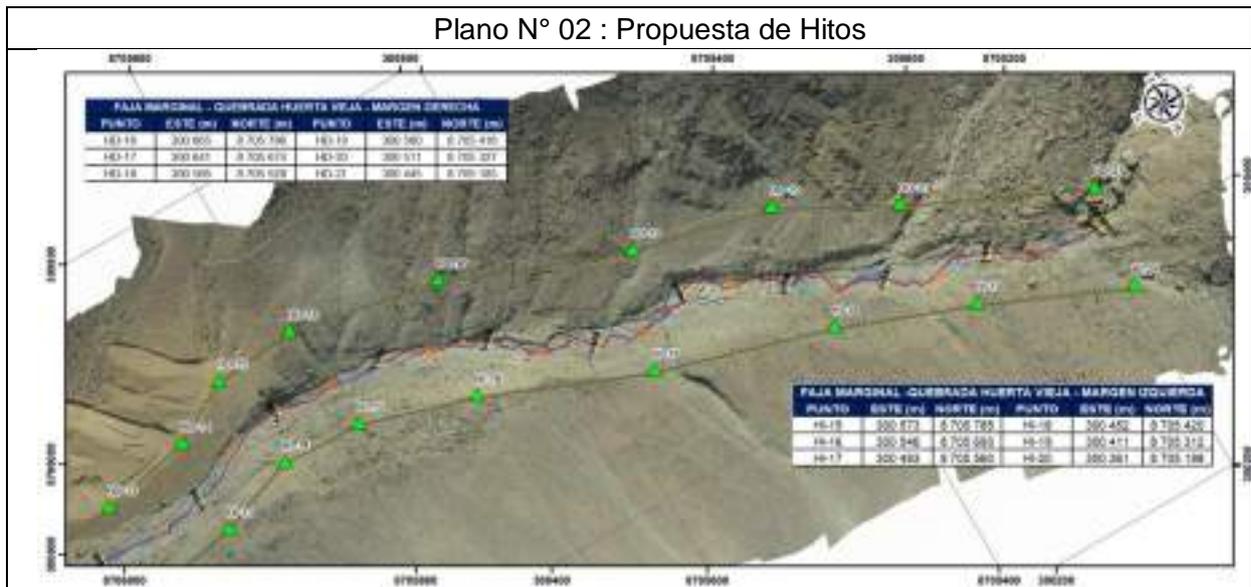
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
 de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-1	300 243	8 706 586	HI-11	300 538	8 706 064
HI-2	300 243	8 706 508	HI-12	300 540	8 705 985
HI-3	300 262	8 706 407	HI-13	300 552	8 705 916
HI-4	300 327	8 706 377	HI-14	300 576	8 705 852
HI-5	300 421	8 706 340	HI-15	300 573	8 705 785
HI-6	300 512	8 706 328	HI-16	300 546	8 705 693
HI-7	300 579	8 706 314	HI-17	300 493	8 705 560
HI-8	300 627	8 706 296	HI-18	300 452	8 705 420
HI-9	300 597	8 706 201	HI-19	300 411	8 705 312
HI-10	300 566	8 706 140	HI-20	300 361	8 705 198

Plano N° 01 : Propuesta de Hitos



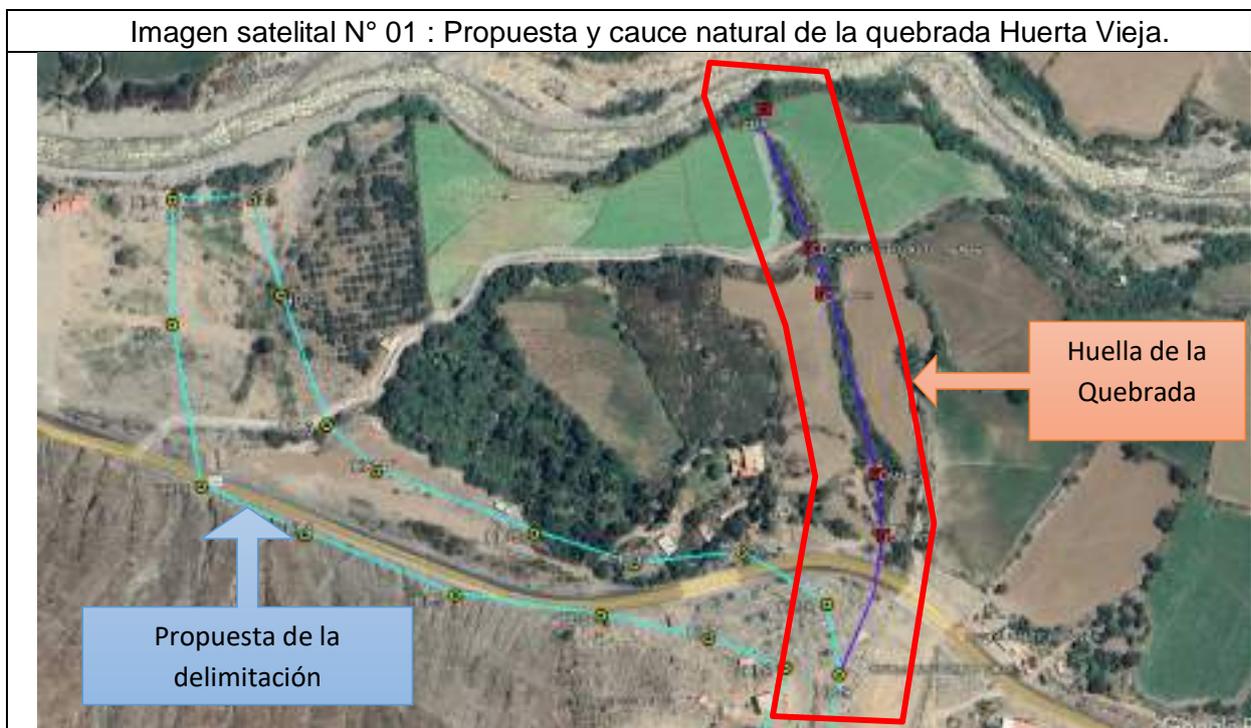
Plano N° 02 : Propuesta de Hitos



DE LA VERRIFICACION TECNICA DE CAMPO:

2.6 De acuerdo a las acciones de campo, realizada el 17 de setiembre del 2024, conjuntamente con la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, se han establecido nuevos puntos de coordenadas ya que de acuerdo a lo manifestado por los pobladores de la zona quienes se integraron a la inspección de campo, precisan que el cauce de la quebrada entre los hitos HI- 1 al HI- 9 margen izquierdo y los hitos HD- 1 al HD-13 margen derecha, no sería el más apropiado en el estudio de delimitación de Faja; pues muestran el recorrido natural de la quebrada para lo cual en las coordenadas UTM WGS 300688 m E – 8706379 m N, se observa la continuidad de la huella del cauce de la misma, teniendo el siguiente recorrido según las coordenadas UTM WGS obtenidas en campo:

- 300684.00 m E - 8706418.00 m S
- 300649.00 m E - 8706530.00 m S
- 300641.00 m E - 8706559.00 m S CD_ALCACOTO_ALTO - BADEN
- 300612.00 m E - 8706645.00 m S



2.7 De las propuestas elaboradas por los pobladores, la inspección ocular y de la reunión virtual del día 24/09/2024 se ha propuesto la modificación de los hitos y del recorrido considerando su recorrido natural y se tiene lo siguiente: la faja en ambas márgenes, tienen en total de 39 hitos georreferenciadas y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 21 hitos corresponden a la margen derecha y 18 hitos a la margen izquierda, las misma que se encuentra detalladas en el cuadro del presente informe.

UBICACIÓN DE TRAMO DE ESTUDIO – Quebrada Huerta Vieja – Longitud 2.00 km						
Cuerpo de Agua	Sector	Inicio		Final		Longitud (km)
		Este	Norte	Este	Norte	
Quebrada Huerta Vieja	Huerta Vieja	300 263	8 706 581	300 420	8 705 189	2,00
N° HITOS		39	Hitos Margen Derecha		Hitos Margen Izquierda	
			21		18	

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Imagen satelital N° 02 : Quebrada Huerta Vieja



2.8 Quedando de acuerdo con el siguiente detalle:

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
P5 MI	300596.00	8706636.00	HI-12	300540.00	8705985.00
P4 MI	300633.00	8706553.00	HI-13	300552.00	8705916.00
P3 MI	300654.00	8706452.00	HI-14	300576.00	8705852.00
P2 MI	300663.00	8706419.00	HI-15	300573.00	8705785.00
P1 MI	300657.00	8706370.00	HI-16	300546.00	8705693.00
HI-8	300653.00	8706336.00	HI-17	300493.00	8705560.00
HI-9	300603.00	8706197.00	HI-18	300452.00	8705420.00
HI-10	300575.00	8706134.00	HI-19	300411.00	8705312.00
HI-11	300538.00	8706064.00	HI-20	300361.00	8705198.00

FAJA MARGINAL -QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
P12 MD	300615.00	8706645.00	P1 MD	300623.00	8706066.00
P11 MD	300642.00	870658.00	HD-13	300614.00	8705990.00
P10 MD	300660.00	8706554.00	HD-14	300629.00	8705914.00
P9 MD	300672.00	8706503.00	HD-15	300658.00	8705864.00
P8 MD	300686.00	8706454.00	HD-16	300665.00	8705796.00
P7 MD	300700.00	8706422.00	HD-17	300641.00	8705674.00
P6 MD	300697.00	8706383.00	HD-18	300585.00	8705528.00
P5 MD	300696.00	8706356.00	HD-19	300560.00	8705416.00
P4 MD	300683.00	8706296.00	HD-20	300511.00	8705327.00
P3 MD	300671.00	8706220.00	HD-21	300445.00	8705185.00
P2 MD	300641.00	8706130.00			

2.9 Mediante Acta de Determinación de la faja marginal de la quebrada Huerta vieja, modalidad virtual realizada el 24 de setiembre del 2024, se llegaron a los siguientes acuerdos:

1. Se determinó la faja marginal de la quebrada HUERTA VIEJA en ambas márgenes, confirmando la propuesta con opinión favorable de los funcionarios de la Municipalidad de Santa Rosa de Quives.
2. Proceso de la evaluación de los resultados del modelamiento hidráulico, se identificó un punto crítico y que corresponde a la Municipalidad de Santa Rosa de Quives con apoyo técnico de la Municipalidad Provincial de Canta, la elaboración de un informe para sustentar y establecer que se realice la modificación de la vía carretera Lima Canta en este caso a Provias Nacional del Ministerio de Transporte y comunicaciones, además se elaborara y trasladara la opinión mediante un informe a la ALA CHRL.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración
de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

ACTA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL DE LA QUEBRADA HUERTA VIEJA

Reunidos en la modalidad virtual convocada por la Administración Local del Agua Chillón Rimac Lurin; siendo las 14:30 horas del día 24 de setiembre del 2024, se reunieron representantes de la Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Quives, representante de la Municipalidad Provincial de Canta, Población aledaña y representantes de la Autoridad Nacional del Agua; con la finalidad de mostrar el estudio, verificar los puntos de coordenadas para la delimitación de la faja marginal de la quebrada HUERTA VIEJA donde se efectuó la verificación técnica de campo los días 06/09/2024 y 17/09/2024 en el lugar indicado y estableciendo los criterios necesarios para la determinación de la faja:

1. Se efectuó el recorrido en la quebrada HUERTA VIEJA de los cuales se tomaron puntos de coordenadas y tomas fotográficas.
2. Posteriormente del planteamiento efectuado por la ANA, se verificaron conjuntamente con el equipo técnico de la Municipalidad de Santa Rosa de Quives y población aledaña a la quebrada Huerta Vieja en gabinete en la que se propusieron la modificación de los hitos en la Margen Derecha a partir del Hito 13 hacia la desembocadura al río Chillón y desde la margen izquierda el Hito 11 hasta la desembocadura del río Chillón.

ACUERDOS

- i. Se determino la faja marginal de la quebrada HUERTA VIEJA en ambas márgenes, confirmando la propuesta con la opinión favorable de los funcionarios de la Municipalidad de Santa Rosa de Quives.
- ii. Proceso de la evaluación de los resultados del modelamiento hidráulico, se identificó un punto crítico y que corresponde a la Municipalidad de Santa Rosa de Quives con apoyo técnico de la Municipalidad Provincial de Canta, la elaboración un informe para sustentar y establecer que se realice la Modificación de la vía carreta Lima Canta en este caso a Provias Nacional del Ministerio de Transporte y comunicaciones, además de elaborará y trasladará la opinión mediante un informe a la ALA CHRL.
- iii. El ALA CHRL elaborará el informe técnico sustentado con la opinión favorable de los gobiernos municipales (Santa Rosa de Quives y Canta) y trasladará la opinión a la AAA.CF para la elaboración del informe final y emitir la resolución directoral de delimitación de faja marginal.
- iv. La población manifestó mantener la descarga natural de la quebrada Huerta Vieja hacia el río Chillón.

En señal de conformidad firman los presentes, siendo el mismo lugar, fecha y las 18:00 horas, se anexa hoja de asistencia.



JOSE MARIA SILVA SOLORIZANO
INGENIERO AGRICOLA
CIP: 112187



Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Quives
Ing. *[Signature]* **Camero Huacho**
Gerente de Desarrollo Urbano
CIP: 205323

[Signature]
Jose Luis Huacho

Calle Los Talloanes N° 330
Urb. San Eugenio - Ulice -
Lima
T: 593-7215 / 593-7209
www.gob.pe/ana
www.gob.pe/midagri

Este es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de <https://singed.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave: «CLAVE_ACCESO»



III. CONCLUSIONES

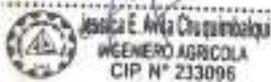
- 3.1. Establecer la delimitación de la Faja Marginal en ambas márgenes en el cauce principal de la quebrada Huerta Vieja, con una longitud de 2 km, y un total de 39 hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 21 hitos corresponden a la margen derecha y 18 hitos a la margen izquierda, las misma que se encuentra detalladas en el ítem 2.8 del presente informe.
- 3.2. La Delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja progresivas Km 0+000 al 2+000 (2 Km) forma parte de los anexos del presente informe.

IV. RECOMENDACIONES

- 4.1 Que la Municipalidad de Santa Rosa de Quives gestione la MONUMENTACION de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja progresivas Km 0+000 al 2+000 (2 Km una vez emitida la Resolución Directoral por parte de la AAA Cañete Fortaleza.
- 4.2 Que el Gobierno Local gestione o a través del Gobierno Regional de Lima u otra entidad competente la limpieza y descolmatación periódica e instalación de defensas rivereñas, a través de un documento técnico que debe ser revisado por la Autoridad Nacional del Agua.
- 4.3 De manera conjunta, entre la Municipalidad de Santa Rosa de Quives y la Autoridad Nacional del Agua, sensibilizar a la población sobre los riesgos y la importancia de los recursos hídricos y sus bienes asociados.
- 4.4 Se recomienda la elaboración del informe de la modificación de la vía carretera Lima Canta en este caso a Provias Nacional del Ministerio de Transporte y comunicaciones, según acuerdos realizados en la reunión virtual y plasmados en el Acta de Determinación de la faja marginal de la quebrada Huerta vieja, además de trasladar la opinión mediante un informe a la Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín.
- 4.5 Remitir el presente informe técnico a la AAA Cañete Fortaleza.

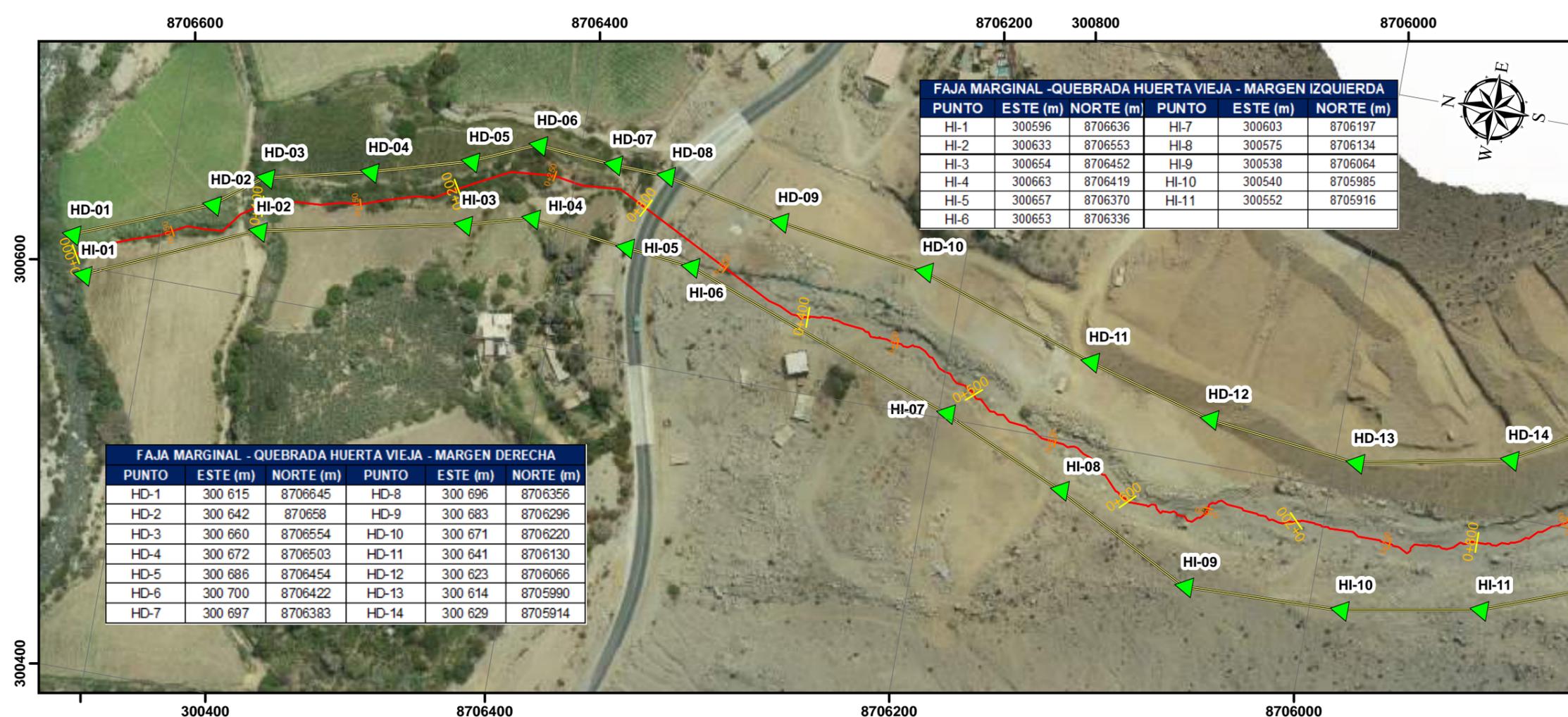
Es cuanto tengo que informo a usted, para los fines pertinentes.

Atentamente,

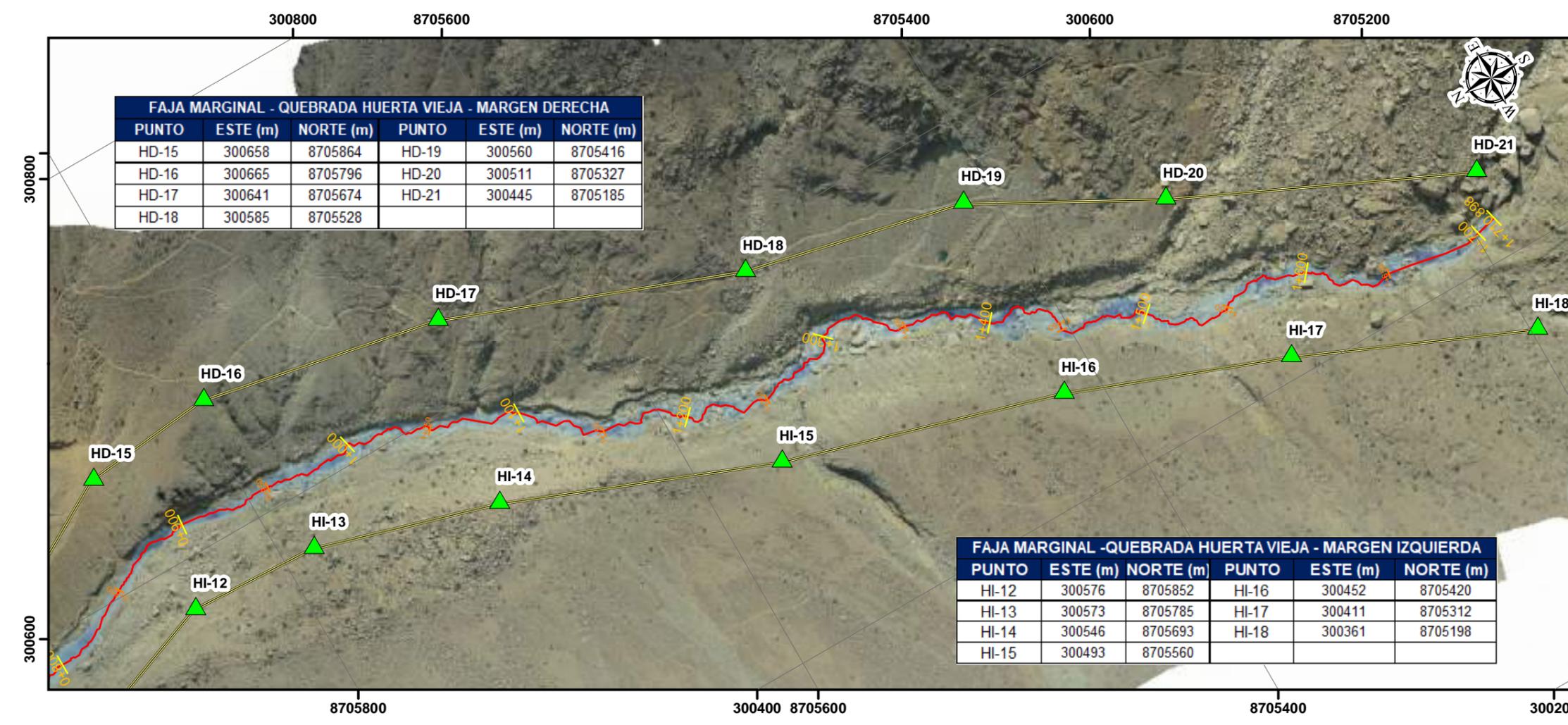
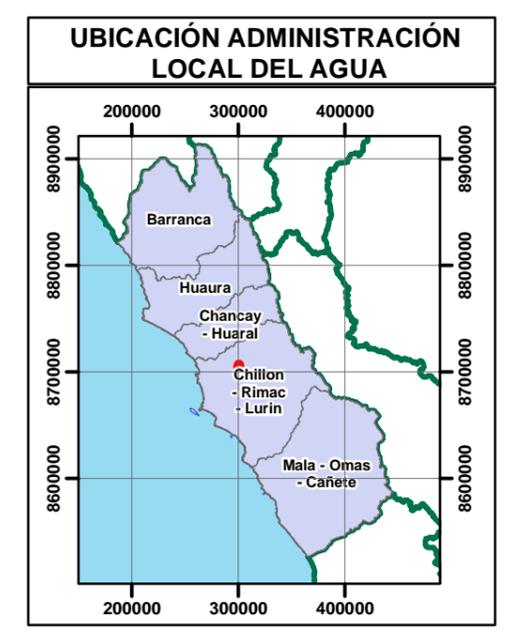
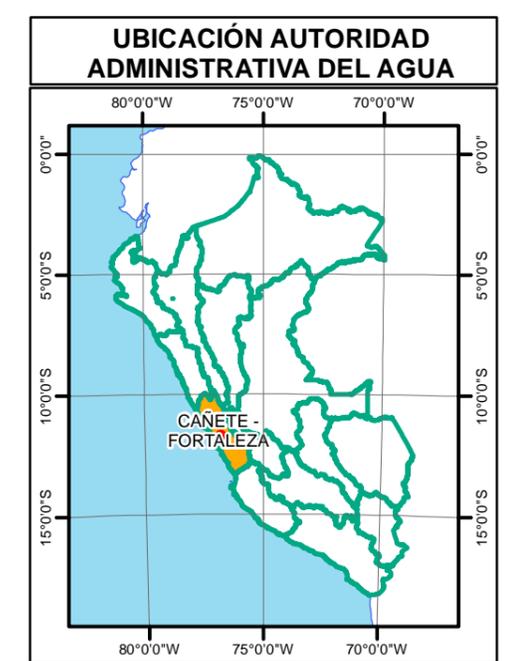
Jessica E. Anza Chiquimbato
INGENIERO AGRICOLA
CIP N° 233096

PRESTACION_ALACHRL30
LOCADOR DE SERVICIO
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA CHILLON RIMAC LURIN



FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-1	300596	8706636	HI-7	300603	8706197
HI-2	300633	8706553	HI-8	300575	8706134
HI-3	300654	8706452	HI-9	300538	8706064
HI-4	300663	8706419	HI-10	300540	8705985
HI-5	300657	8706370	HI-11	300552	8705916
HI-6	300653	8706336			

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-1	300 615	8706645	HD-8	300 696	8706356
HD-2	300 642	870658	HD-9	300 683	8706296
HD-3	300 660	8706554	HD-10	300 671	8706220
HD-4	300 672	8706503	HD-11	300 641	8706130
HD-5	300 686	8706454	HD-12	300 623	8706066
HD-6	300 700	8706422	HD-13	300 614	8705990
HD-7	300 697	8706383	HD-14	300 629	8705914



FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-15	300658	8705864	HD-19	300560	8705416
HD-16	300665	8705796	HD-20	300511	8705327
HD-17	300641	8705674	HD-21	300445	8705185
HD-18	300585	8705528			

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-12	300576	8705852	HI-16	300452	8705420
HI-13	300573	8705785	HI-17	300411	8705312
HI-14	300546	8705693	HI-18	300361	8705198
HI-15	300493	8705560			

LEYENDA

- ▲ Hitos
- Eje de Cauce
- Faja Marginal



Firmado digitalmente por
 PÁCO NARVAEZ
 Alex Fabio FAU
 20520711865 hard
 Motivo: Doy V° B°



AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA
CANETE - FORTALEZA
ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA
CHILLÓN - RIMAC - LURIN
 PROPUESTA DE FAJA MARGINAL
 QUEBRADA HUERTA VIEJA
 PROG. 0+000 A 2+000
 Escala: 1:2,500
 Fecha: Diciembre 2024
 Proyeccion: Universal Transverse Mercator
 Datum: World Geodesic System 1984
 Zona: 18 Sur
 Fuente: AAA I CAÑETE FORTALEZA
 Elaborado: Ing. V.O.O.A



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

MEMORIA DEL ESTUDIO TOPOGRAFICO, HIDROLOGICO E HIDRAULICO DE LA QUEBRADA HUERTA VIEJA

Delimitación de faja marginal de la quebrada Huerta Vieja



METODOLOGÍA : Modelamiento Hidráulico

UBICACIÓN : Distrito : Santa Rosa de Quives

Provincia : Lima

Región : Lima

INDICE

1.	ASPECTOS GENERALES	6
1.1.	INTRODUCCIÓN	6
1.2.	OBJETIVOS	7
1.2.1.	Objetivo General	7
1.2.2.	Objetivo Específicos	7
1.3.	UBICACIÓN	7
1.3.1.	Ubicación política	7
1.3.2.	Ubicación y clasificación hidrográfica	8
1.3.3.	Ubicación geográfica	9
1.3.4.	Ubicación administrativa	9
1.3.5.	Accesibilidad	10
1.4.	INFORMACIÓN BÁSICA	11
1.4.1.	Información Hidrológica	11
1.4.1.1.	Distribución Espacial – Isoyetas de Máximas	12
1.4.1.2.	Eventos de tormenta	18
1.4.1.3.	Hietograma de diseño del ISWS, 1974	19
1.4.1.4.	Modelado hidrológico	21
1.4.1.5.	Definición del software HEC-HMS	24
1.4.1.6.	Modelo Precipitación - Escorrentía	25
1.4.1.7.	Inputs del modelo HEC-HMS	26
1.4.1.8.	Modelo de perdidas	29
1.4.1.9.	Modelo de transformación	33
1.4.1.10.	Caudal base	34
1.4.1.11.	Modelo meteorológico	34
1.4.1.12.	Método de precipitación	35
1.4.1.13.	Caudales asociados a diferentes periodos de retorno	35
1.4.1.14.	Selección y sustento de período de retorno y caudal de diseño	36
1.4.2.	Información Topográfica	37
1.4.2.1.	Poligonal GPS amarrado a la Red Geodésica Nacional	37
1.4.2.2.	Modelo Digital de Elevación	38
1.4.2.3.	Eje del cauce	38
1.4.2.4.	Pendiente del cauce	40
1.4.3.	Zonas críticas	43
2.	SIMULACIÓN HIDRÁULICA	43
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL MODELO	44
2.2.	CONFIGURACION DEL MODELO	44
2.2.1.1.	Flujo de Procesos	44
2.2.1.2.	Dominio malla Computacional	44
2.2.1.3.	Coeficientes de pérdida de energía (zonificación de rugosidad)	45
2.2.1.4.	Condiciones de Contorno	51
2.2.1.5.	Datos reológicos	55
2.2.1.6.	Tiempo de cómputo	59
2.3.	SIMULACIÓN HIDRÁULICA Y ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL PERIODO DE RETORNO	61
2.3.1.	Resultados TR 50 años	61
2.3.2.	Índice y nivel de peligrosidad extrema.	63
2.3.3.	Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce.	66
3.	DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL	69
3.1.	Dimensiones de la faja marginal	70
3.2.	Verificación Técnica de Campop	71
3.3.	Límites de la faja marginal	74
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
4.1.	CONCLUSIONES	74
4.2.	RECOMENDACIONES	77

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación política	8
Figura 2: Ubicación hidrográfica de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja	9
Figura 3: Ubicación administrativa de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja	10
Figura 4: Accesibilidad a Huerta Vieja	10
Figura 5: Ubicación de estaciones	12
Figura 6. Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno	18
Figura 7. Mapa de regiones de precipitación máxima del Perú	19
Figura 8. Hietograma subcuenca quebrada Huerta Vieja	21
Figura 9: Proceso de escorrentía de una cuenca	22
Figura 10. Modelo conceptual del HEC-HMS	23
Figura 11: Esquema topológico del modelo hidrológico	24
Figura 12: Fill de la zona de estudio	25
Figura 13.: Procesamiento en HEC-HMS	26
Figura 14: Modelo conceptual para generación de Número de Curva	30
Figura 15: Mapa Numero de Curva – Condiciones normales, secas y húmedas.....	30
Figura 16: Análisis de Cobertura Vegetal – Quebrada Huerta Vieja	31
Figura 17: Curva Número Condiciones Normales (AMC II) – Quebrada Huerta Vieja.....	31
Figura 18: Hidrogramas para cada periodo retorno – Qda Huerta Vieja	35
Figura 19: Punto de control de orden “C”.....	37
Figura 20: Modelo digital de elevaciones en la Quebrada HUERTA VIEJA	38
Figura 21: Ejes del cauce - Quebrada Huerta Vieja.....	39
Figura 22: Eje de cauce de la Quebrada Huerta Vieja – Km 0+000 – km 0+550	39
Figura 23: Eje de cauce de la Quebrada Huerta Vieja – Km 0+550 – km 2+000	40
Figura 24: Pendiente tramo 1 – Quebrada Huerta Vieja: 0+000 - 0+400 Km.....	41
Figura 25: Pendiente tramo 2 – Quebrada Huerta Vieja: 0+400 - 0+800 Km.....	41
Figura 26: Pendiente tramo 3 – Quebrada Huerta Vieja: 0+800 - 1+200 Km.....	42
Figura 27: Pendiente tramo 4 – Quebrada Huerta Vieja: 1+200 - 1+600 Km.....	42
Figura 28: Pendiente tramo 5 – Quebrada Huerta Vieja: 1+600 - 2+000 Km.....	43
Figura 29: Diagrama de flujo para realizar la modelación numérica – HEC-RAS 6.3.1	44
Figura 30: Tamaño de malla Quebrada Huerta Vieja: HEC RAS 6.3.1	45
Figura 31: Cultivo instalado en la zona inundable	46
Figura 32: áreas eriazas en las zonas altas y márgenes.....	47
Figura 33: Áreas eriazas ubicado cerca de la carretera	47
Figura 34: Zona de Quebrada	48
Figura 35: Presencia de viviendas, calles, como parte del área inundable.....	49
Figura 36: Camino asfaltado intercepta en la Qda. HUERTA VIEJA.....	49
Figura 37: Canal de concreto	50
Figura 38: Rugosidades en el modelo hidráulico	51
Figura 39: Ingreso de las condiciones de contorno – TR100	52
Figura 40: Condición de entrada interna.....	53
Figura 41: Ingreso del flujo no permanente – TR50.....	53
Figura 42: Ingreso del hidrograma para el escenario – TR 50	54
Figura 43: Condiciones de salida de flujo en el modelo HEC-RAS	54
Figura 44: Parámetros definidos por el usuario de la ecuación cuadrática de O'Brien y su ubicación en la interfaz no newtoniana.	55
Figura 45: Concentración volumétrica de sólidos definida por el usuario.	56
Figura 46: Concentración Volumétrica – Quebrada Huerta Vieja.....	57
Figura 47: Opción de volumen: De fluido a granel.....	58
Figura 48: Definición del esfuerzo cortante.....	58
Figura 49: Definición del esfuerzo cortante.....	59
Figura 50: Definición del tamaño de partícula representativo.....	59
Figura 51: Tiempo de simulación	59
Figura 52: Tiempo de simulación	60
Figura 53: Intervalo de tiempo computacional	60
Figura 54: Hidrograma de entrada y salida y tirantes máximos: TR 50 – Zona de garganta	61
Figura 55: Velocidades Máximas TR 50 – Zona de garganta.....	62

Figura 56: Hidrograma de entrada y salida TR 50 – Zona aluvial	62
Figura 57: Tirantes en encauzamientos parte baja para TR 50.....	63
Figura 58: Velocidades en zonas urbanas para TR 50.....	63
Figura 59: Descripción del proceso de cálculo de heridos y muertos según la DEFRA.....	64
Figura 60: Índice de peligrosidad – Zona de garanta	66
Figura 61: Índice de peligrosidad zona aluvial	66
Figura 62: Sistema de integral para el control de torrentes (Acciones correctivas en los torrentes)	69
Figura 63: Propuesta y cauce natural de la quebrada Huerta Vieja	72
Figura 64: propuesta de ubicación hitos de acuerdo a la VTC	72

Índice de tablas

Tabla 1: Ubicación política de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja.....	7
Tabla 2: Codificación Pfafstetter en la que se encuentra la quebrada Huerta Vieja	8
Tabla 3: Ubicación geográfica de los vértices que conforman la cuenca de la quebrada Huerta Vieja delimitada hasta su desembocadura en el río Chillón	9
Tabla 4: Vías de acceso a la Quebrada Huerta Vieja	11
Tabla 5: Estaciones utilizadas en el análisis de Precipitación Máxima en 24 horas	11
Tabla 6: Precipitaciones máximas (mm) para diferentes períodos de retorno	11
Tabla 7: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 2 años.....	14
Tabla 8: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 5 años.....	14
Tabla 9: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 10 años.....	15
Tabla 10: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 25 años.....	15
Tabla 11: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 50 años.....	16
Tabla 12: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 100 años.....	16
Tabla 13: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 250 años.....	17
Tabla 14: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 500 años.....	17
Tabla 15: Precipitaciones máximas para cada subunidad de quebrada Huerta Vieja	18
Tabla 16: Relación entre la distribución de cuartiles y la duración de la tormenta	19
Tabla 17: Coeficientes de duración adimensionales de las curvas HUFF para cada clasificación y para las probabilidades de ocurrencia de 10%, 50% y 90% para la región P4	20
Tabla 18: Parámetros principales en la subcuenca HUERTA VIEJA	25
Tabla 19: Resumen de parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja y para el modelo HEC-HMS.....	28
Tabla 20: Rango de Curva Número Condiciones Húmedas (AMC III) – Quebrada HUERTA VIEJA.....	32
Tabla 21: Rango de abstracciones iniciales – Quebrada Huerta Vieja.....	33
Tabla 22: Resumen de caudales picos en elementos hidrológicos	36
Tabla 23: Caudales máximos recomendados para delimitación de fajas marginales	37
Tabla 24: Pendiente Quebrada Huerta Vieja	40
Tabla 25: Dimensiones de la malla computacional adoptada.....	45
Tabla 26: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000	50
Tabla 27: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning para colchones Reno, Gaviones y Geomantas	50
Tabla 28: Cuadro Resumen de las rugosidades de Manning	50
Tabla 29: Asignación del coeficiente del flujo	65
Tabla 30: Valor de HR con la descripción correspondiente y el tipo de peligrosidad.....	65
Tabla 31: Ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con el tipo de fuente	71
Tabla 32: Propuesta de Hitos de la faja marginal	74

ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

La informalidad presentada en la ocupación de los espacios en márgenes de los cauces de ríos y quebradas (activas y no activas) por diferentes motivos es una preocupación latente para las autoridades; ya que generan barreras artificiales sin ningún criterio técnico que no permite el continuo desarrollo de los cauces naturales hasta lograr su equilibrio y más bien por el contrario son las causas de su desequilibrio hidráulico y su exposición de alto riesgo.

Es por ello, que la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, establece que El Estado dentro de la gestión prospectiva de riesgos delega a la Autoridad Nacional de Aguas (ANA), la acción reguladora que acompaña a los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial y a la implementación de la gestión correctiva de riesgos. La ANA, fomenta programas integrales de control de avenidas, desastres naturales o artificiales y prevención de daños por inundaciones o por otros impactos del agua y sus bienes asociados, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales

De acuerdo con lo establecido por el Artículo 74° de la Ley de Recursos Hídricos, en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios.

El Artículo 112° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, determina que las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico, están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales; las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijados por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos por el reglamento, respetando los usos y costumbres.

El artículo 114° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, se determinan los criterios para la delimitación de las riberas y faja marginal, respectivamente, indicándose en el literal “e”, la faja marginal “es el espacio necesario para los usos públicos”.

Mediante Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA, de fecha 28 de diciembre del 2016, la Autoridad Nacional del Agua, aprueba el reglamento de la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua naturales y artificiales.

La Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza (AAA-CF) establece la necesidad de realizar los estudios técnicos para establecer la delimitación de la Faja Marginal en quebrada Huerta Vieja.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Realizar la modelación hidráulica en la quebrada Huerta Vieja, para la delimitación de la faja marginal.

1.2.2. Objetivo Específicos

- Recopilar la información base para el modelamiento hidráulico de las especialidades de Hidrología, Topografía.
- Determinar las rugosidades de Manning mediante la realización de visita de campo y tablas existentes.
- Determinar los parámetros reológicos para el flujo hiperconcentrado para toda la quebrada Huerta Vieja (esfuerzo cortante y viscosidad), de acuerdo con tablas existentes, esto servirá como entrada para el modelamiento hidráulico.
- Selección del software para el modelamiento de flujos hiperconcentrados.
- Configurar el modelo hidráulico para el análisis de situación actual considerando la información base, las rugosidades de Manning y los parámetros reológicos.
- Reproducir numéricamente el paso del flujo de lodo y detritos en la quebrada Huerta Vieja a través de la modelación hidráulica bidimensional mediante el uso del software HEC-RAS 6.3.1 para el periodo de retorno de 500 años, de tal manera, que podamos conocer todas las variables hidráulicas (tirantes, velocidades y caudales).
- Determinar las posibles zonas de inundación del cauce de la quebrada Huerta Vieja, con la finalidad de estimar la máxima extensión que alcanzaría el flujo para el periodo de retorno 50 años.
- Brindar información a la especialidad de evaluación multipeligros sobre las áreas inundables.

1.3. UBICACIÓN

1.3.1. Ubicación política

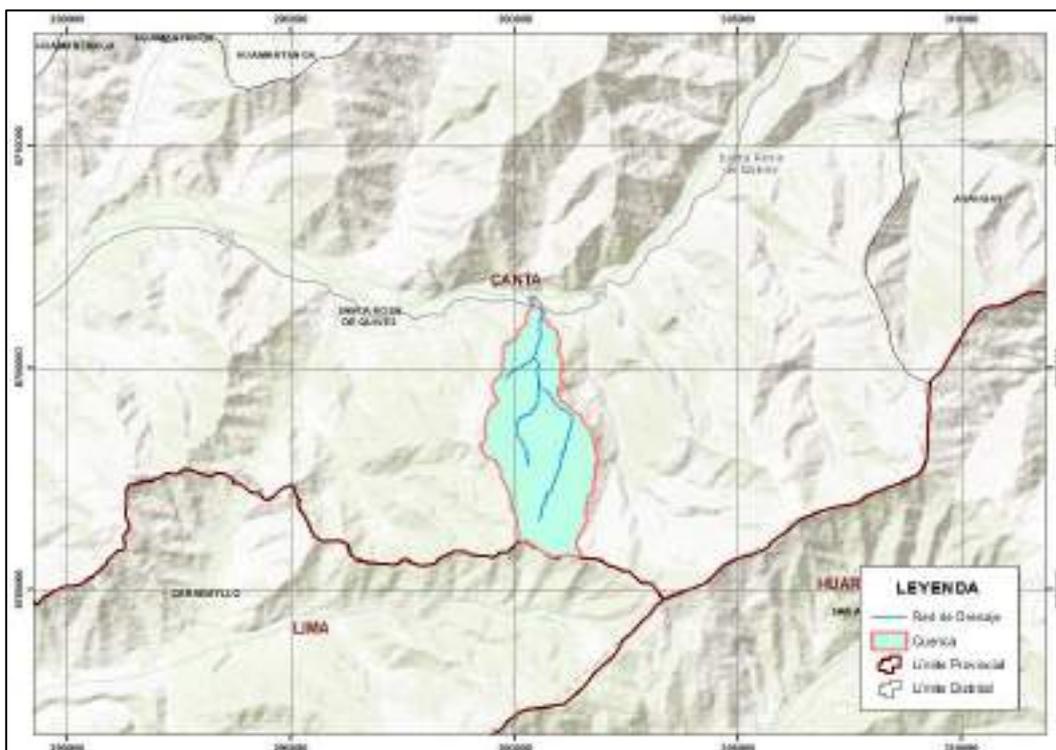
La cuenca de la quebrada Huerta Vieja se encuentra ubicada al este de la región Lima en la provincia de Canta, comprende el distrito de Santa Rosa de Quives, tal como se muestra en el cuadro 1.

Tabla 1: Ubicación política de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja

Cuenca	Departamento	Provincia	Distrito
Cuenca de la quebrada Huerta Vieja	Lima	Canta	Santa Rosa de Quives

Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Ubicación política



Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Ubicación y clasificación hidrográfica

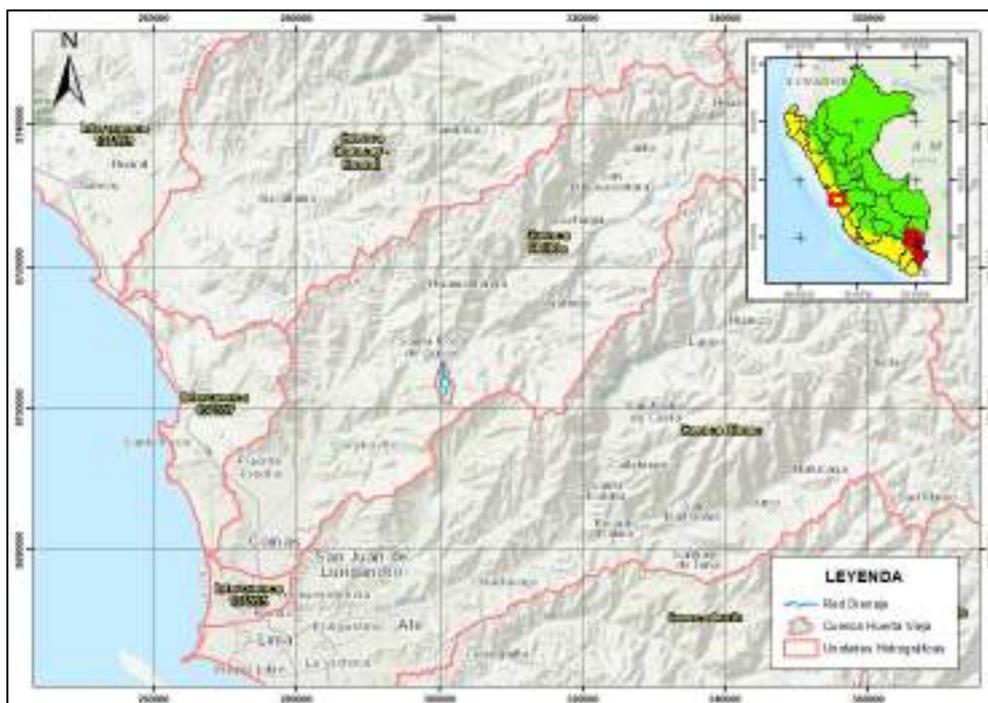
La cuenca de la quebrada Huerta Vieja se encuentra dentro de la cuenca Chillón; identificado con código Pfafstetter (nivel 6): UH 137556 (Tabla 2 e Figura 2). La cuenca Chillón se encuentra en la vertiente del Pacífico y limita por el Norte con la Cuenca Chancay - Huaral, por el Este con la Cuenca Mantaro, por el Sur con cuenca Rímac y por el oeste con las Intercuencas 137555 y 137557.

Tabla 2: Codificación Pfafstetter en la que se encuentra la quebrada Huerta Vieja

UH-13747		
Área		2210.51 km ²
Nivel	Codificación	Nombre
1	1	Región Hidrográfica del Pacífico
2	13	Unidad Hidrográfica 13
3	1375	Unidad Hidrográfica 1375
4	13755	Unidad Hidrográfica 13755
5	137556	Chillón

Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Ubicación hidrográfica de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja



Fuente: Elaboración propia

1.3.3. Ubicación geográfica

La cuenca de la quebrada Huerta Vieja se ubica en la costa. Para fines de nuestro estudio, esta fue delimitada hasta la desembocadura en el río Chillón. Dicha cuenca se ubica entre las coordenadas proyectadas UTM datum WGS84 zona 18 L: 297821.75E, 8706654.70N (vértice superior izquierdo); 302739.36E, 8706654.70N (vértice superior derecho); 297821.75E, 8700577.41N (vértice inferior izquierdo); 302739.36E, 8700577.41N (vértice inferior derecho). Asimismo, su altitud varía desde los 983 a 2596 m.s.n.m. Geográficamente se encuentra entre los paralelos 11° 44' 56" y 11° 41' 38" de latitud sur y los meridianos 76° 48' 36" y 76° 51' 19" de longitud oeste. En la Figura inferior, se presenta la ubicación geográfica de la quebrada Huerta Vieja en el ámbito nacional.

Tabla 3: Ubicación geográfica de los vértices que conforman la cuenca de la quebrada Huerta Vieja delimitada hasta su desembocadura en el río Chillón

Vértice	Coordenadas UTM datum WGS84 zona 18 Sur	
	Este	Norte
Superior izquierdo	297821.75	8706654.70
Superior derecho	302739.36	8706654.70
Inferior izquierdo	297821.75	8700577.41
Inferior derecho	302739.36	8700577.41

Fuente: Elaboración propia.

1.3.4. Ubicación administrativa

La cuenca de la quebrada Huerta Vieja, administrativamente, pertenece al ámbito de la Administración Local del Agua (ALA) Chillón – Rímac – Lurín, dentro del área

de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete - Fortaleza cuya dependencia técnica, funcional y administrativa es de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), con sede en la ciudad de Lima. El esquema de la ubicación administrativa se presenta en la Figura 3

Figura 3: Ubicación administrativa de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja



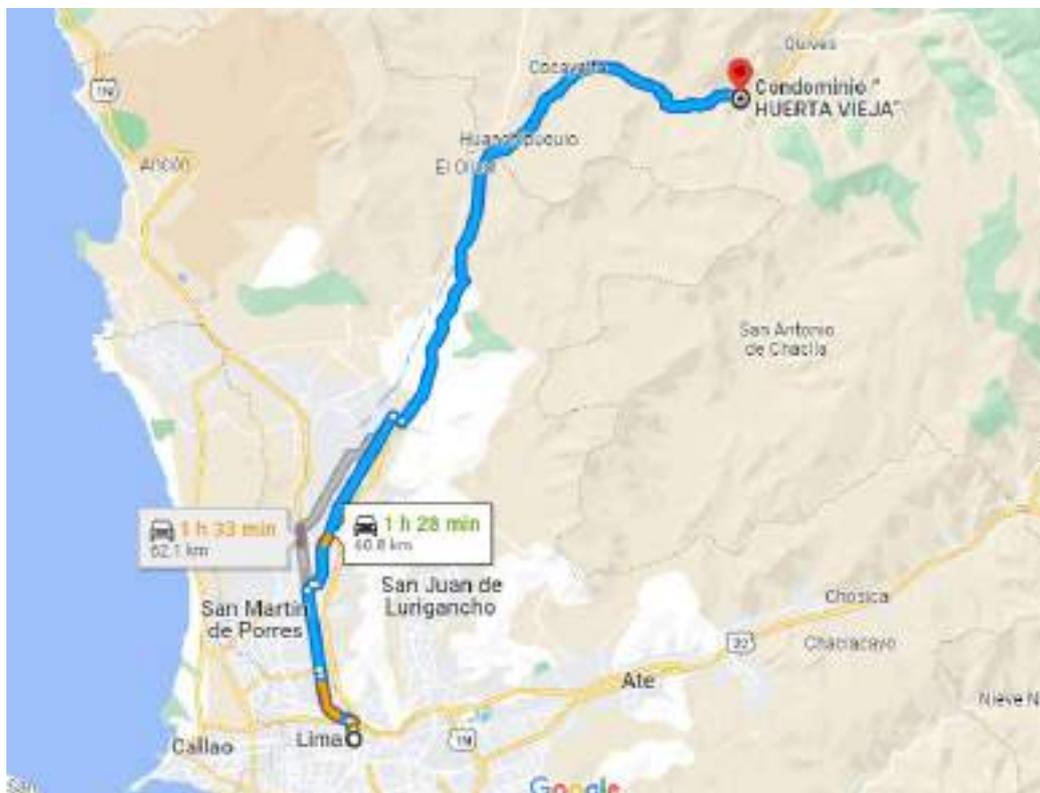
Fuente: Elaboración propia.

1.3.5. Accesibilidad

El acceso a la Quebrada Huerta Vieja se logra a través de los siguientes trayectos:

- De Lima a Huerta Vieja existe una distancia de 60.8 km y los viajes se realizan a través de la autopista Panamericana Norte/ Av. Tupac Amaru / Carretera 20A. Si se viaja en autobús, de Lima a Huerta Vieja se llega aproximadamente 1 hora 28 minutos.

Figura 4: Accesibilidad a Huerta Vieja



Fuente: Elaboración propia (Extraído de Google Maps)

Tabla 4: Vías de acceso a la Quebrada Huerta Vieja

Desde	Hasta	Distancia Aprox. (Km)	Medio de Transporte	Tiempo (Hr)	Vías de Acceso
Lima	Huerta Vieja	60.8	Terrestre	1.28	Panamericana Norte/ Av. Tupac Amaru / Carretera 20A

Fuente: Elaboración propia

1.4. INFORMACIÓN BÁSICA

1.4.1. Información Hidrológica

Quebrada Huerta Vieja

No se ha encontrado información de caudales para la quebrada Huerta Vieja, sin embargo, se ha realizado la modelación hidrológica usando el software HEC-HMS, tomando como base las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno de las estaciones tomadas en el **Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Chillón**, realizada por la Dirección de Calidad y Evaluación de los Recursos Hídricos en diciembre de 2019 (Tabla 5 y 6), las cuales tienen una mayor influencia con la quebrada HUERTA VIEJA (Figura 5)

Tabla 5: Estaciones utilizadas en el análisis de Precipitación Máxima en 24 horas

Código	Nombre de Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Periodo	Años
151204	Arahuay	-76.70	-11.62	2800.00	1980-2018	39
547	Canta	-76.63	-11.47	2832.00	1963-1981, 1985-2018	53
155209	Huamantanga	-76.75	-11.50	3392.00	1964-2018	55
155218	Huaros	-76.57	-11.40	3585.00	1965-2018	54
155217	Lachaqui	-76.62	-11.55	3668.00	1965-1986, 1989-2018	52
156133	Obrajillo	-76.62	-11.45	2468.00	2004-2018	15
155112	Pariacancha	-76.50	-11.38	3800.00	1968-2018	51
539	Huayan	-77.12	-11.45	350.00	1963-2010, 2014-2018	53
618	Huarangal	-77.10	-11.78	410.00	1980-2009	30
155122	Autisha	-76.61	-11.74	2171.00	1980-2010, 2014-2018	36
543	Naña	-76.84	-11.99	566.00	1964-2018	55
155223	Carampoma	-76.52	-11.66	3489.00	1965-2018	54
151209	Chosica	-76.70	-11.92	851.00	1989-2018	30
155514	Milloc	-76.35	-11.57	4398.00	1986-2018	33
155446	Mina Colqui	-76.48	-11.58	4600.00	1968-1994	27
549	Marcapomacocha	-76.33	-11.40	4479.00	1964-2018	55
155121	Yantac	-76.40	-11.33	4600.00	1968-2018	51
612	RIMAC	-77.05	-12.02	35.00	1971-1979	9

Fuente: Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Chillón

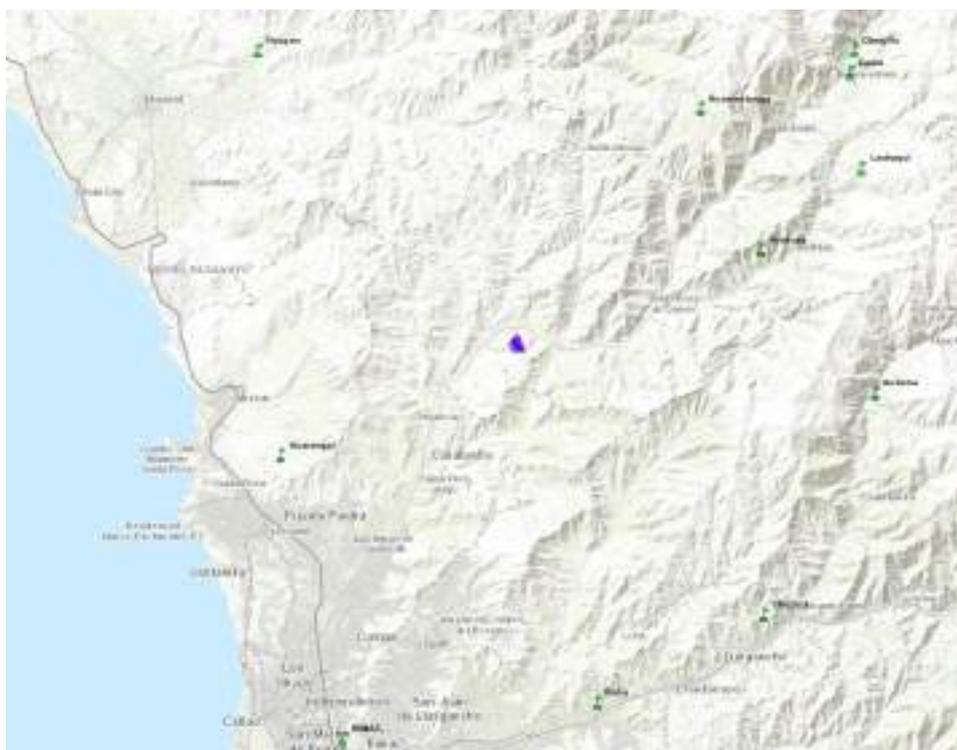
Tabla 6: Precipitaciones máximas (mm) para diferentes períodos de retorno

Estaciones	Precipitaciones máximas (mm) para diferentes períodos de retorno							
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	250 años	500 años
Arahuay	21.83	30.17	35.69	42.67	47.84	52.98	59.74	64.85
Autisha	15.08	22.59	27.57	33.86	38.52	43.15	49.25	53.85
Canta	19.77	28.22	33.11	38.68	42.48	46.03	50.43	53.57
Carampoma	24.31	29.22	33.22	38.24	41.96	45.67	50.59	54.36

Estaciones	Precipitaciones máximas (mm) para diferentes períodos de retorno							
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	250 años	500 años
Chosica	5.53	12.57	19.33	30.58	41.12	53.67	73.77	92.01
Huamantanga	20.62	31.71	39.72	50.5	46.03	67.79	80.07	89.88
Huarangal	2.5	6.83	9.7	13.33	16.02	18.69	22.21	24.86
Huaros	23.15	29.45	33.62	38.89	42.8	46.68	51.79	55.65
Huayan	3.03	6.82	10.71	17.74	24.88	33.99	49.77	65.15
Lachaqui	27.12	36.71	43.02	50.95	56.82	62.68	70.48	76.46
Marcapomacocha	31.85	41.16	46.03	51.23	54.58	57.59	61.2	63.7
Milloc	36.29	49.24	56.01	63.24	67.9	72.1	77.11	80.59
Minacolqui	17.33	23.64	28.07	33.97	38.58	43.37	50.03	55.32
Ñaña	0.3	2.29	4.49	7.9	10.71	13.64	17.65	20.73
Obrajillo	21.02	31.13	41.86	61.16	80.44	104.54	145.19	183.79
Pariacancha	26.95	33.92	38.62	44.49	48.76	52.93	58.31	62.28
Rímac	0.29	0.78	1.1	1.52	1.82	2.13	2.53	2.83
Yantac	21.36	29.21	33.97	39.57	43.48	47.19	51.86	55.23

Fuente: Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Chillón

Figura 5: Ubicación de estaciones



Fuente: Elaboración propia

1.4.1.1. Distribución Espacial – Isoyetas de Máximas

Este método es el más exacto para determinar el valor de las precipitaciones máximas media para cada subcuenca. Para realizar este análisis es necesario contar con la ubicación georreferenciada de las estaciones seleccionadas con el valor de precipitación para cada periodo de retorno, lo cual hemos detallado en el ítem 1.4.1



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Se ha usado el software ARC MAP 10.8 aplicando los métodos de distribución espacial de isoyetas máximas mediante las interpolaciones Kriging Esférico y Kriging Exponencial, IDW y SPLINE.

Para la selección de la mejor interpolación se tiene en cuenta los siguientes criterios: menor error relativo, mayor coeficiente de correlación y mejor distribución espacial de las curvas de precipitación.

Del procesamiento SIG se tiene lo siguiente:

- La interpolación IDW y la interpolación Spline son las que presentan menor error relativo y mayor coeficiente de correlación respecto a los valores observados.
- La interpolación Kriging esférica y Kriging exponencial presentan mayor error respecto a los valores observados y menor coeficiente de correlación.

En la tabla 7 al 14 se presentan los cálculos respectivos.



Firmado digitalmente
por PACO NARVAEZ
Alex Fabio FAU
20520711865 hard
Motivo: Doy V° B°

Tabla 7: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 2 años

Estaciones	Observado TR 2 años	Generado				Error relativo				Coeficiente de correlación			
		IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline_Tension	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP
Arahuay	21.83	21.83	21.77	21.64	21.73	0.00002	0.00294	0.00879	0.00463	1.00000	0.99999	0.99995	0.99997
Huamantanga	20.62	20.62	20.59	20.69	20.46	-0.00014	0.00164	-0.00345	0.00787				
Huayan	3.03	3.03	3.06	3.06	3.03	0.00000	-0.01051	-0.01080	-0.00011				
Huarangal	2.5	2.527	2.48	2.52	2.43	-0.01085	0.00850	-0.00911	0.02967				
Autisha	15.08	15.09	14.94	15.12	15.07	-0.00058	0.00907	-0.00298	0.00082				
Ñaña	0.3	0.357	0.26	0.28	0.47	-0.19161	0.13570	0.07394	-0.58254				
Chosica	5.53	5.577	5.45	5.42	5.55	-0.00857	0.01465	0.01942	-0.00399				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 5 años

Estaciones	Observado TR 5 años	Generado				Error relativo				Coeficiente de correlación			
		IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline_Tension	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP
Arahuay	30.17	30.17	30.08	29.96	30.11	-0.00003	0.00311	0.00707	0.00191	1.00000	0.99998	0.99996	0.99993
Huamantanga	31.71	31.7	31.73	31.73	31.48	0.00017	-0.00069	-0.00057	0.00732				
Huayan	6.82	6.82	6.87	6.87	6.82	0.00000	-0.00785	-0.00704	-0.00009				
Huarangal	6.83	6.859	6.81	6.85	6.69	-0.00428	0.00286	-0.00277	0.02060				
Autisha	22.59	22.6	22.46	22.63	22.57	-0.00038	0.00560	-0.00182	0.00096				
Ñaña	2.29	2.372	2.21	2.23	2.62	-0.03583	0.03425	0.02695	-0.14516				
Chosica	12.57	12.6	12.45	12.37	12.59	-0.00263	0.00985	0.01620	-0.00165				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 10 años

Estaciones	Observado TR 10 años	Generado				Error relativo				Coeficiente de correlación			
		IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline_Tension	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP
Arahuay	35.69	35.69	35.60	35.47	35.67	-0.00010	0.00256	0.00603	0.00043	1.00000	0.99997	0.99995	0.99990
Huamantanga	39.72	39.71	39.85	39.68	39.47	0.00028	-0.00332	0.00092	0.00625				
Huayan	10.71	10.71	10.81	10.77	10.71	0.00000	-0.00919	-0.00532	-0.00006				
Huarangal	9.7	9.733	9.68	9.72	9.52	-0.00344	0.00202	-0.00177	0.01902				
Autisha	27.57	27.58	27.44	27.62	27.55	-0.00034	0.00470	-0.00176	0.00055				
Ñaña	4.49	4.589	4.38	4.38	4.95	-0.02195	0.02368	0.02347	-0.10322				
Chosica	19.33	19.34	19.18	19.04	19.35	-0.00055	0.00768	0.01483	-0.00079				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 25 años

Estaciones	Observado TR 25 años	Generado				Error relativo				Coeficiente de correlación			
		IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline_Tension	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP
Arahuay	42.67	42.68	42.61	42.46	42.72	-0.00021	0.00134	0.00481	-0.00124	1.00000	0.99993	0.99994	0.99986
Huamantanga	50.5	50.48	50.86	50.38	50.28	0.00035	-0.00720	0.00240	0.00434				
Huayan	17.74	17.74	17.94	17.81	17.74	0.00000	-0.01106	-0.00371	-0.00002				
Huarangal	13.33	13.37	13.31	13.35	13.09	-0.00315	0.00143	-0.00115	0.01780				
Autisha	33.86	33.87	33.72	33.93	33.87	-0.00033	0.00407	-0.00199	-0.00020				
Ñaña	7.9	8.023	7.75	7.73	8.58	-0.01555	0.01872	0.02169	-0.08608				
Chosica	30.58	30.54	30.40	30.15	30.58	0.00119	0.00587	0.01394	-0.00007				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 50 años

Estaciones	Observado TR 50 años	Generado				Error relativo				Coeficiente de correlación			
		IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline_Tension	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP
Arahuay	47.84	47.85	47.95	47.63	47.75	-0.00014	-0.00227	0.00445	0.00195	0.99999	0.99989	0.99985	0.99976
Huamantanga	46.03	46.05	46.41	46.21	46.05	-0.00036	-0.00829	-0.00392	-0.00052				
Huayan	24.88	24.88	25.15	24.92	24.88	0.00000	-0.01078	-0.00174	0.00002				
Huarangal	16.02	16.07	16.00	16.01	15.76	-0.00297	0.00103	0.00052	0.01615				
Autisha	38.52	38.53	38.36	38.62	38.56	-0.00031	0.00407	-0.00247	-0.00098				
Ñaña	10.71	10.85	10.53	10.49	11.59	-0.01328	0.01725	0.02082	-0.08234				
Chosica	41.12	41.03	40.92	40.56	41.11	0.00223	0.00498	0.01366	0.00027				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 100 años

Estaciones	Observado TR 100 años	Generado				Error relativo				Coeficiente de correlación			
		IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline_Tension	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP
Arahuay	52.98	53.00	53.05	53.17	54.47	-0.00043	-0.00134	-0.00365	-0.02818	0.99999	0.99983	0.99893	0.98996
Huamantanga	67.79	67.77	68.72	67.06	65.50	0.00035	-0.01368	0.01082	0.03372				
Huayan	33.99	33.99	34.43	34.28	34.84	0.00000	-0.01308	-0.00842	-0.02495				
Huarangal	18.69	18.75	18.68	18.69	18.52	-0.00338	0.00067	0.00018	0.00925				
Autisha	43.15	43.17	42.99	43.80	44.83	-0.00036	0.00378	-0.01502	-0.03888				
Ñaña	13.64	13.81	13.41	14.40	17.93	-0.01265	0.01661	-0.05536	-0.31450				
Chosica	53.67	53.52	53.44	51.38	48.02	0.00284	0.00433	0.04258	0.10518				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 250 años

Estaciones	Observado TR 250 años	Generado				Error relativo				Coeficiente de correlación			
		IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline_Tension	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP
Arahuay	59.74	59.78	59.96	66.33	66.99	-0.00062	-0.00365	-0.11033	-0.12138	0.99999	0.99974	0.87271	0.85274
Huamantanga	80.07	80.05	81.54	72.42	71.27	0.00031	-0.01835	0.09557	0.10991				
Huayan	49.77	49.77	50.46	49.22	49.97	0.00000	-0.01389	0.01110	-0.00397				
Huarangal	22.21	22.29	22.21	29.47	29.71	-0.00378	0.00009	-0.32706	-0.33769				
Autisha	49.25	49.27	49.06	56.37	56.66	-0.00042	0.00386	-0.14458	-0.15046				
Ñaña	17.65	17.87	17.36	30.98	31.82	-0.01233	0.01656	-0.75548	-0.80299				
Chosica	73.77	73.51	73.50	50.48	49.40	0.00358	0.00372	0.31571	0.33041				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Cálculo de error relativo y coeficiente de correlación de las estaciones mediante interpolaciones para un Tr 500 años

Estaciones	Observado TR 500 años	Generado				Error relativo				Coeficiente de correlación			
		IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP	IDW	Spline_Tension	Kriggin_ESF	Kriggin_EXP
Arahuay	64.85	64.9	65.22	76.62	76.88	-0.00078	-0.00570	-0.18151	-0.18557	0.99999	0.99967	0.62315	0.26177
Huamantanga	89.88	89.86	91.87	75.79	72.53	0.00025	-0.02212	0.15680	0.19301				
Huayan	65.15	65.15	66.08	59.70	62.83	0.00000	-0.01430	0.08358	0.03569				
Huarangal	24.86	24.96	24.87	51.29	65.20	-0.00418	-0.00042	-1.06313	-1.62249				
Autisha	53.85	53.88	53.63	69.52	73.42	-0.00047	0.00405	-0.29104	-0.36345				
Ñaña	20.73	20.99	20.38	50.58	64.38	-0.01256	0.01693	-1.43988	-2.10544				
Chosica	92.01	91.64	91.70	58.56	64.38	0.00404	0.00339	0.36350	0.30034				

Fuente: Elaboración propia.

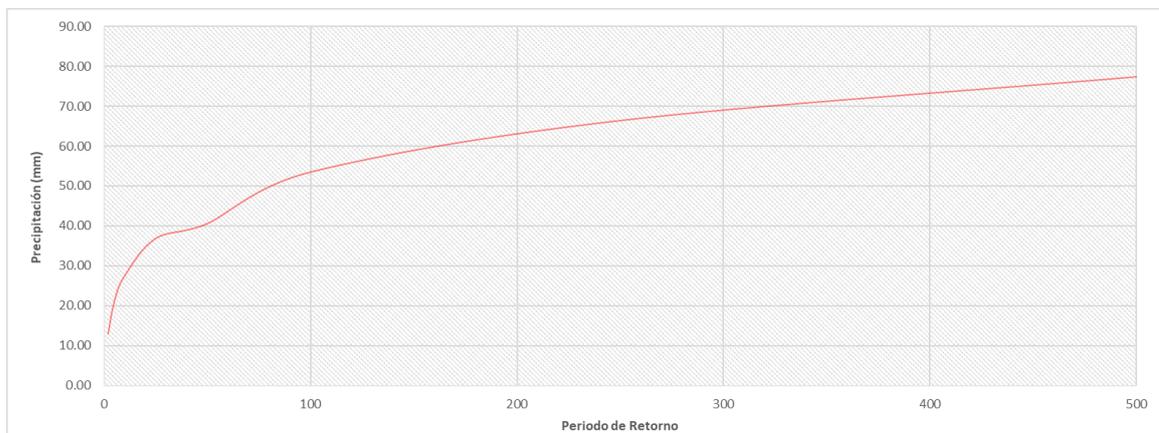
Luego de definir la interpolación de mejor distribución espacial, se determina la precipitación máxima para cada periodo de retorno de maneral areal en la quebrada Huerta Vieja. A continuación, se muestra la tabla 15 en la que se resume.

Tabla 15: Precipitaciones máximas para cada subunidad de quebrada Huerta Vieja

Subunidad	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100	TR250	TR500
HUERTA VIEJA	12.93	21.05	27.48	36.88	40.60	53.54	66.48	77.46

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno



Fuente: Elaboración propia

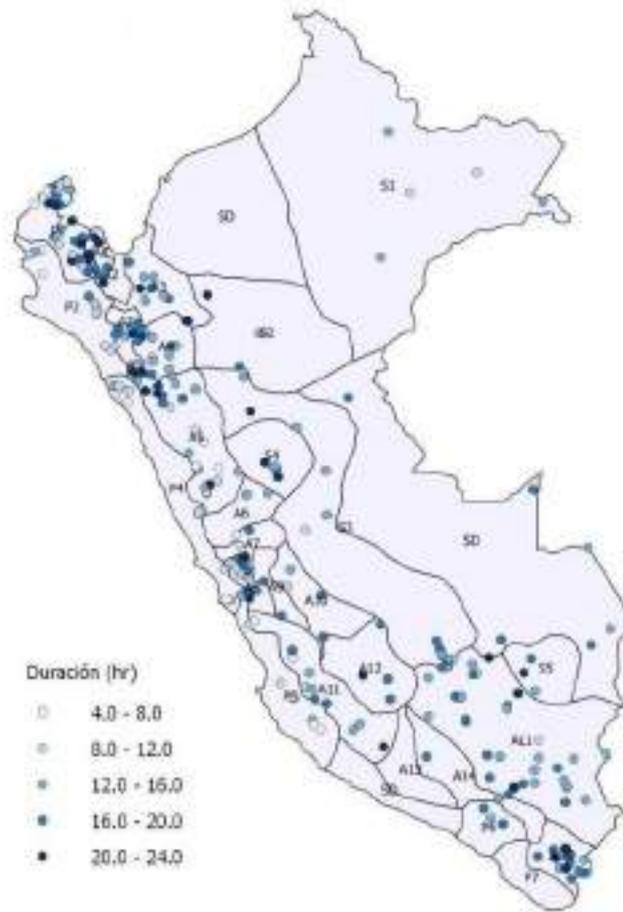
1.4.1.2. Eventos de tormenta

La caracterización de un evento de tormenta está asociado a la duración e intensidad de esta, además de la variabilidad espacial y temporal. Es necesario poder identificar el comportamiento de una tormenta para la quebrada Huerta Vieja de manera que se pueda definir los hietogramas. Existen diversos métodos para determinar las tormentas de diseño, los cuales se pueden dividir en dos: a) Métodos basados en curvas IDF como el hietograma rectangular y bloques alterno; y b) Métodos basados en registros de precipitación medidos en campo a partir de estaciones pluviográficos o automáticas, lo que hace que sean más reales, como por ejemplo el método de ISWF (Huff), Flood Studies Report, las tormentas de diseño del Servicio Atmosférico Ambiental canadiense, etc. (Balbastre, 2018).

El SENAMHI ha realizado un estudio de regionalización de las precipitaciones máximas para el Perú (Tupac Yupanqui et al., 2017) en el que clasificó las zonas de comportamiento de precipitación máxima similares teniendo para la región Costa 7 subregiones, para la región sierra 15 subregiones, para la región altiplánica una subregión y para la región selva 5 subregiones (Ver Figura 7). La cuenca de la quebrada HUERTA VIEJA está ubicada en la subregión P4, por lo que se podría asumir valores desde 4 horas a 12 horas de duración de tormenta.



Figura 7. Mapa de regiones de precipitación máxima del Perú



Fuente: (Quijada et al., 2020) a partir de Tupac Yupanqui et al., 2017.

1.4.1.3. Hietograma de diseño del ISWS, 1974

Este método fue desarrollado por el Illinois State Water Survey (ISWS) a partir de estudios de Huff, F. (1967), quien analizó 49 estaciones pluviométricas y construyó una serie de curvas de distribución de la tormenta haciendo uso de hietogramas adimensionales. En el proceso encontró que los comportamientos de las tormentas tenían relación de acuerdo con el cuartil en el que se encontraban con la duración de estas, es así como divide diferentes cuartiles para cada tipo de duración (Ver tabla 16)

Tabla 16: Relación entre la distribución de cuartiles y la duración de la tormenta

Duración de la tormenta	Cuartil donde ocurre la mayor parte de lluvia
td < 6 horas	I
td < 12 horas	II
12 horas < td < 24 horas	III
td > 24 horas	IV

Fuente: Mays, 2001



Los cuartiles resultaron del análisis visual, ya que notó que la mayor parte de la lluvia ocurría en un menor espacio de tiempo; además, observó que el cuarto cuartil daba tendencias de larga duración mientras que los cuartiles 1 y 2 tormentas de corta duración. Luego de definir ambos aspectos, represento la probabilidad de ocurrencia para cada cuartil a través de isóneas que van de 10% a 90%, cada 10% obteniendo 9 curvas por cada cuartil, HUFF sugirió que se utilice la media (50%).

Para el Perú se realizó un estudio por Quijada (2020) quien genera estas curvas para cada región de precipitación máxima (ver Figura 7) a partir de datos de estaciones automáticas de todo el país. Para el caso de la cuenca de la quebrada HUERTA VIEJA se ha elegido las curvas de la región P4 para el primer cuartil y una duración de 2 horas, tal como se detalló en el ítem anteriormente.

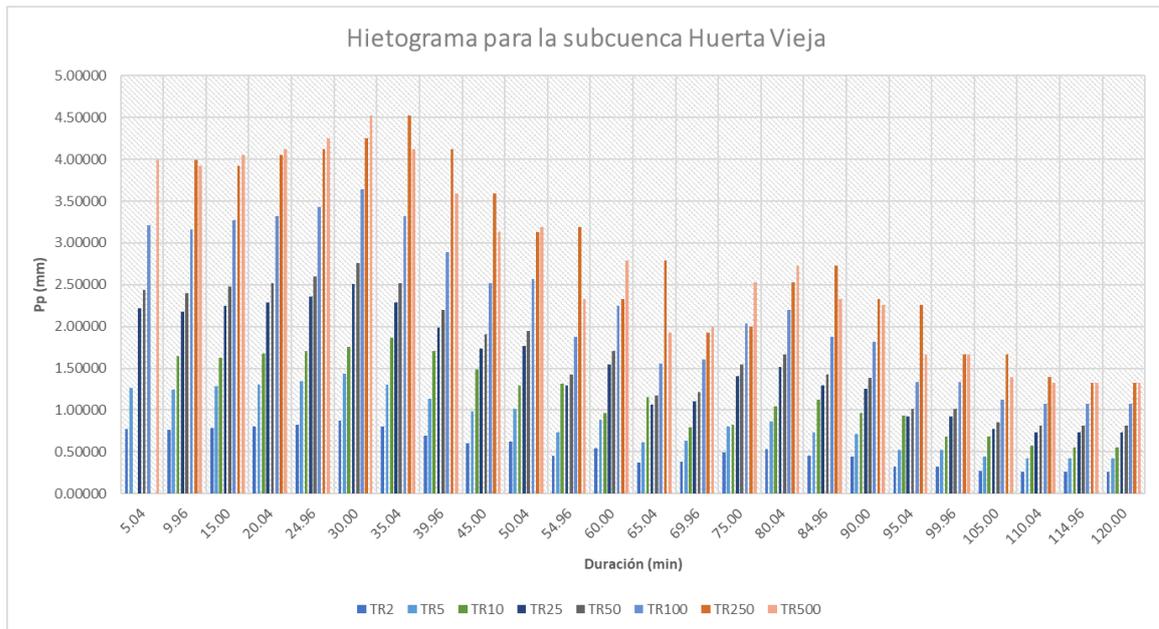
Tabla 17: Coeficientes de duración adimensionales de las curvas HUFF para cada clasificación y para las probabilidades de ocurrencia de 10%, 50% y 90% para la región P4

REGION P4												
Duración (%)	Cuartil I			Cuartil II			Cuartil III			Cuartil IV		
	10%	50%	90%	10%	50%	90%	10%	50%	90%	10%	50%	90%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.042	0.025	0.06	0.1	0.008	0.033	0.052	0.009	0.025	0.044	0.007	0.033	0.05
0.083	0.05	0.119	0.2	0.017	0.066	0.105	0.017	0.05	0.087	0.013	0.066	0.099
0.125	0.077	0.18	0.3	0.029	0.099	0.157	0.026	0.075	0.131	0.02	0.098	0.149
0.167	0.113	0.242	0.4	0.046	0.133	0.209	0.035	0.1	0.177	0.026	0.131	0.192
0.208	0.227	0.306	0.5	0.07	0.175	0.258	0.056	0.128	0.224	0.033	0.163	0.239
0.25	0.293	0.374	0.59	0.092	0.217	0.317	0.067	0.171	0.262	0.04	0.196	0.286
0.292	0.334	0.436	0.63	0.162	0.269	0.39	0.1	0.214	0.295	0.043	0.224	0.311
0.333	0.366	0.49	0.71	0.23	0.333	0.484	0.133	0.246	0.34	0.047	0.251	0.341
0.375	0.41	0.537	0.76	0.28	0.397	0.566	0.167	0.287	0.385	0.051	0.278	0.374
0.417	0.453	0.585	0.8	0.331	0.464	0.662	0.173	0.333	0.43	0.057	0.307	0.407
0.458	0.5	0.62	0.85	0.4	0.533	0.727	0.214	0.366	0.477	0.094	0.348	0.442
0.5	0.534	0.662	0.86	0.473	0.598	0.805	0.25	0.408	0.524	0.132	0.385	0.474
0.542	0.572	0.691	0.87	0.531	0.635	0.827	0.318	0.486	0.575	0.176	0.406	0.511
0.583	0.606	0.721	0.89	0.587	0.678	0.852	0.38	0.543	0.648	0.22	0.421	0.547
0.625	0.646	0.759	0.9	0.633	0.72	0.876	0.452	0.623	0.722	0.28	0.449	0.583
0.667	0.685	0.8	0.92	0.674	0.763	0.903	0.569	0.69	0.799	0.35	0.487	0.619
0.708	0.739	0.835	0.95	0.719	0.803	0.923	0.649	0.763	0.879	0.421	0.542	0.655
0.75	0.784	0.869	0.97	0.759	0.843	0.948	0.711	0.833	0.952	0.479	0.581	0.693
0.792	0.819	0.894	0.97	0.804	0.876	0.96	0.778	0.869	0.969	0.521	0.651	0.745
0.833	0.862	0.919	0.98	0.843	0.904	0.973	0.823	0.905	0.981	0.61	0.721	0.796
0.875	0.896	0.94	0.99	0.883	0.929	0.982	0.868	0.929	0.986	0.706	0.791	0.847
0.917	0.931	0.96	0.99	0.922	0.953	0.988	0.912	0.952	0.991	0.804	0.86	0.905
0.958	0.965	0.98	1	0.961	0.976	0.994	0.956	0.976	0.995	0.902	0.93	0.952
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Quijada et al., 2020.

Teniendo definido el proceso de obtención de los hietogramas de diseño se generó las curvas para cada subcuenca a analizar.

Figura 8. Hietograma subcuenca quebrada Huerta Vieja



Fuente Elaboración propia.

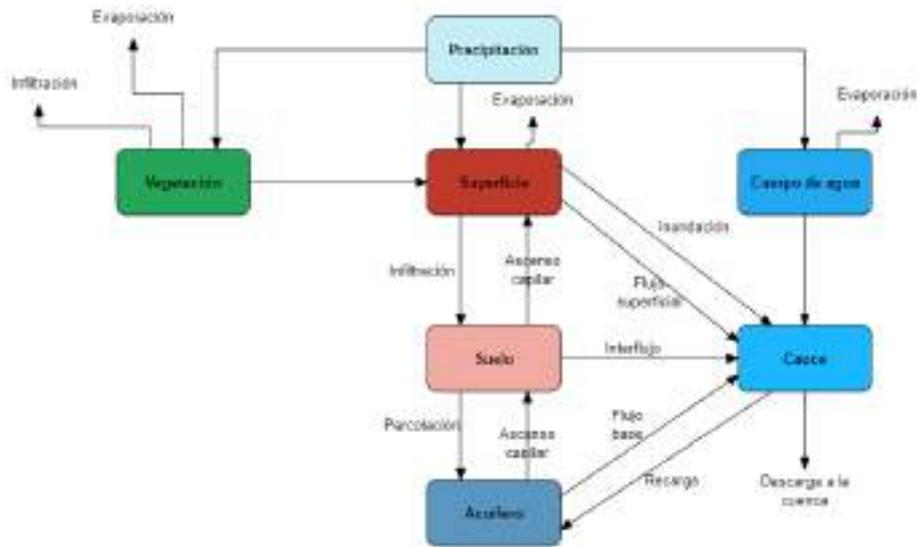
1.4.1.4. Modelado hidrológico

Un modelo hidrológico, busca representar los diferentes procesos involucrados en la distribución de la lluvia y la generación de caudales en una determinada cuenca. Una parte importante del movimiento del agua viene determinada por la infiltración, que es el proceso por el que la precipitación se mueve hacia abajo a través de la superficie del suelo, aumentando la humedad del suelo.

Modelo conceptual

Según Disking (1970) los modelos matemáticos son “sistemas simplificados que se utilizan para representar sistemas de la vida real y pueden ser sustitutos de los sistemas reales para ciertos fines. Los modelos expresan conceptos formalizados de los sistemas reales”. En ese sentido para poder representar el comportamiento hidrológico con fines de analizar los eventos extremos de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja, se debe conocer los procesos de escorrentía en una cuenca (Ver Figura 9), el cual tiene como condición de borde principal la entrada de la lluvia al sistema, para nuestro caso será la precipitación máxima 24 horas para una tormenta de diseño (hietograma). Así mismo, no se tomará en cuenta la pérdida por evapotranspiración, tampoco por evaporación de cuerpos de agua ya que no existe en la cuenca. No se ha considerado un flujo base ya que es una quebrada seca.

Figura 9: Proceso de escorrentía de una cuenca



Fuente: Elaboración propia

El método utilizado para calcular la pérdida por infiltración es el de Curva Numero de la SCS el cual estima el exceso de precipitación a partir de la acumulación de esta, la cobertura vegetal y la humedad antecedente de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

Donde:

Pe es la precipitación acumulada en exceso en el tiempo t.

P es la precipitación acumulada en el tiempo t.

Ia es Abstracción o pérdida iniciales

S es la retención máxima potencial

El SCS encontró una relación entre la Ia y S luego de estudios en cuencas hidrográficas experimentales, siendo la siguiente:

$$I_a = 0.2 \times S$$

Para estimar S se hace uso de la curva número (CN) el cual va de 100 para suelos impermeables o cuerpos de agua a 30 para suelos con alta tasas de infiltración (permeables)

$$S = \frac{25400 - 254 \times CN}{CN}$$

El método de transformación para calcular la escorrentía superficial es el del Hidrograma Unitario de SCS y Snyder, el primero para cuencas pequeñas y el segundo para cuencas grandes (>30Km2).

El HU de SCS es un método paramétrico formulado a partir de mediciones de lluvia y escorrentía en cuencas de EE. UU. Relaciona el HU para un pico en un tiempo dado y área, con la siguiente formula:

$$U_p = C \times \frac{A}{t_p}$$

Donde:

C es una constante de conversión (2.08 para el SI)

A es el área de la cuenca

t_p es el tiempo pico y se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag}$$

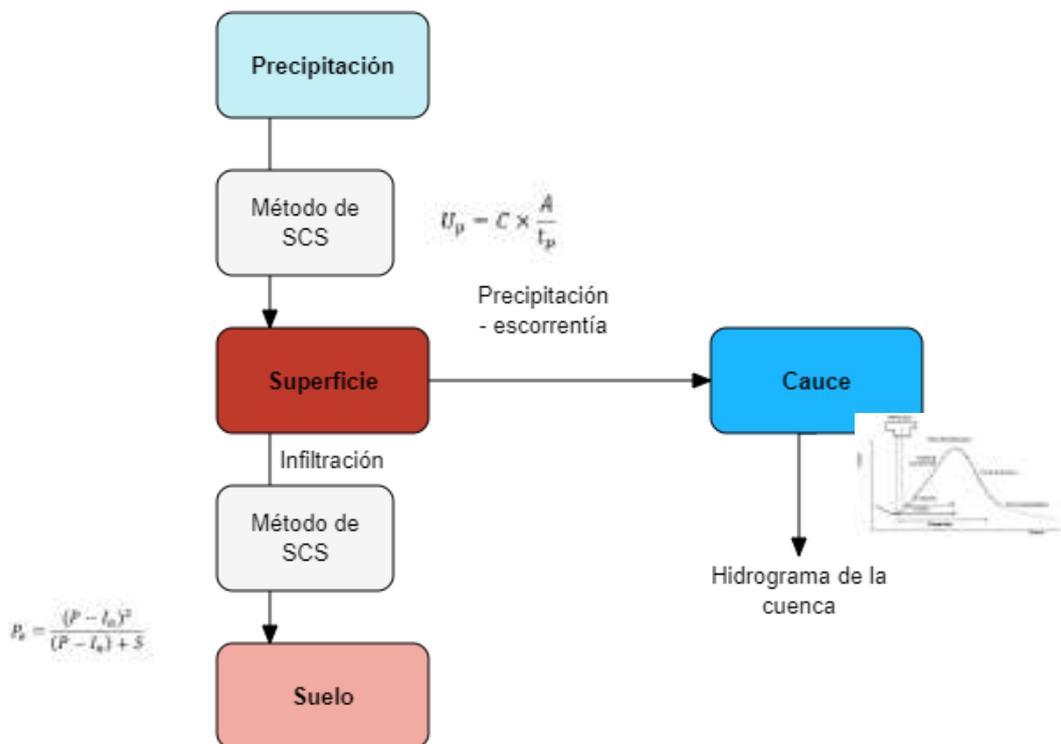
Donde:

Δt es la duración del exceso de precipitación.

t_{lag} es el desfase entre el centro de masa del exceso de lluvia y el pico del HU

La SCS sugiere, para cuencas aforadas como la nuestra, que el t_{lag} 0.6 del tiempo de concentración.

Figura 10. Modelo conceptual del HEC-HMS



Fuente: Elaboración propia.

1.4.1.5. Definición del software HEC-HMS

A partir de los datos elaborados (estudio de la cuenca y lluvias de diseño), se realiza a continuación el modelamiento hidrológico de las crecidas a partir del software informático HEC-HMS.

Se trata de un programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semi-distribuido, desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos al pico), a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello algunos de los métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa.

Es un programa complejo, el cual permite el cálculo del hidrograma producido por una cuenca mediante inputs como son datos físicos de la cuenca, datos de precipitaciones etc. Además, permite establecer varias subcuencas, realizando los cálculos de escorrentía directa particularizados para cada uno de los puntos de interés, finalmente es capaz de componer los hidrogramas generando un hidrograma de salida de la cuenca.

La geometría del modelo de cuenca se elabora a partir de la disposición relativa entre las subcuencas. A cada subcuenca se le asocia un elemento tipo subbassin y se conectan entre sí respetando su posición en la cuenca.

Figura 11: Esquema topológico del modelo hidrológico



Fuente: Elaboración propia.

1.4.1.6. Modelo Precipitación - Escorrentía

Los modelos lluvia escorrentía agregados son valiosos para predecir y simular los caudales con base en una conceptualización que represente en forma simplificada los procesos físicos en la cuenca: infiltración, flujo superficial, flujo subsuperficial y flujo subterráneo. El tránsito en los canales se hace en forma agregada considerando un hidrograma unitario.

La quebrada Huerta Vieja solo ha sido dividido en una subcuenca, para las cuales se definen sus principales parámetros (Ver tabla 18) ya que estos son los IMPUTS del modelo.

Tabla 18: Parámetros principales en la subcuenca HUERTA VIEJA

Cuenca	Área (km ²)	Pend. (m/m)	Long. Del curso princ. (Km)
Qda. Huerta Vieja	8,89	0,21	7,64

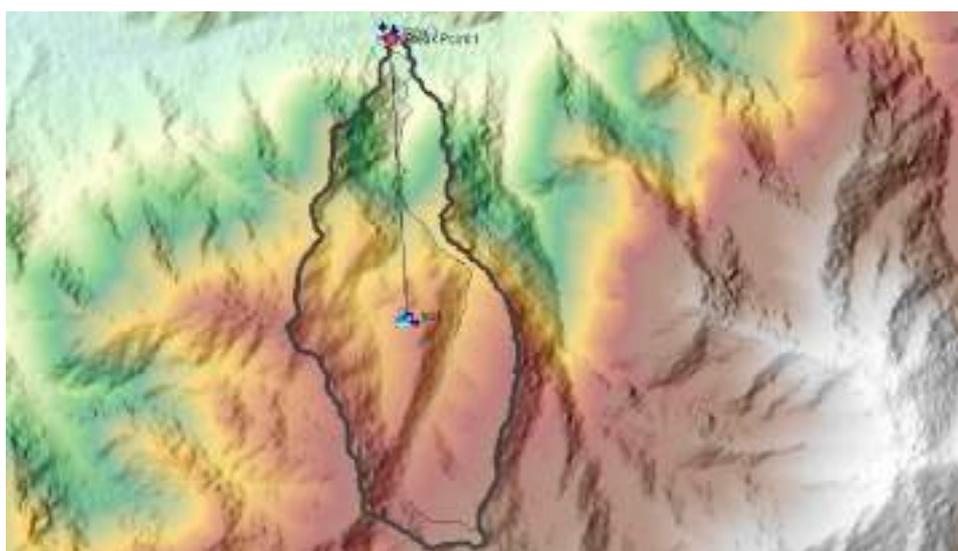
Fuente: Elaboración propia

Estos parámetros han sido determinados de manera automática mediante la opción GIS en el software HEC-HMS 4.10, a continuación, se muestra la metodología utilizada:

Corrección hidrológica. Modelo Digital de Elevaciones (MDE):

Muchas veces es necesario modificar el modelo digital de elevación original antes de comenzar con los procedimientos de cálculo de parámetros, para forzar el encauzamiento. Esta modificación es frecuentemente requerida en zonas llanas, en las cuales la preparación del MDE es mucho más complicada que en zonas de pendiente. Este procedimiento consiste en imponer la red de drenaje al MDE, de manera que cuando se realice el análisis de flujo, se lo fuerce a seguir por allí hasta el punto de salida. El MDE sin depresiones se crea rellenando las depresiones, es decir, aumentando la cota de las celdas que estén rodeadas completamente de celdas con mayor cota, asignándole a dicha celda la menor cota de las celdas circundantes. De esta manera el agua podrá fluir de una celda a otra sin “estancarse”.

Figura 12: Fill de la zona de estudio



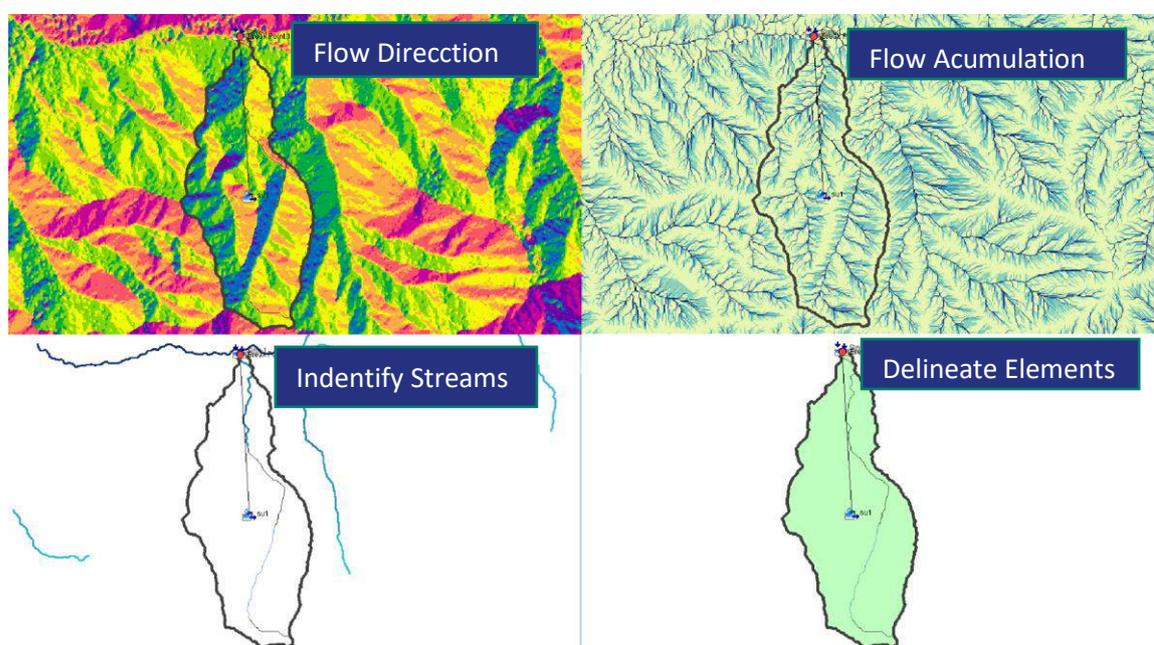
Fuente: Elaboración propia

Procesamiento del terreno

Dentro del menú GIS se realiza el procesamiento del terreno obteniéndose 8 conjuntos de datos que describen los patrones de drenaje de la cuenca y permiten la delineación de las subcuencas y la red de drenaje.

- **Preprocess Drainage:** Definir la dirección de la mayor pendiente (Dirección de flujo) y el número de celdas que drenan a cada celda (Flujo acumulado).
- **Identify Streams:** Clasificar todas las celdas con flujo procedente de un número de celdas mayor a un umbral definido por el usuario como pertenecientes a la red de drenaje.
- **Delineate Elements:** Delimitación de las subcuencas hidrográficas.

Figura 13:. Procesamiento en HEC-HMS



Fuente: Elaboración propia

1.4.1.7. Inputs del modelo HEC-HMS

U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System es un software diseñado para simular procesos de precipitación - escorrentía en sistemas hidrológicos. El programa posee un completo entorno de trabajo integrado: base de datos, utilidades de entrada de datos, simulación y herramientas interactivas de consulta de resultados.

El programa consta de tres partes principales:

- Modelo de Cuencas
- Modelo Meteorológico
- Especificaciones de Control

En la primera parte, el modelo de cuencas, se debe especificar las características físicas de la cuenca; en la segunda, modelo meteorológico, se introducen los datos pluviométricos y en la

tercera, especificaciones de control, los tiempos computacionales. A continuación, se expone en qué consiste este software y los modelos que simula.

Modelo de la subcuenca

Esta es la parte más importante del programa, donde se definen las características hidrológicas y geomorfológicas de las cuencas y los métodos de cálculo. En él se conceptualiza el sistema hidrológico (cuencas, subcuencas, cursos fluviales, etc.).

Los elementos por utilizar en el modelo son:

- **Subcuenca (Subbasin):** Se usa para representar la cuenca física. Dada la precipitación, la salida de agua de la subcuenca se calcula restando las pérdidas a la precipitación y transformando el exceso de precipitación en caudal en el punto de salida de la subcuenca, sumando finalmente el caudal base.
- **Tramo (Reach):** Se usa para transportar el agua generada en algún punto de la cuenca hacia aguas abajo hasta otro punto de la cuenca, definidos ambos en el modelo físico de la cuenca. La respuesta de este transporte es un retardo y una atenuación del hidrograma de entrada.
- **Unión (Junction):** Se usa para sumar flujos de agua que provienen de elementos hidrológicos situados aguas arriba de la unión. La respuesta es simplemente la suma de los hidrogramas de todos los elementos conectados a la unión.
- **Sumidero (Sink):** Se usa para representar el punto de salida de la cuenca. La entrada puede provenir de uno o más elementos situados aguas arriba del sumidero. Este elemento no tiene salida.

Subcuenca Huerta Vieja

Los parámetros de forma indican que la quebrada HUERTA VIEJA, presenta un área de 8.89 km², por lo que según la clasificación por superficie (Campos, 1992) se trata de una cuenca pequeña. La longitud del cauce principal, medida desde el punto de desembocadura hasta el punto más alejado del cauce principal de la cuenca, es de aproximadamente 7.02 km, mientras que el ancho promedio de la cuenca es de 5.43 km. Además, de acuerdo con el coeficiente de compacidad de 1.79, la forma de la cuenca es oval oblonga a rectangular oblonga, con un factor de forma de 0.29, que la cataloga como alargada. Se tiene un lado mayor de 8.41 km y un lado menor de 1.06 km ambas medidas pertenecientes al rectángulo equivalente. El radio de circularidad de la subcuenca es de 0.31 que la cataloga como una cuenca Ovalada que indica un bajo potencial a crecientes.

Los parámetros de relieve indican que, de acuerdo con la curva hipsométrica (Ver el Anexo 1), la altitud media de la cuenca es de 2153.70 m.s.n.m. y de acuerdo con la integral hipsométrica posee características de un curso de agua joven. De acuerdo con el polígono de frecuencias (Ver el Anexo 1), la altitud más frecuente es de 1933.00 m.s.n.m. El coeficiente de masividad es de 242.37, lo que indica que es una cuenca muy montañosa, el coeficiente orográfico nos da un valor de 0.52 siendo una cuenca de relieve accidentada. El coeficiente de torrencialidad es de 0.34 de acuerdo con la clasificación de valores de torrencialidad (Škopek, 1988), la cuenca tiene un comportamiento torrencial con potencial erosivo alto. Finalmente, la pendiente

media de la cuenca tiene un valor de 48.27%, lo cual indica que se trata de un terreno accidentado.

Los parámetros relativos al drenaje indican que de acuerdo con la clasificación del orden de ríos del método Horton-Strahler la cuenca Huerta Vieja tiene un número de orden de 2, la frecuencia de densidad de ríos resultante es 0.56, la extensión media del escurrimiento superficial es 0.94 km²/km con una densidad de drenaje de 1.06 km/km² indica que la cuenca tiene un drenaje pobre típico de regiones desérticas. La pendiente media del cauce principal es de 21.06 %, en el Anexo 1, se puede ver el perfil longitudinal del cauce principal de la subcuenca Huerta Vieja y finalmente se calculó un tiempo de concentración promedio de 0.547 horas, en la tabla 19, se muestra los métodos utilizados para calcular los tiempos de concentración con sus respectivos resultados.

Tabla 19: Resumen de parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Huerta Vieja y para el modelo HEC-HMS

PARÁMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA QUEBRADA HUERTA VIEJA				
PARAMETROS GEOMORFOLOGICO	SIMBOLOGIA	UNIDADES	SUBCUENCAS	
			Qda. Huerta Vieja	
1. Superficie o Área	A	Km ²	8,89	
2. Perímetro	P	Km	18,93	
3. Longitud del río Principal	Ls	km	1,638	
4. Longitud Axial	La	Km	7,02	
6. Forma de la Cuenca	a. Ancho Promedio	Ap	Km	
	b. Cofeciente de Compacidad	Cc	-	
	- Definición e Interpretación	-	-	Oval oblonga a rectangular oblonga
	c. Factor de forma	FF	-	0,18
	- Definición e Interpretación	-	-	Alargada
	d. Rectangulo Equivalente	L	Km	8,41
		l	Km	1,06
7. Características de Relieve	e. Radio de circularidad	Rc	-	0,31
	- Definición e Interpretación	-	-	Ovalada
	f. Altitud de frecuencia Media	-	m.s.n.m.	2153,70
	g. Altitud más frecuente	-	m.s.n.m.	1933,00
	Coeficiente de Masividad	Cm		242,37
	Coeficiente Orográfico	Co		0,52
	Coeficiente de torrencialidad	Ct		0,34
8. Características de la red de drenaje	h. Pendiente media de la Cuenca	Sc	m/m	0,483
	i. Número de orden de corrientes	Oc	-	2
	j. Frecuencia de densidad de ríos	Fr	-	0,56
	k. Extensión media del escurrimiento superficial	E	Km ² /Km	0,94
9. Tiempo de Concentración	l. Densidad de drenaje	Dd	Km/Km ²	1,06
	m. Pendiente media del cauce principal	S	%	21,06
	MET. KIRPISH (pendientes 3-10%, cuenca pequeña <1km ²)	tc	h	0,8
	MET. KERBY (1959) Tc flujo terrestre (cuencas pequeñas)	tc	h	0,52
	Met. Kerby-Kirpich	tc	h	0,693
	Met. Témez	tc	h	0,438
	Met. Giandiotti	tc	h	0,525
	Met. Giandiotti modificado	tc	h	0,260
	Met. Tournon	tc	h	0,027
	Met. Bransby Williams	tc	h	0,437
Promedio	tc -promedio	h	0,457	

PARÁMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA QUEBRADA HUERTA VIEJA			
PARAMETROS GEOMORFOLOGICO	SIMBOLOGIA	UNIDADES	SUBCUENCAS
			Qda. Huerta Vieja
10. Cota Máxima	Zmax	msnm	2596
11. Cota Mínima	Zmin	msnm	983

Fuente: Elaboración propia.

1.4.1.8. Modelo de pérdidas

Dentro de los métodos posibles que presenta el programa para determinar las pérdidas por infiltración los más utilizados internacionalmente y que la bibliografía aborda con mayor claridad, posibilitando obtener sus parámetros de manera aproximada, se describen a continuación:

- Método de déficit y tasa constante.
- Método de Green y Ampt.
- Método de pérdida inicial y tasa constante.
- Método número de curva del SCS.

Para el cálculo de las pérdidas, el presente informe usa el método del número de curva, debido a que el único parámetro a determinar es el valor de número de curva. Los otros métodos tal es el caso de Green y Ampt, requieren de información más detallada, tal es el caso de la conductividad hidráulica, succión, contenido inicial de humedad, contenido de humedad en situación saturada. Razón a ello se aplica un método con parámetros que se puede calcular a partir de la información disponible.

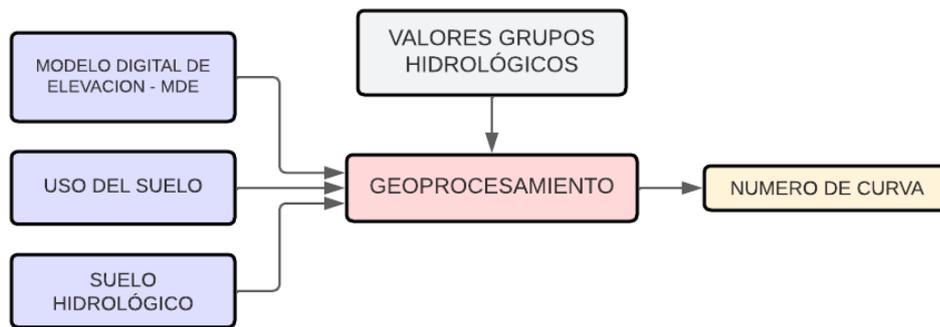
Además, de acuerdo con el documento: Generación del Mapa Temático de Curva Número (CN) hecho por la Autoridad Nacional del Agua en el año 2015 menciona: *“La metodología del número de la curva (NC) es la más empleada para transformar la precipitación total en precipitación efectiva. De esta manera se constituye en una herramienta de gran valor para realizar estudios hidrológicos en cuencas hidrográficas, fundamentalmente cuando hay una deficiencia de registros extensos y confiables. Esta metodología requiere del conocimiento del tipo y uso de suelo de la cuenca en estudio y registros pluviográficos”*.

Curva número

En el presente estudio se tomará en consideración el documento: *“Generación del Mapa Temático de Curva Número (CN)”* realizado por la Autoridad Nacional del Agua en el año 2015, además del artículo científico: *“Generación de mapa de número de curva con sistema de información geográfica”* (Portuguez & Verano, 2016)

De acuerdo con el artículo en mención, la metodología se basa en la utilizada por la Soil Conservation Service de los Estados Unidos en la utilización de herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten trabajar con datos diversos como mapas de cobertura vegetal, tipos suelos y modelos digitales de elevaciones (MDE), en todo el ámbito nacional.

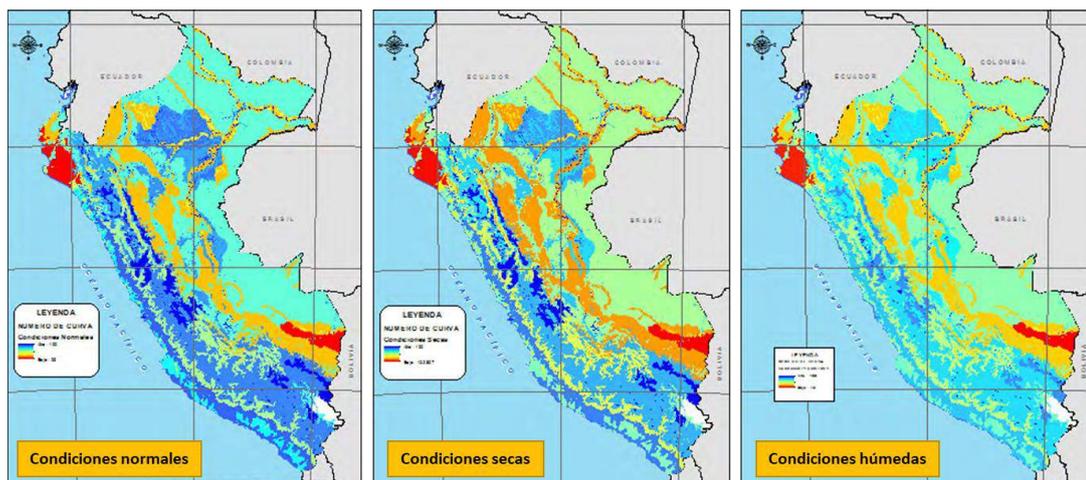
Figura 14: Modelo conceptual para generación de Número de Curva



Fuente: Generación de mapa de número de curva con sistema de información geográfica

Como resultados el documento en mención obtuvo los Mapas de Numero de Curva a escala nacional, para condiciones normales, condiciones secas y condiciones húmedas.

Figura 15: Mapa Numero de Curva – Condiciones normales, secas y húmedas



Fuente: Generación de mapa de número de curva con sistema de información geográfica

De acuerdo con las discusiones hecha en el artículo menciona que el mapa de cobertura es una de las variables más vulnerables, ya que tiene que ver con las actividades que el hombre realiza en su actividad diaria, y estos cambios de uso altera directamente a los valores adimensional de Numero de Curva que se hayan generado, motivo por lo cual se recomienda que en todo estudio hidrológico sean ajustados estos valores.

El mapa de cobertura vegetal utilizado en el artículo mencionado fue realizado en el año 2012, por lo que usando imágenes satelitales desde del año 2013 y 2021 analizaremos si hubo cambios de coberturas en los últimos años en nuestra zona de proyecto.

Figura 16: Análisis de Cobertura Vegetal – Quebrada Huerta Vieja

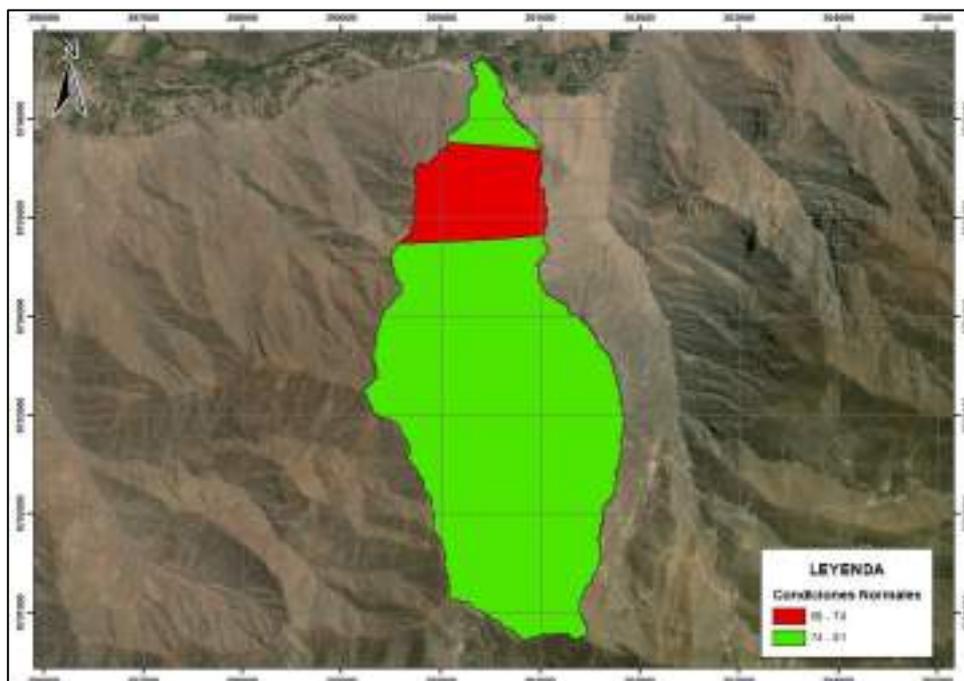


Fuente: Elaboración Propia (Extraído por Google Earth Pro)

De acuerdo con la Figura 16 se observa que la cobertura vegetal en la parte baja no hubo cambios en los últimos años. Con respecto a la margen derecha aguas abajo de la quebrada Huerta Vieja, se observa que ha aumentado las zonas urbanas cercanas al área de estudio. Además, se muestra caminos carrozables que lleguen a zonas de extracción de materiales.

Si bien en la Figura 16 se muestra ligeros cambios de cobertura, las precipitaciones en dicha zona son bajas por lo que la escorrentía propia de este sector será mínima, así mismo se observa que la cobertura vegetal en la parte alta no hubo cambios en los últimos años, por lo tanto, tomaremos en consideración los valores de curva número generados por la Autoridad Nacional del Agua. por lo tanto, tomaremos en consideración los valores de curva número generados por la Autoridad Nacional del Agua.

Figura 17: Curva Número Condiciones Normales (AMC II) – Quebrada Huerta Vieja



Fuente: Elaboración propia (Extraído del Mapa Temático de Curva Número)

Para una cuenca que consta de varios tipos de suelos y usos de la tierra, un CN compuesto se calcula

$$CN_{ponderado} = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i}$$

Donde:

$CN_{ponderado}$ = Curva Número compuesto utilizado para los cálculos del volumen de escorrentía.

i = un índice de subdivisiones de cuencas hidrográficas de uso de suelo y tipo de suelo uniformes.

CN_i = Curva Número para la subdivisión i

A_i = Área de drenaje de la subdivisión i .

A continuación, en la tabla 21 se muestra las curvas números para cada una de las subcuencas:

Tabla 20: Rango de Curva Número Condiciones Húmedas (AMC III) – Quebrada HUERTA VIEJA

Subcuenca	CN AMC III
Qda Huerta Vieja	73,78 – 80,80

Fuente: Elaboración propia

Abstracciones iniciales

Las precipitaciones intensas espacialmente concentradas son el origen más común de las avenidas súbitas. Sin embargo, no toda la precipitación que se produce sobre un área determinada termina formando parte directamente del caudal transportado por la red de drenaje. Así, la precipitación puede desagregarse en dos fracciones. La primera corresponde al porcentaje de lluvia que discurre por la superficie terrestre hacia zonas de menor cota topográfica, alcanzando finalmente la red hidrográfica de la cuenca y formando parte del caudal. Esto es lo que se denomina escorrentía superficial; siendo, por tanto, la fracción susceptible de generar una avenida.

La segunda fracción es aquella que no pasa directamente a formar parte de la escorrentía superficial, definiéndose como "pérdidas" o "abstracciones iniciales". Éstas incluyen la infiltración en el suelo, intercepción por parte de la cubierta vegetal, evapotranspiración producida por la vegetación, evaporación directa en la superficie por insolación y almacenamiento en pequeñas depresiones. De todos los procesos anteriores, la infiltración es el más importante.

El exceso incremental para un intervalo de tiempo se calcula como la diferencia entre el exceso acumulado al final y al comienzo del período. Las características de máxima retención, S , y cuenca hidrográfica se relacionan a través de un parámetro intermedio, el número de curva (comúnmente abreviado CN) como:

$$S = \frac{25400 - 254 CN}{CN} \text{ (Sistema Internacional)}$$

La abstracción inicial está en función de características y usos del suelo. Un análisis empírico hecho por el SCS encontró que la mejor forma para estimar I_a era:

$$I_a = 0.2 S$$

En la tabla 21 se muestra los rangos de abstracciones para cada una de las subcuencas:

Tabla 21: Rango de abstracciones iniciales – Quebrada Huerta Vieja

Subcuenca	I_a
Qda Huerta Vieja	12,07 – 18,05

Fuente: Elaboración propia

1.4.1.9. Modelo de transformación

Mientras que un elemento de subcuenca representa conceptualmente la infiltración, la escorrentía superficial y los procesos del subsuelo que interactúan juntos, los cálculos reales de la escorrentía superficial se realizan mediante un método de transformación contenido dentro de la subcuenca. HEC-HMS proporciona un total de nueve métodos de transformación diferentes. Las opciones incluyen varios métodos de hidrograma unitario, una implementación de onda cinemática, un método lineal cuasi-distribuido y un método de onda de difusión bidimensional (2D).

Dentro de los métodos que contempla el programa para transformar la lluvia en escurrimiento, se describen a continuación los más abordados por la literatura y aplicables a la información disponible y las dimensiones de la cuenca:

- Hidrograma Unitario (HU) de Clark.
- Hidrograma Unitario de Snyder.
- Hidrograma Unitario (HU) del SCS.

El presente estudio ha usado los métodos de Hidrograma unitario SCS, debido a que de acuerdo con el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones dicho método es aplicable para cuencas menores a 30 km².

Transformación de hidrograma unitario SCS: El método del hidrograma unitario del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) define un hidrograma unitario curvilíneo al establecer primero el porcentaje de la escorrentía unitaria que ocurre antes del caudal máximo. Entonces se puede ajustar un hidrograma unitario triangular al hidrograma unitario curvilíneo para que se pueda calcular la base de tiempo total del hidrograma unitario. Los parámetros que inciden en la transformación hidrograma unitario SCS son los siguientes:

Factor de tasa pico (PRF): es un factor aplicado a las ordenadas del hidrograma unitario adimensional SCS que altera la forma del hidrograma mientras mantiene el volumen total de escorrentía. Esta definición corresponde a un factor de tasa pico de 484 que incorpora el porcentaje de escorrentía unitaria antes del pico, la base de tiempo total calculada y las conversiones de unidades al aplicar las ecuaciones dentro del sistema de unidades habitual de EE. UU. Al cambiar el porcentaje de escorrentía unitaria antes del pico, se pueden calcular hidrogramas unitarios alternos para cuencas hidrográficas con topografía variable y otras condiciones que afectan la escorrentía. Se ha encontrado que las cuencas hidrográficas planas

generalmente tienen una PRF más baja que puede ser tan pequeña como 100. Las cuencas hidrográficas más empinadas tienen una PRF más grande que puede llegar hasta 600.

Para la modelación hidrológica en la quebrada HUERTA VIEJA tomaremos el valor predeterminado PRF de 484.

Tiempo de retardo: Este tiempo es un parámetro que describe el tiempo de respuesta hidrológica de la cuenca, representando el tiempo en que se presenta el pico de caudal ante un evento de duración determinada. Este parámetro se obtiene usualmente a través de la calibración de la cuenca. Sin embargo, para cuencas no instrumentadas se pueden usar relaciones en función del tiempo de concentración de la cuenca.

$$TLag = 0.60 * Tc$$

Donde:

$TLag$ = Tiempo de retardo en minutos

Tc = Tiempo de concentración en minutos

1.4.1.10. Caudal base

Dos componentes distinguibles de un hidrograma de flujo de corriente son (1) la escorrentía directa y rápida de la precipitación y (2) el flujo base. El flujo base es la escorrentía sostenida o de "buen tiempo" de la precipitación anterior que se almacenó temporalmente en la cuenca, más la escorrentía subsuperficial retrasada de la tormenta actual. Algunos modelos conceptuales de procesos de cuencas hidrográficas explican explícitamente este almacenamiento y el movimiento del subsuelo. Sin embargo, esta contabilidad no es necesaria para proporcionar información para muchos estudios de recursos hídricos. El programa incluye tres modelos alternativos de caudal base:

- Valor constante que varía mensualmente.
- Modelo de recesión exponencial.
- Modelo de contabilidad de volumen de yacimiento lineal

En el presente estudio no se ha considerado el flujo base, ya que al ser una quebrada seca no se ha encontrado flujo por parte del aporte de la escorrentía subterránea.

1.4.1.11. Modelo meteorológico

Son uno de los componentes principales de un proyecto. El propósito principal es preparar las condiciones meteorológicas de contorno para las subcuencas. Se puede utilizar con muchos modelos de cuenca diferentes, sin embargo, los resultados calculados por el Modelo meteorológico se compararán con las subcuencas en los Modelos de cuencas utilizando el nombre de la subcuenca. Si las subcuencas en diferentes modelos de cuenca tienen el mismo nombre, ambas recibirán las mismas condiciones de contorno del modelo meteorológico. Es necesario nombrar cuidadosamente las subcuencas para que se calculen las condiciones de contorno correctas para cada una. A continuación, se brinda una descripción del método utilizado en el modelo meteorológico.

1.4.1.12. Método de precipitación

La precipitación incluye todas las lluvias y nevadas sobre la superficie terrestre. El Método de Precipitación solo determina la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre. Algunos métodos de precipitación requieren datos de parámetros para cada subcuenca. Otros métodos utilizan los mismos datos para todas las subcuencas.

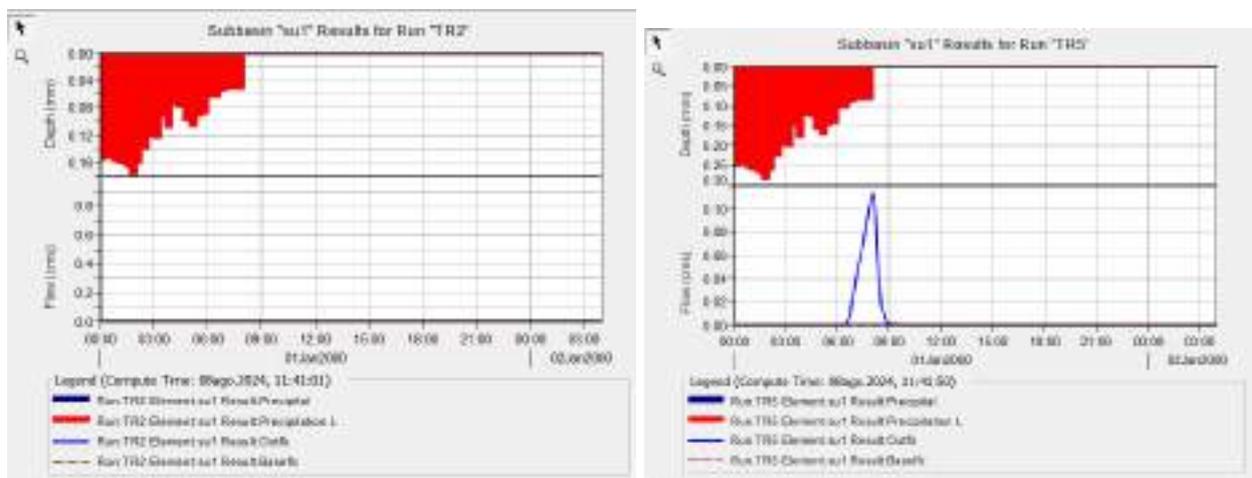
HEC-HMS tiene nueve métodos de precipitación diferentes, incluida una opción para no asignar precipitación. Para nuestra zona de estudio usaremos el método Hietograma especificado la cual permite especificar la serie de tiempo exacta que se usará para el hietograma en las subcuencas. Este método es útil cuando los datos de precipitación se procesarán externamente al programa y esencialmente se importarán sin alteración.

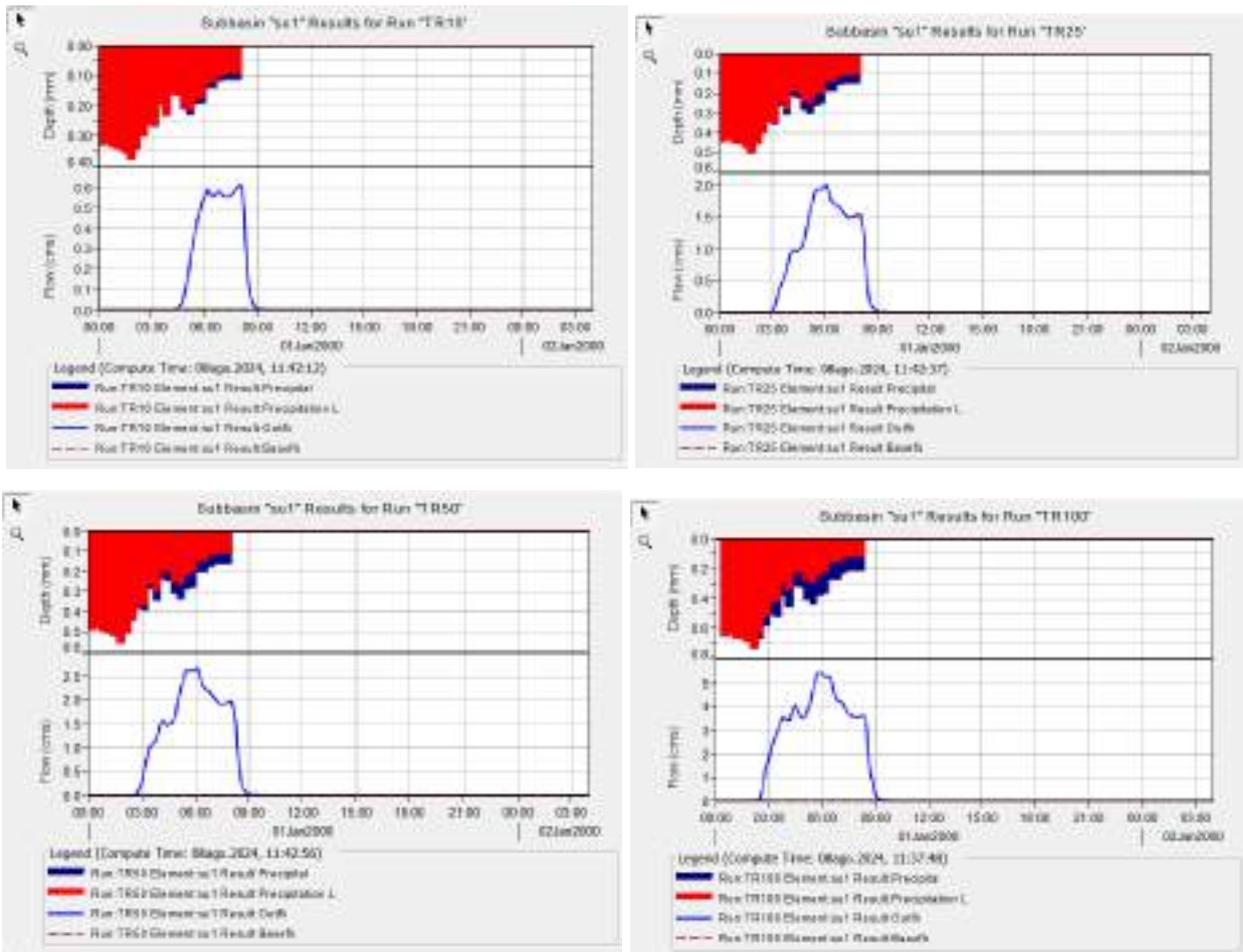
Este método también es útil cuando se puede usar un solo pluviómetro para representar lo que sucede en una subcuenca

1.4.1.13. Caudales asociados a diferentes periodos de retorno

Después de haber realizado la calibración de modelo hidrológico, análisis de lluvias y cálculo de los parámetros de los modelos para la quebrada HUERTA VIEJA, se procede a la estimación de los caudales máximos o hidrogramas de salida en cada uno de los puntos de interés para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100. A continuación, mostramos el modelo hidrológico en el entorno del HEC-HMS:

Figura 18: Hidrogramas para cada periodo retorno – Qda Huerta Vieja





Fuente: Elaboración propia – extraído del Software HEC-HMS

El modelo hidrológico está discretizado en 1 subcuenca y 01 elemento salida. Los resultados se han obtenido en cada uno de estos elementos y para diferentes períodos de retorno, la que se muestra a continuación:

Tabla 22: Resumen de caudales picos en elementos hidrológicos

ELEM.	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
HIDROL.	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
SU1	0.000	0.114	0.613	2.007	2.668	5.462
SALIDA_2	0.000	0.114	0.613	2.007	2.668	5.462

Fuente: Elaboración propia

1.4.1.14. Selección y sustento de período de retorno y caudal de diseño

De la evaluación hidrológica realizada en las cuencas de las quebrada HUERTA VIEJA, se han obtenido caudales para distintos periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años). Para el propósito final del presente estudio, que es la delimitación de fajas marginales. Consultada la normativa vigente, como es la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA, que aprueba el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales. Se tiene que:

- “La determinación de los caudales máximos se establece de acuerdo con los siguientes criterios:



- a) *En cauces naturales de agua colindantes a terrenos agrícolas: periodo de retorno de 50 años.*
- b) *En cauces naturales de agua colindantes a asentamientos poblacionales: periodo de retorno de 100 años.”*

Bajo las disposiciones establecidas en la normativa vigente en materia de delimitación de fajas marginales y efectuado el estudio hidrológico de máximas avenidas se recomienda considerar los caudales determinados para un periodo de retorno de 50 años, porque solo existen zonas agrícolas aguas abajo del cono aluvial de la quebrada

Tabla 23: Caudales máximos recomendados para delimitación de fajas marginales

CUENCA	Caudales Máximos para Periodo de Retorno de 50 años
SU1	2,67 m3/s
SALIDA	2,67 m3/s

Fuente: Elaboración propia

1.4.2. Información Topográfica

1.4.2.1. Poligonal GPS amarrado a la Red Geodésica Nacional

Se ha monumentado un (01) punto geodésico (LIM04178), el cual han sido materializados en hitos de concreto de 40x40cm de lado y 60 cm de alto, con incrustación de placa de bronce de 7cm de diámetro sobre una masa de concreto, el cual sobresale 20 cm del terreno circundante, se ha identificado con el nombre de la institución “Autoridad Nacional del agua”.

Figura 19: Punto de control de orden “C”.

LIM0-4178



Fuente: Estudio topográfico

Tabla 24: Puntos de control certificados.

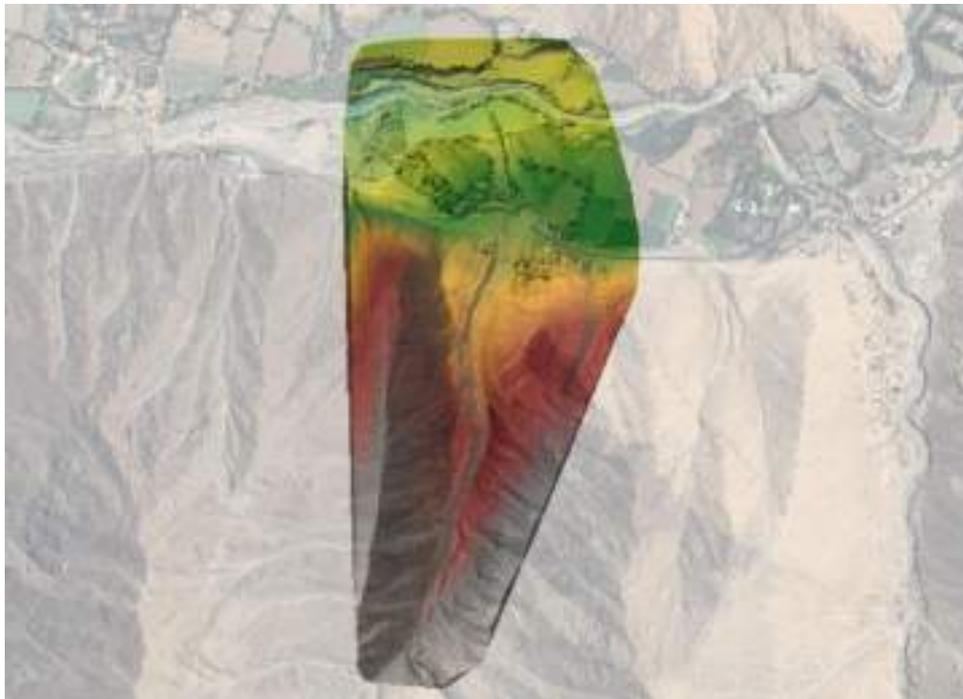
PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
LIM04178	300 661	8 706 367	994

Fuente: Estudio topográfico

1.4.2.2. Modelo Digital de Elevación

El Modelo Digital de Elevación (MDE) es uno de los archivos a considerar para realizar las modelaciones numéricas en el software HEC-RAS. Este modelo fue realizado con curvas de nivel espaciado cada 0.50 m, dicha data según la RJ 332-2016- ANA el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales es correcta. Teniendo una resolución del MDE de 0.50 x 0.50 m, respectivamente. La altitud mínima del MDE (Figura 22) es de 949 m.s.n.m. y la máxima, de 1251 m.s.n.m.

Figura 20: Modelo digital de elevaciones en la Quebrada HUERTA VIEJA



Fuente: Elaboración propia (Extraído de HEC-RAS)

1.4.2.3. Eje del cauce

La conformación de los ejes de cauces de la quebrada se ha basado en la topografía Lidar del cauce. El tramo trazado de estudio comprende 2.295 Km.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

Figura 21: Ejes del cauce - Quebrada Huerta Vieja



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 26 se nos muestra que desde la progresiva 0+000 hasta 0+550 comprende la desembocadura hacia el río Chillón, hacia la carreteada asfaltada, dentro de estas progresivas encontramos zonas agrícolas en su margen derecha. Así mismo en la Figura 27 desde la progresiva 0+550 a 2+000 comprende la zona de garganta o cauce de transporte

Figura 22: Eje de cauce de la Quebrada Huerta Vieja – Km 0+000 – km 0+550



Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Eje de cauce de la Quebrada Huerta Vieja – Km 0+550 – km 2+000



Fuente: Elaboración propia

1.4.2.4. Pendiente del cauce

Es una de las variables principales que determina la respuesta morfológica del cauce que actúa directamente en la dinámica propia del lecho fluvial. La forma del perfil longitudinal del cauce es el resultado de un número de factores actuantes e independientes, los cuales representan un balance entre la capacidad de transporte del cauce y el tamaño y cantidad de sedimentos disponibles y existentes para finalmente ser transportados a diferentes localizaciones que por esta condición el lecho está en constante cambio.

La pendiente de un tramo de un cauce natural es la relación que existe entre los extremos inicial y final y la distancia horizontal de dicho tramo. Si se considera el cauce como un solo tramo, la pendiente se define como el desnivel, en metros, entre los extremos inicial y final de la cuenca, dividida entre la longitud horizontal, en metros, de dicho tramo, es decir:

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Donde **S** es la pendiente del tramo del cauce en m/m, **ΔH** es el desnivel entre los extremos del tramo de cauce, en metros y **L** es la longitud horizontal del tramo del cauce, en metros.

Para tener una idea de la pendiente del cauce de la quebrada HUERTA VIEJA, se ha realizado el análisis cada 0.4 km, para lo cual se ha utilizado el software Global Mapper, utilizando como insumo principal la topografía LiDAR y eje del cauce principal. Los resultados se muestran en la tabla 24 y en las imágenes 29 al 34.

Tabla 25: Pendiente Quebrada Huerta Vieja

QUEBRADA HUERTA VIEJA						DESCRIPCIÓN
TRAMOS	Km	DIST	ELEV.DIFF	SLOPE		
1	0+000 - 0+400	400	33.438	4.77°	8.39%	Zona de Garganta
2	0+400 - 0+800	400	47.086	6.46°	11.39%	
3	0+800 - 1+200	400	52.347	7.48°	13.26%	
4	1+200 - 1+600	400	71.663	9.57°	17.65%	
5	1+600 - 2+000	400	33.827	12.23°	25.65%	

Fuente: Elaboración propia

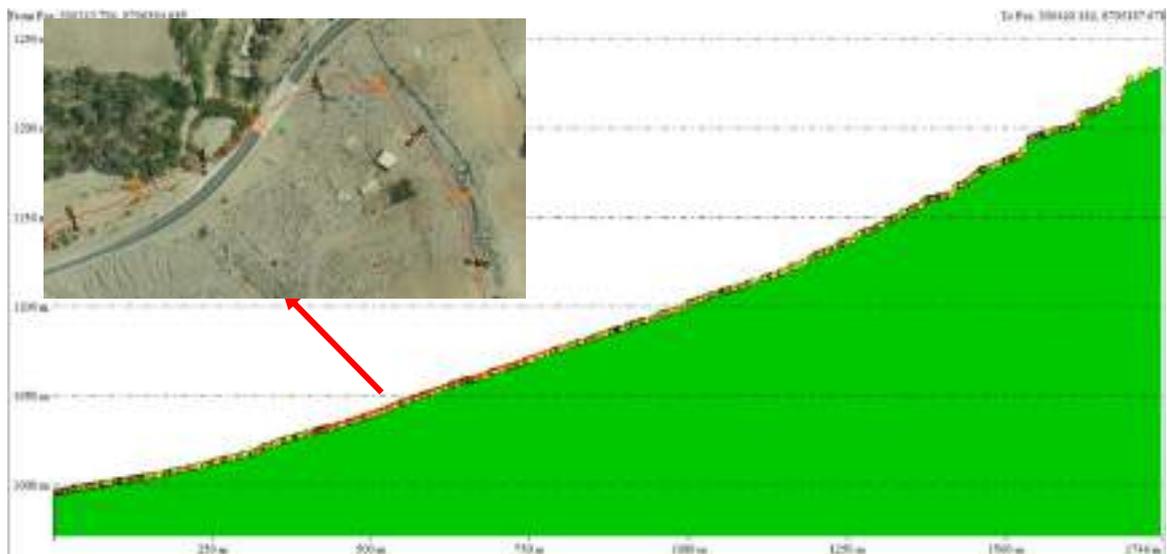


Figura 24: Pendiente tramo 1 – Quebrada Huerta Vieja: 0+000 - 0+400 Km



Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Pendiente tramo 2 – Quebrada Huerta Vieja: 0+400 - 0+800 Km



Fuente: Elaboración propia

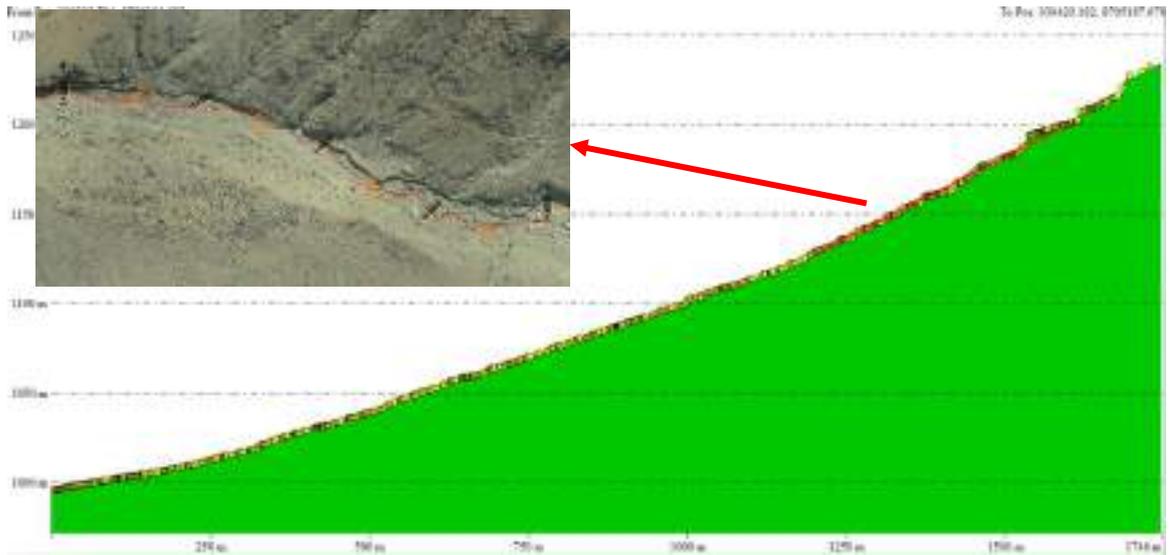


Figura 26: Pendiente tramo 3 – Quebrada Huerta Vieja: 0+800 - 1+200 Km



Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Pendiente tramo 4 – Quebrada Huerta Vieja: 1+200 - 1+600 Km



Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Pendiente tramo 5 – Quebrada Huerta Vieja: 1+600 - 2+000 Km



Fuente: Elaboración propia

1.4.3. Zonas críticas

De acuerdo con el Primer Reporte de Zonas Críticas en la cuenca del río Chillón (Lima, Perú) realizado por INGEMMET en el año 2010 menciona que uno de los peligros geológicos que tiene el distrito de Santa Rosa de Quives son los flujos de detritos, inundación fluvial, avalancha de rocas.

Además de acuerdo con el informe técnico de zonas críticas por peligros geológicos en la región Lima menciona que en la provincia de Canta se identificó 26 zonas críticas, principalmente inundaciones, erosiones fluviales y derrumbes; cercano a la zona de proyecto tenemos sector Santo Toribio y Huerta Vieja (Ubicado en las coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S: 303000 mE, 870130 mN), en la que tenemos Área sujeta a avalancha de rocas, erosión de laderas y huaicos pudiendo afectar poblados aguas abajo como Santo Toribio y Huerta Vieja, en la margen izquierda del río Chillón.

2. SIMULACIÓN HIDRÁULICA

Durante las últimas décadas, el mundo ha vivido un desarrollo tecnológico que ha permitido evolucionar prácticamente en todos los campos y sectores económicos y sociales a un ritmo acelerado y la ingeniería no ha sido ajena a este desarrollo vertiginoso.

Cuando hablamos de simular el movimiento del agua, rápidamente acuden a nuestra mente pensamientos acerca de conocidos programas informáticos, algunos en una dimensión, otros más modernos en dos dimensiones. Uno de alto coste económico, otros gratuitos. Unos de alto coste computacional, otros de bajo coste computacional.

Si bien existen una gran oferta de programas para la simular el flujo del agua en cauces naturales y artificiales, debemos enfocarnos en aquellos que puedan simular el flujo de detritos.

En el presente numeral se muestra el proceso del uso del programa HEC-RAS 6.3.1 para detallar el análisis del flujo en el ámbito de intervención del proyecto obteniendo la simulación hidráulica en 2D de la quebrada HUERTA VIEJA, objeto del estudio. Para la simulación será necesaria la

geometría base muy detallada con valores de elevación, para establecer parámetros que servirán para la calibración, posteriormente, y por último se correrá la simulación, viendo al final los resultados del flujo, tanto velocidad como tirantes en cualquier punto de la quebrada.

El modelo está desarrollado basado en un Modelo de Elevación Digital (DEM) con un tamaño de píxel de 0.25 m x 0.25 m, lo que permite aumentar la precisión de la generación de resultados.

El escenario presentado es el análisis hidrodinámico de flujo de lodo y detritos en la quebrada HUERTA VIEJA, permitiendo observar adecuadamente la morfología de la quebrada, creando una malla que contenga todo el modelo para observar los resultados de los sitios de interés en los tramos críticos y sus efectos en la zona de estudio.

2.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

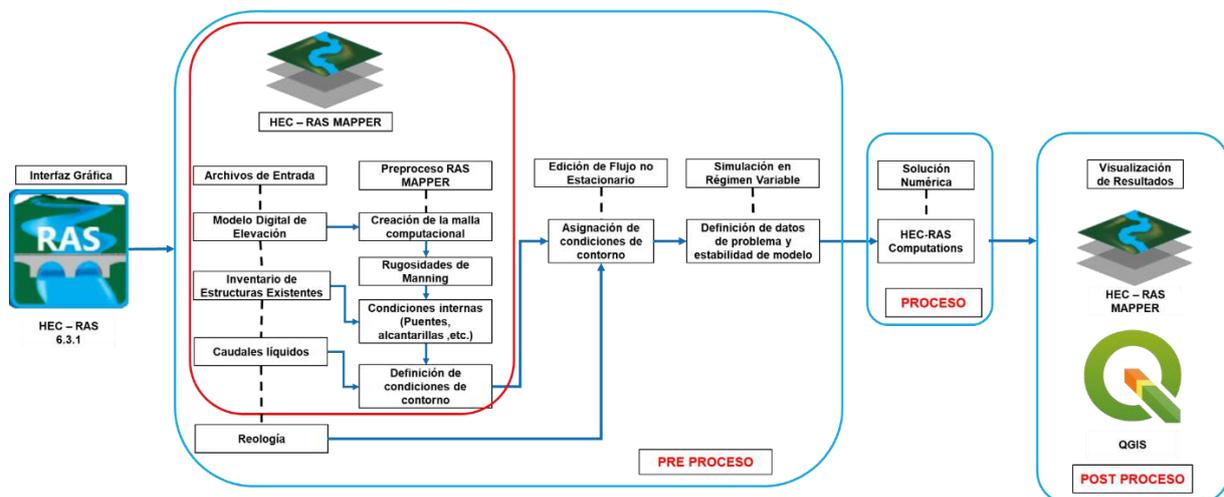
El modelo hidráulico fue realizado con el programa HEC-RAS versión 6.3.1, que consta de un módulo hidrodinámico que permite la simulación bidimensional del cauce, asignando las condiciones de contorno, frontera, propiedades como el coeficiente de rugosidad y la malla no estructurada en la zona del cauce del río, siendo esta discretización del modelo generado a partir de la geometría.

2.2. CONFIGURACION DEL MODELO

2.2.1.1. Flujo de Procesos

Para realizar el modelo numérico en los softwares en HEC-RAS, se siguieron los pasos se muestran en la Figura 30:

Figura 29: Diagrama de flujo para realizar la modelación numérica – HEC-RAS 6.3.1



Fuente: Elaboración propia

2.2.1.2. Dominio malla Computacional

La definición del dominio computacional se realizó con ayuda de la herramienta Geometry, integrado en la opción RAS – Mapper, el límite de cómputo está en función de los objetivos del estudio y la discretización del dominio. En HEC-RAS se realiza con volúmenes finitos en mallas no estructuradas debido a que esta se adecua mejor a las irregularidades que presenta el cauce de la quebrada Huerta Vieja.

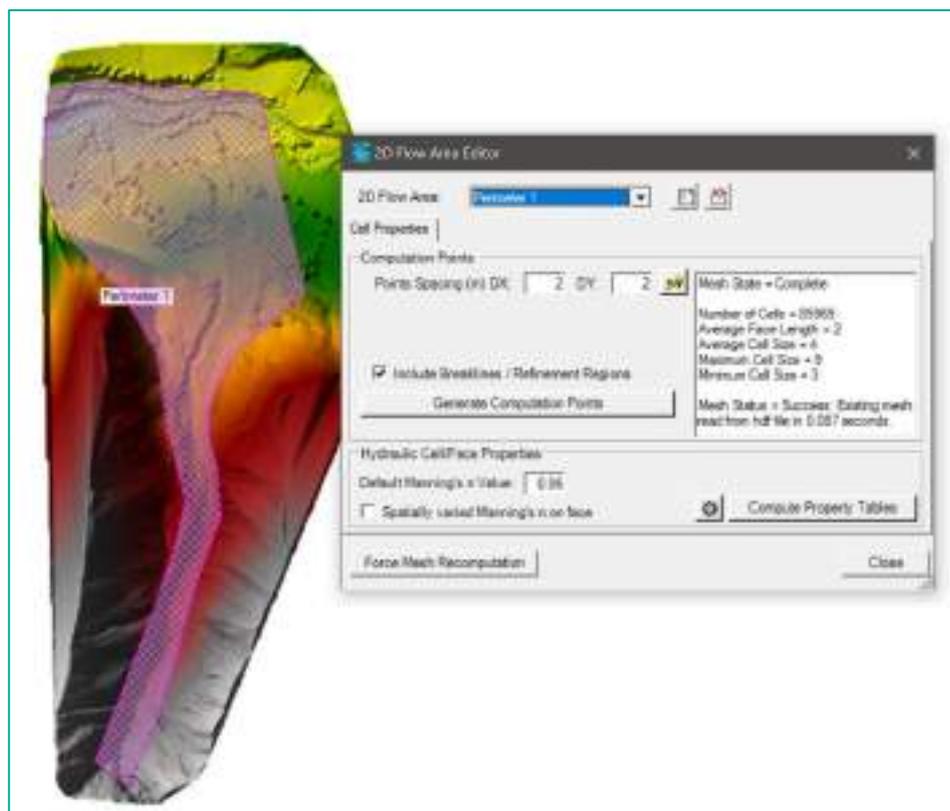
Elaborando una tabla resumen de las dimensiones adoptadas y el área de la malla se tiene:

Tabla 26: Dimensiones de la malla computacional adoptada

Software	#Malla/Característica	Zona Inundación
HEC-RAS 6.3.1	Tamaño de malla (m)	2
	Área de malla (m ²)	4

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Tamaño de malla Quebrada Huerta Vieja: HEC RAS 6.3.1



Fuente: Elaboración propia

2.2.1.3. Coeficientes de pérdida de energía (zonificación de rugosidad)

La resistencia al flujo de agua en cauces y llanuras de inundación habitualmente se encuentra modelizado mediante un coeficiente de rugosidad, siendo en hidráulica fluvial generalmente utilizado el coeficiente "n" de Manning.

La definición de la rugosidad del cauce y áreas de flujo se ha realizado en base a buenas prácticas de modelización fluvial aplicando metodologías y estándares nacionales e internacionales, donde usualmente los valores de rugosidad hidráulica se encuentran asociados al tipo de material del lecho del cauce del río, a los diferentes tipos de uso y cobertura vegetal por donde discurre el agua, y la morfología del cauce.

Para determinar el coeficiente de rugosidad de Manning del cauce principal y las áreas aledañas, utilizaremos las tablas de suelo de acuerdo a la guía metodología para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables, del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, del Gobierno de España según SIOSE y CLC2000, así como las tablas de rugosidad de Manning para colchones Reno, Gaviones y Geomantas del Manual Técnico de Revestimiento de canales y cursos de agua de MACCAFERRI y los Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones

1. Zona de Agrícola. - Se presenta en la parte baja de quebrada HUERTA VIEJA, de material de tierra, con irregularidad menor, la obstrucción es despreciable, con densidad de vegetación media. De acuerdo con la Guía Española Metodológica, para esta zona corresponde un " n " = 0.04.

Figura 31: Cultivo instalado en la zona inundable



Fuente: Elaboración propia

2. Zona Eriaza. - Se identificaron áreas eriazas en la parte media y alta de la quebrada HUERTA VIEJA, en las márgenes del cauce principal, además de encontrar en la parte baja cercana la zona urbana y agrícola. Estas áreas actualmente se encuentran sin uso, es decir no son empleados en ninguna actividad, esto debido al poco beneficio que pueden brindar. La zona eriaza presenta material de tierra con grava, sin irregularidades, las variaciones en su sección transversales son ocasionales, presenta un menor efecto relativo de obstrucciones, baja densidad de vegetación, para esta zona corresponde un " n " = 0.03.

Figura 32: áreas eriazas en las zonas altas y márgenes



Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Áreas eriazas ubicado cerca de la carretera



Fuente: Elaboración propia

3. Zona de Quebrada. – En estas zonas hablamos del cauce principal de la quebrada HUERTA VIEJA. La quebrada mencionada se caracteriza por tener en su cauce cantos rodados, además del movimiento de material del fondo que aporta al cauce principal de HUERTA VIEJA. De acuerdo con ello, para esta zona corresponde un “n” = 0.048.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

Figura 34: Zona de Quebrada



Fuente: Elaboración propia

4. Zona Urbana. - Estas zonas se encuentran en la urbana se presenta en la parte baja, de la quebrada Huerta Vieja; es el lugar donde se localizan los asentamientos humanos, su superficie es menor en comparación con las otras zonas y su relieve es relativamente plano. Dentro de los elementos ubicados en esta zona podemos encontrar viviendas de ladrillo y adobe, carreteras asfaltadas y afirmadas, losas deportivas, edificaciones públicas, postes de alumbrado eléctrico, basura, vegetación y áreas libres.

La característica relevante de esta zona es el alto grado de resistencia del avance del fluido, su velocidad disminuye debido a la presencia de obstáculos que encuentra en su curso, como viviendas, edificaciones, postes de alumbrado eléctrico, vehículos, etc., esto permite que el fluido no avance con facilidad y el coeficiente de rugosidad se incremente considerablemente.

De acuerdo con la Guía Española Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, los valores de rugosidad para estos tipos de materiales varían, entre 0.07 a 0.12, para lo cual se optado por seleccionar un valor promedio de $n = 0.1$, para la zona Urbana, camino asfaltado y badén.

Figura 35: Presencia de viviendas, calles, como parte del área inundable



Fuente: Elaboración propia

Figura 36: Camino asfaltado intercepta en la Qda. HUERTA VIEJA



Fuente: Elaboración propia

5. **Zona de canales.** –Se ha encontrado un canal de concreto que cercano a la zona aluvial. De acuerdo con los Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) descrito en el Manual de Hidrología e Hidráulica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para canales de concretos los valores oscilan entre 0.011 y 0.015, siendo el valor mínimo el más crítico y el máximo el óptimo, mientras que su valor normal es de 0.013. Para este caso, del canal de concreto no se encuentran en malas condiciones por lo que corresponde un “ n ” = 0.013.

Figura 37: Canal de concreto



Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000

Clasificación de usos de suelos del suelo del SIOSE			n
Artificial compuesto	Urbano mixto	Casco	
Cobertura artificial	Edificación		0.1
	Otras construcciones		
Cultivos	Cultivos herbáceos		0.04

Fuente: Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

Tabla 28: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning para colchones Reno, Gaviones y Geomantas

Tipo	NATURALEZA DEL CANAL	n
16	Curso de agua naturales con cauce de cantos rodados y movimiento del material del fondo	0.048

Fuente: Manual Técnico - Revestimiento de canales y cursos de agua

Tabla 29: Cuadro Resumen de las rugosidades de Manning

USOS DE SUELOS	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
PARCELA	0.04
QUEBRADAS	0.048
CANAL DE CONCRETO	0.013
ERIAZA	0.030
URBANO	0.100
ASFALTO	

Fuente: Elaboración propia



Figura 38: Rugosidades en el modelo hidráulico



Fuente: Elaboración propia (Extraído de HEC-RAS)

2.2.1.4. Condiciones de Contorno

Para el desarrollo de las simulaciones se requiere el ingreso de los caudales estimados. Dado el fin del presente modelo, en la quebrada Huerta Vieja se consideró aumentar el caudal líquido en función del coeficiente volumétrico en el considerando que en esta quebrada usualmente se activa y produce flujos hiperconcentrados. Los caudales picos asociados a diferentes puntos de interés se muestran en el ítem **1.4.1 Información Hidrológica**

Condiciones de Contorno para TR50 años

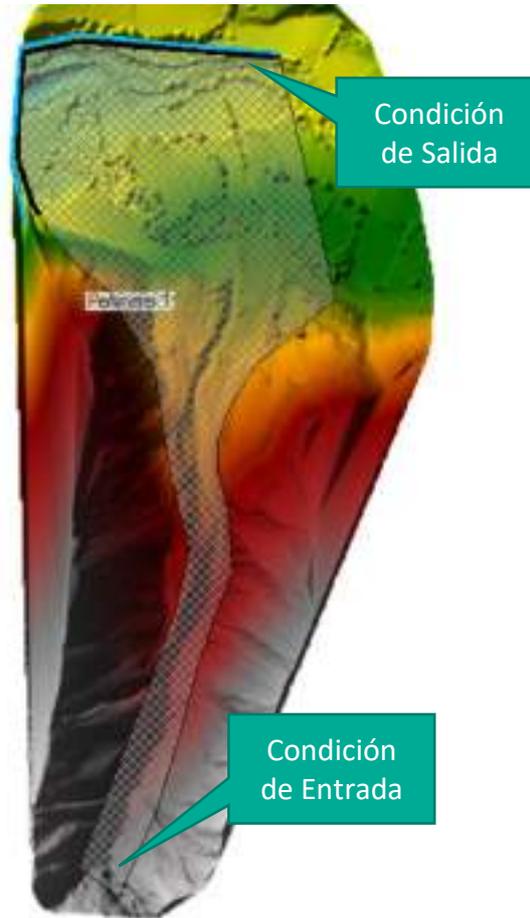
En el caso de TR 50 años, presentamos dos condiciones de contorno, en la que tenemos 1 condiciones de entrada para el ingreso hidrogramas y 1 condiciones de salida ubicada aguas abajo del río Chillón, así como en las posibles llanuras de inundación.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

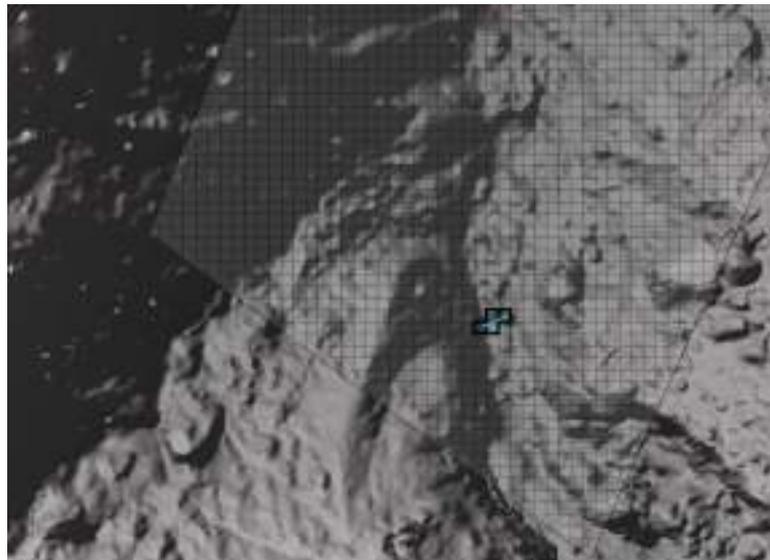
Figura 39: Ingreso de las condiciones de contorno – TR100



Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)

HEC-RAS tiene la opción de agregar un hidrograma de flujo como condición de contorno interno. La línea de condición de contorno interna puede abarcar una o más celdas 2D. Una vez dibujada la línea, se debe ingresar un nombre. Si la línea interna cruza más de una celda, el flujo se distribuye entre las celdas según el porcentaje de la longitud de la línea que cruza esa celda. Por ejemplo, si una celda contiene el 20 % de la longitud de la línea BC, la celda recibirá el 20 % del flujo en cada paso de tiempo. Esto se aplica en las condiciones de entrada de las quebradas, debido a que encontramos que el flujo se puede distribuir en más de una entrada, que, a diferencia de las condiciones de entrada externa que solo busca el punto más bajo para el recorrido del flujo.

Figura 40: Condición de entrada interna



Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)

Dos de las características de las condiciones internas es que al momento de ingresar los hidrogramas a partir de la opción **Unsteady Flow Data** solo reconoce el ingreso del Flow Hydrograph, es decir, el hidrograma obtenido en el estudio hidrológico (Ver Figura 63), que, a diferencia de las condiciones de contorno externa te da muchas más opciones a ingresar (Flow Hydrograph, Stage Hydrograph, Normal Depth y Rating Curve), además que al ingresar los valores del hidrograma ya no es necesario la pendiente que se distribuye a lo largo de la línea de entrada (Ver Figura 64), ya que éstas de condición interna reconocerá automáticamente dichas pendientes de acuerdo al Modelo Digital de Terreno y la línea de entrada (MDT).

Figura 41: Ingreso del flujo no permanente – TR50



Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)



Figura 42: Ingreso del hidrograma para el escenario – TR 50

	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m ³ /s)
1	19 Jan 2017 2:40:00	0:00:00	0
2	20 Jan 2017 0:00:00	0:05:00	0
3	20 Jan 2017 0:05:00	0:10:00	0
4	20 Jan 2017 0:10:00	0:15:00	0
5	20 Jan 2017 0:15:00	0:20:00	0
6	20 Jan 2017 0:20:00	0:25:00	0
7	20 Jan 2017 0:25:00	0:30:00	0
8	20 Jan 2017 0:30:00	0:35:00	0
9	20 Jan 2017 0:35:00	0:40:00	0.01
10	20 Jan 2017 0:40:00	0:45:00	0.105
11	20 Jan 2017 0:45:00	0:50:00	0.438
12	20 Jan 2017 0:50:00	0:55:00	1.09
13	20 Jan 2017 0:55:00	1:00:00	2.015
14	20 Jan 2017 1:00:00	1:05:00	3.03
15	20 Jan 2017 1:05:00	1:10:00	3.976

Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)

Con respecto a las condiciones de salida, éstas fueron considerados de manera externa, ya que como se mencionó anteriormente, dicha condición te permite ingresar más opciones (A diferencia de las condiciones de contorno interna que solo te permite ingresar el hidrograma) siendo la opción **Normal Depth** la más recomendable ya que solo ingresaremos la pendiente de fricción en las salidas de nuestro modelo. Presentamos las condiciones de salida mencionadas (Ver Figura 65):

Las condiciones de salida se muestran a continuación:

Figura 43: Condiciones de salida de flujo en el modelo HEC-RAS

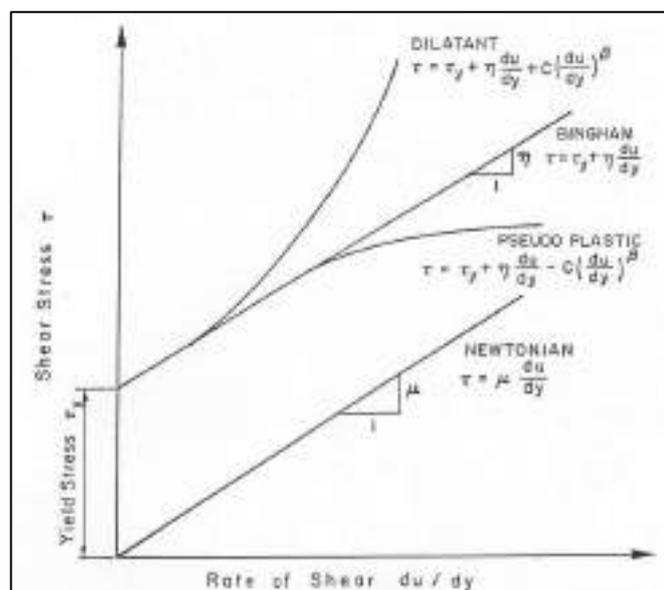
Fuente: Elaboración Propia (Extraído de HEC-RAS)

2.2.1.5. Datos reológicos

La versión actual de HEC-RAS incluye cuatro modelos reológicos: (1) Bingham, (2) Cuadrático de O'Brien, (3) Herschel-Bulkley y (4) Voellmy. El flujo hiperconcentrado, el flujo de barro y el alud torrencial se analizan mediante un modelo reológico cuadrático (O'Brien, J.S. & Julien, P.Y., 1985), debido a software como FLO-2D trabajan con dicha ecuación.

De acuerdo con el manual de Flujo de lodos y escombros de HEC-RAS la ecuación de O'Brien utiliza valores físicos para desarrollar efectos cuadráticos teóricos. La responsabilidad de este enfoque es que, si la formulación teórica no refleja los procesos en el flujo geofísico, introducirá errores. Pero el beneficio de este enfoque físico-teórico es que todas las entradas en los términos no lineales son parámetros físicos que son predeterminados o relativamente intuitivos para que el usuario los especifique.

Figura 44: Parámetros definidos por el usuario de la ecuación cuadrática de O'Brien y su ubicación en la interfaz no newtoniana.



Fuente: Manual de Flujo de lodo y escombros – HEC-RAS 6.3.1

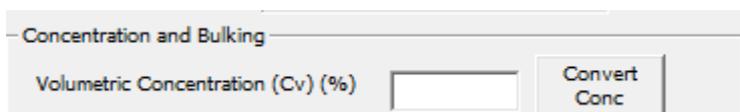
Además, el Flujo de lodos y escombros de HEC-RAS menciona que Gibson et al. (2020 en revisión) demostró que los valores más bajos de rendimiento y viscosidad a menudo son apropiados para el enfoque de O'Brien en comparación con Bingham porque la ecuación de O'Brien explica explícitamente los procesos en el término cuadrático que Bingham está agrupando en los parámetros lineales y la viscosidad cargada de sedimentos que se requieren para el modelo de Bingham, el modelo de O'Brien solo requiere la concentración volumétrica (que ya se requiere para aumentar el volumen y para algunas estimaciones de rendimiento y viscosidad) y un tamaño de grano representativo. HEC-RAS también ha expuesto la concentración volumétrica máxima predeterminada en el término Bagnold de O'Brien (0,615 o 61,5%). Este término está bien para flujos de menor concentración ($C_v < 50\%$)

Parámetros de usuario de la ecuación de O'Brien (cuadrática)

De acuerdo con el manual de flujo de lodos y detritos de HEC-RAS, los parámetros que se necesitan para la ecuación cuadrática de O'Brien son los siguientes:

- Concentración Volumétrica: Es la primera variable que se debe estimar. La mayoría de los modelos no newtonianos son muy sensibles a la concentración volumétrica. La versión actual de HEC-RAS utiliza una concentración volumétrica para todo el tiempo y el espacio, sin embargo, de acuerdo con manual antes mencionado, están trabajando en una serie de tiempo de concentración y, eventualmente, en métodos más sofisticados para enrutar la concentración a través del modelo.

Figura 45: Concentración volumétrica de sólidos definida por el usuario.



Fuente: Elaboración propia (Extraído HEC-RAS 6.3.1)

El flujo de la quebrada Huerta Vieja no es solo líquido (Como ocurre en el río), sino que también viene acompañado de barro, lodo y esto se constata en el último evento extremo ocurrido en el ciclón Yaku en el año 2023.

Es importante obtener la concentración volumétrica que posea la mezcla. En el caso de los flujos de escombros, estos poseen una distribución de Concentración Volumétrica que parten de un valor cercano a 0.2 y aumentan hasta 0.35 o 0.45 siempre dependiendo del tipo de sedimento que posea la cuenca,

Por otro lado, los flujos de lodo en la quebrada Huerta Vieja tienen un comportamiento diferente a una avenida y a un deslizamiento, ya que inicialmente, agua limpia fluye de la cuenca hasta llegar al vértice del abanico, esto puede ser acompañado por ondas frontales de lodo y escombros (40% a 50% concentración por volumen).

$$Q_t = BF \times Q_l$$

Para la obtención de concentración volumétrica, O'Brien y Julien (O'Brien, J.L. y Julien, P.Y, 1997), introducen una clasificación para flujos hiperconcentrados de sedimentos en la que definen cuatro categorías en función de la concentración de sólidos, pero que implícitamente considera otras propiedades relacionadas con la reología y el comportamiento mecánico e hidráulico del fenómeno. En la siguiente tabla se resume las características de cada categoría propuesta por O'Brien y Julien.

Tabla N° 1. Clasificación de flujos hiperconcentrados.

Descripción del Tipo de Flujo	Concentración de sedimentos		Características del Flujo
	En Volumen	En Peso	
Deslizamientos	0.65 – 0.80	0.83 – 0.91	No hay flujo; falla por deslizamiento de bloques
	0.55 – 0.65	0.76 – 0.83	Derrumbe de bloques con deformación interna durante el deslizamiento, movimiento paulatino del terreno antes de fallar.
Flujos de lodo (Mudflow)	0.48 – 0.55	0.72 – 0.76	Flujo evidente; deslizamiento lento sostenido por el flujo de lodo; deformación plástica bajo su propio peso; cohesivo; no se expande en la superficie



Descripción del Tipo de Flujo	Concentración de sedimentos		Características del Flujo
	En Volumen	En Peso	
	0.45 – 0.48	0.69 – 0.72	Flujo se extiende sobre la superficie; flujo cohesivo; algo de mezcla.
Avenida de lodo (Mud Flood)	0.40 – 0.45	0.65 – 0.69	El flujo se mezcla fácilmente; muestra las propiedades fluidas en la deformación; distribuido en la superficie horizontal, pero mantiene una superficie fluida inclinada; partículas grandes se depositan (peñones); aparecen ondas, pero se disipan rápidamente.
	0.35 – 0.40	0.59 – 0.65	Deposición marcada de gravas y cantos rodados; se expande casi completamente sobre la superficie horizontal; aparece la superficie líquida con dos fases del fluido; las olas viajan en la superficie
	0.30 – 0.35	0.54 – 0.59	Separación del agua en la superficie; las olas viajan fácilmente; la mayoría de las arenas y gravas se han sedimentado y se mueven como arrastre de fondo
	0.20 – 0.30	0.41 – 0.54	Se distinguen claramente las olas y ondas; todas las partículas descansando en el fondo en condición inmóvil.
Inundación de agua	< 0.20	< 0.41	Inundación de agua con carga suspendida convencional y arrastre de fondo.

Fuente: O'Brien y Julien (1997): *On the importance of mudflow routing.*

De acuerdo con el tipo de flujo que tiene la quebrada en el año 2017 y relacionando las tablas de O'Brien, la concentración volumétrica sería de aproximadamente 0,35, siendo su descripción Mud Flood

Figura 46: Concentración Volumétrica – Quebrada Huerta Vieja

Quebrada	Concentración de sedimentos
	En Volumen
Huerta Vieja	0,35

Fuente: Estudio del modelo Hidráulico

- b) Opciones de volumen: A altas concentraciones, el componente sólido tiene un efecto significativo sobre el volumen de la mezcla. Hay dos formas principales de incorporar el volumen sólido en los modelos de lodo y escombros: (1) Incorporar volumen de sólidos en datos de flujo (no a granel), es decir que es el flujo de la mezcla, usado en un enfoque para flujos medidos en campo y (2) Agregar volumen sólido a datos de flujo de agua (volumen de fluido a granel), es decir, solo incorporamos el flujo de agua en el archivo de flujo no estacionario y luego HEC-RAS agrega el volumen de los sólidos durante la simulación no newtoniana.

Para el presente estudio se tomaremos la segunda forma, debido a que los caudales realizados en la modelación hidrológica con HEC-HMS son líquidos e incorporaremos los datos reológicos para así obtener el volumen de sólidos.

Figura 47: Opción de volumen: De fluido a granel.



Fuente: Elaboración propia (Extraído HEC-RAS 6.3.1)

- c) Esfuerzo Cortante: Todos los modelos reológicos lineales y no lineales requieren un límite elástico. Matemáticamente, el límite elástico es la intersección del eje y de la relación tensión-deformación. Conceptualmente, es el rango de tensiones sobre el cual la mezcla no se mueve. HEC-RAS proporciona tres métodos para el esfuerzo cortante: (1) Exponencial, (2) Rendimiento del usuario y (3) Coulomb, para este caso usaremos el método rendimiento por el usuario, debido a que dicho método es la forma más directa de ingresar el límite elástico.

Para el presente estudio se han tomado las tablas recomendadas por HEC-RAS para la ecuación exponencial de Julian (1995) para realizar los análisis reológicos y así obtener el esfuerzo cortante.

Figura 48: Definición del esfuerzo cortante.

Material	a (Pa)	b
"Typical soil"	0.005	7.5
Kaolinite	0.06	9
Sensitive Clays	0.03	10
Bentonite	0.002	100

Fuente: Manual de flujo de detritos - HEC-RAS 6.3

- d) Viscosidad dinámica de la mezcla: viscosidad cargada de sedimentos. De acuerdo con el manual de Flujos de Lodo y Escombros de HEC-RAS utiliza modelos de "una sola fase" para simular flujos de lodo y escombros, es decir no calcula la mecánica de fluido y sólido por separado. Los modelos monofásicos tienen en cuenta los impactos de la fracción sólida cambiando las propiedades del fluido, incluida la viscosidad. HEC-RAS incluye cuatro métodos para calcular la viscosidad dinámica de la mezcla: (1) Exponencial, (2) Viscosidad dinámica de mezcla definida por el usuario (3) Maron y Pierce y (4) Relación Viscosidad, para este caso usaremos el método definido por el usuario, debido a que dicho método es la forma más directa de ingresar la viscosidad de la mezcla.

Para el presente estudio se han tomado las tablas recomendadas por HEC-RAS para la ecuación exponencial de O'Brien y Julian (1995) para realizar los análisis reológicos y así obtener la viscosidad dinámica de la mezcla.

Figura 49: Definición del esfuerzo cortante.

Material	β
"Typical soil"	8
Kaolinite	8
Sensitive Clays	5
Bentonite	100

Fuente: Manual de flujo de detritos - HEC-RAS 6.3

- e) Cv máx: El término de Bagnold en la cuadrática de O'Brien (el mismo término que incluye el tamaño de partícula representativo) estima las pérdidas por colisiones de partículas. El término aproxima la frecuencia relativa de estas colisiones, en parte, a partir de la densidad de partículas en el fluido en relación con la máxima densidad de empaquetamiento.

Para el presente estudio el coeficiente volumétrico de la zona de estudio es menor al Cv max predeterminado de Bagnold (61.5 %), por lo que dejaremos este valor por defecto.

Figura 50: Definición del tamaño de partícula representativo.

Max Cv (%) (Opt):

Fuente: Elaboración propia (Extraído HEC-RAS 6.3.1)

2.2.1.6. Tiempo de cómputo

Se ha definido como tiempo de simulación 8 horas conforme el tiempo de los hidrogramas ingresados en las condiciones de contorno. Se ha establecido las fechas de inicio y fin de la simulación de manera hipotética tal como se aprecia en la siguiente ilustración. Se ha establecido una fecha hipotética.

Figura 51: Tiempo de simulación

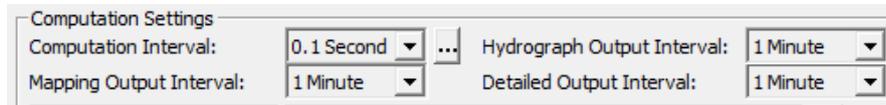
Simulation Time Window

Starting Date:	<input type="text" value="20JAN2017"/>	Starting Time:	<input type="text" value="0000"/>
Ending Date:	<input type="text" value="20JAN2017"/>	Ending Time:	<input type="text" value="0400"/>

Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)

Se definió el intervalo de tiempo salida de mapeo, intervalo de salida del hidrograma e intervalo de salida detallada, dicho paso de tiempo solo nos servirá para mostrar los resultados obtenidos y se tomó en función del paso de tiempo del hidrograma de entrada en la quebrada Huerta Vieja.

Figura 52: Tiempo de simulación



Computation Settings
 Computation Interval: 0.1 Second ... Hydrograph Output Interval: 1 Minute
 Mapping Output Interval: 1 Minute Detailed Output Interval: 1 Minute

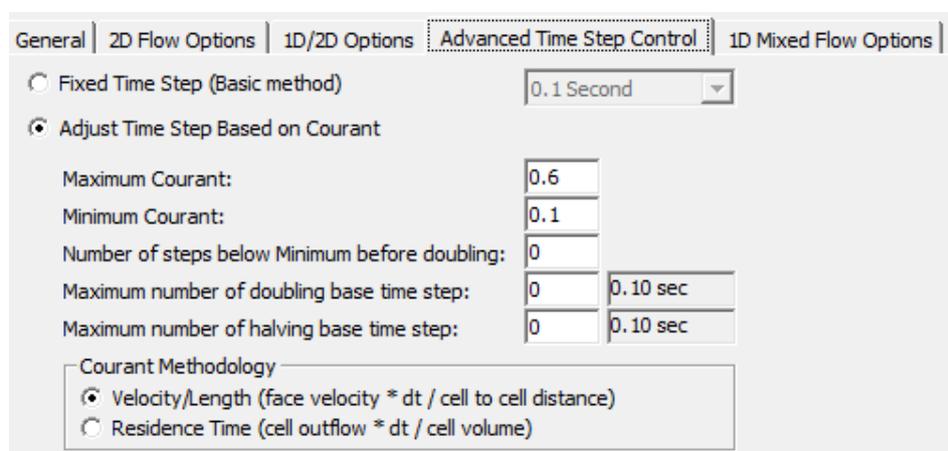
Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)

Con respecto al intervalo computacional, HEC-RAS te permite realizar un paso de tiempo fijo a lo largo de tiempo. Esta opción es útil para conjuntos de datos simples que incluyen casos de pruebas analíticas o de laboratorio, sin embargo, a partir de la versión 6.0 HEC-RAS tiene disponible la opción de paso de tiempo variable basado en el seguimiento de los números de Courant (o tiempo de residencia dentro de una celda). En este método, el paso de tiempo se ajusta para que el número de Courant esté siempre dentro de un rango especificado por el modelador. Este método es la más utilizada ya que para la mayoría de los casos de la vida real, usaremos esta opción de paso de tiempo, que es el paso de tiempo adaptativo y se está convirtiendo en una práctica estándar para el modelado 2D.

(<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/h2sd/ras2dsed/latest/hydraulic-best-practices-for-a-2d-sediment-model/selecting-a-time-step>).

Para nuestro caso elegimos la opción de siguiendo el tiempo variable de acuerdo con el número de Courant (Ver Figura 68). A continuación, se detallará los parámetros a ingresar:

Figura 53: Intervalo de tiempo computacional



General | 2D Flow Options | 1D/2D Options | **Advanced Time Step Control** | 1D Mixed Flow Options

Fixed Time Step (Basic method) 0.1 Second

Adjust Time Step Based on Courant

Maximum Courant: 0.6
 Minimum Courant: 0.1
 Number of steps below Minimum before doubling: 0
 Maximum number of doubling base time step: 0 0.10 sec
 Maximum number of halving base time step: 0 0.10 sec

Courant Methodology
 Velocity/Length (face velocity * dt / cell to cell distance)
 Residence Time (cell outflow * dt / cell volume)

Fuente: Elaboración propia (Extraído del software HEC-RAS)

Courant Máximo: Debido a que HEC-RAS utiliza un esquema de solución implícito, los números de Courant pueden ser mayores que uno y aun así mantener una solución estable y precisa. En general, si la ola de inundación sube y baja lentamente (la profundidad y la velocidad cambian lentamente), el modelo puede manejar números de Courant extremadamente altos (Pudiendo ingresar un número máximo de Courant de hasta 5.0 o más). Sin embargo, si la onda de inundación cambia muy rápidamente (la profundidad y la velocidad cambian muy rápidamente con el tiempo), entonces el número de Corriente Máxima deberá establecerse más cerca de 1.0. En la Figura 62 se muestra un Courant de 0.6, ya que, al estar analizando una quebrada de alta pendiente, la profundidad y la velocidad cambian extremadamente rápido hasta su desembocadura.

Courant Mínimo: Este valor siempre debe ser inferior a la mitad del valor del “Corriente Máximo”. Si el valor de Courant mínimo es igual o superior a la mitad del valor de Courant máximo, el software alternará entre reducir a la mitad y duplicar los pasos de tiempo. En la Figura 166, dado que el número de Corriente Máxima se estableció en 0.6, la Corriente Mínima se estableció en 0.1 (menos de la mitad del máximo), lo que permitió que el modelo se mantuviera estable.

2.3. SIMULACIÓN HIDRÁULICA Y ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL PERIODO DE RETORNO

Antes de realizar el análisis de los resultados de la modelación se han tomado en consideración algunos que se detallan a continuación:

- Analizar los resultados para el periodo de retorno de 50.
- Analizar las áreas que son propensas a las inundaciones y el impacto de que estas áreas se inundan con respecto a la zona del proyecto de acuerdo con la variación de la concentración volumétrica.

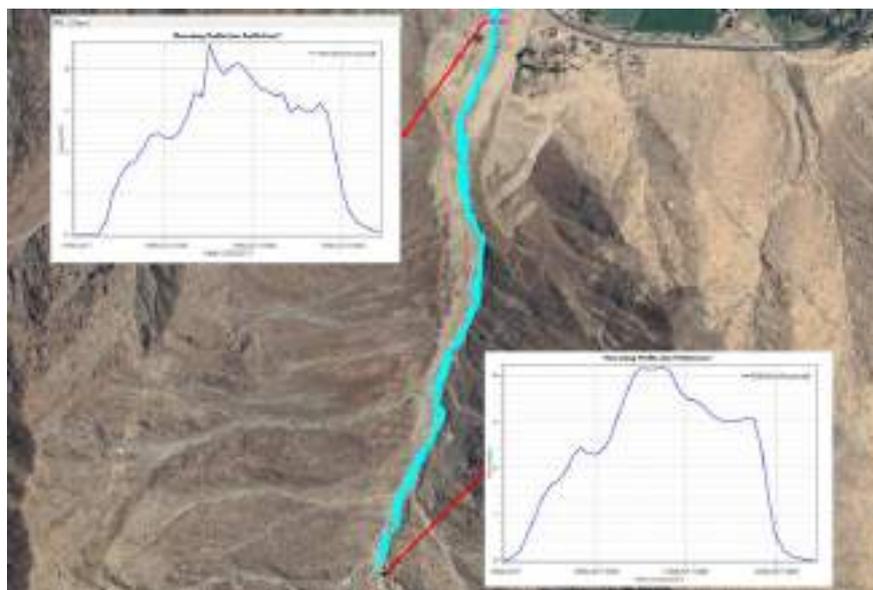
2.3.1. Resultados TR 50 años

La evaluación de resultados se realizará desde la quebrada Huerta Vieja hacia la confluencia con el río Chillón.

Zona de Garganta

- Con respecto a la zona de garganta, observamos que el caudal en la entrada del modelo es de 4,19 m³/s, mientras que en la parte final de dicha zona tenemos un caudal de 4,59 m³/s, además encontramos tirantes máximos hasta 2.17 m (Ver Figura 53).

Figura 54: Hidrograma de entrada y salida y tirantes máximos: TR 50 – Zona de garganta



Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)



- Con respecto a las velocidades la máxima en su rampa de color (Ver Figura 54), las mayores velocidades se originan en la parte alta (300 m aguas debajo de la condición de contorno de entrada) siendo esta menor a 7.00 m/s.

Figura 55: Velocidades Máximas TR 50 – Zona de garganta

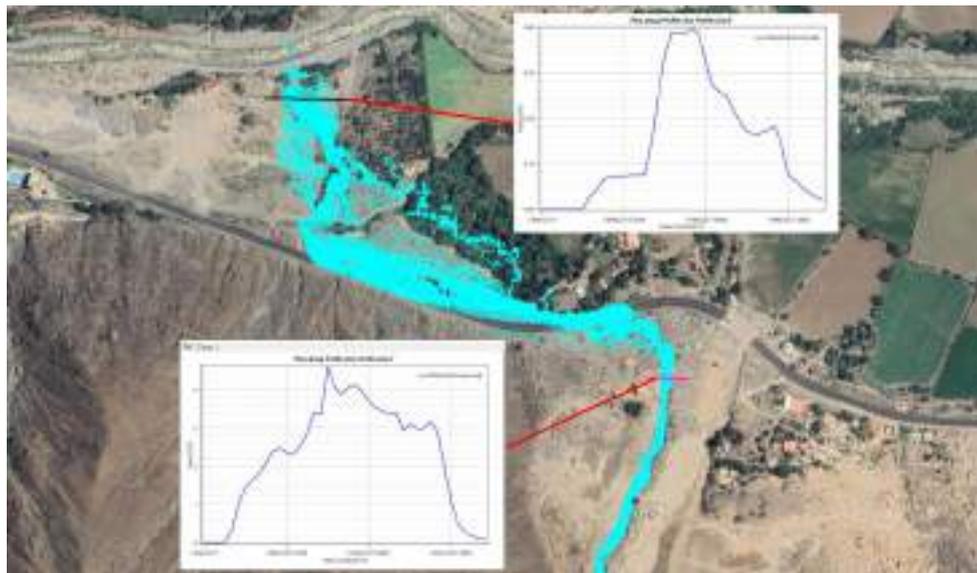


Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)

Abanico Aluvial

- En el abanico aluvial, observamos que el caudal en la entrada del modelo es de 4,59 m³/s; mientras que el caudal de salida es de 0,40 m³/s (Ver Figura 55)

Figura 56: Hidrograma de entrada y salida TR 50 – Zona aluvial



Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)



- De acuerdo con los tirantes máximos en la zona urbana oscilan entre 0,20 m a 1,53 m (Ver Figura 56), así mismo sus velocidades máximas son menores a 7,0 m/s en la carretera y en su desembocadura hasta el río Chillón son menores a 1m/s (Ver Figura 57)

Figura 57: Tirantes en encauzamientos parte baja para TR 50.



Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)

Figura 58: Velocidades en zonas urbanas para TR 50.



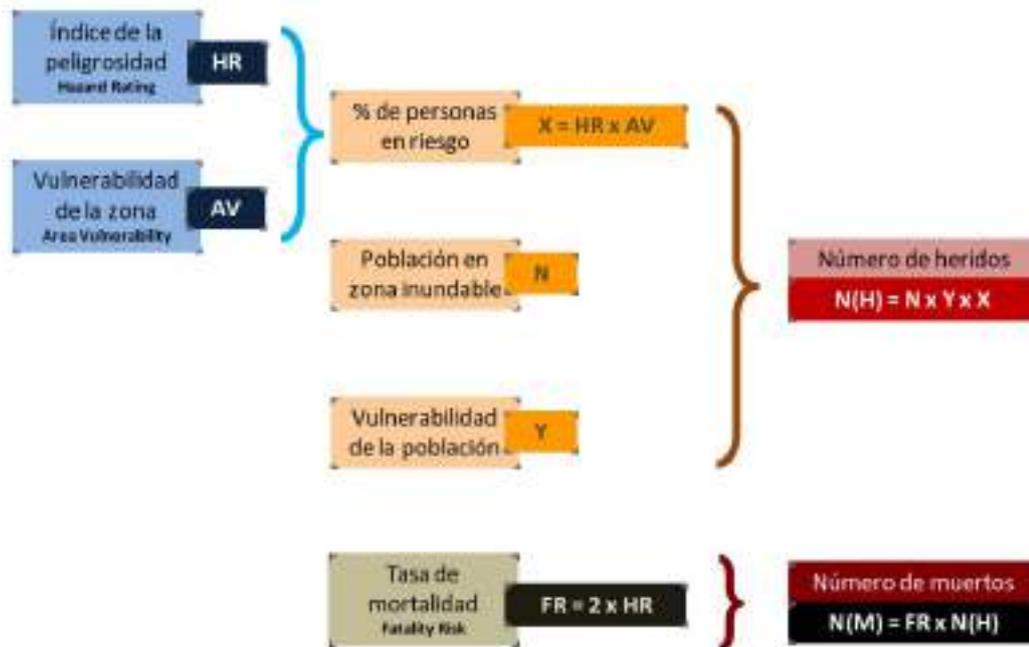
Fuente: Elaboración propia (Resultados extraído del software HEC-RAS)

2.3.2. Índice y nivel de peligrosidad extrema.

Uno de los criterios tomados para la delimitación de la faja marginal es el índice de Peligrosidad (HR), dicho índice es parte de los procesos de la metodología realizada por el

Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) del Reino Unido, organismo dependiente del gobierno británico responsable de la política y regulaciones relacionadas con el medio ambiente, la alimentación y aspectos rurales.

Figura 59: Descripción del proceso de cálculo de heridos y muertos según la DEFRA



Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

HR, Índice de Peligrosidad

Se trata de un índice que se rige por la siguiente ecuación que depende de tres variables:

$$HR = d(v + 0.5) + DF$$

Donde:

- v: Velocidad (m/s)
- d: Calado: (m)
- DF (Debris Flow, flujo de escombros): dependiendo de la probabilidad de que su presencia suponga una amenaza importante adicional a la propia inundación. Los valores se encuentran dentro del rango 0-1

Los valores de velocidad se pueden obtener directamente de los ráster derivados de la modelización hidráulica o mediante simplificaciones a partir del raster de velocidades para T=50 años de período de retorno, que es de obligada obtención para la definición de la Zona de Flujo Preferente.

La propuesta de simplificación supondría la zonificación del ráster de velocidades en tres recintos con valor fijo de velocidad:

- Los pixeles con $v \leq 1\text{ m/s}$ o aquellas zonas de la envolvente de T500 que quedan sin valor al extenderse fuera de la envolvente de T100, contarían con un valor fijo de $V = 1\text{ m/s}$.
- Los pixeles con $1\text{ m/s} < v \leq 2\text{ m/s}$ contarían con un valor fijo de 2 m/s .
- Los pixeles con $2\text{ m/s} \leq v$ contarían con un valor de 3 m/s

El valor del flujo de escombros tiene como influencia en aquellos casos en que calados y velocidades sea reducidos depende del calado y el tipo de suelo según el siguiente cuadro:

Tabla 30: Asignación del coeficiente del flujo

Calado	Cultivos	Bosques	Urbano
0 – 0,25 m	0	0	0
0,25 – 0.75 m	0	0,5	1
$d > 0.75$ y/o $v > 2$	0,5	1	1

Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación – Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

El índice HR ya da una idea del grado de peligrosidad en la zona inundable:

Tabla 31: Valor de HR con la descripción correspondiente y el tipo de peligrosidad

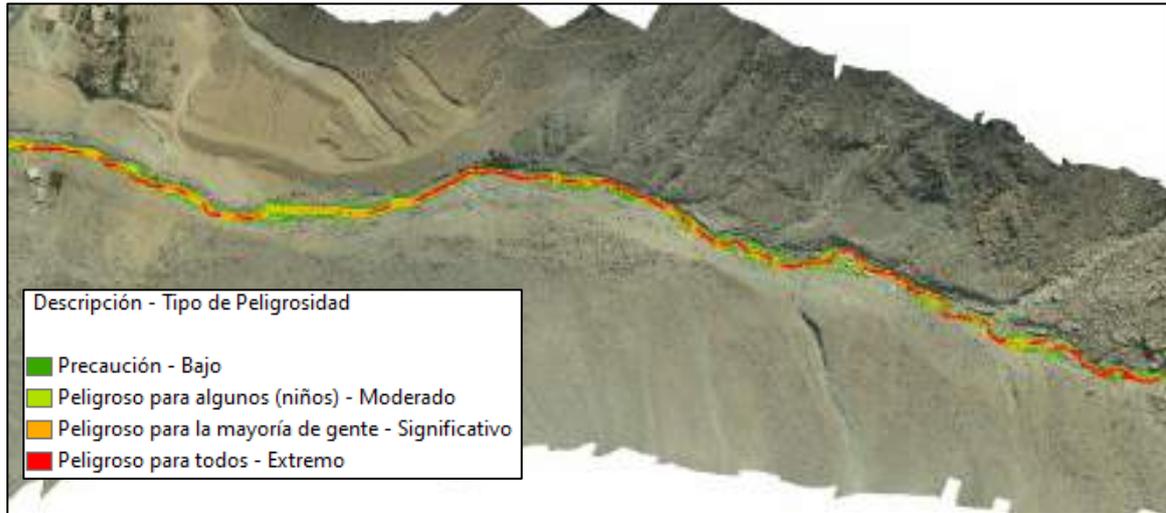
Valor de HR	Descripción	Tipo de peligrosidad
0	Seguridad	Ninguno
0 – 0.75	Precaución	Bajo
0.75 – 1.5	Peligroso para algunos (niños)	Moderado
1.5 – 2.5	Peligroso para la mayoría de gente	Significativo
> 2.5	Peligroso para todos	Extremo

Fuente: Propuesta de Mínimos para la Metodología de realización de los Mapas de Riesgo de Inundación – Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente

De la simulación para el escenario del periodo de retorno de 50 años se obtuvo los mapas de peligrosidad, la cual se presenta en los mapas de los anexos adjuntados en este informe. En ese caso analizaremos las zonas de inundación que a continuación se describirá:

- Con respecto a la zona de garganta, el cauce muestra un índice de peligro significativo a extremo, constatando como por el estudio realizado por el INGEMMET siendo este uno de los puntos críticos por problemas de huaicos. (Ver Figura 59)

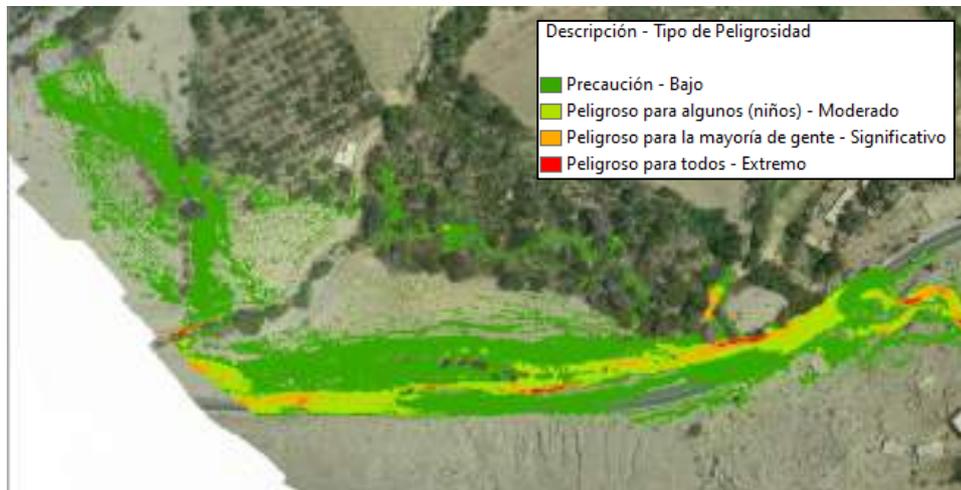
Figura 60: Índice de peligrosidad – Zona de garanta



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al cono aluvial, observamos un índice de peligrosidad Moderado a extremo en la carretera y badén existentes, mientras que en la zona inundable en su margen derecho hasta su confluencia con el río Chillón se observa un nivel de peligrosidad bajo a significativo (Ver Figura 60)

Figura 61: Índice de peligrosidad zona aluvial



Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce.

Las Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública indica algunas medidas estructurales para mitigar el impacto negativo del peligro, que se describirán a continuación:

a) Carreteras

Diseñar el trazo de la carretera, del tramo paralelo al cauce del río o quebrada, lo más alejado posible del mismo.

Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área de inundación, se debe diseñar obras de defensa ribereña paralelas al trazo de la carretera, con el fin de evitar la erosión del material de la plataforma de la carretera

En lo posible, ubicar el trazo de la carretera fuera del área transversal ocupada por los volúmenes críticos alcanzados de materiales sólidos mezclados con el agua.

Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección con el fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.

Cuando el trazo de la carretera corta el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de la carretera con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas de las quebradas.

El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.

Diseñar obras complementarias de estabilidad de taludes, como el desarrollo de especies vegetales, etc.

Considerar el diseño de obras complementarias para derivar fuera del área de influencia de las obras, los volúmenes de los deslizamientos, a través de la construcción de muros de encauzamiento.

b) Puentes

La selección de la ubicación debe ser donde se encuentre menos expuesta la obra, debe tener la menor sección transversal técnicamente posible, ubicarse en lo posible sobre cauce angosto, sobre los tramos del río donde la velocidad del flujo del agua es relativamente baja, etc.

Considerar el diseño de obras de protección de los apoyos de los puentes contra el impacto de materiales rocosos arrastrados por los volúmenes máximos.

En el diseño considerar la magnitud de los eventos correspondientes a huaicos, aludes o aluviones. Considerar los volúmenes alcanzados de materiales sólidos mezclados con el agua para los casos críticos y la sección transversal del puente debe permitir el tránsito de estos volúmenes.

El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir que la sección transversal del puente mantenga el área de diseño en forma permanente, para permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.

En lo posible, diseñar las estructuras de protección del puente, como muros de contención de la masa sólida de sedimentos y/o rocas.

c) Obras de derivación y conducción

Cuando el trazo del canal o tubería sigue paralelo al cauce del río o quebrada y se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección a fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

El nivel topográfico de la base del canal o tubería debe estar por encima del nivel del agua que ocurre durante las máximas avenidas.

Cuando el trazo del canal o tubería cruza el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de las obras con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas.

Evaluar la construcción de los canales, como conductos cubiertos, en los tramos expuestos.

El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes, independientemente de la magnitud de estos, a fin de que la sección transversal del puente mantenga el área de diseño en forma permanente, para permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.

d) Medidas no estructurales de reducción del riesgo

- **Deslizamientos de tierra y aluviones (huaicos)**

Monitoreo permanente de las condiciones meteorológicas y sistemas de alerta.

Cultivos a nivel.

Zonificación para uso de terreno.

Prevención de deforestación.

Reubicación

- **Inundaciones**

Monitoreo permanente de las condiciones meteorológicas y sistemas de alerta.

Cultivos a nivel.

Zonificación para uso de terreno.

Prevención de deforestación.

Reubicación

Adicional a ello, de acuerdo con el libro “Presas de Corrección de Torrentes y Retención de Sedimentos” detalla algunas acciones que pueden ser considerada respecto a los problemas que presentan los torrentes, las cuales se detallan a continuación:

- **Acciones en la cuenca:**

Forestación, enfajinado.

Construcción de obras de drenaje.

Colocación de mallas ancladas.

Terraceado de laderas.

Estabilización de deslizamiento.

Construcción de muros y palizadas.

Construcción de traviesas en cárcavas.

- **Acciones en la garganta:**

Construcción de presas.

Protección de márgenes.

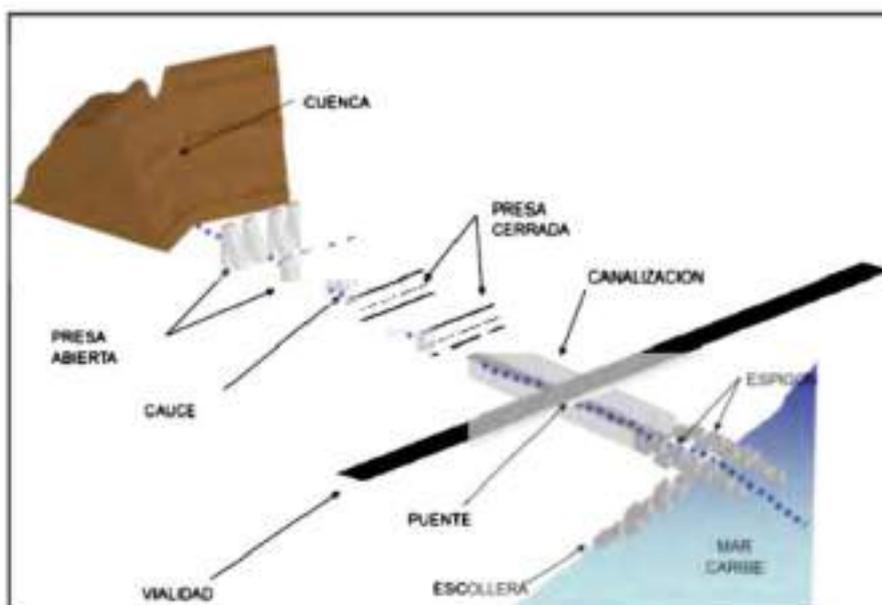
Canalización del cauce.

- **Acciones en el cono de deyección y canal de desagüe:**

Protección de márgenes.

Canalización del cauce.

Figura 62: Sistema de integral para el control de torrentes (Acciones correctivas en los torrentes)



Fuente: Diseño de estructuras de corrección de torrentes y retención de sedimentos

3. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL

La demarcación o delimitación de la faja marginal, permite el uso primario de las aguas, la protección, operación, rehabilitación, mantenimiento, vigilancia y libre acceso de dichos cuerpos de agua. Para la presente delimitación se han desarrollado criterios, basados en lo establecido en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Decreto Supremo N°001-2010-AG, el que señala en su Artículo 114°, que la delimitación de la faja marginal se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- a) La magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses, canales de derivación, entre otros.
- b) El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces.
- c) El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

- d) La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua

Así mismo se han tomado en cuenta los procedimientos establecidos en los siguientes dispositivos e instrumentos de gestión:

- Resolución Jefatural N°332-2016-ANA, “Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales”;
- Decreto Supremo N°034-2014-PCM (13/05/2014) que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres- PLANAGERD 2014-202.
- Decreto Supremo N°094-2018-PCM, “Ley que aprueba disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del gobierno nacional frente a desastres y que dispone la creación de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios” Cuya Quinta Disposición Complementaria Final, establece:” **...se considera zona de riesgo no mitigable a aquella zona donde la implementación de medidas de mitigación resulta de mayor costo y complejidad que llevar a cabo la reubicación de las viviendas y equipamiento urbano respectivo. Se comprende dentro de esta categoría la zona de muy alto riesgo no mitigable y la zona de alto riesgo no mitigable...**” estableciendo además “**Declárase como zonas intangibles los cauces de las riberas, las fajas marginales ...**”; y en la Octava Disposición Complementaria Final: “**Dispóngase que las fajas marginales, quebradas y borde costero determinados por la autoridad competente, son consideradas zonas de riesgo no mitigables.**”

3.1. DIMENSIONES DE LA FAJA MARGINAL

En el marco de lo anterior, para el presente caso, se tomará como base la Delimitación de la Faja Marginal existente y con vigencia, antes de la aprobación de la presente. Sobre ella se actualizarán donde sea necesario y de acuerdo con los resultados de la modelación hidráulica, los tramos correspondientes, de acuerdo con los criterios siguientes:

- a) El reglamento de fajas marginales de la ANA determina que, una vez determinado el límite superior de la ribera, se establece el ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con lo señalado en el artículo 12, por tanto, se propone un ancho mínimo de 3.0 metros para cada margen, a partir del límite de la ribera, debido a que la pendiente del tramo de la quebrada HUERTA VIEJA de 2.00 km, es de 15.3 %, su tipo de fuente es quebrada y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonado de material rocoso.



Tabla 32: Ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con el tipo de fuente

Tipo de fuente	Ancho mínimo (m)
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso	3
Tramos de ríos con pendiente media (1 - 2%)	4
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas	6
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas	10
Tramos de ríos con estructuras de defensa ribereña (gaviones, diques, enrocados, muros, etc.)	4 ^m
Tramos de ríos de selva con baja pendiente (menores a 1%)	25
Lagos y Lagunas	10
^m Medidos a partir del pie de talud externo	

Fuente: RJ 332- 2016 ANA

- b) En tramos en la que el flujo torrencial tiene niveles de peligrosidad Moderado a peligroso, como resultado de la modelación hidráulica; así como presencia de huella máxima ocurrida en los eventos extremos ocurridos anteriormente, el ancho de faja marginal debe estar entre 3 y 15 metros a partir del modelo de inundación.
- c) En tramos en la que el cauce drena el flujo de detritos de las quebradas ubicadas en ambas márgenes; se considera un ancho de faja marginal, mayor a 15 metros por razones de drenaje y seguridad.

3.2. VERIFICACIÓN TÉCNICA DE CAMPO

Mediante Memorando N°2198-2024-ANA-AAA.CF de fecha 2024-08-19, se solicita a la Administración Local del Agua (ALA) Chillón Rímac Lurín que realice la verificación técnica de campo. Mediante Oficio Múltiple N°0064-2024-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL la ALA Chillón Rímac Lurín notifica a la Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Quives, Municipalidad provincial de Canta y Gobierno Regional de Lima, a fin de que participen de la inspección ocular el día 06 de septiembre de 2024, a horas 10:00 am, en la quebrada Huerta Vieja, asimismo, posterior a la inspección ocular se deberá otorgar una opinión sobre la Delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja.

Mediante Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC del 2024-11-15, la ALA Chillón Rímac Lurín realizó el informe respecto a la verificación técnica de campo (VTC) de la delimitación de la faja marginal de la quebrada Huerta Vieja en la que se constata lo siguiente:

- De acuerdo a las acciones de campo, realizada el 17 de setiembre del 2024, conjuntamente con la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, se han establecido nuevos puntos de coordenadas ya que de acuerdo a lo manifestado por los pobladores de la zona quienes se integraron a la inspección de campo, precisan que el cauce de la quebrada entre los hitos HI- 1 al HI- 9 margen izquierdo y los hitos HD1 al HD-13 margen derecha, no sería el más apropiado en el estudio de delimitación de Faja; pues muestran el recorrido natural de la quebrada para lo cual en las coordenadas UTM WGS 300688 m E – 8706379 m N, se observa la continuidad de la huella del cauce de la misma, teniendo el siguiente recorrido según las coordenadas UTM WGS obtenidas en campo:





- 300684.00 m E - 8706418.00 m S
- 300649.00 m E - 8706530.00 m S
- 300641.00 m E - 8706559.00 m S
- 300612.00 m E - 8706645.00 m S

Figura 63: Propuesta y cauce natural de la quebrada Huerta Vieja



Fuente: Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

- De las propuestas elaboradas por los pobladores, la inspección ocular y de la reunión virtual del día 24/09/2024 se ha propuesto la modificación de los hitos y del recorrido considerando su recorrido natural y se tiene lo siguiente: la faja en ambos márgenes, tienen en total de 39 hitos georreferenciados y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 21 hitos corresponden a la margen derecha y 18 hitos a la margen izquierda, a continuación se muestra a través de una Figura satelital la nueva reubicación de los hitos.

Figura 64: propuesta de ubicación hitos de acuerdo a la VTC



Fuente: Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

- Respecto a la margen izquierda de la quebrada Huerta Vieja, proponen modificar la proyección de los hitos desde HI-1 hasta el HI-10, por lo que los nuevos hitos propuestos son los siguientes

Tabla 33: propuesta de las coordenadas de los hitos de la margen izquierda de acuerdo a la VTC

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
P5 MI	300 596	8 706 636	P1 MI	300 657	8 706 370
P4 MI	300 633	8 706 553	HI-8	300 653	8 706 336
P3 MI	300 654	8 706 452	HI-9	300 603	8 706 197
P2 MI	300 663	8 706 419	HI-10	300 575	8 706 134

Fuente: Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

- Respecto a la margen derecha de la quebrada Huerta Vieja, proponen modificar la proyección de los hitos desde HI-1 hasta el HI-12, por lo que los nuevos hitos propuestos son los siguientes

Tabla 34: propuesta de las coordenadas de los hitos de la margen derecha de acuerdo a la VTC

FAJA MARGINAL -QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
P12 MD	300 615	8 706 645	P6 MD	300 697	8 706 383
P11 MD	300 642	8 706 578	P5 MD	300 696	8 706 356
P10 MD	300 660	8 706 554	P4 MD	300 683	8 706 296
P9 MD	300 672	8 706 503	P3 MD	300 671	8 706 220
P8 MD	300 686	8 706 454	P2 MD	300 641	8 706 130
P7 MD	300 700	8 706 422	P1 MD	300 623	8 706 066

Fuente: Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC

3.3. LÍMITES DE LA FAJA MARGINAL

La propuesta de hitos de la faja marginal para la quebrada Huerta Vieja se detalla en siguiente cuadro:

Tabla 35: Propuesta de Hitos de la faja marginal

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-1	300 596	8 706 636	HI-10	300 540	8 705 985
HI-2	300 633	8 706 553	HI-11	300 552	8 705 916
HI-3	300 654	8 706 452	HI-12	300 576	8 705 852
HI-4	300 663	8 706 419	HI-13	300 573	8 705 785
HI-5	300 657	8 706 370	HI-14	300 546	8 705 693
HI-6	300 653	8 706 336	HI-15	300 493	8 705 560
HI-7	300 603	8 706 197	HI-16	300 452	8 705 420
HI-8	300 575	8 706 134	HI-17	300 411	8 705 312
HI-9	300 538	8 706 064	HI-18	300 361	8 705 198

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-1	300 615	870 6645	HD-12	300623	8706066
HD-2	300 642	870 6578	HD-13	300614	8705990
HD-3	300 660	870 6554	HD-14	300629	8705914
HD-4	300 672	870 6503	HD-15	300658	8705864
HD-5	300 686	870 6454	HD-16	300665	8705796
HD-6	300 700	870 6422	HD-17	300641	8705674
HD-7	300 697	870 6383	HD-18	300585	8705528
HD-8	300 696	870 6356	HD-19	300560	8705416
HD-9	300 683	870 6296	HD-20	300511	8705327
HD-10	300 671	870 6220	HD-21	300445	8705185
HD-11	300 641	870 6130			

Fuente: Elaboración Propia

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se ha realizado la simulación hidráulica de la quebrada Huerta Vieja para el periodo de retorno de 50 años de acuerdo con lo que solicita el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales.
- Se ha recopilado la información base como el modelo digital de elevación presentado por el área de topografía, y caudales líquidos de la quebrada Huerta Vieja.

CUENCA	Caudales Máximos para Periodo de Retorno de 50 años
SU1	2.668 m ³ /s

SALIDA	2.668 m ³ /s
--------	-------------------------

- Se ha monumentado un (01) punto geodésico (LIM04178), el cual han sido materializados en hitos de concreto de 40x40cm de lado y 60 cm de alto, con incrustación de placa de bronce de 7cm de diámetro sobre una masa de concreto, el cual sobresale 20 cm del terreno circundante, se ha identificado con el nombre de la institución "Autoridad Nacional del agua"

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
LIM04178	300 661	8 706 367	994

- Se ha caracterizado 6 rugosidades de Manning utilizando tablas la cual se indica en la referencia de este informe usando de esta manera la Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, Manual Técnico – Revestimiento de canales y cursos de agua (MACCAFERRI); para mayor detalle ver ítem 2.3.1.2 Coeficiente de pérdidas de energía (Zonificación de rugosidad)

USOS DE SUELOS	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
Parcela	0.04
Quebradas	0.048
Canal de Concreto	0.013
Eriaza	0.030
Urbano	0.100
Asfalto	

- El software elegido es HEC-RAS 6.3.1 ya que dicho software permite la modelación hidráulica de flujos hiperconcentrados, además, se ha determinado los parámetros reológicos, de acuerdo con el estudio realizado o O'Brien y Julien (1988) de acuerdos con las tablas recomendadas en el manual de flujo de detritos de HEC-RAS.

Definición del esfuerzo cortante.

Material	a (Pa)	b
"Typical soil"	0.005	7.5
Kaolinite	0.06	9
Sensitive Clays	0.03	10
Bentonite	0.002	100

Definición de viscosidad

Material	β
"Typical soil"	8
Kaolinite	8
Sensitive Clays	5
Bentonite	100

- El software elegido es HEC-RAS 6.3.1 ya que dicho software permite la modelación hidráulica de flujos hiperconcentrados.

- Se ha realizado la configuración del modelo estableciendo mallas zonificadas lo que significa asignar un tamaño de malla menor para cursos de agua y en ciudades consolidadas aumentar esta resolución es de 4m². Asimismo, se trabajó con malla no estructurada ya que esta se adapta mejor a las irregularidades de los tramos del cauce”.
- Se ha realizado numéricamente el paso del flujo de lodo y detritos en la quebrada Huerta Vieja utilizando el módulo de flujos hiperconcentrados con la fórmula de O’Brien teniendo en cuenta los parámetros reológicos recomendados en el manual de flujo de detritos de HEC-RAS

Periodo de Retorno	Zona	Caudal (m ³ /s)		Velocidades (m/s)	Tirante (m)
		Entrada	Salida		
TR 50	Zona de Garganta	4,19	4,59	< 7	0,20 – 2,17
	Zona aluvial	4,59	0,40	< 7	0,20 – 1.70

- De acuerdo con el informe realizado por el ALA Chillón Rímac Lurín para la verificación técnica de campo, conjuntamente con la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, se han establecido nuevos puntos de coordenadas ya que de acuerdo a lo manifestado por los pobladores de la zona quienes se integraron a la inspección de campo, precisan que el cauce de la quebrada entre los hitos HI- 1 al HI- 9 margen izquierdo y los hitos HD1 al HD-13 margen derecha, no sería el más apropiado en el estudio de delimitación de Faja; pues muestran el recorrido natural de la quebrada para lo cual en las coordenadas UTM WGS 300688 m E – 8706379 m N, se observa la continuidad de la huella del cauce de la misma (Informe Técnico N°016-2024/P_ALACHRL_30/JEAC del 2024-11-15)
- Establecer la delimitación de la Faja Marginal en ambos márgenes en el cauce principal y su tributario, con un total de 39 hitos georreferenciadas y validados en coordenadas UTM WGS 84, de los cuales 21 hitos corresponden a la margen derecha y 18 hitos a la margen izquierda, las mismas que se encuentra detalladas en el cuadro adjunto y los mapas que se muestran en el anexo del presente informe

UBICACIÓN DE TRAMO DE ESTUDIO – Quebrada Huerta Vieja – Longitud 2.00 km						
Cuerpo de Agua	Sector	Inicio		Final		Longitud (km)
		Este	Norte	Este	Norte	
Quebrada Huerta Vieja	Huerta Vieja	300 603	8 706 642	300 420	8 705 189	2,00
N° HITOS		39	Hitos Margen Derecha		Hitos Margen Izquierda	
			21		18	

- Para de la delimitación de la faja marginal se ha considerado lo establecido en el artículo 12 de la RJ 332-2016-ANA, así como el índice de peligrosidad (HR), huella máxima ocurrido en eventos pasados y el flujo de detritos de las quebradas ubicadas en ambos márgenes.

FAJA MARGINAL - QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN IZQUIERDA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-1	300 596	8 706 636	HI-10	300 540	8 705 985
HI-2	300 633	8 706 553	HI-11	300 552	8 705 916
HI-3	300 654	8 706 452	HI-12	300 576	8 705 852
HI-4	300 663	8 706 419	HI-13	300 573	8 705 785



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



HI-5	300 657	8 706 370	HI-14	300 546	8 705 693
HI-6	300 653	8 706 336	HI-15	300 493	8 705 560
HI-7	300 603	8 706 197	HI-16	300 452	8 705 420
HI-8	300 575	8 706 134	HI-17	300 411	8 705 312
HI-9	300 538	8 706 064	HI-18	300 361	8 705 198

FAJA MARGINAL -QUEBRADA HUERTA VIEJA - MARGEN DERECHA					
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-1	300615	8706645	HD-12	300623	8706066
HD-2	300642	8706578	HD-13	300614	8705990
HD-3	300660	8706554	HD-14	300629	8705914
HD-4	300672	8706503	HD-15	300658	8705864
HD-5	300686	8706454	HD-16	300665	8705796
HD-6	300700	8706422	HD-17	300641	8705674
HD-7	300697	8706383	HD-18	300585	8705528
HD-8	300696	8706356	HD-19	300560	8705416
HD-9	300683	8706296	HD-20	300511	8705327
HD-10	300671	8706220	HD-21	300445	8705185
HD-11	300641	8706130			

4.2. RECOMENDACIONES

- Realizar actividades de mantenimiento antes y después de la ocurrencia de eventos de huaicos generados por la presencia del Fenómeno El Niño.
- Se debe realizar planes a mediano y largo plazo para el ordenamiento territorial, que conlleva a desarrollar actividades de reubicación de la población ubicada en zonas de riesgo, dado que los proyectos estructurales tienen un tiempo de vida útil determinado.
- Considerar las medidas preventivas para mitigar el impacto negativo de peligro recomendado por las Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública.



Firmado digitalmente
por PACO NARVAEZ
Alex Fabio FAU
20520711865 hard
Motivo: Doy V° B°