



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



TESIS

**“Determinación de la eficiencia de conducción del Río
Olmos desde el Túnel Lajas hasta la Bocatoma La
Juliana, Lambayeque 2019”**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÍCOLA

Autora:

Bach. Cotrina Lluncor Carla Liset

Asesor:

Ing. Sánchez Cusma Segundo Avelino.

Lambayeque -Perú
2020



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**“Determinación de la eficiencia de conducción del Río
Olmos desde el Túnel Lajas hasta la Bocatoma La
Juliana, Lambayeque 2019”**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÍCOLA

Autora:

Bach. Cotrina Lluncor Carla Liset

Aprobado por:

Ing. Hernández Alcántara Juan Vicente.
Presidente

Ing. Barrantes Burga Jolver Alberto
Secretario

Ing. Sánchez Díaz Henry Dante
Vocal

Ing. Sánchez Cusma Segundo Avelino
Patrocinador.

DEDICATORIA

El Presente trabajo de investigación va dedicado a la persona que más admiro, la que me enseñó a caminar día a día , a enfrentar los problemas , y especialmente a la que lucho por su vida todo los días , mi madre , Eres mi mayor inspiración a través de tu incondicional amor y paciencia ayudaste en mi crecimiento profesional , mencionar cada una de las cualidades que conocí de ti , sería interminable no puedo estar más agradecida con dios por mandármela durante el tiempo que estuvo conmigo , gracias madre porqué donde encuentres quiero que sepas que todo lo conseguido es gracias a ti. Me siento orgullosa de ser tu hija, siempre estarás en mi memoria en mis pensamientos y en cada paso que dé, Seguiré con tu legado porque me enseñaste a ser mejor persona y sin ti no hubiese culminado con éxito en este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento eterno a Dios, de igual manera a mi familia por haberme apoyado en toda mi carrera universitaria, a mi madre un agradecimiento hasta el cielo por todas las enseñanzas que me dejó y que lo que he logrado es gracias a ella.

Agradezco a los docentes que intervinieron en mi formación profesional, y al ingeniero Segundo Sánchez Cusma por ser mi asesor en este trabajo de investigación.

Gracias a mi alma mater la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, el cual fue el lugar que vio formarme como ingeniera.

RESUMEN

A causa de algunos conflictos sociales por las aguas del río Olmos, el estudio presentado tuvo como objetivo determinar la eficiencia de conducción del Río Olmos en el tramo comprendido entre la salida del Túnel Lajas hasta la Bocatoma La Juliana.

Por lo que se tomó como muestra para el estudio 21.2 Km de recorrido, un tramo que abarca aguas abajo desde la salida del Túnel Lajas hasta aguas arriba de la Bocatoma La Juliana, es por ello que se aplicó el método indirecto (Área – Velocidad) para el cálculo del caudal que consistió en $Q=A*V$, para el cálculo del área hidráulica (A) de cada sección transversal, se aplicó el método de Mitad de Sección y para el cálculo de la velocidad media (V), se aplicó el método de los 3 puntos. Para el estudio se seleccionó cinco secciones del río Olmos y se midieron los caudales con un correntómetro electromagnético automático OTT MF PRO, basados en la norma UNE-EN ISO 748:2009.

El estudio tuvo como resultados que la pérdida de caudal en el tramo comprendido entre las secciones de estudio desde la salida del Túnel Lajas hasta la Bocatoma La Juliana, existe una eficiencia de conducción 92.43% en 21.2 Km de recorrido.

Palabras clave: Río Olmos, Bocatoma La Juliana, Quebrada Lajas, pérdida de caudal río.

ABSTRACT

Because of some social conflicts over the waters of the Olmos River, the study presented aimed to determine the efficiency of the conduction of the Olmos River in the section between the exit of the Lajas Tunnel to the Bocatoma La Juliana.

Therefore, a 21.2 km route was taken as a sample for the study, a section that covers downstream from the exit of the Lajas Tunnel to upstream of the La Juliana Bocatoma, which is why the indirect method (Area - Velocity) was applied. For the calculation of the flow that consisted of $Q = A * V$, for the calculation of the hydraulic area (A) of each cross section, the Half-Section method was applied and for the calculation of the average speed (V), it was applied the 3-point method. For the study, five sections of the Olmos River were selected and the flows were measured with an OTT MF PRO automatic electromagnetic current meter, based on the UNE-EN ISO 748: 2009 standard.

The study had the results that the loss of flow in the section between the study sections from the exit of the Lajas Tunnel to the La Juliana Bocatoma, there is a 92.43% driving efficiency in 21.2 km of route.

Keywords: Olmos River, La Juliana intake, Lajas brook, loss of river flow.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Objetivos de la investigación	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Justificación del estudio	16
1.5. Limitaciones de la investigación	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del estudio	18
2.1.1. Internacional	18
2.1.2. Nacional	19
2.1.3. Local	20
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. Eficiencia de conducción en ríos y canales	21
2.2.2. Factores que determinan las pérdidas de caudales	22
2.2.3. Hidráulica de caudales en ríos	26
2.2.4. Hidráulica fluvial o hidráulica en ríos	29
2.2.5. Aforo	30

2.2.6.	Métodos de aforo con correntómetro	31
2.2.7.	Métodos de medición de caudal del cauce	31
2.2.8.	Norma UNE-EN ISO 748:2009	33
2.3.	Definición de términos	34
2.3.1.	Aforo	34
2.3.2.	Caudal	35
2.3.3.	Correntómetro	35
2.3.4.	Elementos geométricos de la sección de un río	38
2.3.5.	Medición de niveles	40
2.4.	Hipótesis	41
2.5.	Variables	41
2.5.1.	Definición conceptual de la variable	41
2.5.2.	Definición operacional de la variable	41
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		42
3.1.	Tipo y nivel de investigación	42
3.2.	Descripción del ámbito de la investigación	42
3.2.1.	Ubicación política	42
3.2.2.	Ubicación hidrográfica	43
3.2.3.	Accesibilidad – vías de comunicación	45
3.2.4.	Cuenca del río Olmos	46
3.2.5.	Características geológicas y geomorfológicas	49
3.2.6.	Hidráulica fluvial	50
3.3.	Descripción del contexto social de la investigación	55
3.4.	Población y muestra	56
3.5.	Técnicas e instrumento para la recolección de datos	58
3.6.	Plan de recolección y procesamiento de datos	59
3.7.	Metodología	62

CAPÍTULO IV: RESULTADOS	64
4.1. Esquematización hidráulica de la zona de estudio	64
4.2. Cuantificación de caudales y estimación de pérdidas por secciones	63
4.2.1. Quebrada Lajas	63
4.2.2. Río Olmos	67
4.2.3. Sección 1	70
4.2.4. Sección 2	74
4.2.5. Sección 3	78
4.2.6. Sección 4	85
4.2.7. Sección 5	100
4.2.8. Resumen de pérdida de caudales	100
4.3. Factores involucrados en la pérdida de caudales	101
4.3.1. Factores sociales	101
4.3.2. Factores naturales	106
4.3.3. Pérdida de conducción del río Olmos, por factores naturales	109
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	111
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
ANEXOS	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rugosidad de acuerdo a las condiciones del cauce de un río	24
Tabla 2: Textura de los suelos y permeabilidad	25
Tabla 3: Puntos de control para el estudio	43
Tabla 4: Vías de comunicación	45
Tabla 5: Estaciones hidrométricas del río Olmos	51
Tabla 6: Caudales Promedio Mensuales y Anuales del río Olmos en El Molino, para el período desde 1975 hasta 1984, de 93 meses en total.	52
Tabla 7: Caudales Promedio Diarios Máximos Mensuales y Anuales del río Olmos en El Molino, para el período desde 1975 hasta 1984, de 93 meses en total	52
Tabla 8: Caudales Instantáneos Máximos Mensuales y Anuales del río Olmos en El Molino, para el período desde 1975 hasta 1984, de 93 meses en total	53
Tabla 9: Masas Hídricas Totales Mensuales y Anuales del río Olmos en El Molino, para el período desde 1975 hasta 1984, de 93 meses en total	53
Tabla 10: Quebradas identificadas entre la Bocatoma La Juliana y el Tunel Lajas	54
Tabla 11: Caudal de las quebradas aportantes al río Olmos	55
Tabla 12: Cultivos y área cultivada, beneficiados con el proyecto Olmos	56
Tabla 13: Seis puntos seleccionados para la medición del caudal	57
Tabla 14: Número de estaciones según el ancho de la vía marítima	62
Tabla 15: Caudal de la quebrada Lajas después de la salida de tunel	63
Tabla 16: Caudal del Río Olmos antes de punto de confluencia con la quebrada Lajas	67
Tabla 17: Caudal del río Olmos en la sección 1	70
Tabla 18: Caudal del río Olmos en la sección 2	74
Tabla 19: Caudal del río Olmos en la sección 3, tramo 1	78
Tabla 20: Caudal del río Olmos en la sección 3, tramo 2	81
Tabla 21: Caudal del río Olmos en la sección 4, tramo 1	85
Tabla 22: Caudal del río Olmos en la sección 4, tramo 2	88
Tabla 23: Caudal del río Olmos en la sección 4, tramo 3	92
Tabla 24: Caudal del río Olmos en la sección 4, tramo 4	96
Tabla 25: Caudal del río Olmos en la sección 5, tramo 1	100
Tabla 26: Caudal del río Olmos en la sección 5, tramo 2	104
Tabla 27: Caudal de los puntos seleccionados en el río Olmos	100
Tabla 28: Diferencia de caudales y estimación de pérdidas	100
Tabla 29: Tomas identificadas entre la Bocatoma La Juliana y el Tunel Lajas	101
Tabla 28: Caudal de las tomas identificadas a entre la Bocatoma La Juliana y el Túnel Lajas	104
Tabla 31: Tomas por secciones y sus caudales	105
Tabla 32: Evapotranspiración – Estación Climatológica La Viña Jayanca	107
Tabla 33: Pérdidas por evaporación del río Olmos entre la Bocatoma La Juliana y el Túnel Lajas	108
Tabla 34: Pérdidas naturales total y parcial	109
Tabla 35: Pérdidas por conducción natural del río Olmos y su eficiencia de conducción	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Método de la mitad de sección	31
Figura 2: Método de la sección media	33
Figura 3: Método de aforo al 60% de la profundidad	37
Figura 4: Método de aforo al 20%, 60% y 80% de la profundidad	38
Figura 5: Mapa de la ubicación política de Olmos	42
Figura 6: Mapa de la ubicación hidrográfica de la cuenca	44
Figura 7: Cuencas hidrográficas en el norte de la región Lambayeque	47
Figura 8: Puntos de referencia para el estudio	57
Figura 9: Cinco puntos seleccionados para la medición del caudal	58
Figura 10: medición de velocidades en el cauce del río Olmos, en cada vertical por el método de los 3 puntos	61
Figura 11: Esquema hidráulico del ámbito de estudio	64
Figura 12: Velocidad de la sección en la quebrada Lajas después del túnel	65
Figura 13: Perfil de la sección en la quebrada Lajas después del tunel	66
Figura 14: Velocidad de la sección en el río Olmos antes del punto de confluencia	68
Figura 15: Perfil de la sección en el río Olmos antes del punto de confluencia	69
Figura 16: Velocidad de la sección 1	72
Figura 17: Perfil de la sección 1	73
Figura 18: Velocidad de la sección 2	76
Figura 19: Perfil de la sección 2	77
Figura 20: Velocidad de la sección 3-1	79
Figura 21: Perfil de la sección 3-1	80
Figura 22: Velocidad de la sección 3-2	83
Figura 23: Perfil de la sección 3-2	84
Figura 24: Velocidad de la sección 4-1	86
Figura 25: Perfil de la sección 4-1	87
Figura 26: Velocidad de la sección 4-2	90
Figura 27: Perfil de la sección 4-2	91
Figura 28: Velocidad de la sección 4-3	94
Figura 29: Perfil de la sección 4-3	95
Figura 30: Velocidad de la sección 4-4	98
Figura 31: Perfil de la sección 4-4	99
Figura 32: Velocidad de la sección 5-1	102
Figura 33: Perfil de la sección 5-1	103
Figura 34: Velocidad de la sección 5-2	105
Figura 35: Perfil de la sección 5-2	106
Figura 36: Tomas identificadas entre la Bocatoma La Juliana y el Tunel Lajas	103

INTRODUCCIÓN

La medición de caudales de los ríos en todas las ciudades del mundo tiene una gran importancia debido a que su cuantificación permite una mejor administración y gestión del recurso hídrico para el uso poblacional, agricultura, industrial, minera, y demás usuarios que dependan de este vital recurso.

Tal es así que en España se sabe que los usuarios del recurso hídrico, quieren saber el caudal que circula por los ríos cerca de sus casas, el cual riega sus campos, y les provee del agua que beben, ya que en épocas de sequía es importante la buena gestión del recurso hídrico y para ello es pieza clave realizar la medición de caudales. (iagua, 2017) Un ejemplo en este país es el Programa para la Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de la Innivación (ERHIN), es un programa acerca de glaciología y nivología en España, el cual controla el espesor de la nieve en las cordilleras de los Pirineos, del Cantábrico y de Sierra Nevada, que se leen dos o tres veces al año, además los datos de caudales de origen nival drenador por ciertas cuencas, es medido por la ROEA, los cuales se usan en modelos matemáticos, para el mejor control y gestión. (eoi, 2015)

Del mismo modo, en el Perú, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) empezó una campaña de medición de caudales – aforos – de los ríos Chira y Piura, con el apoyo de la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque Zarumilla, la Secretaría Técnica del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira Piura y la Dirección General de Hidrología del Senamhi, con la intención de disponer de información de las condiciones hídricas de los ríos para las instituciones que integran el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, para que se pueda tomar decisiones oportunas en una mejor gestión del recurso hídrico. (ANA, 2016) Además, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), realizó las mediciones de los caudales de los ríos Madre de Dios y Tambopata por primera vez, lo cual es de gran utilidad para las acciones de gestión de riesgos a través del Sistema de Alerta Temprana (SAT). (ANA, 2015)

En Lambayeque, el personal de hidrometeorología a cargo de las estaciones hidrométricas y meteorológicas del Proyecto Especial Olmos – Tinajones (PEOT), en la estación Sauzal, ubicada en el río Huancabamba en la parte de la cuenca media, se realizaron pruebas con nuevos correntómetros electromagnéticos. (PEOT, 2018)

El presente estudio abordó la situación de pérdida de caudal en el río Olmos en el tramo Bocatoma La Juliana – Quebrada Lajas, mediante el aforo de las secciones seleccionadas en el tramo de estudio con un correntómetro electromagnético automático para una mayor precisión.

Este estudio nació del interés de cuantificar de mejor manera el caudal del río Olmos, ya que tiene muchos usuarios que se benefician de sus aguas, desde familias para su uso doméstico hasta grandes empresas con productos de exportación, además que se presenta la oportunidad de realizar los aforos con apoyo de una empresa privada.

Es por eso que existió la importancia de que el estudio sea un antecedente y una fuente de datos para una mejor gestión del recurso hídrico en la cuenca Olmos y facilitar la distribución entre los usuarios del agua.

Para el logro de la cuantificación y análisis de las pérdidas a lo largo del tramo de estudio, Bocatoma La Juliana – Quebrada Lajas, el trabajo constó de varias partes importantes como los antecedentes que brindan información de cómo se lleva local, nacional e internacional el tema de la cuantificación de los caudales en los río o fuentes de agua que benefician a muchos usuarios, además las bases teóricas dieron el conocimiento técnico de lo que parámetros se van aplicar en campo, también se señala que herramientas y técnicas se aplican para el aforo de caudales, finalmente se mostraron los resultados y la discusión de las mismas, obteniendo conclusiones y dando recomendaciones.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La Concesionaria de Trasvase Olmos (CTO) fue la encargada de llevar el desarrollo y la operación del Proyecto de Trasvase de Aguas del Proyecto Olmos, el que consistió en la captación y trasvase de las aguas del río Huancabamba a través de un túnel trasandino de 20.1 km de longitud y su posterior entrega con un caudal aproximado de 406 Hm³/año al Gobierno Regional de Lambayeque (GRL) con la finalidad de irrigar 38,000 ha. de tierras eriazas en las Pampas de Olmos.

La concesionaria H2Olmos S.A. es la empresa que tuvo como propósito específico ejecutar la Concesión de diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto de Irrigación Olmos, también es el encargado de prestar servicios de captación, conducción y distribución del agua del Proyecto.

El Proyecto Integral Olmos que comprende el trasvase de aguas del Túnel Transandino, la generación eléctrica y la habilitación agrícola de 38,000 hectáreas en el Valle de Olmos además de las 5,500 hectáreas pertenecientes al Valle Viejo de Olmos y a la Comunidad Campesina Santo Domingo de Olmos.

En el Valle Viejo de Olmos existen problemas con la distribución de los caudales para el riego por parte del PEOT, además la Bocatoma la Juliana fue tomada por algunos agricultores, debido a que les falta agua para el riego de sus cultivos, por lo que existe apropiación indebida del agua derivado del

río Huancabamba, provocando un problema en la distribución para todos los usuarios beneficiados del proyecto. (La República, 2019)

Primero para poder comprender la situación y problemática local, debemos empezar comprendiendo algunos aspectos del proyecto Olmos (H2Olmos y Gobierno Regional Lambayeque, 2010):

1. El proyecto Olmos de irrigación y energía nació con la finalidad de impulsar el desarrollo agrícola y económico en la región Lambayeque, para irrigar 5500 ha en el valle viejo y 38000 ha en el valle nuevo.
2. Se firmó el “Contrato de concesión para el diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento del proyecto irrigación Olmos” el 11 de junio del 2010, entre el concesionario H2Olmos S.A., el Gobierno Regional del departamento de Lambayeque, el Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT), la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Ministerio de Agricultura.
3. En la cláusula XI del contrato, denominado “Régimen de Aguas”, se mencionan tres puntos importantes: disponibilidad hídrica para el proyecto, autorizaciones de uso de agua y licencia vinculada al uso del agua. Donde se señala que H2Olmos, iba ser el encargado de realizar las mediciones en los puntos de captación para determinar la real disponibilidad hídrica y así este pueda ser repartido entre los Usuarios y los Agricultores.
4. H2Olmos en coordinación con la Junta de Usuarios, velarán que el caudal asignado por derecho de los usuarios, sea medidos entre el punto de entrega y los puntos de captación, así poder vigilar que la Junta no utilice más derechos de agua, que de los que se había identificado en el momento

de la suscripción del contrato y contaban con las licencias de aguas respectivas. También de acuerdo a la Reserva de Aguas, los Usuarios y los Agricultores podrán obtener las autorizaciones necesarias para poder utilizar el volumen de agua estipulado bajo su contrato.

5. H2Olmos no está obligado a presta el servicio a quien no cuente con las autorizaciones correspondientes para usar el agua conforme a las Leyes Aplicables.

El problema en la bocatoma La Juliana aparece porque existe apropiación indebida por parte de personas y agricultores no empadronados que usan el recurso hídrico del río, incumpléndose de esta manera el contrato establecido anteriormente mencionado. Por parte de los agricultores, reclaman al PEOT, debido a que necesitan más agua para sus cultivos y esto fue motivo para romper las rejas de la bocatoma La Juliana y abrir las compuertas derivándolo sin permiso al Valle Cascajal. (Semanario Expresion, 2019)

De acuerdo al reporte de la Concesionaria H2Olmos, a cargo de la operación, en el año 2018, la Junta de Usuarios de Olmos recibió una dotación de 12.5 millones de metros cúbicos para el riego de 286 ha que consigna formalmente en sus pedidos (PDA). Si esto se compara con la dotación total de 38.5 millones de metros cúbicos que tienen asignado para cuando se irrigen las 5500 ha de Valle Viejo, se comprueba que están usando demasiada agua, generando a mediano plazo graves problemas de salinización de terrenos y lo que es peor, están destinando el agua a sectores no contemplados en esta primera fase del Proyecto Olmos. (Gobierno Regional Lambayeque, 2019)

Es por ello que es de mucha importancia, la cuantificación de los caudales desde el túnel Lajas hasta la bocatoma La Juliana, de esta forma se puede determinar el caudal de salida del túnel y el caudal de recepción en la bocatoma, además teniendo el diferencial del caudal entre los dos puntos para calcular la eficiencia en la conducción, así tener un mejor panorama para plantear soluciones como una mejora en la distribución a los Agricultores, mejorando la conducción al valle viejo, además conocer la oferta hídrica permitirá planificar mejor la agricultura y realizar explotación de aguas subterráneas en caso de que el caudal no sea suficiente.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el porcentaje de disminución del caudal del río Olmos desde la salida del Túnel Lajas hasta la Bocatoma La Juliana?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de conducción del Río Olmos en el tramo comprendido entre la salida del Túnel Lajas hasta la Bocatoma La Juliana.

1.3.2. Objetivos específicos

- Esquematizar el área de estudio
- Cuantificar el porcentaje de pérdida de caudal en los tramos correspondientes.
- Identificar los factores que influyen en la pérdida de caudales.

1.4. Justificación del estudio

La presente investigación se justifica debido a que muestra resultados favorables tales como:

Agrícola: el estudio es importante porque con la con la cuantificación de los volúmenes de agua permite conocer la oferta hídrica y así repartir mejor el volumen entre los usuarios acorde a la cantidad de terreno, además con la oferta hídrica conocida se pueden formular nuevos proyectos para la planificación de cultivos con un consumo hídrico menor o tecnificando dichos terrenos lo optimiza los volúmenes de agua.

Técnica: el estudio es importante de manera técnica ya que permite el uso y aplicación correntómetro electromagnético OTT MF PRO para el aforo de caudal del río Olmos, debido a que este ofrece mayor precisión que un correntómetro tradicional, además incluye un software integrado de medición de acuerdo a los estándares internacionales, y posterior a la medición, los datos son fácilmente sincronizados con una computadora o portátil, haciendo el trabajo de aforo más rápido, sencillo y a prueba de errores humanos.

Social: esta investigación tiene una importancia e impacto social debido a que los resultados permiten una mejor gestión y orden entre los usuarios beneficiados del río Olmos, los cuales son 620 familias beneficiadas con el proyecto de trasvase, y así mejorando la calidad de vida de las diferentes familias, además una cuantificación del recurso hídrico permitiría ofrecer el máximo beneficio a las familias empadronadas, recibiendo las dotaciones de agua con forme a ley.

Económica: esta investigación permite conocer el caudal disponible para el valle viejo en Olmos, y así poder mejorar su distribución mejorando los dos principales sectores económicos del distrito, los cuales son la agricultura y la ganadería siendo

estos aproximadamente el 53% de su economía según el INEI, de igual manera a los usuarios informales, los cuales pueden empadronarse y el aporte recaudado beneficia para más obras a los demás.

1.5. Limitaciones de la investigación

La presente investigación tuvo limitaciones al momento de aforar los caudales en el río Olmos, ya que en épocas de crecida era complicado el ingreso del personal al río, y las mediciones se realizaron entre abril y julio. Además, el aforo para cada sección se realizó por tramos debido a las sedimentaciones existentes en el cauce.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacional

En Bogotá – Colombia, Moreno y Duitama (2015), realizaron una investigación denominada “Estimación de caudales en la cuenca media del Río Magdalena empleando el método de transposición de caudales” el cual tuvo como objetivo plantear un modelo de transferencia de caudales para puntos de control que no tienen estaciones de aforo, por lo que se tomó datos de diferentes estaciones hidrológicas. Los resultados obtenidos demostraron un buen comportamiento para sub-cuencas con características fisiográficas similares, que son analizadas mediante los hidrogramas del caudal específico.

En Barcelona – España, Espinosa y Custodio (2016), desarrollaron un estudio con el título “Estimación de la escorrentia superficial para el cálculo de la recarga a los acuíferos del macizo kárstico de los Ports de Beseit (Tarragona, España) combinando balance de agua en el suelo y análisis de hidrogramas de caudales” el cual tuvo como objetivo estimar la escorrentia superficial media anual con el fin de reducir la incertidumbre en la estimación de los recursos hídricos subterráneos, para el estudio se tomó datos históricos de caudales diarios de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Se tuvo como resultado que la escorrentia superficial se ha estimado en 105 ± 20 mm, lo que supuso el 20-30% de la recarga media anual calculada mediante el método de balance de agua.

En Bogotá – Colombia, Gonzalez y Ortegón (2016), realizaron una investigación titulada “Cálculo del caudal de la cuenca hidrológica de la

quebrada Guaguaqui, del departamento de Boyacá, por el método racional”, que tuvo como objetivo calcular el caudal de la cuenca hidrológica, se trabajó con los registros de caudales en el río, además de estudios anteriores y fotografías aéreas. Se tuvo como resultado que los caudales estimados fueron entregados por el análisis de la composición morfométrico, la fórmula racional y análisis de caudales pico de cuencas pequeñas y de poca información, y se determinó el volumen de agua que corre a través de la cuenca del río Chirche en una unidad de tiempo.

2.1.2. Nacional

En Moquegua – Perú, Torres (2018), realizó un estudio denominado “Caudales, aforos y cálculos de las persistencias”, el cual tuvo como objetivo demostrar cómo se calcula el caudal y se obtiene la persistencia para diferentes porcentajes en una serie histórica de varios años, para lo que se utilizó dos métodos de aforo, uno con correntómetro y otro con flotadores. El estudio tuvo como resultado obtenido que la medida de caudales mediante correntómetro es el más real y aceptable, debido a que la velocidad se mide directamente.

En Lima – Perú, Luna (2016) desarrolló una investigación titulada “Estimación de escorrentía media anual en la cuenca andina amazónica, incorporando tipos de vegetación en modelo Budyko”, el cual tuvo como objetivo modelar la escorrentía media anual de la cuenca andina amazónica mediante la incorporación de varios tipos de vegetación en el modelo de Budyko, donde se tomó como datos la entrada de precipitaciones, la evapotranspiración

potencial, la cobertura vegetal, la información de caudales de acuerdo con las estaciones meteorológicas de las zonas. Donde se tuvo como resultado que el modelo aplicado representa una aproximación a la realidad, sin embargo hay una subestimación, por lo que para mejorar se sugirió realizar mediciones in situ.

En Puno – Perú, Mamani (2017) realizó un estudio con el título de “Estimación de caudal base en ríos mediante balance hídrico superficial y subterráneo, caso estudio microcuenca del río Chumpe Yauli-Junin”, el cual tuvo como objetivo determinar el caudal base de la microcuenca del río Chumpe a través de balance hídrico superficial y subterráneo, el balance hídrico superficial se calculó mediante la sumatoria de las entradas y las salidas en la microcuenca con datos de las estaciones meteorológicas y observaciones durante un año hidrológico. Para el resultado se determinó el modelamiento con el software Modflow, donde se encontró que el caudal del río Chumpe oscila entre 20 a 40 l/s, lo que equivale del 6 a 12% de la precipitación anual del año hidrológico 2013-2014.

2.1.3. Local

En Pimentel, Azabache y Quiroz (2017), desarrollaron un estudio titulado “Estrategia competitiva para el desarrollo económico del Valle Viejo de Olmos del distrito de Olmos” con el objetivo de elaborar una estrategia competitiva que produzca desarrollo económico en el Valle Viejo de Olmos. La metodología que se siguió fue, primero se identificó la principal actividad económica de la zona de estudio, segundo se analizó la situación económica

en base a la teoría causalidad acumulativa y por último de identificó los factores que impulsan la productividad local para la valoración del potencial competitivo. La investigación fue de tipo descriptiva y diseño experimental – longitudinal, se tomó como población a los agricultores del valle viejo de Olmos y como muestra se aplicaron 221 encuestas a los agricultores. Se tuvo como resultado del análisis que si todos los agricultores pertenecieran a una asociación, tendrían más oportunidades de acceder a proyectos, préstamos programas en conjunto.

En Chiclayo, el (PEOT) Proyecto Especial Olmos Tinajones (2018), publicó un boletín informativo sobre las pruebas de correntómetros con cálculos de caudal realizados por el personal de hidrometeorología a cargo de las estaciones hidrométicas y meteorológicas con las que cuenta el Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT), estas mediciones se realizaron con nuevos correntómetros electromagnéticos, los cuales permiten conocer con precisión los caudales en m³/s.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Eficiencia de conducción en ríos y canales

Eficiencia de conducción

Es la relación entre el caudal o volumen que ingresa en un determinado punto de un canal o río y el caudal o volumen que sale en otro punto después de un trayecto. Se puede definir con la siguiente relación: (FAO, 2019)

$$Efc = \frac{\text{Volumen de agua en el punto de ingreso}}{\text{Volumen de agua en el punto de salida}}$$

$$Efc = \frac{Q_{\text{inicial}} - Q_{\text{perido por conducción}}}{Q_{\text{de salida}}}$$

Para determinar la eficiencia en canales, se debe verificar algunos factores:

- Si el canal está revestido
- Si existe rotura en el canal, en la base, en los taludes o en los bordes
- El área del espejo de agua expuesto a la evaporación
- Tener en cuenta las velocidades mínimas en la repartición para evitar las sedimentaciones y la infiltración. (Núñez Rafaél, 2013)

Para la determinación de la eficiencia en los ríos, se debe tener en cuenta como factor más importante la rugosidad “n”, considerando el material del cauce, variaciones de sección transversal, grado de irregularidad, obstrucciones, vegetación, meandros; para esto se utiliza la ecuación de Cowan: $n=(n_0+n_1+n_2+n_3+n_4)(n_5)$, donde “n” es adimensional. (Cieza Vásquez , 2019)

2.2.2. Factores que determinan las pérdidas de caudales

Las pérdidas de agua son fenómenos que se relacionan a los cauces naturales y artificiales.

- **Evaporación**, la evaporación es un proceso físico en el que las moléculas de la superficie del agua incrementan su nivel de agitación y escapan a la atmósfera. Las pérdidas por evaporación son menores, y dependen de la

radiación solar, temperatura del aire, velocidad del viento, humedad atmosférica y tamaño de la masa de agua. (ElectroAndes, 2008)

- **Infiltración**, son las pérdidas que se dan por el flujo de agua desde el suelo hasta las zonas no saturadas y saturadas. Existen diversos factores que influyen en este tipo de pérdida de agua, como el tipo de suelo, características hidráulicas de suelo, intensidad de lluvias, calidad de agua, formación de contras superficiales, trabajos agrícolas. (ElectroAndes, 2008)
- **Pendiente**, la pendiente de un río disminuye gradualmente desde su origen hasta que desemboca; el valor que tiene es necesario para ser utilizado como uno de los parámetros que intervienen en la velocidad del escurrimiento y uno de los factores para la pérdida de caudal en la conducción. (Pino, 2016)
- **Rugosidad**, es la resistencia que ofrece las paredes, talud y fondo, al desplazamiento del río; éste valor de la rugosidad está en función del material que conforma la sección transversal así como la grava, tierra, roca, además se toma en cuenta el grado de irregularidad, de la vegetación existente que se encuentra dentro del cauce y la obstrucción por rocas grandes o islotes. (Cieza Vásquez , 2019)

Tabla 1: Rugosidad de acuerdo a las condiciones del cauce de un río

CONDICIONES DEL CAUCE		VALORES	
Material Considerado	Tierra	n_0	0.030
	Roca Cortada		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Liso	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alterante		0.005
	Frecuentemente alterante		0.010 - 0.015
Efecto Relativo de Obstrucciones	Despreciable	n_3	0.000
	Menor		0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 - 0.030
	Severo		0.040 - 0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005 - 0.010
	Media		0.010 - 0.020
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy alta		0.050 - 0.100
Cantidad de Meandros	Menor	n_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severa		1.300

Fuente: (Cieza Vásquez , 2019)

- **Permeabilidad del suelo**, es la propiedad del suelo de transmitir el agua y el aire, mientras más permeable es el suelo, mayor es la filtración. La permeabilidad está relacionada con la textura del suelo, por regla general mientras más fina sea la textura del suelo, la permeabilidad será más lenta. (FAO, 2019)

Tabla 2: Textura de los suelos y permeabilidad

Suelo	Textura	Permeabilidad
Suelos arcillosos	Fina	De muy lenta a muy rápida
Suelos limosos	Moderadamente fina	
	Moderadamente gruesa	
Suelos arenosos	Gruesa	

Fuente: (FAO, 2019)

- **Recarga de acuífero**, es el proceso por el cual el agua se incorpora a un acuífero procedente del exterior del contorno que lo limita. (ANA, 2009)

La recarga natural de los acuíferos, se pueden clasificar en cinco clases de recargas: (Vélez Otálvaro & Vásquez Ariza, 2019)

- Recarga directa o difusa, proveniente de las precipitaciones en forma de lluvia.
 - Recarga concentrada o indirecta, a causa de los cauces permanentes, estacionales y efímeros.
 - Flujos laterales, los cuales proceden de otros acuíferos.
 - Retorno de riegos, excesos de agua de riego o las pérdidas de conducción en los canales de distribución.
 - Recarga Urbana, a causa de las fugas de agua en las redes de abastecimiento y redes de alcantarillado.
-
- **Caudal ecológico**, es el volumen de agua que debe ser mantenido en las fuentes naturales, esto con el fin de proteger y conservar de los

ecosistemas involucrados, la estética del paisaje y otros aspectos de interés científico o cultural. (ANA, 2019)

2.2.3. Hidráulica de caudales en ríos

2.2.3.1. Hidrometría

Este término deriva de dos palabras griegas, “hydro” que significa agua y “metría” que significa medición. Es la técnica aplicada a la medición del agua que fluye en diferentes lugares, ya sea un río, riachuelo o canal; además la hidrometría se encarga de recolectar y proveer datos de las mediciones realizadas al agua de acuerdo a su distribución espacio temporal. (Arboleda Orozco, Felipe-Obando, & Yerrén Suarez, 2018)

Fuentes del escurrimiento

El escurrimiento comienza sobre el terreno cuando en la superficie se alcanzó un valor de humedad cercano a la condición de saturación. Consecutivo a ello se inicia un flujo sobre las laderas, además también a través de la matriz de los suelos, fracturas de rocas o por las fronteras entre materiales de distintas características. (Breña y Jacobo, 2006)

Las fuentes de escurrimiento en una cuenca se dividen en 3 componentes: Superficial, subsuperficial y subterráneo; (Universidad Nacional del Nordeste, 2005) De los cuáles se tomará el componente superficial para realizar esta investigación.

Componente superficial

Cuando las capas superiores del suelo se saturan, el agua comienza a llenar las depresiones del terreno hasta que adquiere la profundidad suficiente para sobrepasar la fuerza de retención superficial, es ahí cuando comienza a fluir. (Chow, 2004)

Se presenta por encima del terreno natural, inicialmente laminar y que después se concentra en cauces, que finalmente sale a la cuenca. Se considera rápido ya que es el primer escurrimiento que se reconoce en la sección de control de una cuenca. (Universidad Nacional del Nordeste, 2005)

Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento es la relación que existe entre el volumen de escurrimiento directo de la cuenca y el volumen de precipitación, durante un tiempo determinado. (Chow, 1994)

$$C = \frac{V_{ED}}{V_{LL}}$$

2.2.3.2. Fórmulas para determinar las pérdidas de carga

Para determinar el valor del coeficiente C, han sido varios autores los que han determinado diferentes expresiones, entre ellos Bazin, Manning y Ganguillet-Kutter; siendo la fórmula de Manning la elegida para la investigación, debido a que es la más conocida y usada. (Martínez, 2012)

Fórmula de Chezy

Esta fórmula es empleada para el cálculo de la velocidad del flujo de agua en canales abiertos: (Coliqueo, 2016)

$$V = C \sqrt{Rh * S}$$

Fórmula de Manning

El ingeniero irlandés Robert Manning, en 1889 propuso la siguiente fórmula:

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}$$

Reemplazando el valor C, en la fórmula de Chezy, se obtiene:

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{I}$$

La fórmula obtenida es la más usada actualmente, muy adecuada para régimen turbulento.

El coeficiente n está tabulado de acuerdo al material de revestimiento del canal. (Martínez, 2012)

Coeficiente de rugosidad equivalente

Es común encontrar canales con revestimiento de distintos materiales en una misma sección, o con distintas rugosidades. (Martínez, 2012)

Si se desea aplicar la fórmula de Manning, es importante determinar un coeficiente n equivalente, con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{1}{c^{\frac{2}{3}}} \left(\sum_{i=1}^N c_i n_i^{\frac{3}{2}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

En donde c es el perímetro mojado, y c_i es el perímetro mojado del material de la la sección con coeficiente de Manning n_i . (Martínez, 2012)

Pérdidas por fricción

Es la pérdida de energía de un flujo hidráulico durante su conducción por efecto del rozamiento. (Marbello, 2013)

Su fórmula general es la siguiente:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

2.2.4. Hidráulica fluvial o hidráulica en ríos

Río

Se define como un sistema de diferentes canales naturales o cursos de agua, por donde se descarga el agua de una cuenca. Es decir, este cumple una función de drenaje de una cuenca. (Rocha, 1998)

Clasificación de los ríos

- Ríos efímeros: son de climas áridos y semiáridos
- Ríos perennes
- Ríos aluviales: los que discurren por materiales sedimentarios
- Ríos de lecho rocoso
- Ríos torrenciales: con una pendiente mayor al 1.5%
- Ríos torrentes: con una pendiente mayor del 6%
- Ríos de montaña
- Ríos de llanura de inundación (Escuela Técnica Superior Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2018)

Tipos de cauce

Cauce recto

En la naturaleza, prácticamente no existen caudales rectos. Las veces que sucede esto, son debido a que se construyen diques paralelos dentro del río, pero para caudales menores del diseño, el río genera su propia sinuosidad. (Rocha, 1998)

Cauce trenzado (anastomosis)

Son cauces divagantes con una gran capacidad de transporte sólido, se producen en ríos anchos con alta pendiente. El exceso de sedimentos que transporta, son depositados formando pequeñas islas y la fuerte pendiente origina pequeños tirantes y estos factores producen cauces trenzado. (Rocha, 1998)

Cauce sinuoso (meandriforme)

Son cauces con gran presencia de curvas, uno sucedido por otro; tienen presencia en la parte baja del cauce. (Rocha, 1998)

Sedimento

En hidráulica fluvial, se entiende como sedimento a todo material más pesado que el agua, el cual en algún momento es transportado por el cauce y después depositado; estos sedimentos pueden llegar a ser desde una roca enorme hasta una fina partícula de arcilla. (Rocha, 1998)

Meandro

Se define como cada curva que tiene el curso de un río. El cual tiene en el margen exterior tendencia a la erosión y es de forma cóncava y en la margen interior hay una tendencia a la sedimentación y es convexa. (Rocha, 1998)

Islas

Son las formaciones de sedimentos en el cauce de un río, se dan generalmente en ríos anchos. Estas acumulaciones de sedimentos dan lugar a formaciones de varios canales en el cauce que rodean estas pequeñas islas. (Rocha, 1998)

2.2.5. Aforo

Es un proceso de cuantificación de un volumen de agua que pasa por un cauce en una unidad de tiempo, y se puede aplicar en ríos y canales y se realiza mediante la medición de la velocidad en distintos puntos de una corriente, y con la información geométrica de la sección donde se realiza la medición. (Arboleda Orozco, Felipe-Obando, & Yerrén Suarez, 2018)

2.2.6. Métodos de aforo con correntómetro

Aforo por vadeo

El aforo por vadeo es aplicado cuando la corriente tiene poca profundidad, es pequeña y con un fondo resistente, que permita sumergir el hidromensor al río; es necesario tener la sección definida, para que de ese modo el técnico entre al río con equipo y mida las profundidades y velocidades en cada vertical seleccionada; se toma como referencia una cinta métrica o una cuerda driza. (Arboleda Orozco, Felipe-Obando, & Yerrén Suarez, 2018)

Aforo por suspensión

Es realizado generalmente desde una estructura como un puente o un carro huario; desde estas estructuras se realiza la medición de profundidades y velocidades de flujo en todas las verticales seleccionadas; la velocidad del flujo de agua es medida mediante un molinete o correntómetro. (Arboleda Orozco, Felipe-Obando, & Yerrén Suarez, 2018)

2.2.7. Métodos de medición de caudal del cauce

Método de la Mitad de sección

Este método es empleado para medir el caudal, el promedio de las velocidades en una vertical y el área de acuerdo a la profundidad de la vertical multiplicada por la mitad de la separación entre la vertical de la izquierda y la mitad de la separación con la vertical de la derecha. (Arboleda Orozco, Felipe-Obando, & Yerrén Suarez, 2018)

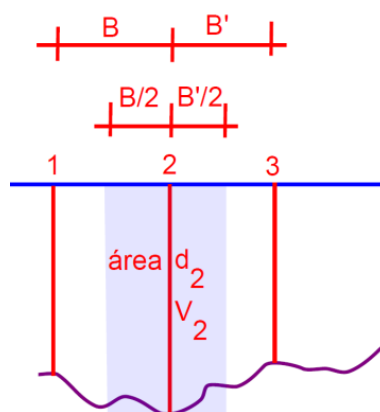


Figura 1: Método de la mitad de sección

Fuente: SENAMHI, 2018

$$q_2 = V_2 \left(\frac{B}{2} + \frac{B'}{2} \right) * d_2$$

$$q_2 = V_2 * A_2$$

$$Q = q_{i-(i+1)} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

Donde:

q2: Caudal parcial en la sección

V2: Promedio de velocidades en la línea 2.

d2: Profundidad en la línea 2.

B, B': Ancho que existe entre las líneas de medición*.

Q: Caudal total que fluye por la sección transversal.

(*) Mayormente en las actividades de aforo, B y B', son magnitudes iguales.

Nota:

- El caudal medido puede ser diferente si usamos V0.2, V0.6 - V0.8, u otro método.
- El caudal también puede ser diferente si se usa el método de la sección media o semi sección.

Método de la Sección media

Este método es empleado para medir el caudal promedio en el área que se forma entre dos verticales consecutivas y la distancia entre ellas. V1 es la velocidad media en la primera vertical y V2 es la velocidad media en la segunda vertical, independiente del método de mediciones de acuerdo a la profundidad, ya sea 0.2, 0.6, 0.8; y d1 y d2 son las profundidades totales en cada vertical y B la distancia horizontal entre las verticales. (Arboleda Orozco, Felipe-Obando, & Yerrén Suarez, 2018)

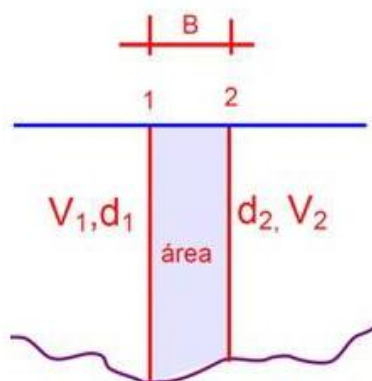


Figura 2: Método de la sección media

Fuente: SENAMHI, 2018

$$q_{1-2} = \frac{V_1 + V_2}{2} * \frac{d_1 + d_2}{2} * B$$

Donde:

V1, V2: Promedio de velocidades en cada línea 1 y 2.

d1, d2: Profundidades de líneas de medición.

B: Ancho existente entre las líneas de medición 1-2.

q1-2 : Caudal parcial en el tramo 1-2.

La ecuación anterior es utilizada para la medición de los caudales parciales que hay entre verticales, por lo que el caudal total será la suma de dichos caudales, dándonos la siguiente fórmula final.

$$Q = q_{i-(i+1)} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

2.2.8. Norma UNE-EN ISO 748:2009

La norma UNE-EN ISO 748:2009 es la última vigente para la aplicación en Hidrometría sobre medida de caudales de líquidos en canales abiertos utilizando medidores de caudal o flotadores. Esta norma europea da pautas de métodos para medir la velocidad del agua y el área de una sección transversal que circulan en canales abiertos o ríos sin capa de hielo y calcular el caudal con esos datos. (ISO 748, 2009)

2.3. Definición de términos

2.3.1. Aforo

Es una operación que se realiza en campo, y tiene como finalidad calcular el caudal que discurre por una determinada sección de un río. Para su

realización existen métodos como: Sección de control, relación sección-pendiente y relación sección-velocidad. (Universidad Nacional del Nordeste, 2005)

Sección de control, este método toma en cuenta las leyes de la hidráulica de un fluido como el agua. Es considerado el método más exacto, especialmente para caudales bajos. Se debe considerar una sección del río en la que se manifiesta una energía específica, la cual es la mínima para el escurrimiento del río, la que además se manifiesta por el tirante y la altura de velocidad. Esto resulta en el tirante crítico, el mismo que puede ser provocado de manera artificial en el cauce del río, elevando el fondo del cauce, reduciendo las márgenes de la sección o realizando las dos modificaciones.

Relación sección – velocidad, este método es el más empleado de aforos. Para realizar el aforo se debe tener una estación de aforos, con una sección de medición en la que se realiza el aforo, la escala hidrométrica que relaciona las alturas del agua en el momento del aforo y el control de que la estación de aforo sea una sección del río en la que la relación altura-caudal sea directa, y no en la que se presente dos caudales para una misma altura. (Universidad Nacional del Nordeste, 2005)

Relación sección – pendiente, para realizar este método se necesita una sección del río que sea lo más recta posible y uniforme en la sección de escurrimiento, además dos secciones en específico y la medición de la altura

hidrométrica del río en el mismo lugar. (Universidad Nacional del Nordeste, 2005)

2.3.2. Caudal

Se conoce como caudal, al agua que pasa un riachuelo o río, tuberías, secciones de una corriente de agua, al producido por un pozo, la que ingresa o sale de una planta de tratamiento, la cual es medida en una unidad de tiempo. (Goicochea, 2013)

Se entiende por caudal al volumen de agua multiplicado por unidad de tiempo que pasa por la sección de un cauce. Es representado en unidades como m^3/s o l/s. (Universidad Nacional del Nordeste, 2005)

2.3.3. Correntómetro

Es un instrumento de precisión, su función es medir la velocidad del agua en los puntos de medición de una sección de control. Hay variedades de correntómetros de eje vertical y horizontal. (Ortega, 2014)

a) OTT MF PRO

El OTT MF pro es un aparato electromagnético que sirve para medir el flujo, es de fácil uso y poco mantenimiento, además el OTT MF pro ahorra tiempo y recursos con su uso en el río ya que al calcular de manera automática la descarga (según los métodos de USGS e ISO) y realizar los graficos los datos de velocidad en tiempo real, hace que el trabajo de aforo sea mucho más rápido y preciso permitiendo que las tendencias se visualicen rápidamente.

El OTT MF pro puede ser usado por una sola persona, sin necesidad de usar alguna libreta de apuntes, ya que captura todos los datos por sí solo.

Este aparato, no requiere de mantenimiento ni calibración ya que carece de partes móviles. Y son más útiles que los mecánicos ya que en presencia de materia orgánica en el flujo de agua, estos no se ven afectados. (Equipamiento Científico , 2019)

b) Metodología para calcular la velocidad media en los ríos según la norma UNE-EN ISO 748:2009

Método de un punto

El método de un punto consta en medir la velocidad colocando el sensor del correntómetro a 0.6% de la profundidad total, medido desde la superficie. Esto se debe a que a esta profundidad fluye el agua a una velocidad media del cauce, pero solo es recomendable cuando la profundidad máxima es de 0.70 m. (Arboleda Orozco, Felipe-Obando, & Yerrén Suarez, 2018)

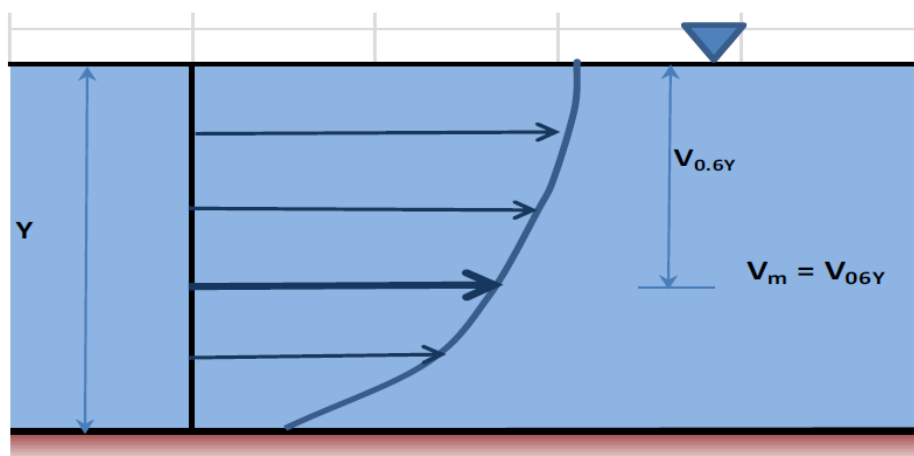


Figura 3: Método de aforo al 60% de la profundidad

Fuente: SENAMHI, 2018

Donde:

Y = profundidad total

$V_{0.6Y}$ = 60% de la profundidad de Y

V_m = velocidad media del cauce

$$V_m = V_{0.6Y}$$

Método de tres puntos

El método de tres puntos consta en medir la velocidad colocando el sensor del correntómetro a 20%, 60% y 80% de la profundidad total, medido desde la superficie. Este método se aplica para profundidades mayores a 0.70m y para mayor precisión en caso de un río en comparación al método de un punto. A continuación se muestra como hallar la velocidad media.

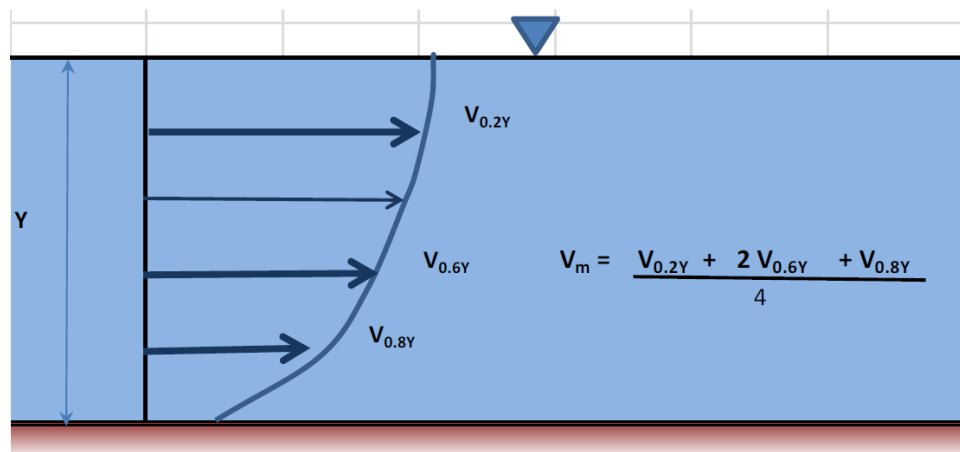


Figura 4: Método de aforo al 20%, 60% y 80% de la profundidad

Fuente: SENAMHI, 2018

Donde:

Y = profundidad total

$V_{0.2Y}$ = 20% de la profundidad de Y

$V_{0.6Y}$ = 60% de la profundidad de Y

$V_{0.8Y}$ = 80% de la profundidad de Y

V_m = velocidad media del cauce

$$V_m = \frac{V_{0.2Y} + 2 \times V_{0.6Y} + V_{0.8Y}}{4}$$

2.3.4. Elementos geométricos de la sección de un río

a. Profundidad de flujo o tirante de agua

La profundidad del flujo, es la distancia vertical a la plantilla, se mide desde la superficie libre del agua al punto más bajo de la sección transversal.

Generalmente es representada con la letra (h). (Forero Pomar, 2018)

En otras palabras, es la profundidad máxima del agua en un río o canal.

b. Ancho superficial o espejo de agua “T”

El espejo de agua (T) es el ancho del agua en la sección superficial de un canal, siendo la superficie libre del agua, en m.(Forero Pomar, 2018)

c. Talud

Talud “m”, es la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral, también llamada talud de las paredes laterales del canal. (Rodríguez, 2008)

d. Área mojada o área hidráulica

El área mojada (A) es el área de la sección transversal del agua a la dirección del flujo. (Forero Pomar, 2018)

Es la superficie que ocupa el líquido en una sección transversal normal. (Ingecivil, 2018)

e. Perímetro mojado

El perímetro mojado (P) es la longitud de la línea de la intersección de la superficie mojada de un canal con la sección transversal normal a la dirección del flujo. (Forero Pomar, 2018)

Es la parte del contorno del conducto que está en contacto con el líquido. (Ingecivil, 2018)

f. Radio hidráulico

El radio hidráulica (R) es la relación que existe entre el área mojada y el perímetro mojado, expresándose como: (Forero Pomar, 2018)

$$R = \frac{A}{P}$$

El radio hidráulico es la dimensión de la sección transversal, y en las tuberías hace las funciones del diámetro. (Ingecivil, 2018)

g. Profundidad hidráulica

La profundidad hidráulica (D) es la relación del área mojada y el ancho superior, expresandose como: (Forero Pomar, 2018)

$$D = \frac{A}{T}$$

Es la relación entre el espejo de agua y el área hidráulica. (Ingecivil, 2018)

h. Factor de la sección

El factor de la sección (Z), es para los cálculos de escurrimiento o flujo crítico y se halla mediante el producto del área mojada con la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica, siendo la siguiente fórmula:

$$Z = A \sqrt{D} = A \sqrt{\frac{A}{T}}$$

El factor de la sección, también para cálculos de escurrimiento uniforme se halla mediante el producto del área mojada con la potencia 2/3 del radio hidráulico, expresándose como: $A.R^{(2/3)}$. (Forero Pomar, 2018)

2.3.5. Medición de niveles

Para realizar la medición del nivel que alcanza el agua o la altura de un río, se debe tomar una sección determinada del mismo, que no debe ser alterada en

el tiempo, para que estas mediciones puedan ser relacionadas a través del tiempo. (Universidad Nacional del Nordeste, 2005)

2.4. Hipótesis

El caudal del Río Olmos en la Bocatoma La Juliana es menor en un rango entre el 10% y 20% al caudal aforado en la salida del Túnel Lajas.

2.5. Variables

Variable independiente:

Factores causantes de la pérdida de caudales.

Variable dependiente:

Eficiencia de conducción.

2.5.1. Definición conceptual de la variable

- Factores causantes de la pérdida de caudales: Son los factores que intervienen en la pérdida de caudal del río Olmos, identificando los más importantes.
- Eficiencia de conducción: Es la proporción del caudal perdido o consumido y el caudal medido al inicio del estudio.

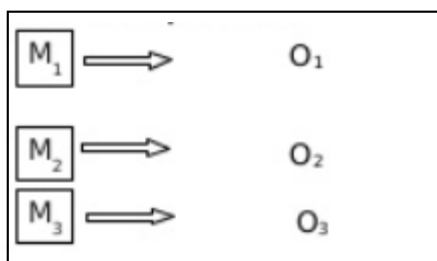
2.5.2. Definición operacional de la variable

- Factores determinantes de la pérdida de caudales: Se determinan los factores principales involucrados en la pérdida de caudal del río Olmos, mediante el reconocimiento del lugar y el recorrido de campo.
- Eficiencia de conducción: Se realiza los aforos correspondientes para hallar de la eficiencia de conducción del río Olmos, mediante el uso del correntómetro.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El diseño de la investigación es de tipo comparativo, porque se pretende comparar una variable en diferentes lugares y situaciones, observando su comportamiento.



Donde:

M_1 , M_2 , M_3 : Representa la muestra

O_1 , O_2 , O_3 : Representa las observaciones

3.2. Descripción del ámbito de la investigación

3.2.1. Ubicación política

Departamento: Lambayeque

Provincia: Lambayeque

Distrito: Olmos

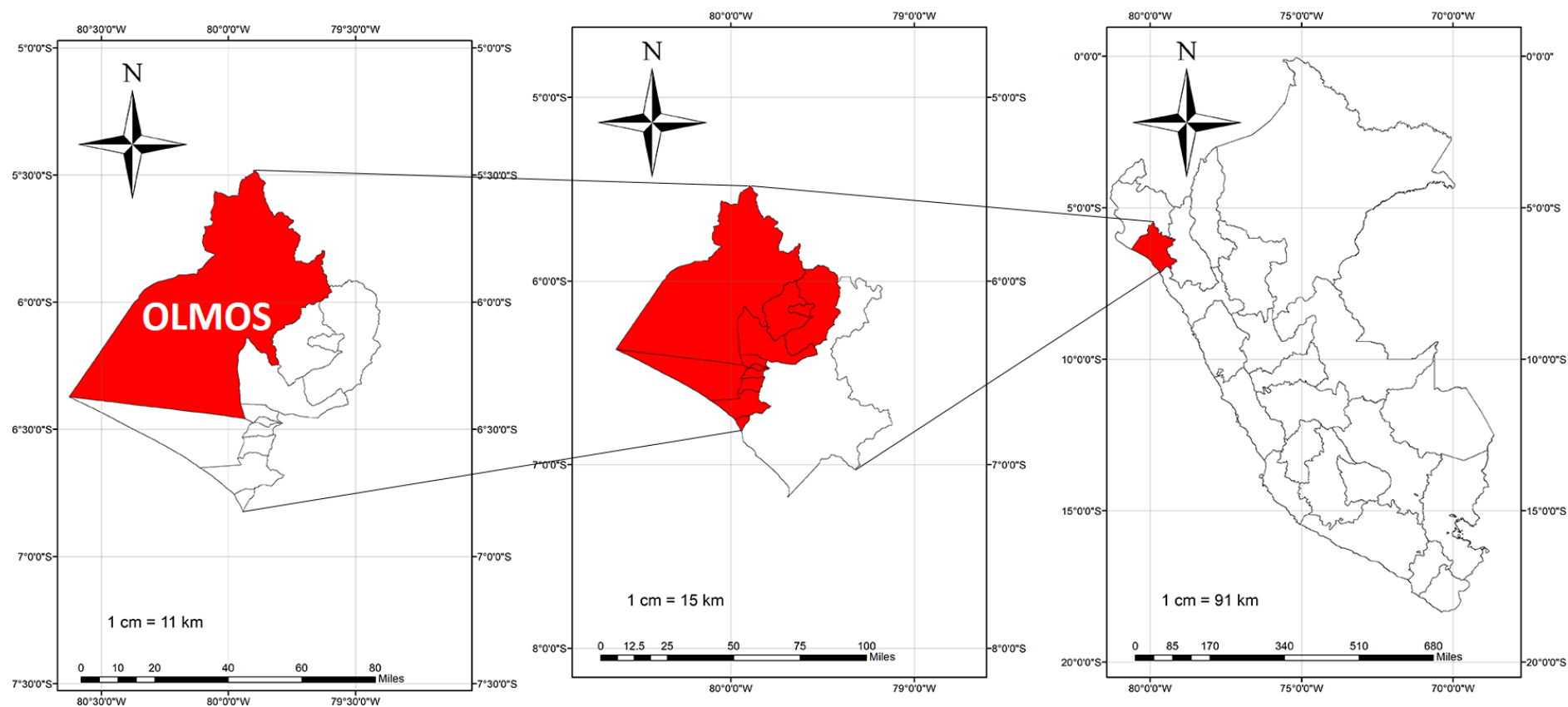


Figura 5: Mapa de la ubicación política de Olmos

Fuente: propia

3.2.2. Ubicación hidrográfica

El trabajo de investigación está comprendido dentro de las siguientes coordenadas referidas al Sistema WGS-84:

Tabla 3: Puntos de control para el estudio

PUNTO REFERENCIA	WGS 84 Zona 17S		COTA
	ESTE	NORTE	
Bocatoma La Juliana	643 649	9 339 016	224.00 (msnm)
Punto de confluencia	660698	9344366	742.00 (msnm)
Punto de Entrega Lajas	664 002	9 344 638	1072.2 (msnm)

Fuente: Propia

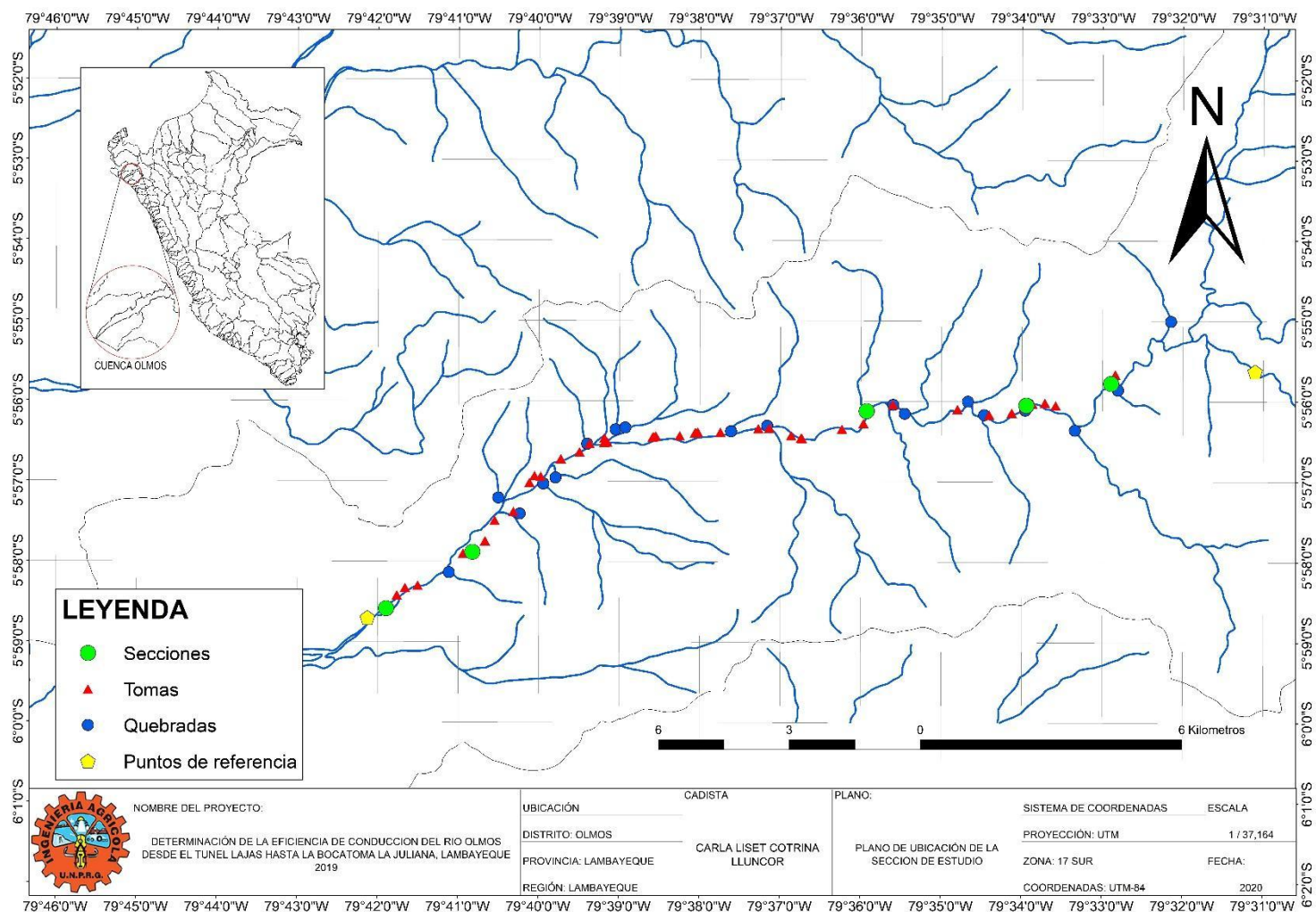


Figura 6: Mapa de la ubicación hidrográfica de la cuenca

Fuente: propia

3.2.3. Accesibilidad – vías de comunicación

Las vías de comunicación hasta la zona del proyecto, se realizaron siguiendo la carretera panamericana Norte Antigua, partiendo desde la ciudad de Chiclayo, siguiendo por los distritos de Lambayeque, Mochumi, Tucume, Illimo, Pacora, Jayanca, Motupe y finalmente el distrito de Olmos, recorriendo un total de 105 Km en un tiempo estimado de 2.5 horas en camioneta. Después se fué en dirección al punto de entrega Lajas, tomando la carretera de acceso al nororiente del Perú, en un recorrido de 26 Km, posteriormente un desvío de 5 Km hasta la quebrada Lajas.

Además, es importante mencionar que para el acceso al punto de entrega Lajas se debe hacer el registro de ingreso en la caseta de vigilancia existente, y se debe contar con equipos de protección personal y seguro contra todo riesgo.

Tabla 4: Vías de comunicación

Punto de Partida	Punto de Llegada	Distancia estimada (Km)	Tiempo estimado	Vía
Chiclayo	Olmos	105	2 horas 30 min	Carretera antigua a Piura
Olmos	Desvío a la quebrada Lajas	30	30 min	Carretera Fernando Belaunde Terry
Desvío a la quebrada Lajas	Punto de salida del túnel	6	15 min	Trocha carrozable
Olmos	Bocatoma La Juliana	5	10 min	Trocha carrozable

Fuente: Propia

3.2.4. Cuenca del río Olmos

La cuenca del río Olmos, de código 137774, pertenece a la Unidad Hidrográfica 137, que comprende la parte central y norte de la vertiente del pacífico peruano.

La cuenca del río Olmos, se ubica entre las siguientes coordenadas (UTM17S-WGS84), **NORTE: 9'293,650 - 9'352,620; y ESTE: 576,920 - 672,000**

La cuenca del río Olmos se emplaza en los territorios de las regiones/departamentos de Piura, provincia de Huancabamba, y de Lambayeque, provincia de Lambayeque.

Administrativamente, referente a la gestión de los recursos hídricos, la cuenca del río Olmos pertenece a la Autoridad Administrativa de Agua (AAA) Jequetepeque-Zarumilla.

Conforme con la imagen que se presenta, la cuenca del río Olmos, que desemboca en la Laguna La Niña, limita, por el Norte, con la Intercuenca Olmos/Cascajal, de código 173779, y la cuenca del río Cascajal, de código 13778, por el Este, con la cuenca del río Huancabamba, de código 498,969, y por el Sur, con la cuenca del río Motupe, de código 137772, y la Intercuenca Olmos/Motupe, de código 137773.

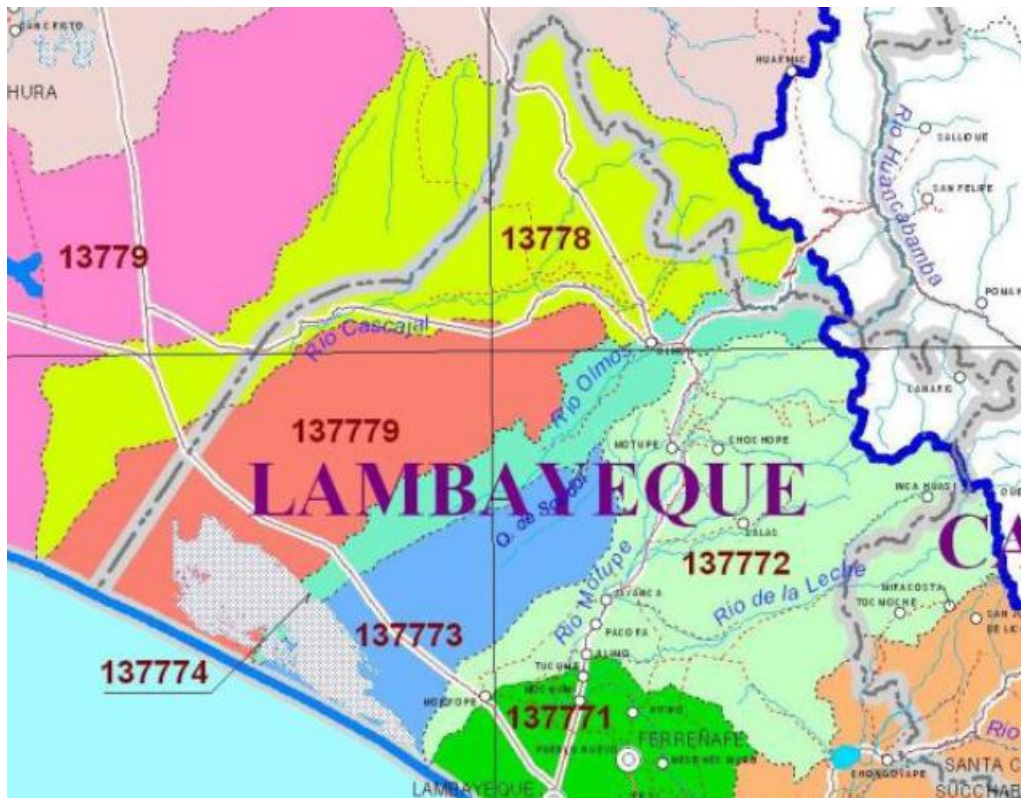


Figura 7: Cuencas hidrográficas en el norte de la región Lambayeque

Fuente: Cuencas Hidrográficas del Perú

El área total de la cuenca hidrográfica del río Olmos asciende a 1,069.20 km² aproximadamente, de los cuales 969.00 km² se ubican en la Región/Departamento de Lambayeque, y 100.00 km² en Piura.

Las altitudes de la cuenca del río Olmos varían entre el nivel del mar, en la ribera oriental de la Laguna La Niña, y los 3,200 m.s.n.m, en los predios colindantes con la cuenca del río Huancabamba.

Debido a la escasez de las precipitaciones, en general la cuenca del río Olmos, prácticamente está eriaza con escasa cobertura vegetal, salvo su valle agrícola.

La cuenca del río Olmos, consiste en dos sectores marcadamente diferentes, debido a sus condiciones naturales correspondientes, de pampas y de los Andes.

El sector de pampas forma parte de una franja ancha de las tierras a lo largo de la Costa Norte del Pacífico peruano, entre las ciudades de Chiclayo y Piura.

Las pampas de la cuenca del río Olmos, prácticamente ocupan toda el área que se ubica al Oeste de la Carretera Interoceánica Norte y de la ciudad de Olmos, hasta la orilla oriental de la Laguna La Niña, ubicada a unos 75.00 km desde la ciudad de Olmos. La superficie del área de pampas de la cuenca del río Olmos asciende a unos 763.00 km², aproximadamente. Las altitudes del área de las pampas de la cuenca del río Olmos varían entre el nivel del mar, en la ribera oriental de la Laguna La Niña, y los 200.00 m.s.n.m., en los predios en alrededores de la ciudad de Olmos y la Carretera Interoceánica Norte.

Las pampas representan una llanura poco accidentada con una vegetación matosa muy escasa, cuyos suelos son areno-arcillosos y arcillo-arenosos de alta fertilidad, pudiendo ser aprovechados para la producción agrícola; sin embargo, el clima árido y la falta de recursos hídricos de esta región estancan su desarrollo agrícola intensivo.

La parte andina de la cuenca del río Olmos se extiende al Este de la Carretera Interoceánica Norte y de la ciudad de Olmos, hasta la divisoria acuárium con la cuenca del río Huancabamba, representando un espacio montañoso típico, compuesto por rocas duras o depósitos de un material detrítico flojo. La vegetación típica de esta área consiste en cactáceos y árboles escasos.

La superficie del área andina de la cuenca del río Olmos asciende a unos 306.00 km², aproximadamente. Las altitudes del sector andino de la cuenca del río Olmos varían entre los 200.00 m.s.n.m, en los predios en alrededores de la ciudad de Olmos y la Carretera Interoceánica Norte, y los 3,200.00 m.s.n.m, en los predios colindantes con la cuenca del río Huancabamba, resultando en una altitud promedio de 1,260.00 m.s.n.m.

Los terrenos accidentados de la cierra de los Andes y disponibilidad de pocas tierras arables representan los factores limitantes para su desarrollo agropecuario. Las actividades agrícolas se practican, por lo general, en las tierras colindantes a las principales corrientes de agua, así como es el río Olmos y algunas quebradas mayores, cuyos caudales se captan para el regadío.

3.2.5. Características geológicas y geomorfológicas

La conformación geológica de la región de estudio se determina por las principales estructuras del Norte de La Cordillera de los Andes Peruanos. La región está constituida por un macizo potente de rocas metamórficas y vulcanógenas interrumpidas por una intrusión de granitos. Un amplio desarrollo de fallas tectónicas determinó la estructura fragmentada de la región. La situación tectónica tensa se manifiesta también por una actividad neotectónica y por una alta sismicidad (8 grados). Las zonas premontañosas y los valles de los ríos y están constituidos por formaciones cuaternarias diferentes por su composición y origen.

El valle del río Olmos está conformado por rocas metamórficas representadas por esquistos y areniscas atravesados por granodioritas, así como por dacitas andesíticas subvolcánicas. El fondo del valle está constituido por guijarros aluviales de 10 a 15 m de potencia depositados, en el curso inferior del valle, sobre arcillas arenosas y guijarros aluvial-marinos de 15 a 35 m de potencia. Las rocas de basamento, fuera de la zona de meteorización, son duras, pero en superficie los esquistos, areniscas (en menor grado) y granitoides están intensamente meteorizados y alterados hasta convertirse en un material arcillo-cascajoso. El macizo rocoso de basamento es afectado por frecuentes fallas tectónicas de diferentes tamaños que determinan la estructura fragmentada del macizo.

En el Tramo Oriental, que se extiende entre la Quebrada Lajas y el Puente Olmos, el río Olmos presenta un cauce confinado, debido a su recorrido entre los cerros de la Cordillera Occidental de los Andes Nor-Peruanos, y por ende su lecho es móvil, pero sus márgenes, de material rocoso, son estables.

En el sector del río Olmos entre las desembocaduras de las Quebradas Lajas y Ladrillala (la última mencionada situada a unos 2.40 km aguas abajo del Puente Silencio en la Carretera Interoceánica Norte), su cauce está cortado en sedimentos aluviales que consisten en cantos rodados de diferente

tamaño, entre 0.50 y 2.00 m, con relleno de bolones de dimensiones menores, guijarros, grava y arenas de grano irregular.

En el tramo aguas abajo de la desembocadura de la Quebrada Ladrillala, se incrementa el ancho del valle, y por ende el cauce empieza a desplazarse entre las dos laderas, similar a un cauce aluvial. A consecuencia en todo este sector, hasta el Puente Olmos, en la Carretera Interoceánica Norte, existen, entre activos y abandonados, varios cauces de estiaje (o de caudales bajos), frecuentemente trenzados, con contornos en cantos rodados de tamaño hasta 0.50 m, guijarros gruesos, grava y arena de grano irregular.

A partir de 5.50 km aguas arriba del Puente Olmos, o 1.10 km aguas abajo del caserío El Palmo, el río Olmos bifurca presentando dos ramales. El brazo izquierdo, donde desemboca la Quebrada Boliches, solo se activa durante el flujo de los caudales mayores. Como el brazo principal se presenta él derecho, activo para todos los caudales, y donde se ubica la Bocatoma Juliana. A 1,500 m aguas arriba del Puente Olmos, los dos (02) mencionados brazos del río Olmos de nuevo se unen en un solo cauce. En este tramo, tanto en el brazo izquierdo como en él derecho, también existen, entre activos y abandonados, varios cauces de estiaje (o de caudales bajos), frecuentemente trenzados, que atraviesan estratos compuestos de guijarros y arenas, con intromisión de cantos rodados de tamaño regular. Conforme con las propiedades morfológicas y geológicas del río Olmos, en los últimos 5.50 km, aproximadamente, antes del Puente Olmos, este río es prácticamente un río aluvial.

3.2.6. Hidráulica fluvial

El control de los caudales en la cuenca del río Olmos se realizaban en dos estaciones hidrométricas: El Molino en el río Olmos, y Succha en la Quebrada Lajas. La estación hidrométrica El Molino en el río Olmos, ha iniciado su operación a los fines de marzo de 1975, y la estación hidrométrica Succha en la Quebrada Lajas en mes diciembre del mismo año 1975. Ambas estaciones

hidrométricas han operado hasta 31 de diciembre de 1984, siendo suspendidas sus operaciones totalmente en los años 1978 y 1979.

Los datos sobre la ubicación y período de la operación de las estaciones hidrométricas El Molino del río Olmos y Succha de la Quebrada Lajas, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5: Estaciones hidrométricas del río Olmos

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA A	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUD (m.s.n.m.)	PERÍODO DE REGISTROS DISPONIBLES
	LONGITUD	LATITUD		
EL MOLINO EN EL RÍO OLMOS	79°32'42"	05°55'28"	800	De Abril 1975 a Diciembre de 1977 y de Enero de 1980 a Diciembre de 1984, en total 93 meses
SUCCHA EN LA QUEBRADA LAJAS	79°31'20"	05°55'08"	950	De Enero 1976 a Diciembre de 1977 y de Enero de 1980 a Diciembre de 1984 en total 84 meses

Fuente: Estudio Faja Marginal Río Olmos 2014

La estación hidrométrica El Molino se ubica en alrededores del caserío de mismo nombre, aguas abajo del sitio considerado para la construcción de la casa de máquinas de la Central Hidroenergetica Olmos 1.

Las planillas de los caudales promedio diarios e instantáneos máximos mensuales, del río Olmos, registrados en la estación hidrométrica El Molino, registrados durante el periodo de aforos desde 1975 hasta 1984, en total 93 meses, recopiladas del archivo del Proyecto Especial Olmos-Tinajones.

Conforme con las planillas de los caudales promedio diarios del río Olmos en El Molino, en las tablas de las cuatro (04) cuadros se muestran los correspondientes resúmenes hidrológicos de interés, conforme con los siguientes detalles:

Tabla 6: Caudales Promedio Mensuales y Anuales del río Olmos en El Molino, para el período desde 1975 hasta 1984, de 93 meses en total.

ESTACIÓN HIDROMETRICA EL MOLINO – RIO OLMOS													
CAUDALES PROMEDIO MENSUALES Y ANUALES DEL PERÍODO DESDE 1975 HASTA 1984, (m³/s)													
AÑO	M E S E S												MEDIO ANUAL
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	
1975				2.06	0.74	0.51	0.46	0.31	0.08	0.15	0.16	0.13	
1976	0.57	3.10	2.89	2.75	1.06	0.57	0.29	0.17	0.15	0.10	0.10	0.13	0.98
1977	0.42	0.97	1.28	2.23	1.26	0.41	0.34	0.24	0.21	0.10	0.05	0.05	0.62
1978													
1979													
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981	0.06	0.64	2.08	0.41	0.09	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.30
1982	0.06	0.09	0.05	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.01	0.20
1983	3.21	3.14	15.22	8.01	4.22	1.79	0.48	0.18	0.16	0.18	0.17	0.21	3.08
1984	0.33	2.82	4.89	2.44	1.23	0.72	0.55	0.31	0.28	0.38	0.24	0.24	1.20
MÁX. :	3.21	3.14	15.22	8.01	4.22	1.79	0.55	0.31	0.28	0.38	0.24	2.01	3.08
MED. :	0.66	1.54	3.77	2.25	1.08	0.51	0.27	0.16	0.12	0.12	0.09	0.35	0.91
MÍN.: :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Estudio Faja Marginal Río Olmos 2014

Tabla 7: Caudales Promedio Diarios Máximos Mensuales y Anuales del río Olmos en El Molino, para el período desde 1975 hasta 1984, de 93 meses en total

ESTACIÓN HIDROMETRICA EL MOLINO - RIO OLMOS													
CAUDALES PROMEDIO DIARIOS MÁXIMOS MENSUALES Y ANUALES DEL PERÍODO DESDE 1975 HASTA 1984, (m³/s)													
AÑO	M E S E S												MÁXIMO ANUAL
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	
1975				5.25	0.91	0.67	0.67	0.46	0.11	0.44	0.20	0.20	
1976	9.75	8.11	6.57	9.73	1.51	0.73	0.38	0.21	0.19	0.14	0.12	0.15	9.75
1977	0.60	3.91	6.62	4.70	2.48	0.60	0.43	0.27	0.27	0.10	0.05	0.05	6.62
1978													
1979													
1980	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1981	0.11	3.21	6.11	0.78	0.18	0.08	0.08	0.05	0.07	0.05	0.04	0.08	6.11
1982	0.10	0.15	0.07	0.38	0.09	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	16.20	16.20
1983	28.80	14.00	69.80	20.20	11.80	3.09	0.74	0.50	0.16	0.26	0.18	0.32	69.80
1984	0.55	8.45	10.10	4.54	1.95	0.96	0.56	0.39	0.67	0.92	0.36	0.33	10.10
MÁX. :	28.80	14.00	69.80	20.20	11.80	3.09	0.74	0.50	0.67	0.92	0.36	16.20	69.80
MED. :	5.70	5.40	14.18	5.70	2.36	0.77	0.36	0.24	0.18	0.24	0.12	2.17	16.94
MÍN.: :	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Tabla 8: Caudales Instantáneos Máximos Mensuales y Anuales del río Olmos en El Molino, para el período desde 1975 hasta 1984, de 93 meses en total

ESTACIÓN HIDROMETRICA EL MOLINO - RÍO OLMOS													
CAUDALES INSTÁNTANEOS MÁXIMOS MENSUALES Y ANUALES DEL PERÍODO DESDE 1975 HASTA 1984, (m³/s)													
AÑO	M E S E S												MÁXIMO ANUAL
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	
1975				6.32	0.91	0.67	0.83	0.51	0.11	0.50	0.20	0.20	
1976	9.75	8.11	6.57	9.37	1.51	0.73	0.38	0.21	0.19	0.14	0.12	0.15	9.75
1977	0.60	3.91	12.60	6.40	2.66	0.60	0.43	0.27	0.27	0.10	0.05	0.05	12.60
1978													
1979													
1980	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1981	0.13	0.50	9.67	0.78	0.20	0.09	0.08	0.05	0.07	0.05	0.04	0.09	9.67
1982	0.18	0.15	0.07	0.55	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	19.20	19.20
1983	38.80	16.40	73.60	68.50	16.40	4.00	0.80	0.68	0.16	0.20	0.18	0.56	73.60
1984	0.62	10.40	13.30	4.78	2.25	0.88	0.56	0.39	0.67	0.82	0.36	0.33	13.30
MÁX.:	38.80	16.40	73.60	68.50	16.40	4.00	0.83	0.68	0.67	0.82	0.36	19.20	73.60
MED.:	7.15	5.64	16.54	12.09	3.00	0.87	0.39	0.27	0.18	0.23	0.12	2.57	19.73
MÍN.:	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Fuente: Estudio Faja Marginal Río Olmos 2014

Tabla 9: Masas Hídricas Totales Mensuales y Anuales del río Olmos en El Molino, para el período desde 1975 hasta 1984, de 93 meses en total

ESTACIÓN HIDROMETRICA EL MOLINO - RÍO OLMOS													
MASA HÍDRICAS TOTALES MENSUALES Y ANUALES DEL PERÍODO DESDE 1975 HASTA 1984, (hm³)													
AÑO	M E S E S												TOTAL ANUAL
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	
1975				5.35	1.99	1.31	1.23	0.84	0.20	0.41	0.40	0.35	
1976	1.52	7.77	7.74	7.12	2.85	1.47	0.79	0.46	0.40	0.28	0.26	0.36	31.02
1977	1.11	2.34	3.43	5.77	3.37	1.06	0.90	0.65	0.53	0.27	0.13	0.13	19.69
1978													
1979													
1980	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12
1981	0.16	1.56	5.57	1.06	0.24	0.16	0.13	0.10	0.13	0.11	0.08	0.09	9.39
1982	0.16	0.23	0.14	0.34	0.09	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	5.39	6.41
1983	8.61	7.60	40.75	20.77	11.31	4.65	1.29	0.49	0.40	0.48	0.45	0.57	97.37
1984	0.87	7.06	13.10	6.32	3.29	1.87	1.48	0.83	0.73	1.01	0.62	0.65	37.83
MÁX.:	8.61	7.77	40.75	20.77	11.31	4.65	1.48	0.84	0.73	1.01	0.62	5.39	97.37
MED.:	1.78	3.80	10.11	5.84	2.89	1.32	0.73	0.42	0.30	0.32	0.25	0.94	26.74
MÍN.:	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.12

Fuente: Estudio Faja Marginal Río Olmos 2014

A lo largo del recorrido se identificó quebradas aportantes al caudal del río Olmos, los cuales fueron georreferenciados en la siguiente tabla.

Tabla 10: Quebradas identificadas entre la Bocatoma La Juliana y el Tunel Lajas

N°	WGS 84 Zona 17S		ELEVACIÓN GPS (msnm)	DESCRIPCIÓN
	ESTE	NORTE		
1	662075	9345785	1014	Quebrada N°01 - Húmeda, Margen derecha del río
2	660860	9344211	764	Quebrada N°02 - Seca, Margen izquierda del río
3	659867	9343292	710	Quebrada N°03 - Húmeda, Margen izquierda del río
4	658733	9343756	640	Quebrada N°04 - Seca, Margen izquierda del río
5	657788	9343646	599	Quebrada N°05 - Seca, Margen izquierda del río
6	657418	9343956	592	Quebrada N°06 - Húmeda, Margen derecha del río
7	655967	9343681	529	Quebrada N°07 - Seca, Margen derecha del río
8	655705	9343884	510	Quebrada N°08 - Seca, Margen izquierda del río
9	655100	9343712	491	Quebrada N°09 - Húmeda, Margen derecha del río
10	652815	9343404	423	Quebrada N°10 - Húmeda, Margen izquierda del río
11	651988	9343279	404	Quebrada N°11 - Seca, Margen derecha del río
12	649564	9343368	344	Quebrada N°12 - Húmeda, Margen derecha del río
13	649340	9343328	352	Quebrada N°13 - Seca, Margen derecha del río
14	648690	9342996	331	Quebrada N°14 - Seca, Margen derecha del río
15	647963	9342223	309	Quebrada N°15 - Seca, Margen izquierda del río
16	647684	9342083	307	Quebrada N°16 - Seca, Margen izquierda del río
17	646650	9341764	288	Quebrada N°17 - Seca, Margen derecha del río
18	647138	9341396	292	Quebrada N°18 - Seca, Margen izquierda del río
19	645519	9340051	259	Quebrada N°19 - Seca, Margen izquierda del río

Fuente: Empresa Consultora

Se aforó el caudal de las quebradas que aportan al río Olmos. (Ver Tabla 11)

Tabla 11: Caudal de las quebradas aportantes al río Olmos

QUEBADA	CAUDAL (l/s)
QUEBRADA 1	14
QUEBRADA 3	49
QUEBRADA 6	32
QUEBRADA 9	6
QUEBRADA 10	5
QUEBRADA 12	16
TOTAL	122

Fuente: Empresa Consultora

3.3. Descripción del contexto social de la investigación

Los beneficiados con el proyecto realizado son todos los usuarios del agua involucrados desde la firma del contrato para la repartición de las dotaciones de agua, estos son las empresas usuarias en el Valle Nuevo y los agricultores con licencias de agua aprobadas en el Valle Viejo. (H2Olmos y Gobierno Regional Lambayeque, 2010)

El volumen de agua de trasvase es usado para el desarrollo de la agricultura, en donde los principales cultivos y cantidad de hectáreas producidas son:

Tabla 12: Cultivos y área cultivada, beneficiados con el proyecto Olmos

CULTIVO	HECTAREAS
Caña de azúcar	10,813
Palto	3,770
Crotalaria	996
Arándano	848
Espárrago	601
Maíz	383
Uva	366
Mango	294
Maracuyá	122
Cebolla	72
Limón sutil	70
Banano Orgánico	52+102
OTROS CULTIVOS	

Fuente: (PEOT, 2018)

3.4. Población y muestra

Población: Río Olmos, 27Km entre el punto de entrega en el Túnel Lajas, hasta la Bocatoma La Juliana, (Ver tabla 3)



Figura 8: Puntos de referencia para el estudio

Fuente: Google Earth

Muestra: Cinco secciones del río Olmos, comprendidos desde la unión del río Olmos con la quebrada Lajas, hasta la bocatoma la Juliana. (Ver tabla 13)

Tabla 13: Seis puntos seleccionados para la medición del caudal

N°	WGS 84 Zona 17S		ELEVACIÓN GPS (msnm)	DESCRIPCIÓN
	ESTE	NORTE		
1	660698	9344366	742	Sección N°01 - Aguas abajo unión río Olmos y quebrada Lajas
2	658757	9343868	641	Sección N°02 - Aguas arriba Pte Silencio
3	655096	9343743	483	Sección N°03 - Km 15
4	646057	9340519	263	Sección N°04 - Km 4,5
5	644077	9339226	240	Sección N°05 – Aguas arriba Bocatoma

Fuente: Propia



Figura 9: Cinco puntos seleccionados para la medición del caudal

Fuente: Google Earth

3.5. Técnicas e instrumento para la recolección de datos

Técnicas:

- Observación: Se empleó para la medición de caudales en el río Olmos desde el Túnel Lajas hasta la bocatoma la Juliana.
- Análisis documental: Se empleó para la revisión de bibliografía de importancia para este estudio con relación a la medición de caudales con el uso del correntómetro.

Instrumentos:

- Ficha de observación directa: Se empleó para realizar las anotaciones de la medición de caudales encontrada durante la observación.
- Ficha de observación documental: Se empleó para mantener un orden durante la revisión de la bibliografía.

Equipos:

- 01 correntómetro OTT MF PRO
- 01 varilla de acero inoxidable de 2 cuerpos de un metro cada una
- 01 computadora: uso de software EXCEL 2013, ARCGIS 10.5, CROPWAT 8.0
- 01 cámara Fotográfica

Materiales:

- 01 balde plástico de un $H > 30\text{cm}$ y $\varnothing > 1\text{Ft}$ (no debe contar con ningún elemento metálico)
- 01 cordel de naylo
- 01 wincha
- Estacas de madera
- 01 comba
- 01 libreta de campo
- 01 Gps navegador Garmin 64s

3.6. Plan de recolección y procesamiento de datos

Para conocer el caudal que pasa por la sección de un río, se determinó el caudal que pasa por cada sub sección en que está dividida la sección transversal del canal, la que se realiza de la siguiente manera: (PSI - Sierra, 2013)

- 1^{ero} Se ubicó el punto a aforar con que cumplía con las condiciones hidráulicas: que no tenga mucha pendiente, evitar curvas siendo lo más recto posible, que el flujo sea uniforme evitado flujos turbulentos y cuente con la accesibilidad para el ingreso a pie.

- 2^{do} Se realizó las calibraciones para los sensores del correntómetro digital OTT MF PRO, siendo la primera calibración en seco y posteriormente la calibración en mojado dentro de un balde, debido a que la velocidad en su interior tiende a 0.
- 3^{ro} Se ingresó a colocar estacas de extremo a extremo de la sección hidráulica o corte transversal del río, teniendo cuidado que sean perpendiculares al eje transversal.
- 4^{to} Se amarró la cuerda en ambas estacas, para realizar el fraccionado del eje transversal del río, siguiendo las pautas de la norma EN - ISO 748, para calcular el número de estaciones transversales.
- 5^{to} Se empezó la recolección de tirantes y velocidades medidos por el equipo en la estación 1, ubicado en la margen derecha del río de aguas arriba a aguas abajo; la primera lectura entregada por el equipo es de velocidad 0.
- 6^{to} La segunda estación, se realizó lo más cercano a la estación 1, para este caso se tomó a 5cm de la primera estación; el equipo recolectó 3 velocidades medidas por su sensor a las alturas de 0.2, 0.4 y 0.8 del tirante, teniendo como referencia el espejo de agua hacia el fondo del cauce.



Figura 10: medición de velocidades en el cauce del río Olmos, en cada vertical por el método de los 3 puntos

Fuente: Propia

7^{mo} Se tomó “n” estaciones, la estación “n-1” es realizada igual que la estación 2 mencionada en el paso 5; y la estación “n” en la margen izquierda la velocidad es nula.

8^{vo} Se extrajo la información ccv del OTT, a una computadora la esquematización y el procesamiento de la información.

3.7. Metodología

Dentro de la clasificación de los métodos de aforo de una corriente de agua se encuentra: los directos o los indirectos (área-velocidad). Para la medición realizada en el río Olmos, se aplicó el Método indirecto (Área – Velocidad). Este método consiste en que el Caudal se estima como el producto del área de la sección transversal de la corriente y la velocidad promedio del agua ($Q=V \cdot A$). La sección transversal de la corriente (A) se obtuvo por medición directa en campo determinando la profundidad a diferentes anchos de la corriente. La velocidad del caudal (V) se determinó por medio del correntómetro electromagnético OTT MF PRO.

Para el seccionamiento transversal y la obtención del número de secciones parciales necesarias, se tomó en consideración como guía en base a los estándares EN-ISO 748.

Tabla 14: Número de estaciones según el ancho de la vía marítima

Pies	Medidores	Número de estaciones
< 1.6	< 0.5	5 a 6
> 1.6 y hasta 3.3	> 0.5 y < 1	6 a 7
> 3.3 y 9.8	> 1 y < 3	7 a 12
> 9.8 y < 16.4	> 3 y < 5	13 a 16
> 16.4	≥ 5	≥ 22

Fuente: UNE-EN ISO 748:2009

En el cálculo del área hidráulica de cada sección transversal parcial, se aplicó el Método de Mitad de Sección. Este método define el área de la sección parcial limitada a través de segmentos imaginarios que cortan por la mitad la distancia a los verticales vecinos en cada caso; el tirante de agua medido y la velocidad media obtenida con los sensores del correntómetro son parámetros hidráulicos inalterables para el cálculo del caudal.

En el cálculo de la velocidad media o promedio en una vertical, se aplicó el Método de 3 tres puntos. Este método consiste en obtener la velocidad colocando el OTT a 0,2, 0,6 y 0,8 por ciento a partir de la superficie, por lo que la velocidad media (V_m), en la vertical, se obtiene con la fórmula siguiente.

$$V_m = \frac{V_{0.2Y} + 2 \times V_{0.6Y} + V_{0.8Y}}{4}$$

,

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Esquematización hidráulica de la zona de estudio

Se esquematizó el ámbito de estudio, para poder identificar los componentes que interactúan a lo largo del río, donde se identificó los ejes de la quebrada Lajas y de la bocatoma la Juliana, las 5 secciones seleccionadas para el aforo. Además, se consideró el cálculo de la eficiencia de conducción a partir de la sección 1, debido a que representa el caudal mayor a lo largo de tramo de estudio, caudal que se ve incrementado por el aporte del túnel Lajas y del río propiamente dicho con su caudal natural. (Ver Figura 11 y Anexo 8)

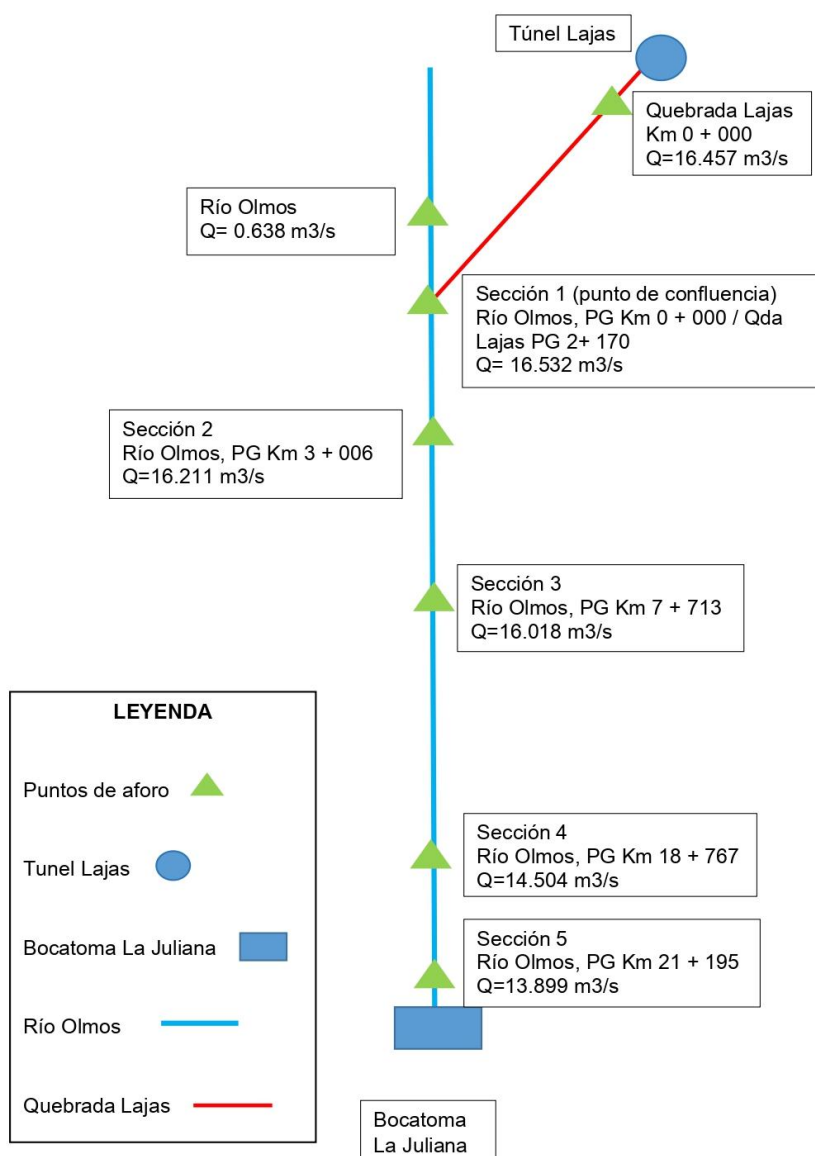


Figura 11: Esquema hidráulico del ámbito de estudio

Fuente: Propia

4.2. Cuantificación de caudales y estimación de pérdidas por secciones

4.2.1. Quebrada Lajas

Tabla 15: Caudal de la quebrada Lajas después de la salida de tunel

1. Información General

Nombre	QUEBRADA LAJAS
--------	----------------

Fecha	14/07/2019	Rio	Olmos
-------	------------	-----	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen derecho
------------------	------------	------------------	---------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
09:16:40	1.000	0.000	0 punto	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09:21:00	2.000	0.500	3 puntos	0.315	-	0.000	0.453	0.000	0.431	0.431	0.000	0.437	0.236	0.103
09:25:20	3.000	1.500	3 puntos	0.496	-	0.000	0.791	0.000	0.659	0.659	0.000	0.692	0.496	0.343
09:29:40	4.000	2.500	3 puntos	0.564	-	0.000	1.084	0.000	0.903	0.903	0.000	0.948	0.564	0.535
09:34:00	5.000	3.500	3 puntos	0.790	-	0.000	1.517	0.000	1.264	1.264	0.000	1.328	0.790	1.048
09:38:20	6.000	4.500	3 puntos	0.569	-	0.000	1.411	0.000	1.176	1.176	0.000	1.235	0.569	0.703
09:42:40	7.000	5.500	3 puntos	0.695	-	0.000	1.725	0.000	1.437	1.437	0.000	1.509	0.695	1.049
09:47:00	8.000	6.500	3 puntos	0.568	-	0.000	1.643	0.000	1.370	1.370	0.000	1.438	0.568	0.817
09:51:20	9.000	7.500	3 puntos	0.655	-	0.000	1.896	0.000	1.580	1.580	0.000	1.659	0.655	1.087
09:55:40	10.000	8.500	3 puntos	0.602	-	0.000	1.741	0.000	1.451	1.451	0.000	1.523	0.602	0.917
10:01:00	11.000	9.500	3 puntos	0.673	-	0.000	1.946	0.000	1.622	1.622	0.000	1.703	0.673	1.146
10:06:20	12.000	10.500	3 puntos	0.666	-	0.000	1.789	0.000	1.491	1.491	0.000	1.565	0.666	1.042

10:11:40	13.000	11.500	3 puntos	0.729	-	0.000	1.959	0.000	1.632	1.632	0.000	1.714	0.729	1.250
10:17:00	14.000	12.500	3 puntos	0.770	-	0.000	1.725	0.000	1.438	1.438	0.000	1.510	0.770	1.162
10:22:20	15.000	13.500	3 puntos	0.832	-	0.000	1.863	0.000	1.553	1.553	0.000	1.630	0.832	1.356
10:27:40	16.000	14.500	3 puntos	0.724	-	0.000	1.715	0.000	1.429	1.429	0.000	1.500	0.724	1.086
10:33:00	17.000	15.500	3 puntos	0.774	-	0.000	1.833	0.000	1.527	1.527	0.000	1.604	0.774	1.241
10:38:20	18.000	16.500	3 puntos	0.525	-	0.000	1.262	0.000	1.052	1.052	0.000	1.104	0.525	0.580
10:43:40	19.000	17.500	3 puntos	0.557	-	0.000	1.338	0.000	1.115	1.115	0.000	1.171	0.557	0.652
10:49:00	20.000	18.500	3 puntos	0.501	-	0.000	0.742	0.000	0.618	0.618	0.000	0.649	0.376	0.244
10:54:20	21.000	19.000	3 puntos	0.450	-	0.000	0.439	0.000	0.418	0.418	0.000	0.423	0.225	0.095
10:59:40	22.000	19.500	0 punto	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	22.000	Ancho corriente (m)	19.500	Descarga total (m3/s)	16.457	Área total (m2)	12.026
-------------------------	--------	----------------------------	--------	------------------------------	--------	------------------------	--------

Duración del aforo	01:43:00	Prof. Media (m)	0.270
---------------------------	----------	------------------------	-------

Fuente: Propia

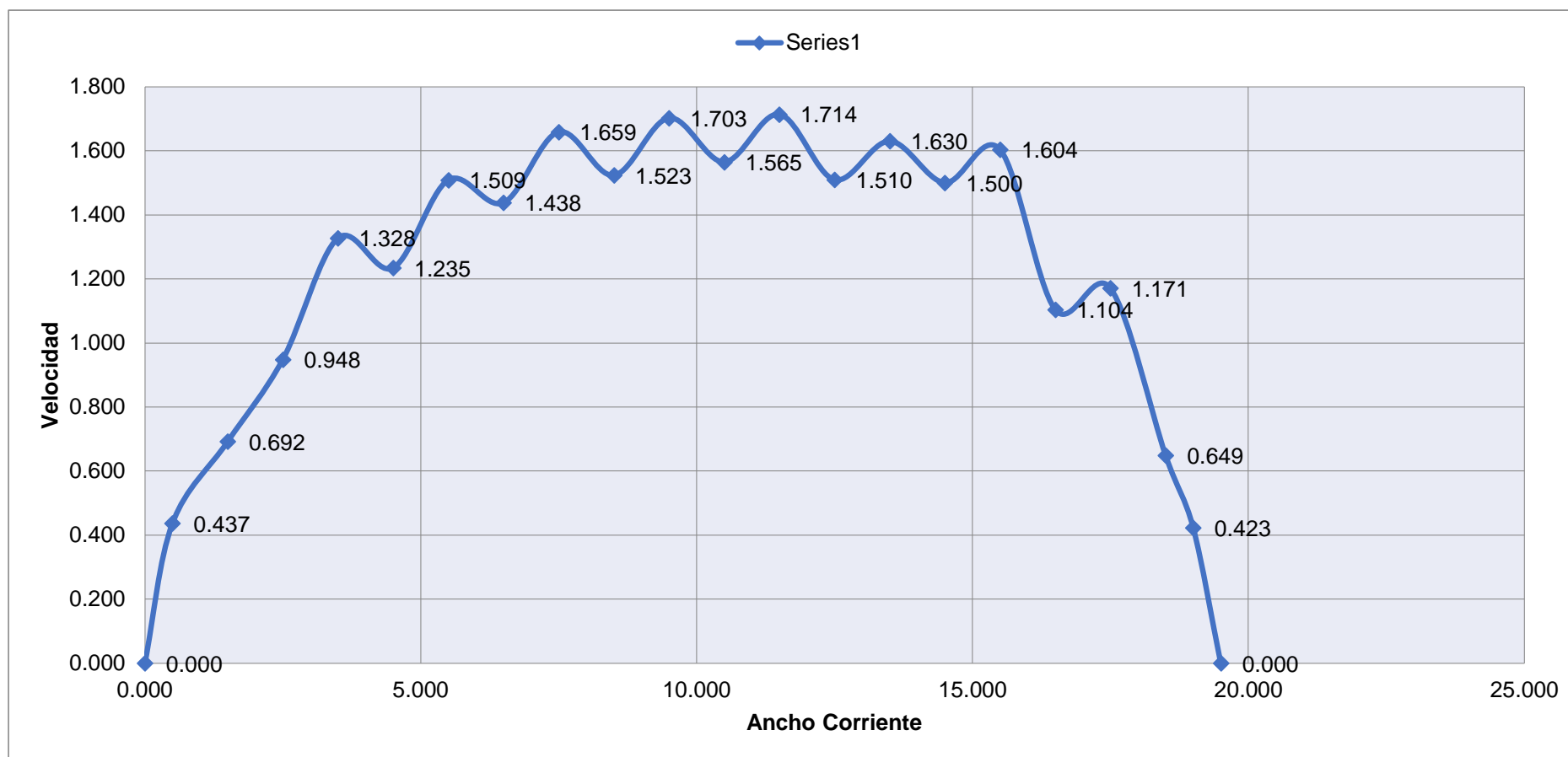


Figura 12: Velocidad de la sección en la quebrada Lajas después del túnel

Fuente: Propia

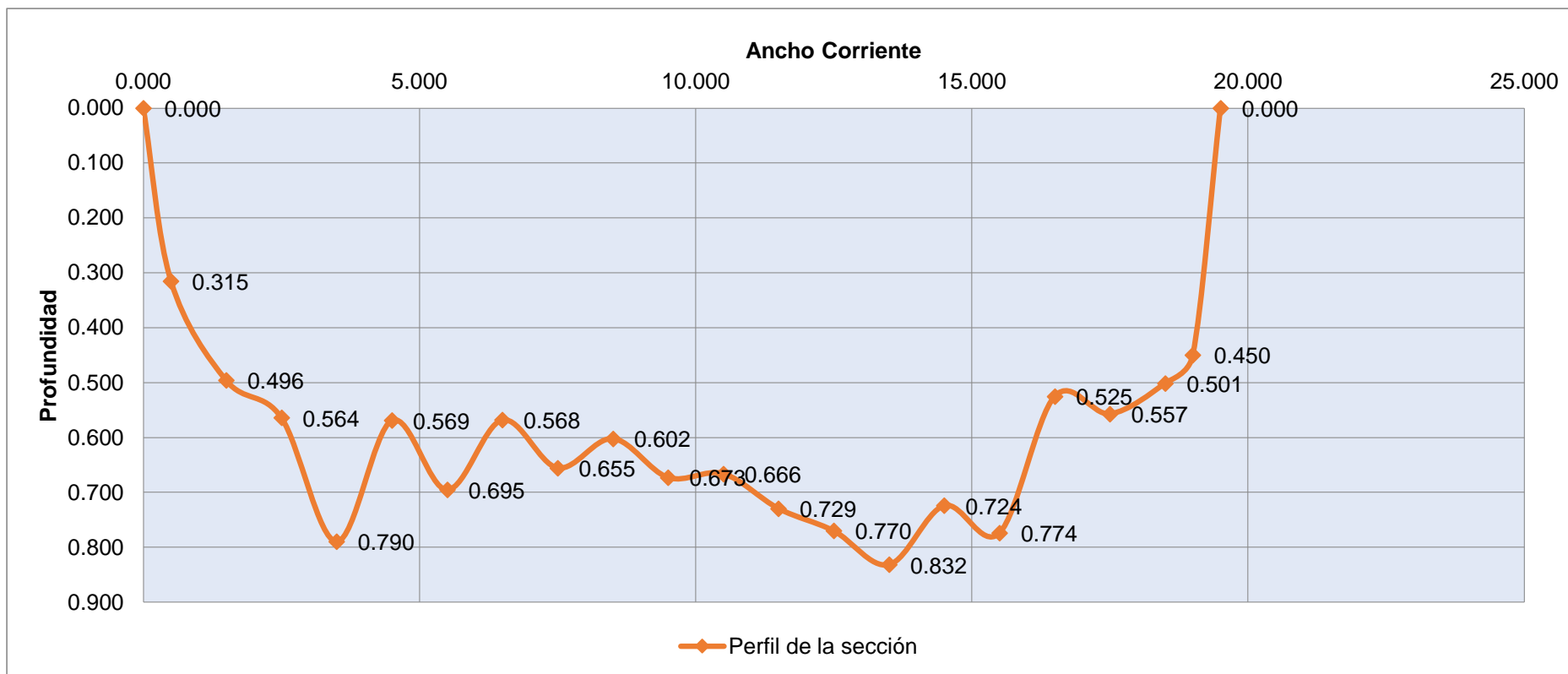


Figura 13: Perfil de la sección en la quebrada Lajas después del tunel

Fuente: Propia

4.2.2. Río Olmos

Tabla 16: Caudal del Río Olmos antes de punto de confluencia con la quebrada Lajas

1. Información General

Nombre	RIO OLMOS
---------------	-----------

Fecha	14/0/2019	Río	Olmos
--------------	-----------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izquierdo
-------------------------	------------	-------------------------	-----------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
13:16:08	1.000	0.000	0 punto	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13:19:56	2.000	0.500	3 puntos	0.153	-	0.000	0.781	0.000	0.743	0.706	0.000	0.743	0.077	0.057
13:23:15	3.000	1.000	3 puntos	0.189	-	0.000	1.021	0.000	0.851	0.766	0.000	0.872	0.095	0.082
13:25:19	4.000	1.500	3 puntos	0.184	-	0.000	1.012	0.000	0.843	0.759	0.000	0.864	0.092	0.080
13:28:51	5.000	2.000	3 puntos	0.242	-	0.000	0.895	0.000	0.746	0.672	0.000	0.765	0.121	0.093
13:32:52	6.000	2.500	3 puntos	0.321	-	0.000	1.039	0.000	0.866	0.779	0.000	0.887	0.161	0.142
13:36:55	7.000	3.000	3 puntos	0.477	-	0.000	0.901	0.000	0.858	0.815	0.000	0.858	0.215	0.184
13:39:07	8.000	3.400	0 punto	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	8.000	Ancho corriente (m)	3.400	Descarga total (m3/s)	0.638	Área total (m2)	0.759
-------------------------	-------	----------------------------	-------	------------------------------	-------	------------------------	-------

Duración del aforo	00:22:59	Prof. Media (m)	0.460
---------------------------	----------	------------------------	-------

Fuente: Propia

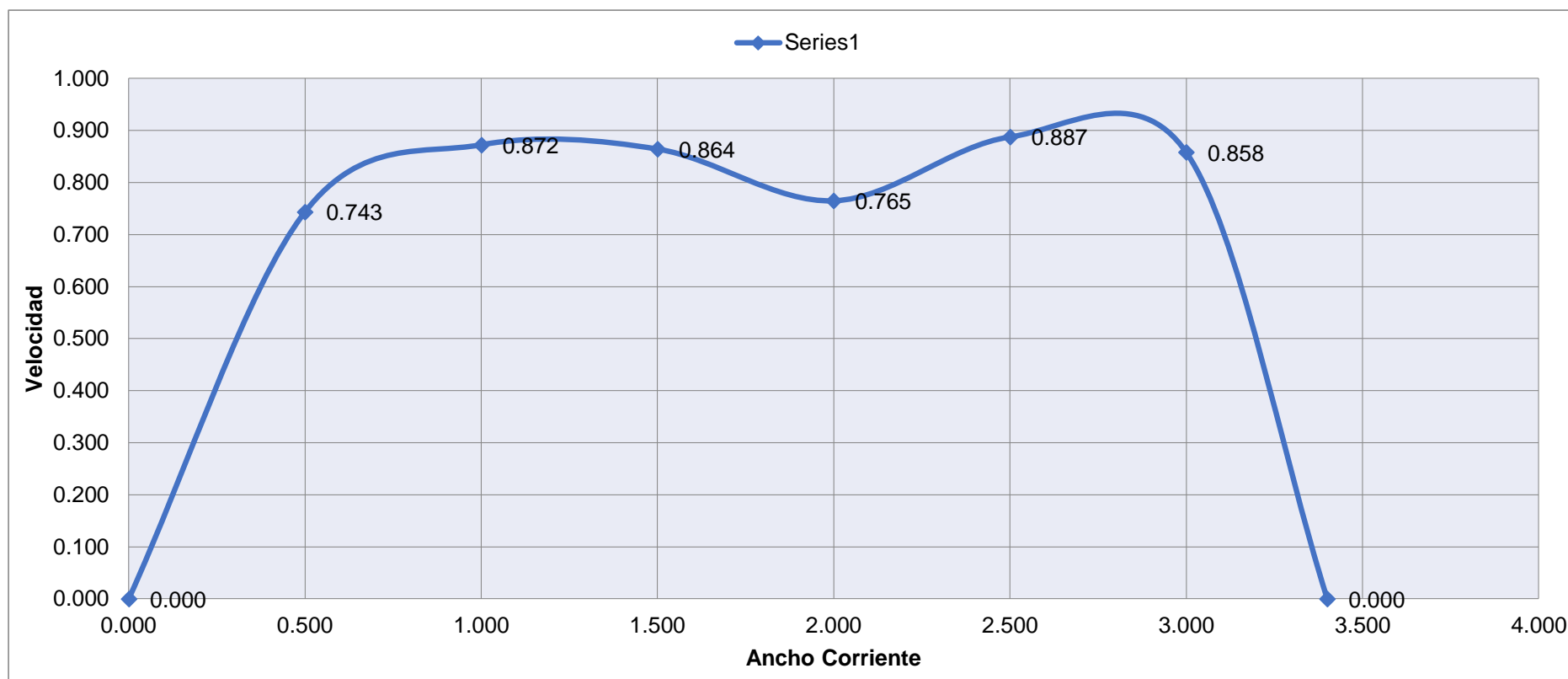


Figura 14: Velocidad de la sección en el río Olmos antes del punto de confluencia

Fuente: Propia

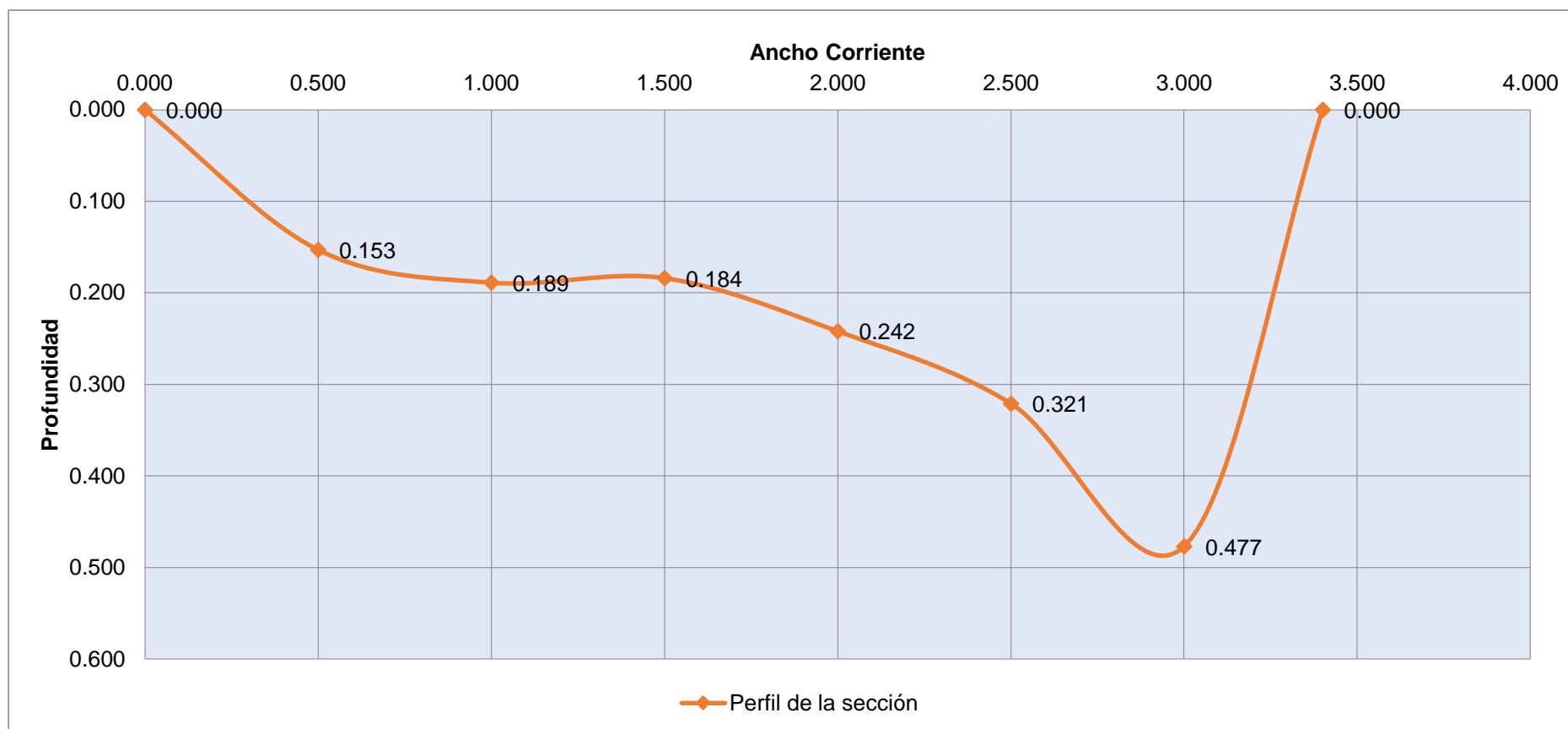


Figura 15: Perfil de la sección en el río Olmos antes del punto de confluencia

Fuente: Propia

4.2.3. Sección 1

Tabla 17: Caudal del río Olmos en la sección 1

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 01
---------------	-------------------

Fecha	20/07/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izdo.
-------------------------	------------	-------------------------	-------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
11:21:21	1.000	0.000	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11:25:03	2.000	0.050	3 puntos	0.027	-	0.000	0.124	0.000	0.118	0.112	0.000	0.118	0.014	0.002
11:28:45	3.000	1.000	3 puntos	0.237	-	0.000	1.729	0.000	1.441	1.297	0.000	1.477	0.231	0.341
11:32:27	4.000	2.000	3 puntos	0.173	-	0.000	1.483	0.000	1.235	1.112	0.000	1.266	0.173	0.219
11:36:09	5.000	3.000	3 puntos	0.110	-	0.000	0.371	0.000	0.309	0.278	0.000	0.317	0.110	0.035
11:39:51	6.000	4.000	3 puntos	0.084	-	0.000	0.510	0.000	0.425	0.383	0.000	0.436	0.084	0.037
11:43:33	7.000	5.000	3 puntos	0.080	-	0.000	0.513	0.000	0.427	0.385	0.000	0.438	0.080	0.035
11:47:15	8.000	6.000	3 puntos	0.099	-	0.000	0.379	0.000	0.316	0.284	0.000	0.324	0.099	0.032
11:50:57	9.000	7.000	3 puntos	0.117	-	0.000	0.682	0.000	0.568	0.511	0.000	0.582	0.117	0.068
11:54:39	10.000	8.000	3 puntos	0.173	-	0.000	1.313	0.000	1.094	0.985	0.000	1.122	0.173	0.194
11:58:21	11.000	9.000	3 puntos	0.268	-	0.000	2.274	0.000	1.895	1.705	0.000	1.942	0.268	0.521
12:02:03	12.000	10.000	3 puntos	0.453	-	0.000	2.396	0.000	1.997	1.797	0.000	2.047	0.453	0.928
12:05:45	13.000	11.000	3 puntos	0.602	-	0.000	2.855	0.000	2.379	2.141	0.000	2.438	0.602	1.467
12:09:27	14.000	12.000	3 puntos	0.713	-	0.000	3.650	0.000	3.041	2.737	0.000	3.118	0.713	2.223

12:13:09	15.000	13.000	3 puntos	0.784	-	0.000	3.698	0.000	3.081	2.773	0.000	3.158	0.784	2.477
12:16:51	16.000	14.000	3 puntos	0.792	-	0.000	3.684	0.000	3.070	2.763	0.000	3.147	0.792	2.493
12:20:33	17.000	15.000	3 puntos	0.737	-	0.000	3.608	0.000	3.007	2.706	0.000	3.082	0.737	2.272
12:24:15	18.000	16.000	3 puntos	0.602	-	0.000	3.311	0.000	2.759	2.483	0.000	2.828	0.602	1.702
12:27:57	19.000	17.000	3 puntos	0.473	-	0.000	2.712	0.000	2.260	2.034	0.000	2.316	0.473	1.095
12:31:39	20.000	18.000	3 puntos	0.350	-	0.000	1.811	0.000	1.509	1.358	0.000	1.547	0.254	0.392
12:35:21	21.000	18.450	3 puntos	0.035	-	0.000	0.159	0.000	0.151	0.144	0.000	0.151	0.009	0.001
12:39:03	22.000	18.500	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	22.000	Ancho corriente (m)	18.500	Descarga total (m3/s)	16.532	Área total (m2)	6.767
-------------------------	--------	----------------------------	--------	------------------------------	--------	------------------------	-------

Duración del aforo	01:17:42	Prof. Media (m)	0.37
---------------------------	----------	------------------------	------

Fuente: Propia

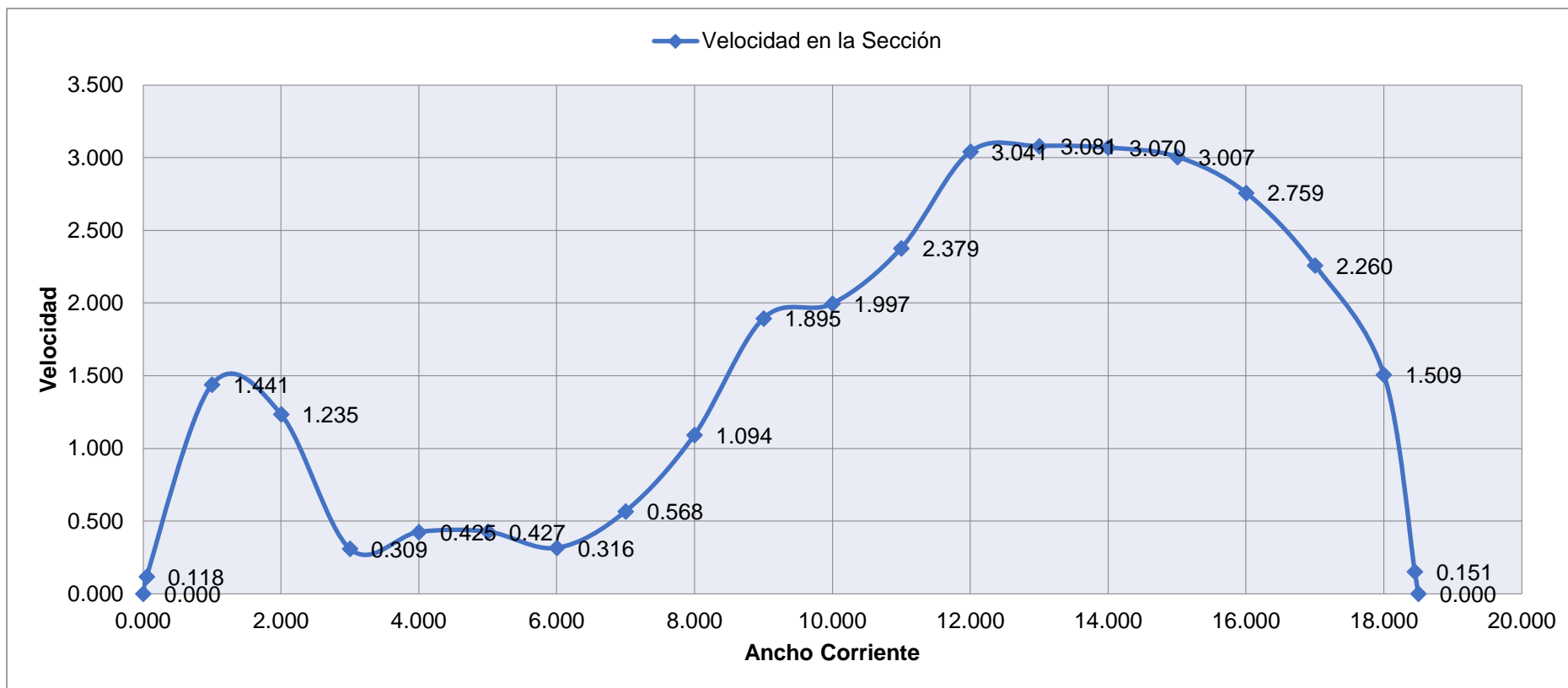


Figura 16: Velocidad de la sección 1

Fuente: Propia

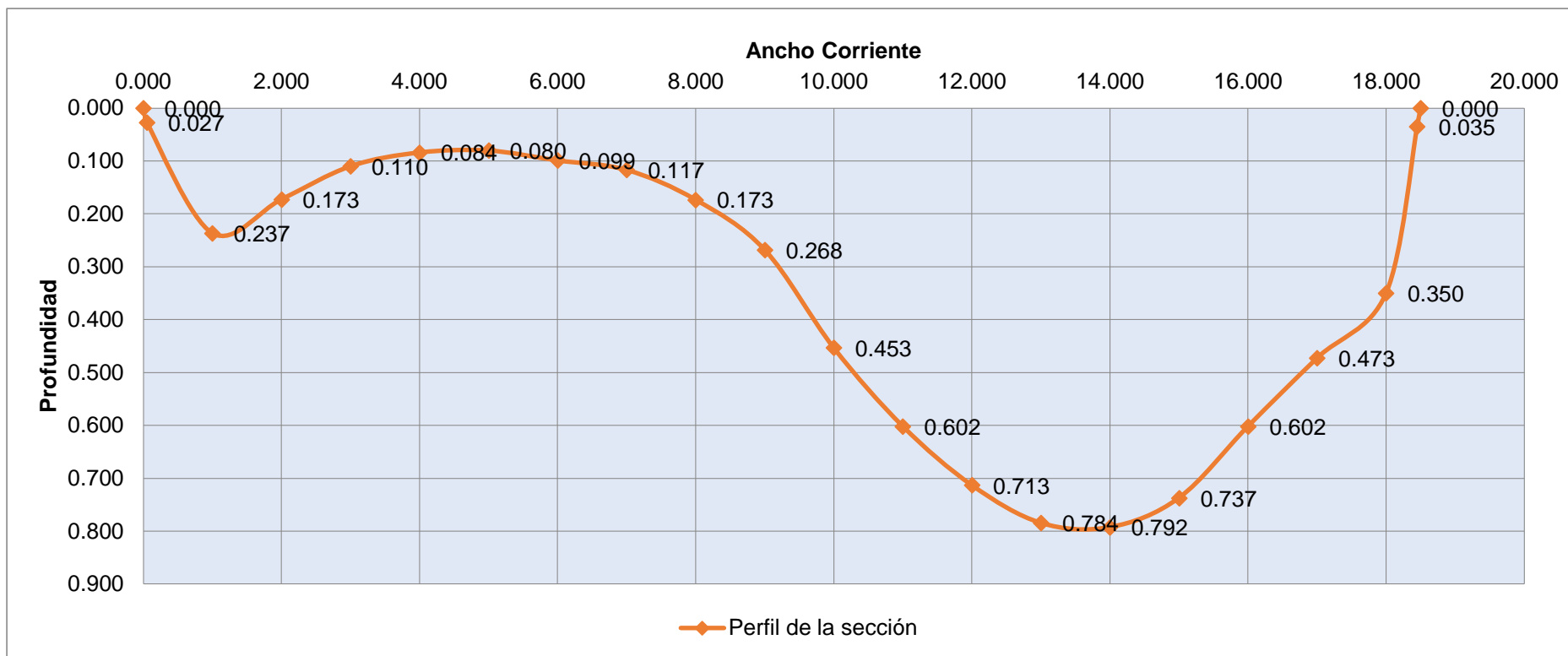


Figura 17: Perfil de la sección 1

Fuente: Propia

4.2.4. Sección 2

Tabla 18: Caudal del río Olmos en la sección 2

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 02
---------------	-------------------

Fecha	27/07/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen derecho.
-------------------------	------------	-------------------------	----------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
09:02:27	1.00	0.00	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09:04:46	2.00	0.05	3 puntos	0.033	-	0.000	0.125	0.000	0.119	0.113	0.000	0.119	0.017	0.002
09:07:09	3.00	1.00	3 puntos	0.422	-	0.000	1.775	0.000	1.479	1.331	0.000	1.516	0.411	0.623
09:09:39	4.00	2.00	3 puntos	0.535	-	0.000	2.438	0.000	2.032	1.829	0.000	2.083	0.535	1.114
09:11:52	5.00	3.00	3 puntos	0.579	-	0.000	3.067	0.000	2.556	2.300	0.000	2.619	0.579	1.517
09:14:16	6.00	4.00	3 puntos	0.616	-	0.000	3.014	0.000	2.512	2.260	0.000	2.574	0.616	1.585
09:16:40	7.00	5.00	3 puntos	0.621	-	0.000	3.104	0.000	2.587	2.328	0.000	2.651	0.621	1.647
09:19:04	8.00	6.00	3 puntos	0.596	-	0.000	3.337	0.000	2.781	2.503	0.000	2.851	0.596	1.699
09:21:28	9.00	7.00	3 puntos	0.641	-	0.000	2.877	0.000	2.398	2.158	0.000	2.457	0.641	1.576
09:23:52	10.00	8.00	3 puntos	0.677	-	0.000	2.825	0.000	2.354	2.119	0.000	2.413	0.677	1.633
09:26:16	11.00	9.00	3 puntos	0.702	-	0.000	3.181	0.000	2.651	2.386	0.000	2.717	0.702	1.907
09:28:40	12.00	10.00	3 puntos	0.663	-	0.000	2.829	0.000	2.358	2.122	0.000	2.416	0.663	1.601
09:31:04	13.00	11.00	3 puntos	0.548	-	0.000	2.064	0.000	1.720	1.548	0.000	1.763	0.548	0.966
09:33:28	14.00	12.00	3 puntos	0.357	-	0.000	0.885	0.000	0.738	0.664	0.000	0.756	0.357	0.270

09:35:52	15.00	13.00	3 puntos	0.240	-	0.000	0.475	0.000	0.396	0.356	0.000	0.406	0.174	0.071
09:38:16	16.00	13.45	3 puntos	0.024	-	0.000	0.042	0.000	0.040	0.038	0.000	0.040	0.006	0.000
09:40:40	17.00	13.50	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	17.00	Ancho corriente (m)	13.50	Descarga total (m3/s)	16.211	Área total (m2)	7.14
------------------	-------	---------------------	-------	-----------------------	--------	-----------------	------

Duración del aforo	00:38:13	Prof. Media (m)	0.27
--------------------	----------	-----------------	------

Fuente: Propia

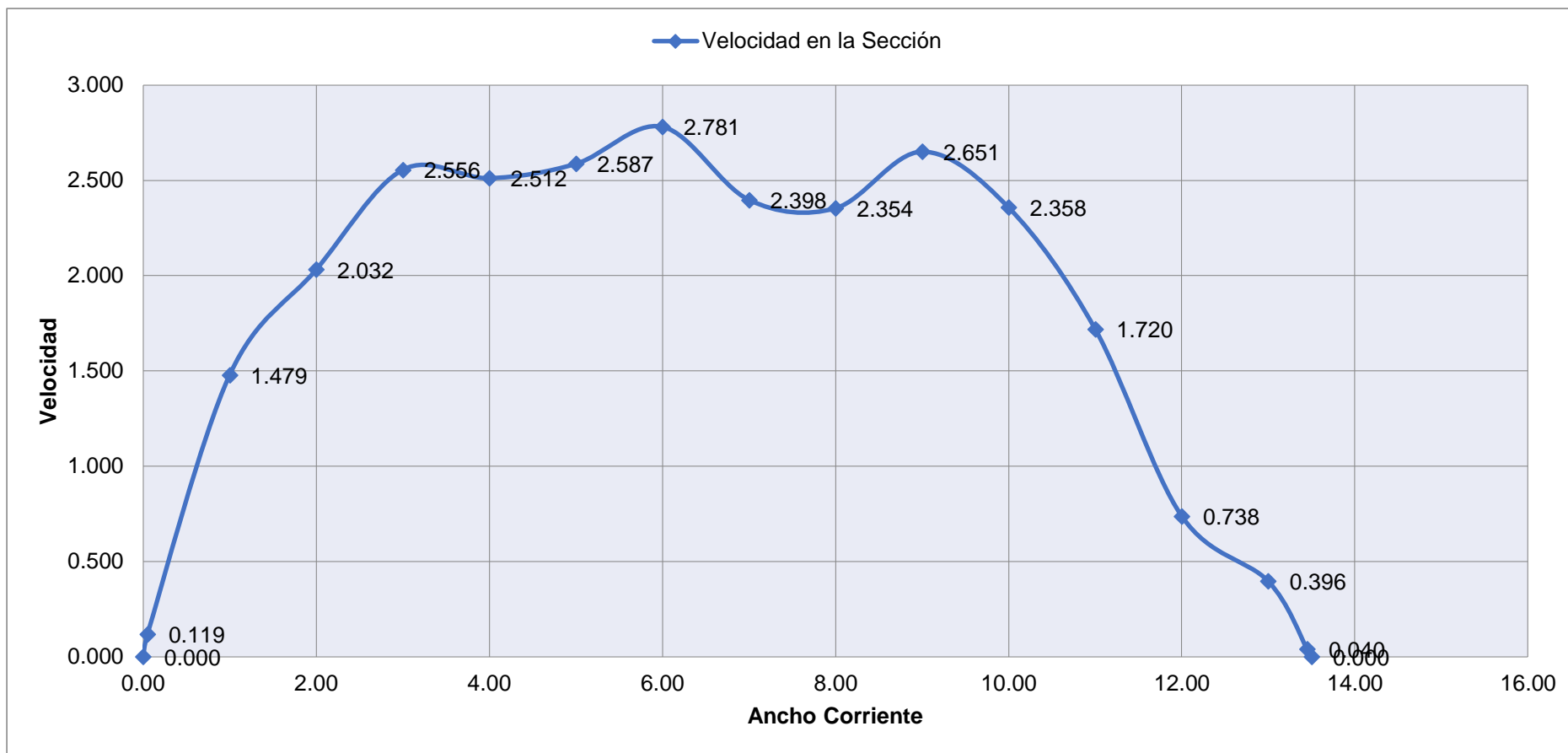


Figura 18: Velocidad de la sección 2
Fuente: Propia

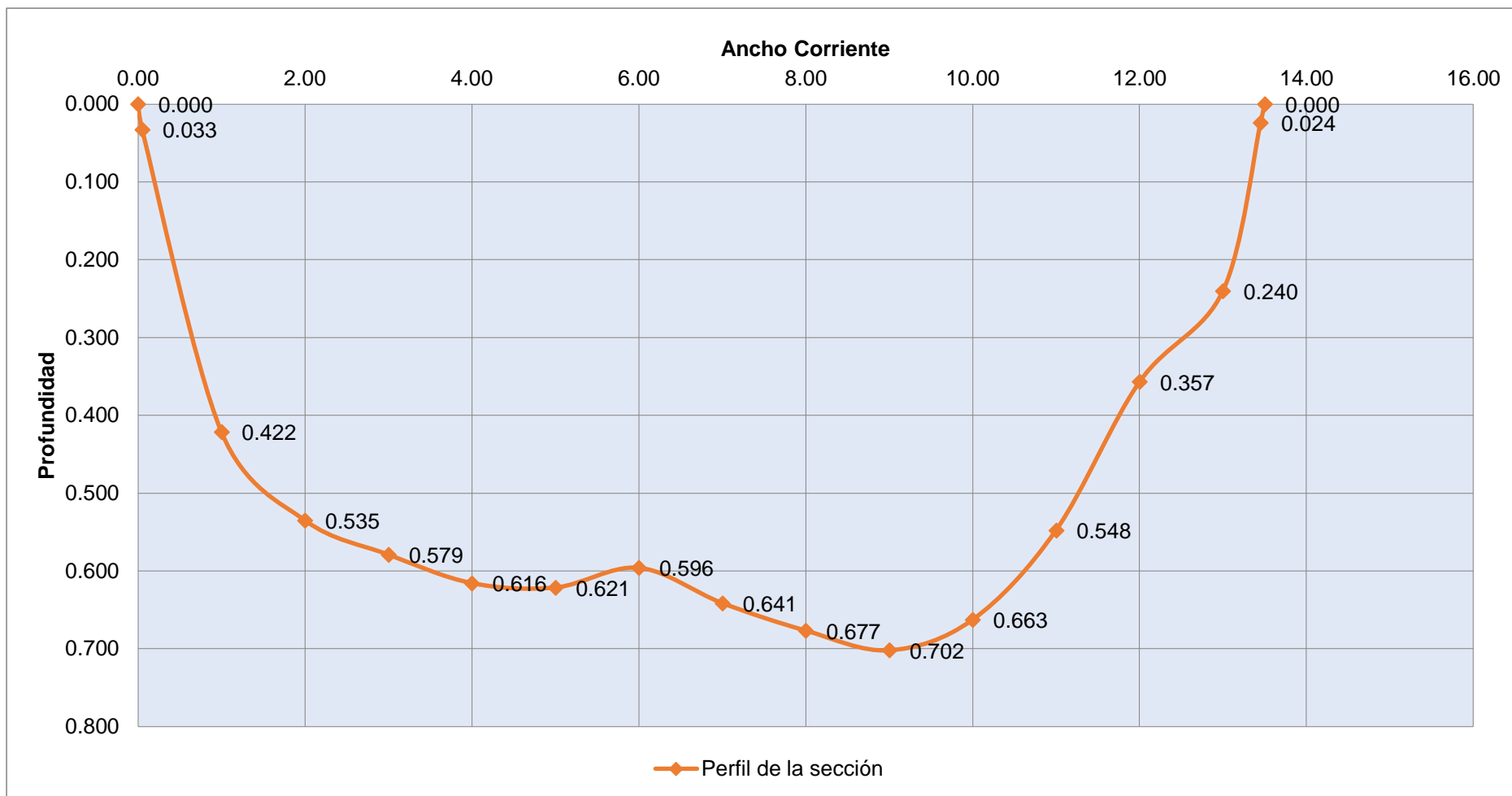


Figura 19: Perfil de la sección 2

Fuente: Propia

4.2.5. Sección 3

Tabla 19: Caudal del río Olmos en la sección 3, tramo 1

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 03-1
---------------	--------------

Fecha	28/07/2019	Río	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izdo.
-------------------------	------------	-------------------------	-------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
10:46:37	1.00	0.00	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10:51:02	2.00	0.05	3 puntos	0.027	-	0.000	0.253	0.000	0.241	0.229	0.000	0.241	0.003	0.001
10:54:18	3.00	0.25	3 puntos	0.135	-	0.000	1.451	0.000	1.210	1.089	0.000	1.240	0.030	0.038
10:57:06	4.00	0.50	3 puntos	0.088	-	0.000	1.129	0.000	0.940	0.846	0.000	0.964	0.022	0.021
10:59:54	5.00	0.75	3 puntos	0.203	-	0.000	0.355	0.000	0.295	0.266	0.000	0.303	0.051	0.015
11:02:42	6.00	1.00	3 puntos	0.137	-	0.000	0.193	0.000	0.161	0.145	0.000	0.165	0.027	0.005
11:05:30	7.00	1.15	3 puntos	0.034	-	0.000	0.043	0.000	0.041	0.039	0.000	0.041	0.003	0.000
11:08:18	8.00	1.20	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	8.00	Ancho corriente (m)	1.20	Descarga total (m3/s)	0.080	Área total (m2)	0.14
-------------------------	------	----------------------------	------	------------------------------	-------	------------------------	------

Duración del aforo	00:21:41	Prof. Media (m)	0.46
---------------------------	----------	------------------------	------

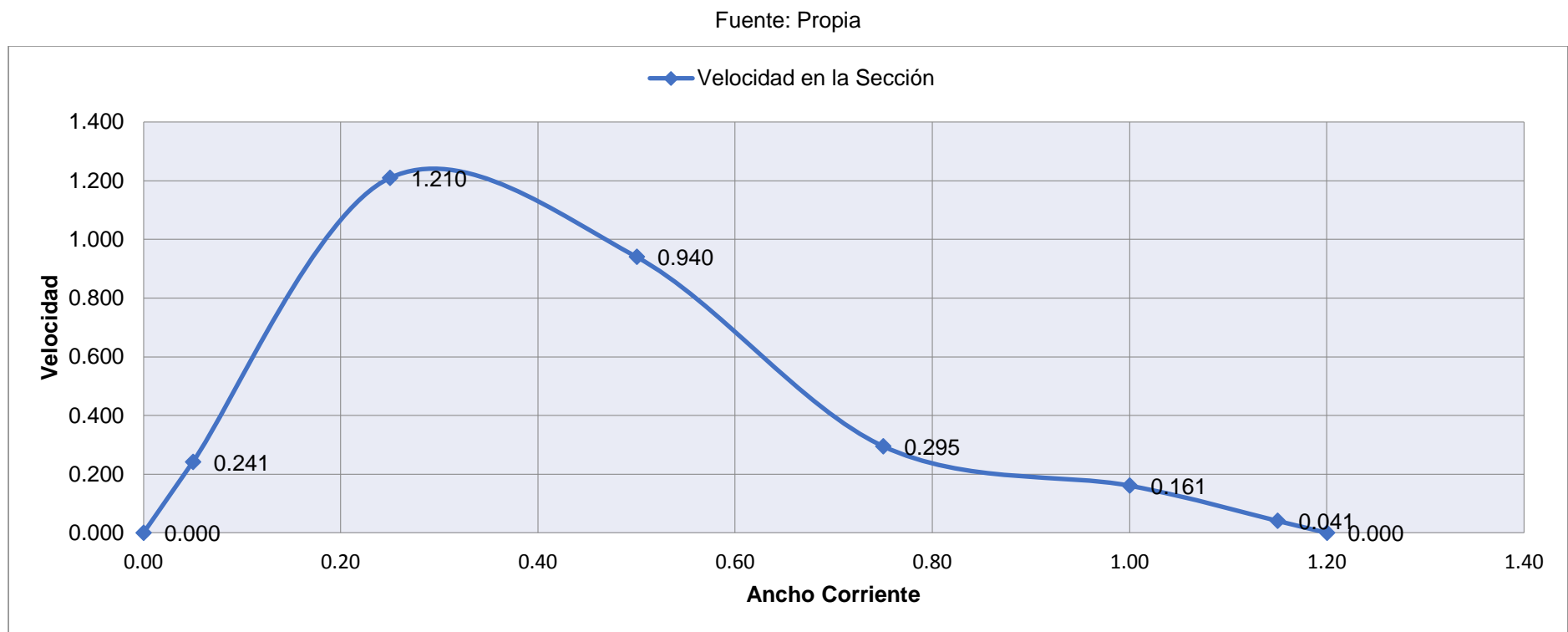


Figura 20: Velocidad de la sección 3-1

Fuente: Propia

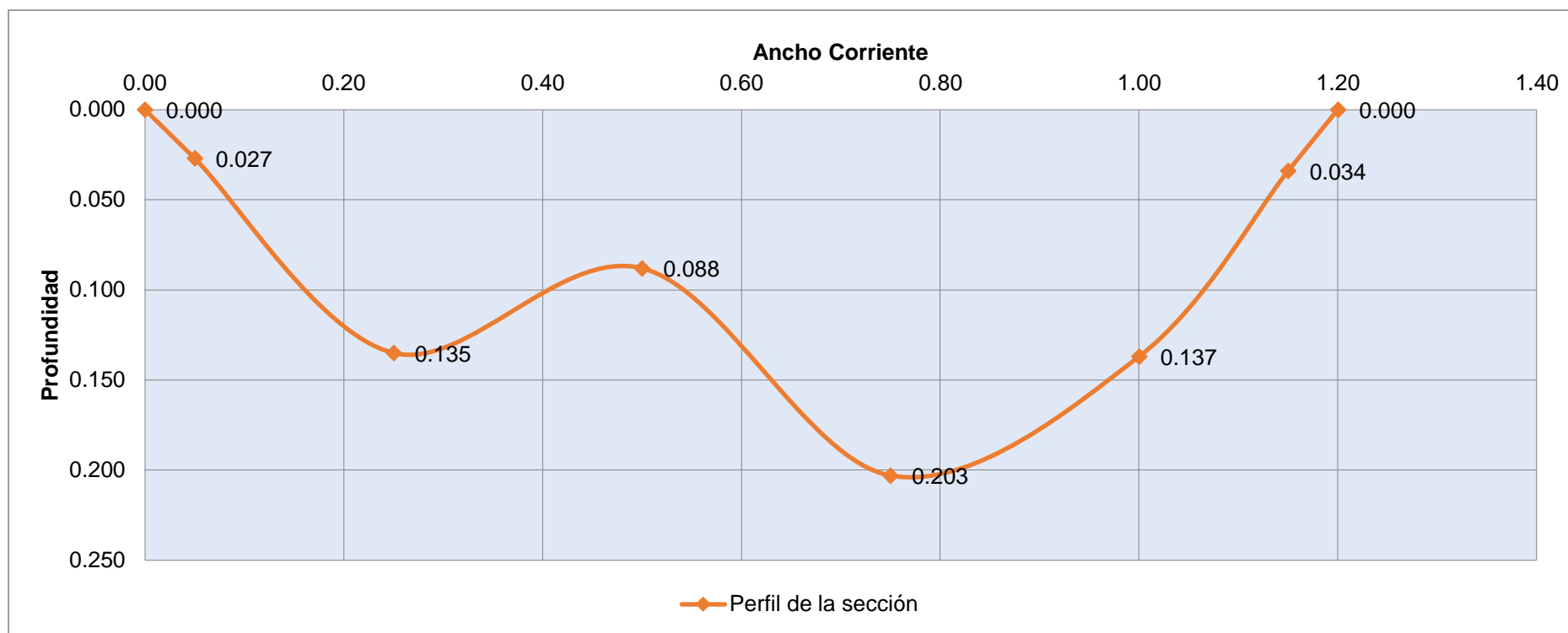


Figura 21: Perfil de la sección 3-1

Fuente: Propia

Tabla 20: Caudal del río Olmos en la sección 3, tramo 2

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 03-2
---------------	---------------------

Fecha	28/07/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izquierdo.
-------------------------	------------	-------------------------	------------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
12:11:06	1.00	0.00	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12:14:30	2.00	0.05	3 puntos	0.022	-	0.000	0.070	0.000	0.066	0.063	0.000	0.066	0.011	0.001
12:17:13	3.00	1.00	3 puntos	0.249	-	0.000	0.971	0.000	0.809	0.728	0.000	0.829	0.243	0.201
12:19:56	4.00	2.00	3 puntos	0.379	-	0.000	1.698	0.000	1.415	1.274	0.000	1.451	0.379	0.550
12:22:39	5.00	3.00	3 puntos	0.574	-	0.000	2.792	0.000	2.327	2.094	0.000	2.385	0.574	1.369
12:25:22	6.00	4.00	3 puntos	0.591	-	0.000	1.837	0.000	1.531	1.377	0.000	1.569	0.591	0.927
12:28:05	7.00	5.00	3 puntos	0.620	-	0.000	1.676	0.000	1.397	1.257	0.000	1.432	0.620	0.888
12:30:48	8.00	6.00	3 puntos	0.662	-	0.000	2.312	0.000	1.927	1.734	0.000	1.975	0.662	1.307
12:33:31	9.00	7.00	3 puntos	0.655	-	0.000	3.069	0.000	2.558	2.302	0.000	2.621	0.655	1.716
12:36:14	10.00	8.00	3 puntos	0.671	-	0.000	3.214	0.000	2.678	2.411	0.000	2.745	0.671	1.843
12:38:57	11.00	9.00	3 puntos	0.712	-	0.000	2.747	0.000	2.289	2.060	0.000	2.347	0.712	1.671
12:41:40	12.00	10.00	3 puntos	0.628	-	0.000	3.073	0.000	2.561	2.305	0.000	2.625	0.628	1.648
12:44:23	13.00	11.00	3 puntos	0.614	-	0.000	2.778	0.000	2.315	2.084	0.000	2.373	0.614	1.456
12:47:06	14.00	12.00	3 puntos	0.669	-	0.000	1.864	0.000	1.554	1.398	0.000	1.592	0.669	1.065
12:49:49	15.00	13.00	3 puntos	0.528	-	0.000	2.099	0.000	1.749	1.574	0.000	1.793	0.528	0.947
12:52:32	16.00	14.00	3 puntos	0.390	-	0.000	1.434	0.000	1.195	1.075	0.000	1.225	0.283	0.346

12:55:15	17.00	14.45	3 puntos	0.039	-	0.000	0.126	0.000	0.120	0.114	0.000	0.120	0.010	0.001
12:57:58	18.00	14.50	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	18.00	Ancho corriente (m)	14.50	Descarga total (m3/s)	15.938	Área total (m2)	7.85
-------------------------	-------	----------------------------	-------	------------------------------	--------	------------------------	------

Duración del aforo	00:46:52	Prof. Media (m)	0.27
---------------------------	----------	------------------------	------

Fuente: Propia

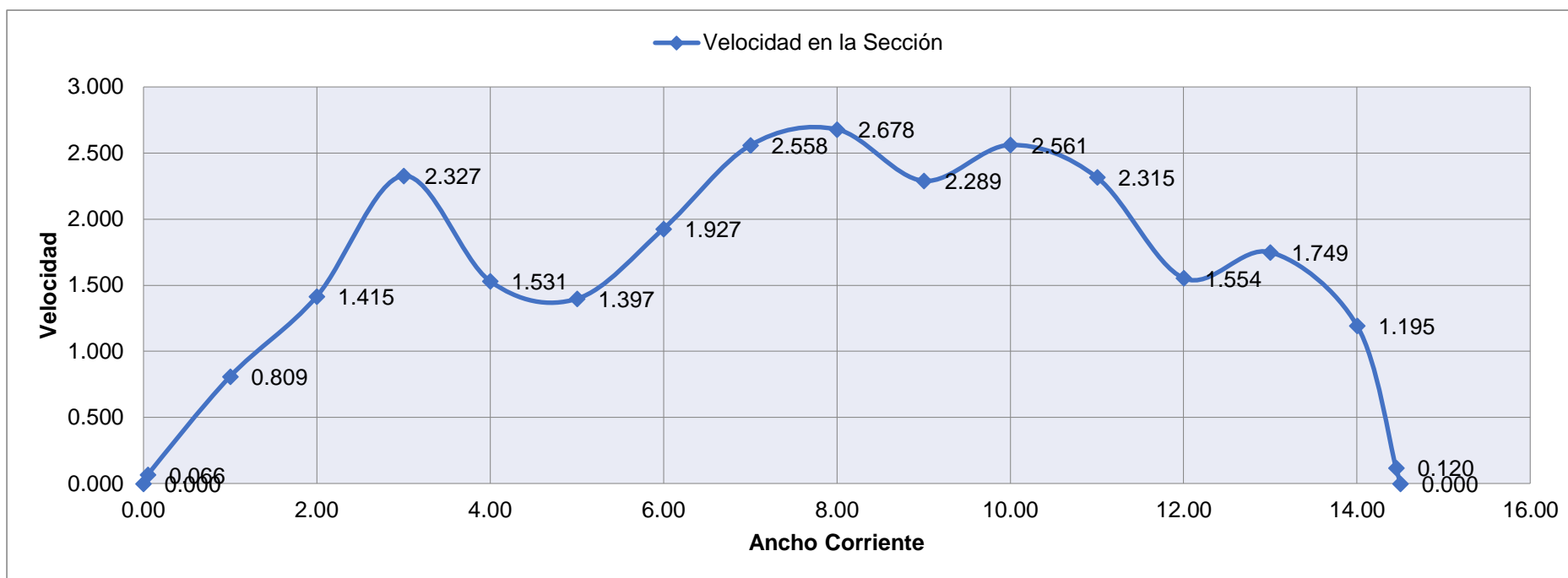


Figura 22: Velocidad de la sección 3-2

Fuente: Propia

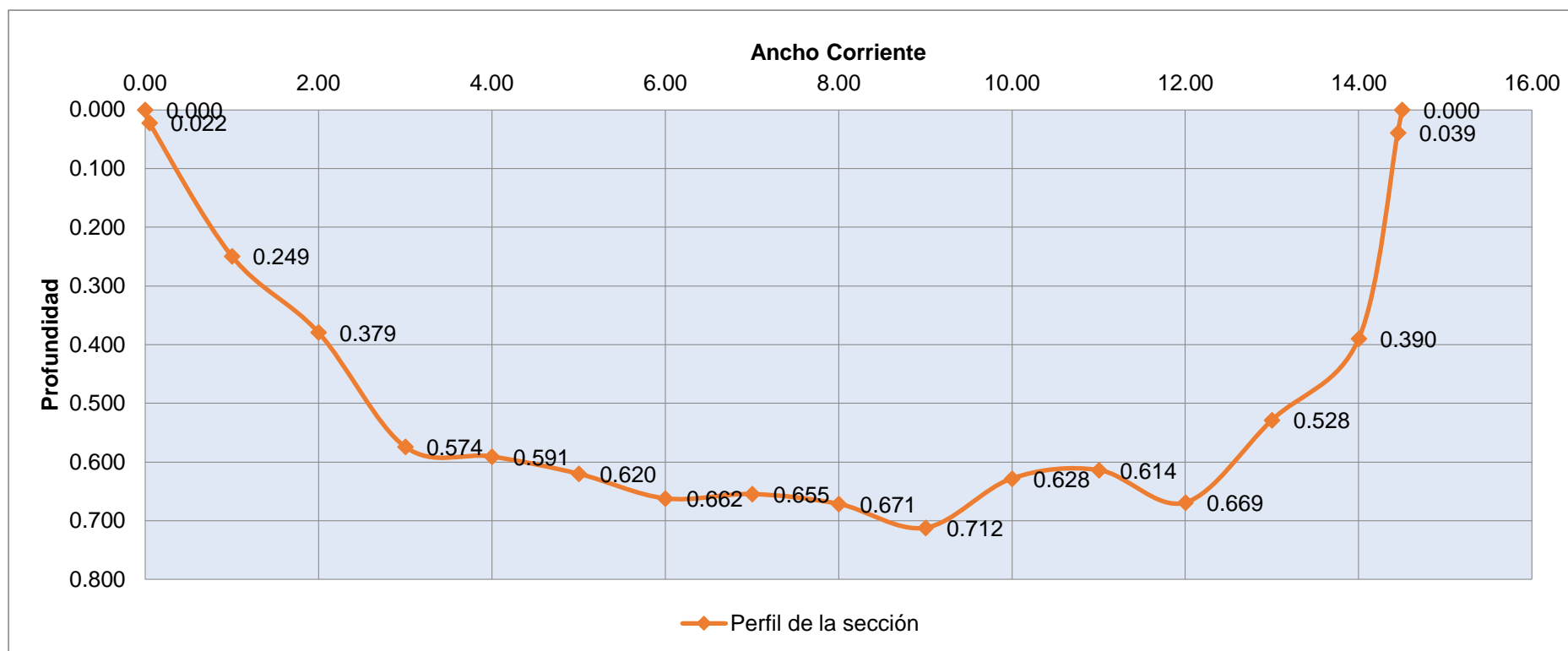


Figura 23: Perfil de la sección 3-2

Fuente: Propia

4.2.6. Sección 4

Tabla 21: Caudal del río Olmos en la sección 4, tramo 1

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 04-1
---------------	--------------

Fecha	03/08/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izdo.
-------------------------	------------	-------------------------	-------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
09:39:25	1.00	0.00	0 punto	0.110	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
09:43:54	2.00	0.05	3 puntos	0.115	-	0.000	0.463	0.000	0.661	0.637	0.000	0.606	0.057	0.035
09:53:06	3.00	1.00	3 puntos	0.128	-	0.000	0.764	0.000	0.744	0.592	0.000	0.711	0.125	0.089
09:58:40	4.00	2.00	3 puntos	0.163	-	0.000	1.175	0.000	0.972	0.875	0.000	0.999	0.163	0.163
10:03:00	5.00	3.00	3 puntos	0.167	-	0.000	1.097	0.000	0.804	0.622	0.000	0.832	0.167	0.139
10:08:19	6.00	4.00	3 puntos	0.122	-	0.000	0.881	0.000	0.745	0.685	0.000	0.764	0.079	0.061
10:13:14	7.00	4.30	3 puntos	0.087	-	0.000	0.785	0.000	0.706	0.734	0.000	0.733	0.015	0.011
10:13:58	8.00	4.35	0 punto	0.095	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001

3. Resultados

Nº de estaciones	8.00	Ancho corriente (m)	4.35	Descarga total (m3/s)	0.500	Área total (m2)	0.61
-------------------------	------	----------------------------	------	------------------------------	-------	------------------------	------

Duración del aforo	00:34:33	Prof. Media (m)	0.141
---------------------------	----------	------------------------	-------

Fuente: Propia

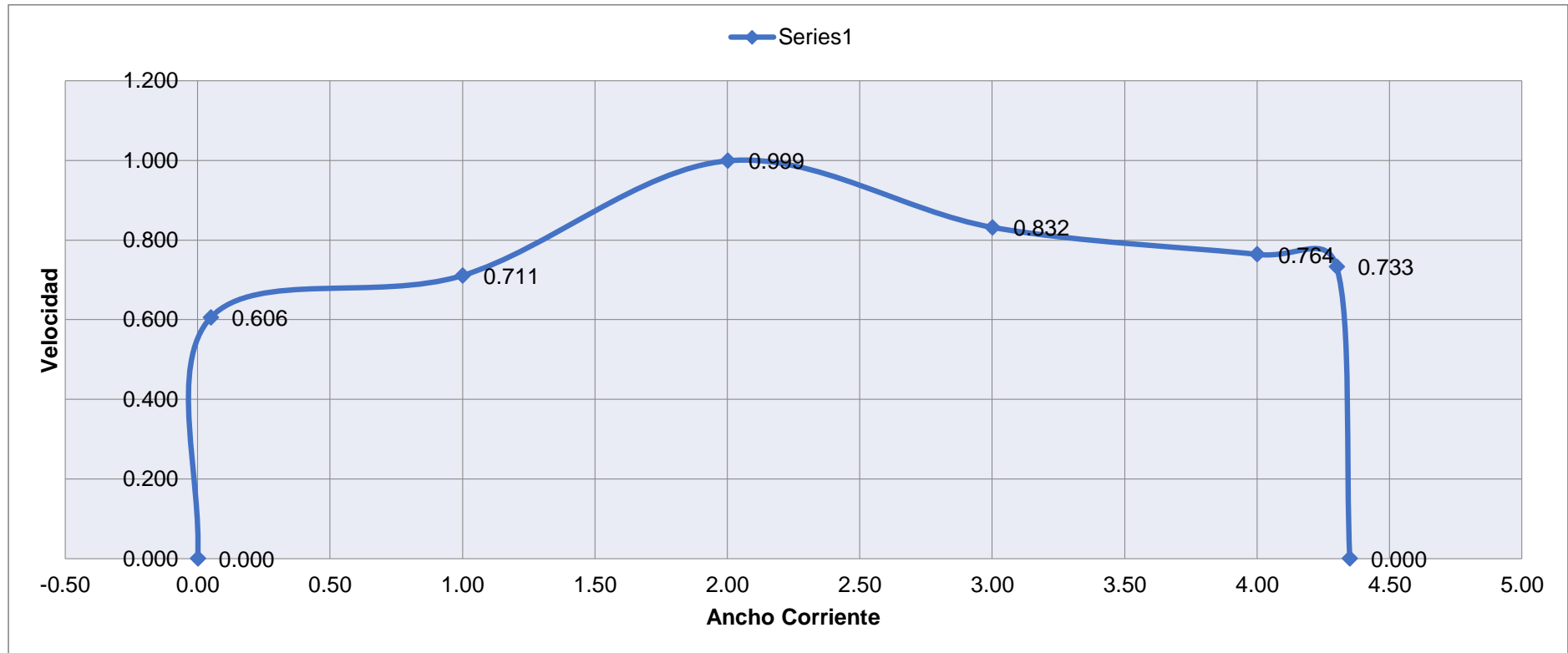


Figura 24: Velocidad de la sección 4-1

Fuente: Propia

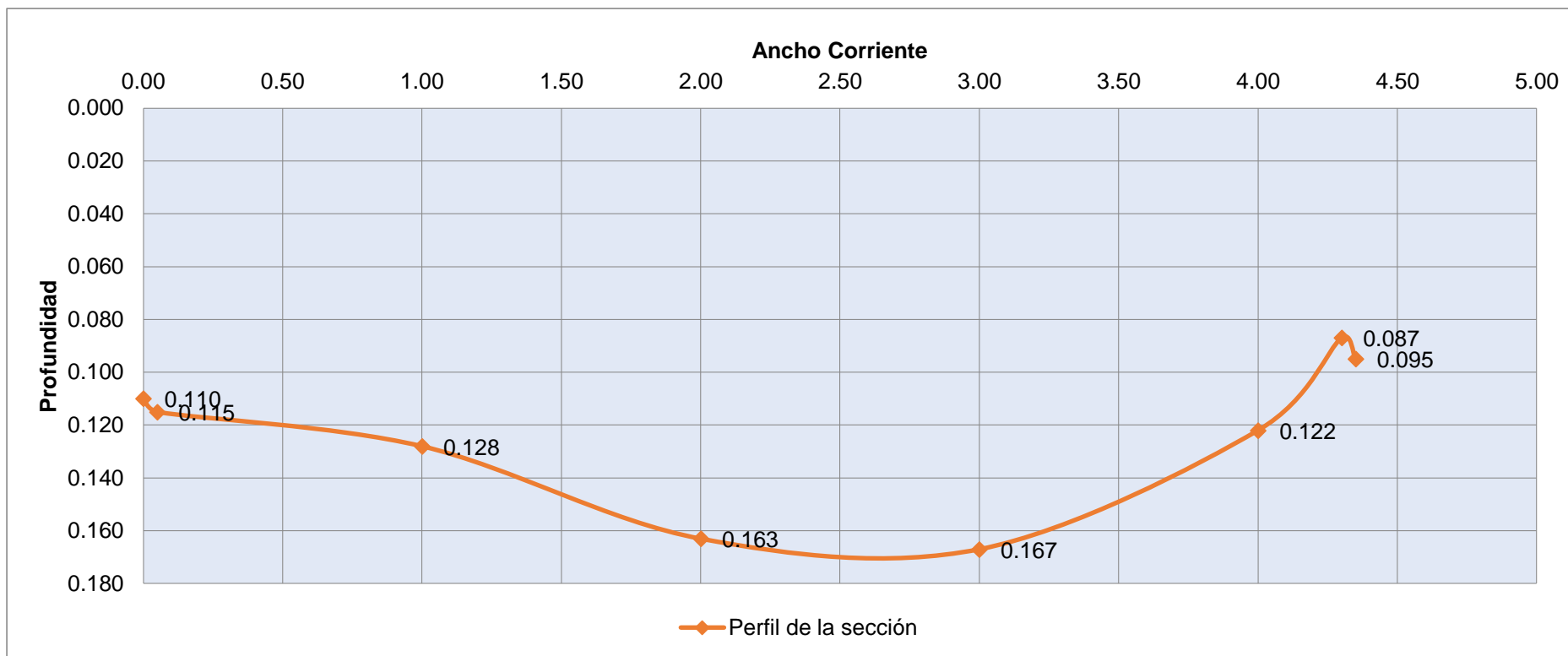


Figura 25: Perfil de la sección 4-1

Fuente: Propia

Tabla 22: Caudal del río Olmos en la sección 4, tramo 2

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 04-2
---------------	---------------------

Fecha	03/08/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izdo.
-------------------------	------------	-------------------------	-------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
10:42:26	1.00	0.00	0 punto	0.188	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002
10:46:37	2.00	0.05	3 puntos	0.174	-	0.000	0.584	0.000	0.546	0.447	0.000	0.531	0.087	0.046
10:51:02	3.00	1.00	3 puntos	0.203	-	0.000	0.685	0.000	0.582	0.427	0.000	0.569	0.198	0.112
10:54:18	4.00	2.00	3 puntos	0.202	-	0.000	0.725	0.000	0.611	0.480	0.000	0.607	0.202	0.123
10:57:06	5.00	3.00	3 puntos	0.238	-	0.000	0.890	0.000	0.762	0.595	0.000	0.753	0.238	0.179
11:00:54	6.00	4.00	3 puntos	0.380	-	0.000	1.098	0.000	1.037	0.863	0.000	1.009	0.380	0.383
11:04:39	7.00	5.00	3 puntos	0.475	-	0.000	1.212	0.000	1.022	0.769	0.000	1.006	0.475	0.478
11:08:46	8.00	6.00	3 puntos	0.467	-	0.000	1.025	0.000	0.880	0.680	0.000	0.866	0.467	0.405
11:13:35	9.00	7.00	3 puntos	0.329	-	0.000	0.859	0.000	0.749	0.670	0.000	0.757	0.329	0.249
11:18:10	10.00	8.00	3 puntos	0.343	-	0.000	0.967	0.000	0.787	0.648	0.000	0.797	0.343	0.274
11:21:21	11.00	9.00	3 puntos	0.255	-	0.000	1.040	0.000	0.902	0.625	0.000	0.867	0.255	0.221
11:25:03	12.00	10.00	3 puntos	0.242	-	0.000	1.094	0.000	0.983	0.735	0.000	0.949	0.242	0.229
11:29:03	13.00	11.00	3 puntos	0.275	-	0.000	1.143	0.000	0.908	0.679	0.000	0.909	0.275	0.250
11:33:07	14.00	12.00	3 puntos	0.318	-	0.000	1.177	0.000	0.934	0.708	0.000	0.938	0.318	0.298
11:38:13	15.00	13.00	3 puntos	0.363	-	0.000	1.273	0.000	1.044	0.826	0.000	1.047	0.363	0.380
11:41:40	16.00	14.00	3 puntos	0.411	-	0.000	1.346	0.000	1.088	0.844	0.000	1.091	0.411	0.449

11:45:12	17.00	15.00	3 puntos	0.425	-	0.000	1.369	0.000	1.209	0.983	0.000	1.192	0.425	0.506
11:50:31	18.00	16.00	3 puntos	0.399	-	0.000	1.256	0.000	1.035	0.810	0.000	1.034	0.399	0.412
11:58:35	19.00	17.00	3 puntos	0.380	-	0.000	1.271	0.000	0.956	0.600	0.000	0.946	0.380	0.360
12:02:24	20.00	18.00	3 puntos	0.376	-	0.000	1.306	0.000	1.048	0.816	0.000	1.054	0.376	0.396
12:07:40	21.00	19.00	3 puntos	0.312	-	0.000	1.142	0.000	0.953	0.717	0.000	0.941	0.312	0.294
12:11:06	22.00	20.00	3 puntos	0.312	-	0.000	1.240	0.000	0.979	0.722	0.000	0.980	0.312	0.306
12:14:30	23.00	21.00	3 puntos	0.294	-	0.000	1.293	0.000	1.169	1.012	0.000	1.161	0.294	0.341
12:17:13	24.00	22.00	3 puntos	0.359	-	0.000	1.409	0.000	1.188	0.993	0.000	1.194	0.359	0.429
12:19:50	25.00	23.00	3 puntos	0.429	-	0.000	1.466	0.000	1.217	1.020	0.000	1.230	0.429	0.527
12:22:31	26.00	24.00	3 puntos	0.469	-	0.000	1.492	0.000	1.281	1.013	0.000	1.267	0.469	0.594
12:25:17	27.00	25.00	3 puntos	0.442	-	0.000	1.290	0.000	1.202	0.886	0.000	1.145	0.442	0.505
12:28:23	28.00	26.00	3 puntos	0.414	-	0.000	1.570	0.000	1.255	1.010	0.000	1.273	0.414	0.527
12:31:19	29.00	27.00	3 puntos	0.402	-	0.000	1.190	0.000	1.111	0.847	0.000	1.065	0.402	0.428
12:33:54	30.00	28.00	3 puntos	0.255	-	0.000	0.814	0.000	0.856	0.821	0.000	0.837	0.185	0.154
12:36:59	31.00	28.45	3 puntos	0.165	-	0.000	0.621	0.000	0.489	0.212	0.000	0.453	0.041	0.019
12:37:40	32.00	28.50	0 punto	0.130	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001

3. Resultados

Nº de estaciones	32.00	Ancho corriente (m)	28.50	Descarga total (m3/s)	9.881	Área total (m2)	9.83
------------------	-------	---------------------	-------	-----------------------	-------	-----------------	------

Duración del aforo	01:55:14	Prof. Media (m)	0.345
--------------------	----------	-----------------	-------

Fuente: Propia

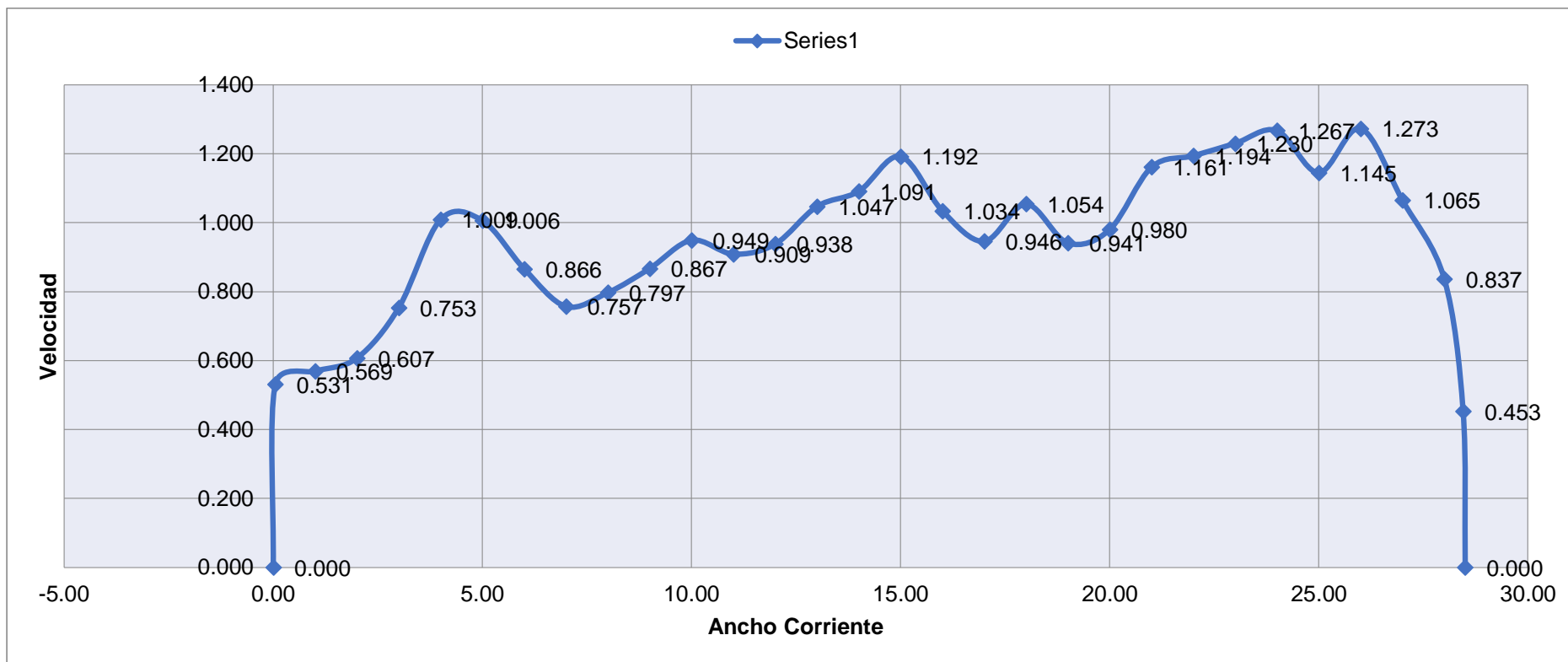


Figura 26: Velocidad de la sección 4-2

Fuente: Propia

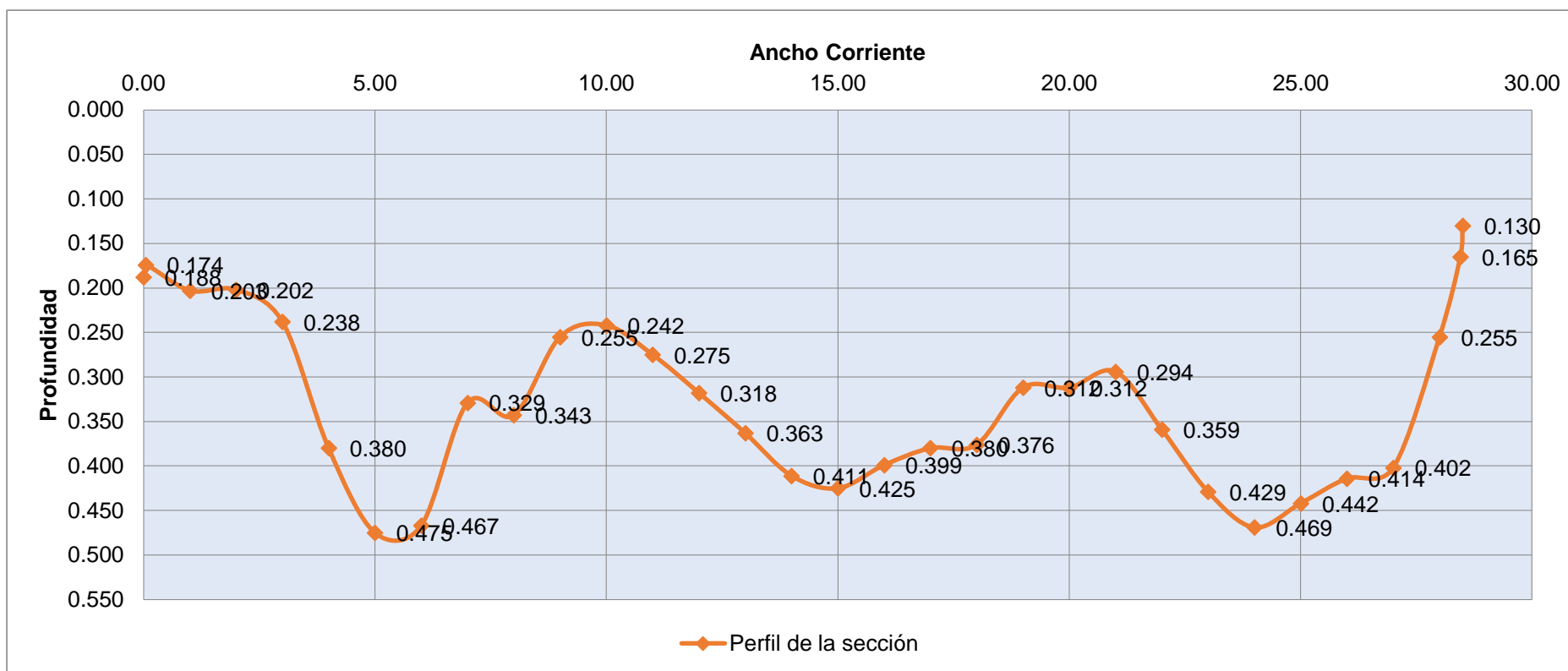


Figura 27: Perfil de la sección 4-2

Fuente: Propia

Tabla 23: Caudal del río Olmos en la sección 4, tramo 3

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 04-3
---------------	---------------------

Fecha	03/08/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izdo.
-------------------------	------------	-------------------------	-------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
12:49:27	1.00	0.00	0 punto	0.093	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
12:52:09	2.00	0.05	3 puntos	0.099	-	0.000	0.488	0.000	0.433	0.468	0.000	0.455	0.049	0.022
12:54:49	3.00	1.00	3 puntos	0.159	-	0.000	1.003	0.000	0.869	0.698	0.000	0.860	0.155	0.133
12:57:06	4.00	2.00	3 puntos	0.134	-	0.000	1.040	0.000	0.830	0.566	0.000	0.816	0.134	0.109
13:00:06	5.00	3.00	3 puntos	0.169	-	0.000	0.950	0.000	0.693	0.572	0.000	0.727	0.169	0.123
13:02:27	6.00	4.00	3 puntos	0.109	-	0.000	0.963	0.000	0.910	0.579	0.000	0.841	0.109	0.092
13:04:46	7.00	5.00	3 puntos	0.118	-	0.000	0.989	0.000	0.856	0.801	0.000	0.876	0.118	0.103
13:07:09	8.00	6.00	3 puntos	0.127	-	0.000	1.000	0.000	0.865	0.656	0.000	0.847	0.127	0.107
13:09:39	9.00	7.00	3 puntos	0.153	-	0.000	1.005	0.000	0.893	0.712	0.000	0.876	0.153	0.134
13:11:52	10.00	8.00	3 puntos	0.117	-	0.000	0.925	0.000	0.817	0.742	0.000	0.825	0.117	0.097
13:14:16	11.00	9.00	3 puntos	0.075	-	0.000	0.693	0.000	0.583	0.472	0.000	0.583	0.075	0.044
13:16:42	12.00	10.00	3 puntos	0.089	-	0.000	0.704	0.000	0.642	0.654	0.000	0.660	0.089	0.059
13:19:06	13.00	11.00	3 puntos	0.105	-	0.000	0.856	0.000	0.827	0.808	0.000	0.830	0.105	0.087
13:22:21	14.00	12.00	3 puntos	0.183	-	0.000	0.976	0.000	0.816	0.655	0.000	0.816	0.183	0.149
13:24:40	15.00	13.00	3 puntos	0.155	-	0.000	0.981	0.000	0.765	0.530	0.000	0.760	0.155	0.118

13:26:45	16.00	14.00	3 puntos	0.119	-	0.000	0.868	0.000	0.721	0.682	0.000	0.748	0.119	0.089
13:28:56	17.00	15.00	3 puntos	0.114	-	0.000	0.948	0.000	0.805	0.658	0.000	0.804	0.114	0.092
13:31:19	18.00	16.00	3 puntos	0.065	-	0.000	0.633	0.000	0.562	0.426	0.000	0.546	0.065	0.036
13:33:35	19.00	17.00	3 puntos	0.069	-	0.000	0.225	0.000	0.542	0.409	0.000	0.429	0.069	0.030
13:36:10	20.00	18.00	3 puntos	0.091	-	0.000	0.791	0.000	0.736	0.656	0.000	0.730	0.091	0.066
13:38:42	21.00	19.00	3 puntos	0.111	-	0.000	0.910	0.000	0.798	0.713	0.000	0.805	0.111	0.089
13:41:08	22.00	20.00	3 puntos	0.076	-	0.000	0.572	0.000	0.611	0.483	0.000	0.569	0.076	0.043
13:43:45	23.00	21.00	3 puntos	0.084	-	0.000	0.591	0.000	0.560	0.428	0.000	0.535	0.084	0.045
13:46:10	24.00	22.00	3 puntos	0.073	-	0.000	0.625	0.000	0.603	0.492	0.000	0.581	0.073	0.042
13:52:13	25.00	23.00	3 puntos	0.059	-	0.000	0.184	0.000	0.426	0.336	0.000	0.343	0.059	0.020
13:54:51	26.00	24.00	3 puntos	0.105	-	0.000	0.787	0.000	0.598	0.547	0.000	0.633	0.105	0.066
13:57:00	27.00	25.00	3 puntos	0.150	-	0.000	0.817	0.000	0.717	0.560	0.000	0.703	0.150	0.105
13:59:20	28.00	26.00	3 puntos	0.101	-	0.000	0.729	0.000	0.724	0.669	0.000	0.711	0.101	0.072
14:01:26	29.00	27.00	3 puntos	0.095	-	0.000	0.765	0.000	0.655	0.494	0.000	0.642	0.095	0.061
14:03:30	30.00	28.00	3 puntos	0.124	-	0.000	0.720	0.000	0.684	0.444	0.000	0.633	0.124	0.079
14:05:47	31.00	29.00	3 puntos	0.115	-	0.000	0.888	0.000	0.775	0.589	0.000	0.757	0.115	0.087
14:07:59	32.00	30.00	3 puntos	0.110	-	0.000	0.781	0.000	0.729	0.590	0.000	0.707	0.110	0.078
14:10:26	33.00	31.00	3 puntos	0.098	-	0.000	0.751	0.000	0.694	0.572	0.000	0.678	0.056	0.038
14:14:31	34.00	31.15	3 puntos	0.080	-	0.000	0.183	0.000	0.222	0.197	0.000	0.206	0.008	0.002
14:15:06	35.00	31.20	0 punto	0.060	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	35.00	Ancho corriente (m)	31.20	Descarga total (m3/s)	2.521	Área total (m2)	3.47
Duración del aforo	01:25:39	Prof. Media (m)	0.111				

Fuente: Propia

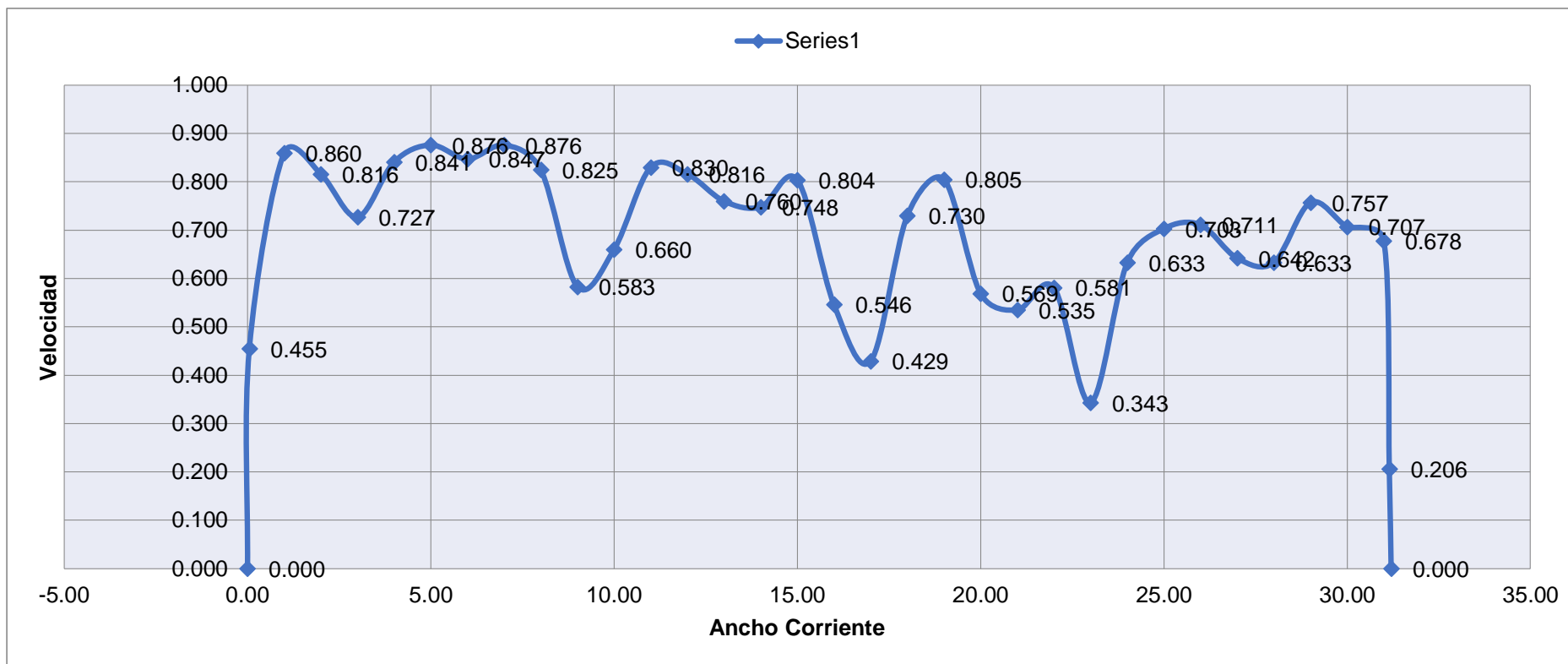


Figura 28: Velocidad de la sección 4-3

Fuente: Propia

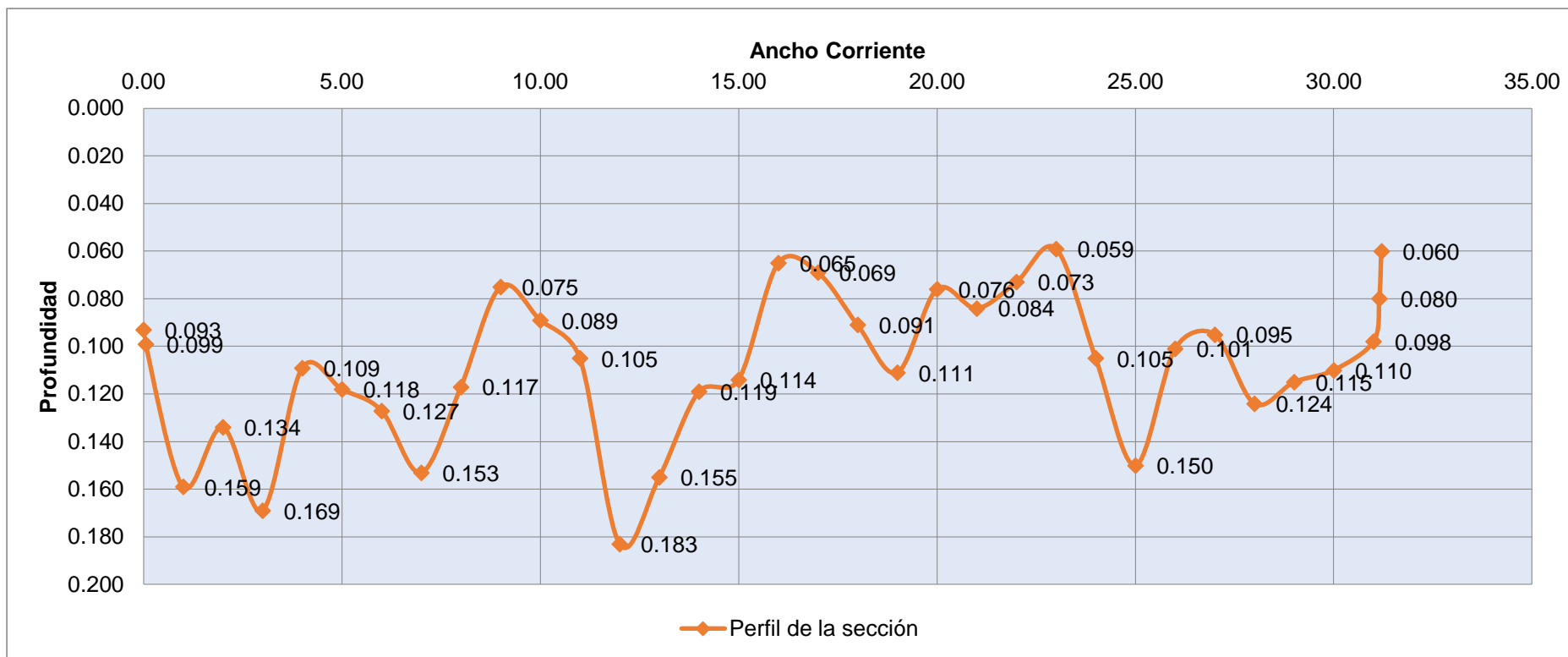


Figura 29: Perfil de la sección 4-3

Fuente: Propia

Tabla 24: Caudal del río Olmos en la sección 4, tramo 4

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 04-4
---------------	---------------------

Fecha	03/08/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izdo.
-------------------------	------------	-------------------------	-------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
14:16:45	1.00	0.00	0 punto	0.048	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
14:19:12	2.00	0.05	3 punto	0.055	-	0.000	0.445	0.000	0.450	0.418	0.000	0.440	0.027	0.012
14:21:28	3.00	1.00	3 punto	0.076	-	0.000	0.656	0.000	0.790	0.730	0.000	0.741	0.074	0.055
14:24:58	4.00	2.00	3 punto	0.084	-	0.000	0.847	0.000	1.020	0.877	0.000	0.941	0.084	0.079
14:27:52	5.00	3.00	3 punto	0.179	-	0.000	1.290	0.000	1.079	0.848	0.000	1.074	0.179	0.193
14:30:40	6.00	4.00	3 punto	0.234	-	0.000	1.066	0.000	0.938	0.669	0.000	0.903	0.234	0.212
14:33:54	7.00	5.00	3 punto	0.225	-	0.000	1.397	0.000	1.060	0.954	0.000	1.118	0.225	0.252
14:38:55	8.00	6.00	3 punto	0.170	-	0.000	1.030	0.000	0.757	0.538	0.000	0.770	0.170	0.131
14:41:35	9.00	7.00	3 punto	0.193	-	0.000	0.821	0.000	0.411	0.246	0.000	0.472	0.193	0.091
14:43:55	10.00	8.00	3 punto	0.157	-	0.000	0.932	0.000	0.869	0.735	0.000	0.851	0.157	0.134
14:46:22	11.00	9.00	3 punto	0.206	-	0.000	0.992	0.000	0.928	0.681	0.000	0.883	0.206	0.182
14:48:52	12.00	10.00	3 punto	0.174	-	0.000	0.938	0.000	0.569	0.353	0.000	0.607	0.174	0.106
14:51:09	13.00	11.00	3 punto	0.133	-	0.000	1.024	0.000	0.837	0.625	0.000	0.831	0.133	0.110
14:53:34	14.00	12.00	3 punto	0.114	-	0.000	0.471	0.000	0.394	0.280	0.000	0.385	0.099	0.038
14:57:05	15.00	12.75	3 punto	0.075	-	0.000	0.234	0.000	0.234	0.170	0.000	0.218	0.030	0.006
14:57:44	16.00	12.80	0 punto	0.077	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	16.00	Ancho corriente (m)	12.80	Descarga total (m3/s)	1.602	Área total (m2)	1.99
Duración del aforo	00:40:59	Prof. Media (m)	0.155				

Fuente: Propia

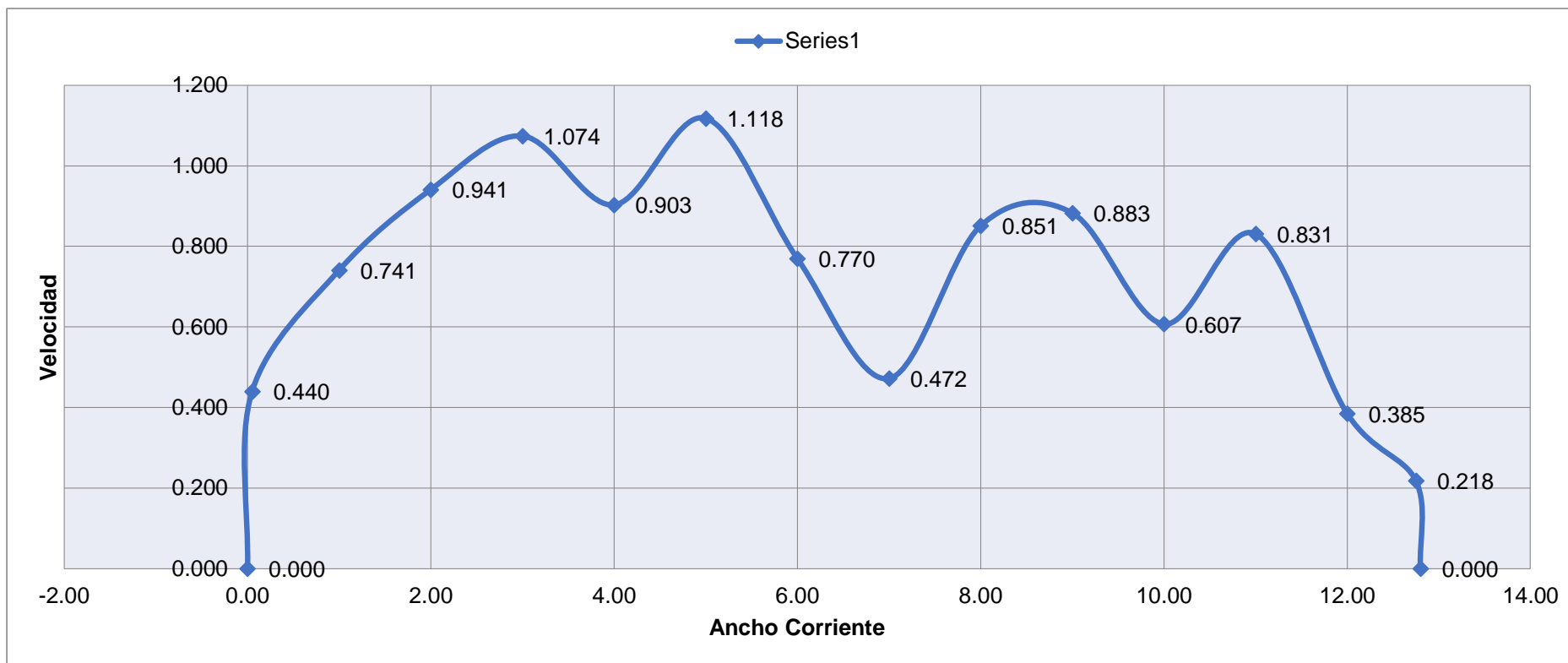


Figura 30: Velocidad de la sección 4-4

Fuente: Propia

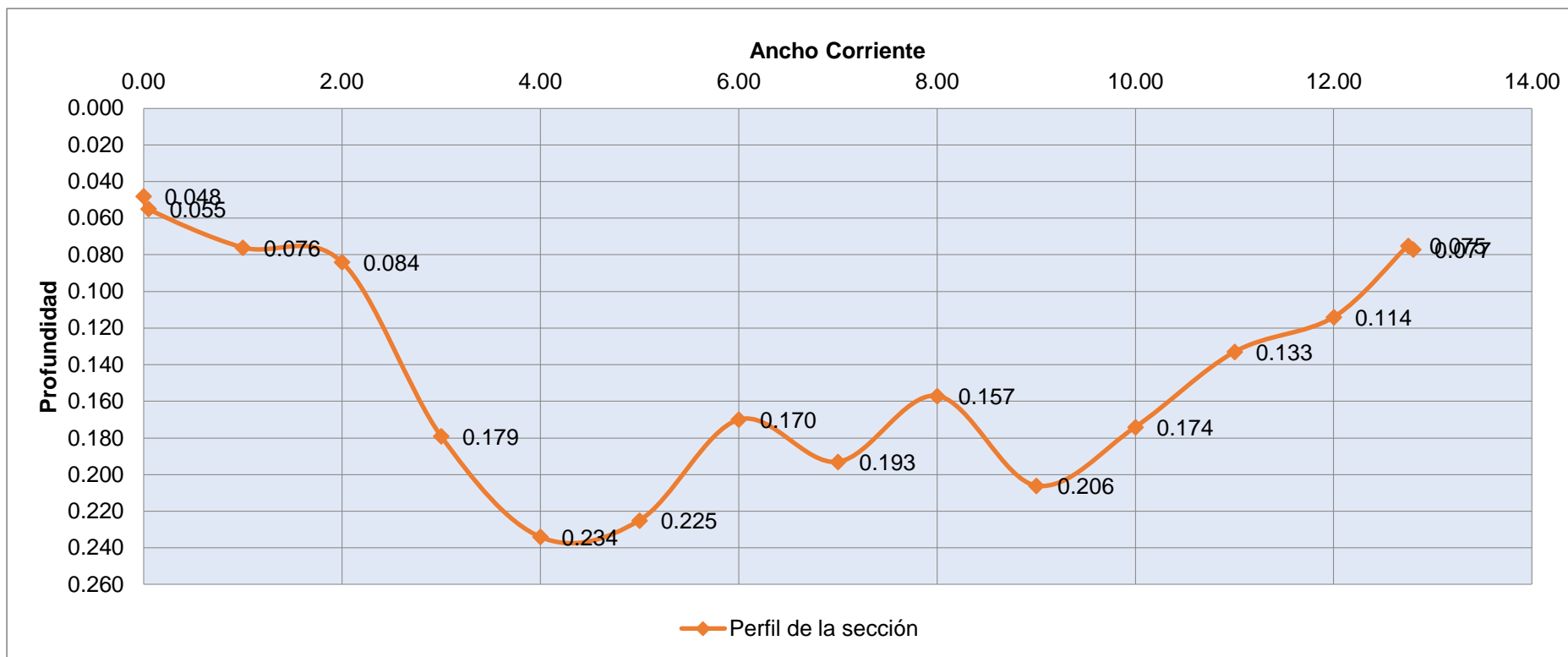


Figura 31: Perfil de la sección 4-4

Fuente: Propia

4.2.7. Sección 5

Tabla 25: Caudal del río Olmos en la sección 5, tramo 1

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 05-1
---------------	--------------

Fecha	04/08/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen izquierdo
-------------------------	------------	-------------------------	-----------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
08:39:25	1.000	0.000	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
08:43:54	2.000	0.050	3 puntos	0.033	-	0.000	0.094	0.000	0.090	0.085	0.000	0.090	0.017	0.001
08:48:23	3.000	1.000	3 puntos	0.459	-	0.000	1.338	0.000	1.115	1.004	0.000	1.143	0.448	0.512
08:52:52	4.000	2.000	3 puntos	0.600	-	0.000	1.725	0.000	1.437	1.294	0.000	1.473	0.600	0.884
08:57:21	5.000	3.000	3 puntos	0.627	-	0.000	1.971	0.000	1.643	1.479	0.000	1.684	0.627	1.056
09:01:50	6.000	4.000	3 puntos	0.606	-	0.000	2.114	0.000	1.762	1.586	0.000	1.806	0.606	1.094
09:06:19	7.000	5.000	3 puntos	0.620	-	0.000	2.276	0.000	1.897	1.707	0.000	1.944	0.620	1.206
09:10:48	8.000	6.000	3 puntos	0.671	-	0.000	2.458	0.000	2.048	1.843	0.000	2.099	0.671	1.409
09:15:17	9.000	7.000	3 puntos	0.629	-	0.000	2.333	0.000	1.944	1.750	0.000	1.993	0.629	1.254
09:19:46	10.000	8.000	3 puntos	0.617	-	0.000	2.203	0.000	1.836	1.652	0.000	1.882	0.617	1.161
09:24:15	11.000	9.000	3 puntos	0.635	-	0.000	2.066	0.000	1.722	1.550	0.000	1.765	0.635	1.121
09:28:44	12.000	10.000	3 puntos	0.652	-	0.000	2.010	0.000	1.675	1.508	0.000	1.717	0.652	1.120
09:33:13	13.000	11.000	3 puntos	0.653	-	0.000	1.870	0.000	1.559	1.403	0.000	1.598	0.653	1.043
09:37:42	14.000	12.000	3 puntos	0.636	-	0.000	1.647	0.000	1.372	1.235	0.000	1.407	0.636	0.895

09:42:11	15.000	13.000	3 puntos	0.593	-	0.000	1.375	0.000	1.146	1.031	0.000	1.174	0.430	0.505
09:46:40	16.000	13.450	3 puntos	0.059	-	0.000	0.120	0.000	0.115	0.109	0.000	0.115	0.015	0.002
09:51:09	17.000	13.500	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	17.000	Ancho corriente (m)	13.500	Descarga total (m3/s)	13.261	Área total (m2)	7.855
-------------------------	--------	----------------------------	--------	------------------------------	--------	------------------------	-------

Duración del aforo	01:11:44	Prof. Media (m)	0.586
---------------------------	----------	------------------------	-------

Fuente: Propia

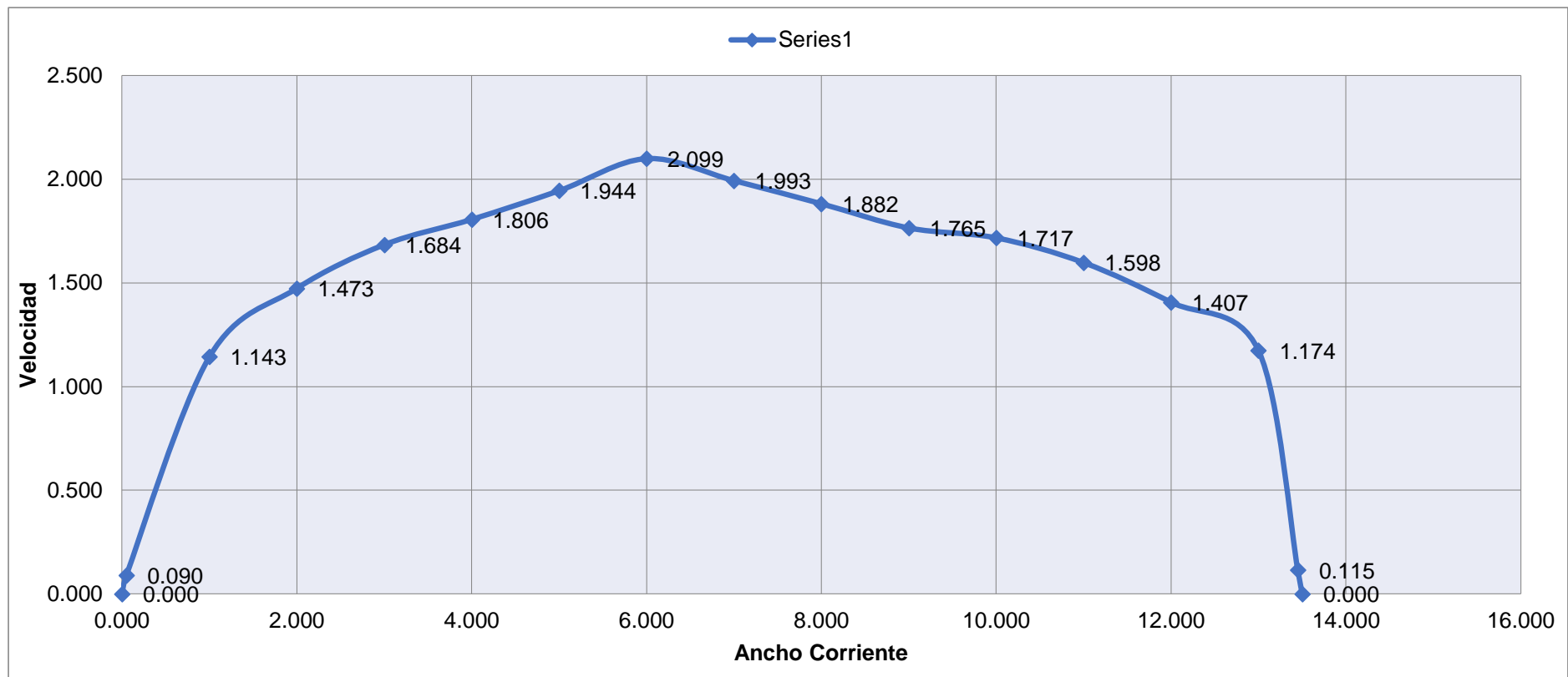


Figura 32: Velocidad de la sección 5-1

Fuente: Propia

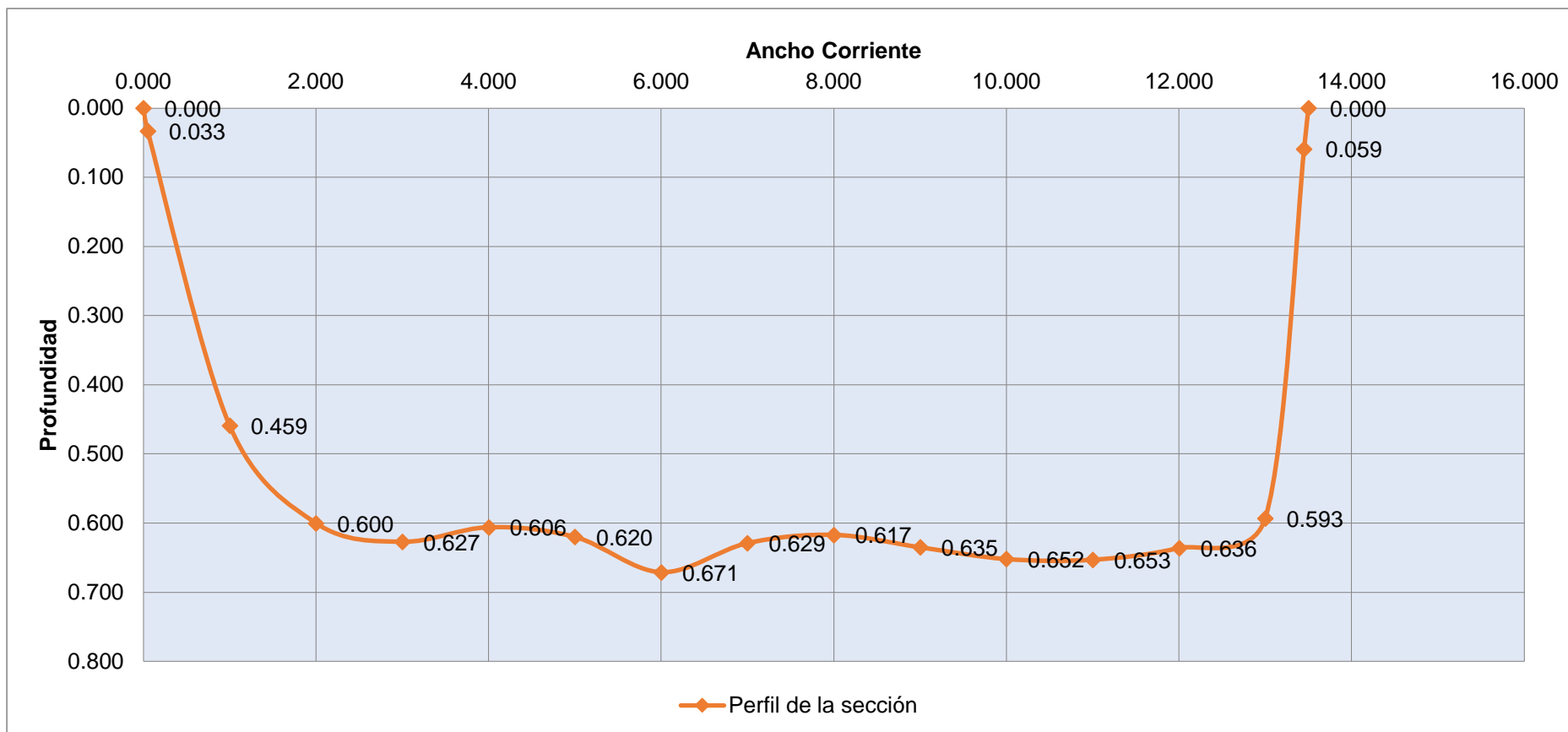


Figura 33: Perfil de la sección 5-1

Fuente: Propia

Tabla 26: Caudal del río Olmos en la sección 5, tramo 2

1. Información General

Nombre	SECCIÓN 05-2
---------------	---------------------

Fecha	04/08/2019	Rio	Olmos
--------------	------------	------------	-------

Cálculo de flujo	Mitad secc	Margen de inicio	Agua margen derecho
-------------------------	------------	-------------------------	---------------------

2. Datos

Tiempo	Estación	Ubicación (m)	Método	Prof. (m)	Factor margen	Superficie (m/s)	Medición de velocidad (m/s) en un % de la profundidad (m)				Cama (m/s)	Veloc. media (m/s)	Área (m2)	Flujo (m3/s)
							0,2	0,4	0,6	0,8				
10:16:40	1.000	0.000	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10:21:00	2.000	0.050	3 puntos	0.019	-	0.000	0.071	0.000	0.067	0.064	0.000	0.067	0.010	0.001
10:25:20	3.000	1.000	3 puntos	0.144	-	0.000	0.948	0.000	0.790	0.711	0.000	0.809	0.140	0.113
10:29:40	4.000	2.000	3 puntos	0.108	-	0.000	0.753	0.000	0.628	0.565	0.000	0.644	0.108	0.069
10:34:00	5.000	3.000	3 puntos	0.104	-	0.000	0.447	0.000	0.373	0.336	0.000	0.382	0.104	0.040
10:38:20	6.000	4.000	3 puntos	0.100	-	0.000	0.503	0.000	0.419	0.378	0.000	0.430	0.100	0.043
10:42:40	7.000	5.000	3 puntos	0.104	-	0.000	0.658	0.000	0.548	0.493	0.000	0.562	0.104	0.058
10:47:00	8.000	6.000	3 puntos	0.122	-	0.000	0.829	0.000	0.691	0.622	0.000	0.708	0.122	0.086
10:51:20	9.000	7.000	3 puntos	0.174	-	0.000	0.888	0.000	0.740	0.666	0.000	0.758	0.174	0.132
10:55:40	10.000	8.000	3 puntos	0.206	-	0.000	0.750	0.000	0.625	0.563	0.000	0.641	0.149	0.096
11:00:00	11.000	8.450	3 puntos	0.021	-	0.000	0.066	0.000	0.063	0.060	0.000	0.063	0.005	0.000
11:04:20	12.000	8.500	3 puntos	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3. Resultados

Nº de estaciones	12.000	Ancho corriente (m)	8.500	Descarga total (m3/s)	0.638	Área total (m2)	1.014
-------------------------	--------	----------------------------	-------	------------------------------	-------	------------------------	-------

Duración del aforo	00:47:40	Prof. Media (m)	0.124
---------------------------	----------	------------------------	-------

Fuente: Propia

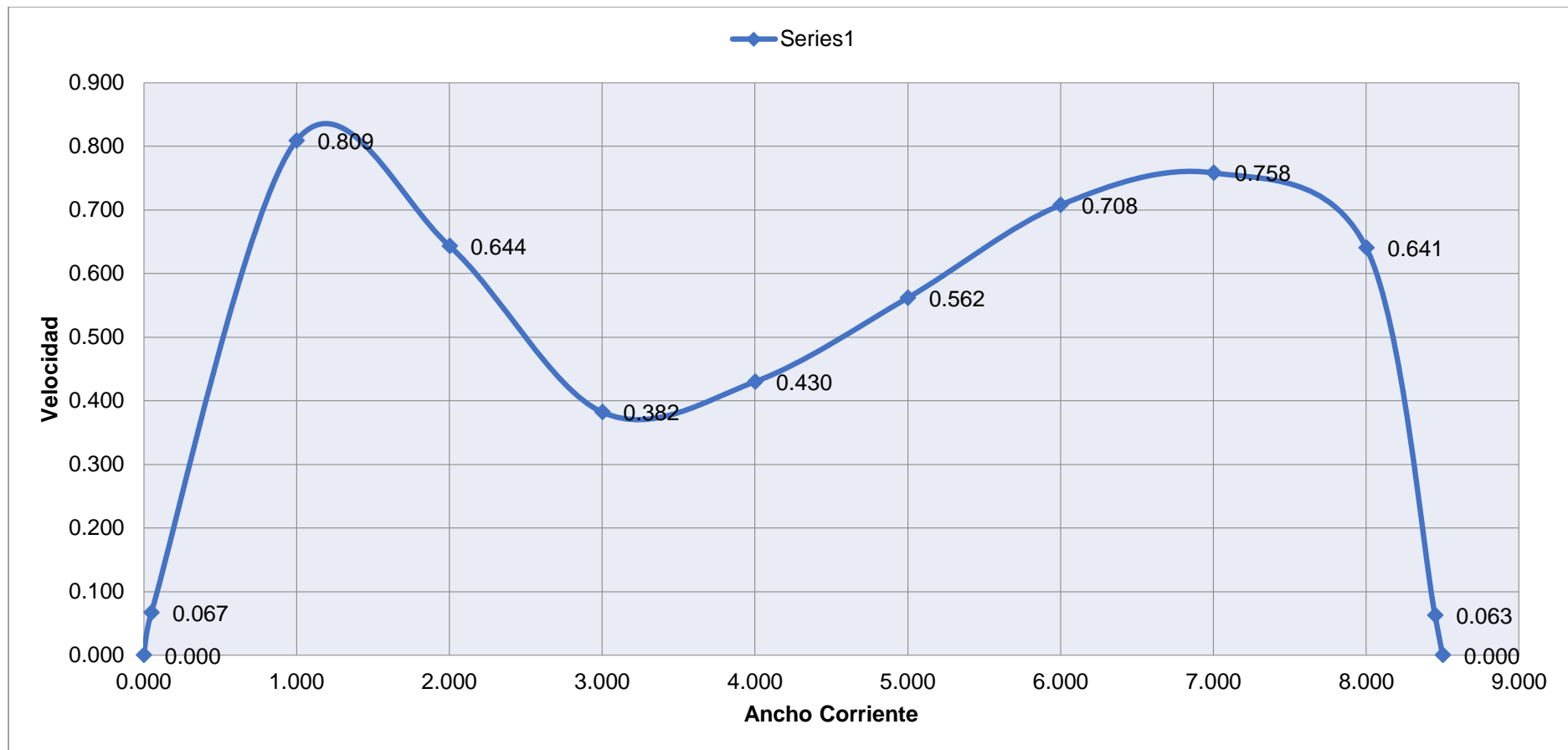


Figura 34: Velocidad de la sección 5-2

Fuente: Propia

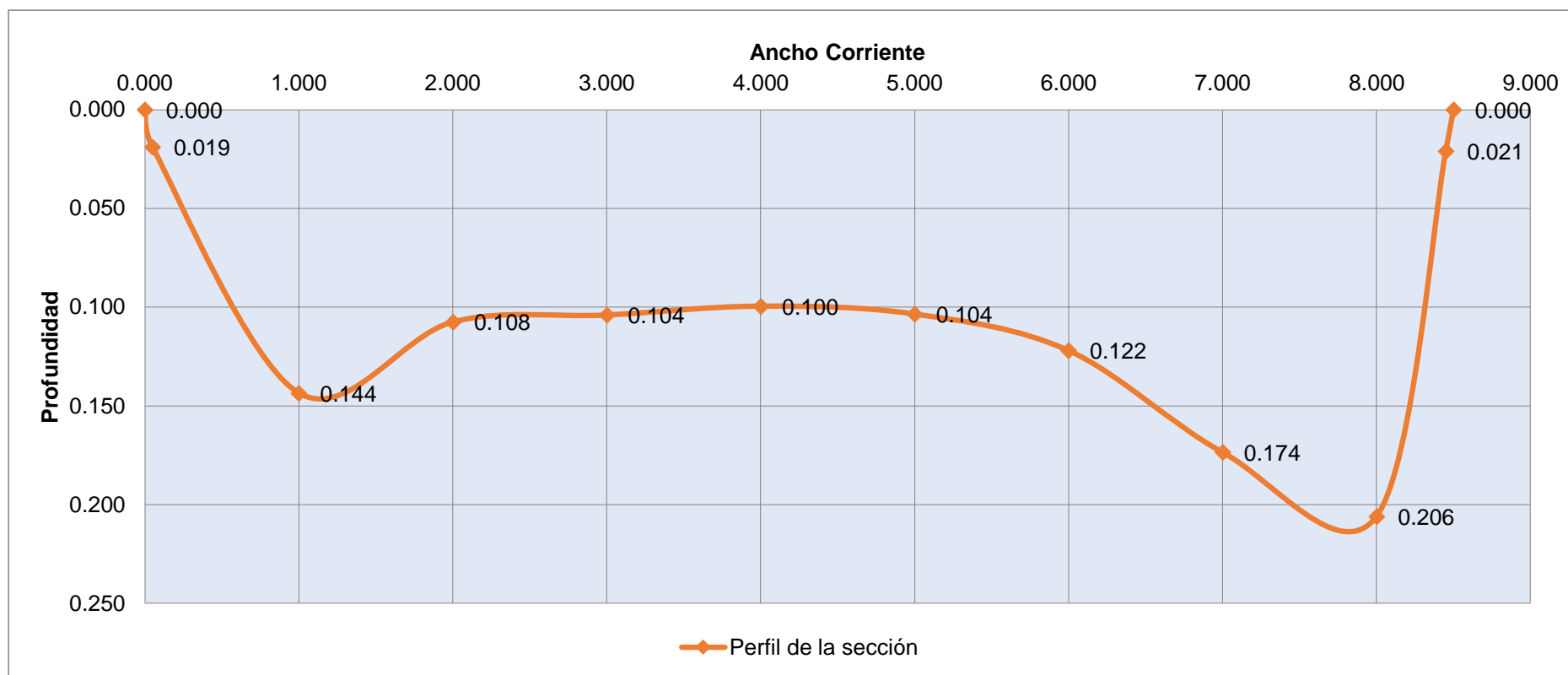


Figura 35: Perfil de la sección 5-2

Fuente: Propia

4.2.8. Resumen de pérdida de caudales

Se identificó las secciones para la medición de los caudales tal como lo indica la siguiente tabla. Y se estimó las perdidas en porcentaje desde la primera sección a la quinta.

Tabla 27: Caudal de los puntos seleccionados en el río Olmos

SECCIONES	CAUDAL (m3/s)	% CAUDAL
SECCIÓN 1	16.532	100.00%
SECCIÓN 2	16.211	98.06%
SECCIÓN 3	16.018	96.89%
SECCIÓN 4	14.504	87.73%
SECCIÓN 5	13.899	84.07%

Fuente: Propia

Tabla 28: Diferencia de caudales y estimación de pérdidas

DIFERENCIA ENTRE SECCIONES (s)	DIFERENCIA DE CAUDAL (m3/s)	DIFERENCIA DE COTAS (m)	LONGITUD (m)	% PENDIENTE	% PÉRDIDAS
S1 - S2	0.321	101	3 006.53	3.36%	1.94%
S2 - S3	0.193	158	4 706.40	3.36%	1.17%
S3 - S4	1.514	220	11 054.55	1.99%	9.16%
S4 - S5	0.605	23	2 427.66	0.95%	3.66%
TOTAL	2.633	502	21 195.14	2.37%	15.93%

Fuente: Propia

Existe una pérdida de 2.633 m3/s y el 15.93% del caudal del río Olmos en una longitud de 21.2 km aproximadamente con una pendiente media del 2.37%, entre la sección 1 y la sección 5.

4.3. Factores involucrados en la pérdida de caudales

4.3.1. Factores sociales

Al momento del recorrido se identificaron 39 tomas ilegales los cuales restan caudal al río Olmos. (Ver Tabla 27)

Tabla 29 Tomas identificadas entre la Bocatoma La Juliana y el Tunel Lajas

N°	WGS 84 Zona 17S		ELEVACIÓN GPS (msnm)	DESCRIPCIÓN
	ESTE	NORTE		
1	659428	9343862	728	De material tubería de PVC con un diámetro de 2", margen izquierda del río.
2	659183	9343921	666	De material propio del río con un ancho de 0.39m y 0.10m de profundidad, margen izquierda del río.
3	658892	9343910	660	De material tubería de PVC con un diámetro de 4", margen izquierda del río.
4	658719	9343814	645	De material tubería de PVC con un diámetro de 2", margen derecha del río.
5	658420	9343695	634	De material tubería de PVC con un diámetro de 2", margen derecha del río. Y toma de material propio del río de longitud 1.80 y 0.25 m de profundidad.
6	657904	9343646	603	De material tubería de PVC con un diámetro de 2", margen derecha del río.
7	657179	9343780	581	De material propio de río con un ancho de 0.8m y 0.20m de profundidad, margen derecho del río.
8	655698	9343893	504	De material propio del río con un ancho de 0.8m y 0.20m de profundidad, margen izquierda del río.
9	655024	9343459	489	De material tubería de PVC con un diámetro de 3", margen derecha del río.
10	654529	9343326	472	De material propio del río con un ancho de 0.5m y 0.15m de profundidad, margen izquierda del río.
11	653613	9343110	442	De material propio del río con un ancho de 0.8m y 0.15m de profundidad, margen izquierda del río.
12	653595	9343129	441	De material propio del río con un ancho de 0.8m y 0.20m de profundidad, margen izquierda del río.
13	653365	9343180	437	De material propio del río con un ancho de 0.7m y 0.25m de profundidad, margen derecha del río. Luego pasa a tubería de 4"
14	652861	9343353	433	De material tubería de PVC con un diámetro de 4", margen izquierda del río.

15	652614	9343340	417	De material propio del rio con un ancho de 0.7m y 0.10m de profundidad, margen izquierda del rio.
16	651742	9343256	390	De material propio del rio con un ancho de 0.7m y 0.15m de profundidad, margen izquierda del rio.
17	651225	9343262	385	De material propio del rio con un ancho de 0.5m y 0.15m de profundidad, margen izquierda del rio.
18	651180	9343251	381	De material propio del rio con un ancho de 1.10m y 0.17m de profundidad, margen derecha del rio.
19	651159	9343245	380	De material propio del rio con un ancho de 0.8m y 0.20m de profundidad, margen derecha del rio.
20	650811	9343178	370	De material propio del rio con un ancho de 0.6m y 0.15m de profundidad, margen derecha del rio.
21	650261	9343172	360	De material propio del rio con un ancho de 0.6m y 0.10m de profundidad, margen derecha del rio.
22	650215	9343160	358	De material propio del rio con un ancho de 0.9m y 0.20m de profundidad, margen derecha del rio.
23	650191	9343147	358	De material propio del rio con un ancho de 1.0m y 0.25m de profundidad, margen derecha del rio.
24	649150	9343033	359	De material propio del rio con un ancho de 0.50m y 0.15m de profundidad, margen izquierda del rio.
25	649083	9343133	332	De material tubería de PVC con un diámetro de 4", margen derecha del rio.
26	649082	9343031	331	De material propio del rio con un ancho de 1.5m y 0.40m de profundidad, margen izquierda del rio.
27	648744	9343001	328	De material propio del rio con un ancho de 1.5m y 0.30m de profundidad, margen izquierda del rio.
28	648513	9342811	320	De material propio del rio con un ancho de 0.8m y 0.20m de profundidad, margen derecha del rio.
29	648085	9342652	320	De material propio del rio con un ancho de 1.10m y 0.25m de profundidad, margen derecha del rio.
30	647624	9342250	307	De material propio del rio con un ancho de 2.50m y 0.40m de profundidad, margen izquierda del rio.
31	647482	9342265	309	De material propio del rio con un ancho de 1.2m y 0.35m de profundidad, margen izquierda del rio.
32	647364	9342110	306	De material propio del rio con un ancho de 2.0m y 0.5m de profundidad, margen izquierda del rio.
33	646996	9341444	285	De material propio del rio con un ancho de 0.9m y 0.25m de profundidad, margen izquierda del rio.

34	646565	9341243	276	De material propio del rio con un ancho de 0.50m y 0.07m de profundidad, margen derecha del rio.
35	646346	9340772	268	De material propio del rio con un ancho de 1.2m y 0.3m de profundidad, margen izquierda del rio.
36	645841	9340489	256	De material propio del rio con un ancho de 0.8m y 0.3m de profundidad, margen izquierda del rio.
37	644799	9339756	243	De material propio del rio con un ancho de 1.2m y 0.4m de profundidad, margen izquierda del rio.
38	644510	9339702	240	Sistema de rebombeo de tubería 4" de diámetro, margen derecha del rio.
39	644322	9339531	240	De material propio del rio con un ancho de 1m y 0.4m de profundidad, margen derecha del rio.

Fuente: Empresa Consultora



Figura 36: Tomas identificadas entre la Bocatoma La Juliana y el Tunel Lajas

Fuente: Google Earth

Se aforó los caudales de las tomas ilegales que restan caudal al río Olmos. (Ver Tabla 28)

Tabla 28: Caudal de las tomas identificadas a entre la Bocatoma La Juliana y el
Túnel Lajas

TOMA	CAUDAL (l/s)
TOMA 01	4
TOMA 02	10
TOMA 03	10
TOMA 04	4
TOMA 05	4
TOMA 06	4
TOMA 07	10
TOMA 08	5
TOMA 09	7
TOMA 10	8
TOMA 11	11
TOMA 12	23
TOMA 13	10
TOMA 14	12
TOMA 15	35
TOMA 16	20
TOMA 17	19
TOMA 18	30
TOMA 19	21
TOMA 20	5
TOMA 21	3
TOMA 22	6
TOMA 23	11
TOMA 24	22
TOMA 25	10
TOMA 26	186
TOMA 27	17
TOMA 28	0
TOMA 29	12
TOMA 30	65

TOMA 31	20
TOMA 32	205
TOMA 33	46
TOMA 34	15
TOMA 35	290
TOMA 36	77
TOMA 37	78
TOMA 38	10
TOMA 39	57
TOTAL	1382

Fuente: Empresa Consultora

Se separó las tomas por secciones y sus respectivos caudales. (Ver Tabla 29)

Tabla 31: Tomas por secciones y sus caudales

SECCIONES	LONGITUD (m)	TOMAS	CAUDAL DE TOMAS (m3/s)
Sección 1 a Sección 2	3 006.53	Toma 1, 2 y 3	0.024
Sección 2 a Sección 3	4 706.40	Toma 4 hasta Toma 8	0.027
Sección 3 a Sección 4	11 054.55	Toma 9 hasta Toma 35	1.109
Sección 4 a Sección 5	2 427.66	Toma 36, 37, 38 y39	0.222

Fuente: propia

4.3.2. Factores naturales

Se calculó la evapotranspiración para el río Olmos teniendo como referencia la estación climatológica La Viña Jayanca, para lo que se tomó como datos la longitud del tramo de estudio, el espejo de agua promedio del tramo, hallando el área del espejo de agua para el cálculo de las pérdidas por evaporación, y el tiempo disponible se consideró 8 horas de sol (Ver Tabla 29)

Tabla 32: Evapotranspiración – Estación Climatológica La Viña Jayanca

DISTANCIA DEL TRAMO DE ESTUDIO (Km)	27	ESPEJO DE AGUA PROMEDIO DEL RÍO OLMOS (m)	21	ÁREA DEL ESPEJO DE AGUA PROMEDIO (ha)	56.7
-------------------------------------	----	---	----	---------------------------------------	------

Mes	Número de días	Precipitación media (mm/mes)	Temperatura Máx. (°C)	Temperatura min (°C)	Temperatura media (°C)	Humedad Relativa (%)	Brillo solar (HRS)	Velocidad del viento (m/s)	Velocidad del viento (Km/h)	Velocidad del viento (Km/día)	Eto - PENMAN (mm/mes)	Eto - PENMAN (mm/día)	Evaporación del Río Olmos
ENERO	31	6.20	32.3	20.0	26.0	70.0	5.0	3.0	10.80	334.80	81.53	2.63	46227.51
FEBRERO	28	12.50	32.9	21.5	26.9	71.0	4.6	2.6	9.36	262.08	70.00	2.50	39690.00
MARZO	31	21.00	33.1	21.4	26.8	72.0	5.8	2.1	7.56	234.36	78.43	2.53	44469.81
ABRIL	30	9.30	31.8	19.8	25.3	73.0	5.6	2.4	8.64	259.20	70.80	2.36	40143.60
MAYO	31	3.60	29.6	17.8	23.2	76.0	5.9	2.3	8.28	256.68	79.36	2.56	44997.12
JUNIO	30	0.50	27.6	15.9	21.2	78.0	5.9	2.0	7.20	216.00	69.30	2.31	39293.10
JULIO	31	0.10	26.7	14.9	20.4	78.0	5.6	2.0	7.20	223.20	83.39	2.69	47282.13
AGOSTO	31	0.00	27.1	14.9	20.3	78.0	5.9	2.5	9.00	279.00	94.24	3.04	53434.08
SETIEMBRE	30	0.20	28.4	15.1	20.8	74.0	7.1	3.0	10.80	324.00	93.00	3.10	52731.00
OCTUBRE	31	0.40	29.2	15.8	21.8	72.0	6.9	3.1	11.16	345.96	96.10	3.10	54488.70
NOVIEMBRE	30	2.00	29.7	16.3	22.4	72.0	7.0	2.8	10.08	302.40	87.00	2.90	49329.00
DICIEMBRE	31	1.10	31.1	18.2	24.2	72.0	5.8	2.9	10.44	323.64	84.94	2.74	48160.98

Fuente: Estación Climatológica La Viña Jayanca

La evapotranspiración fue hallada usando el programa CROPWAT usando los datos de la estación climatológica La Viña Jayanca.

Tabla 33 Pérdidas por evaporación del río Olmos entre la Bocatoma La Juliana y el Túnel Lajas

	UNIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Horas de sol al día	horas	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
N° días por mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Volumen Evaporado	m3/mes	46227.51	39690.00	44469.81	40143.60	44997.12	39293.10	47282.13	53434.08	52731.00	54488.70	49329.00	48160.98
	m3/día	1491.2	1417.5	1434.5	1338.1	1451.5	1309.8	1525.2	1723.7	1757.7	1757.7	1644.3	1553.6
Caudal	m3/h	186.40	177.19	179.31	167.27	181.44	163.72	190.65	215.46	219.71	219.71	205.54	194.20
	m3/s	0.052	0.049	0.050	0.046	0.050	0.045	0.053	0.060	0.061	0.061	0.057	0.054
	lts/seg	51.78	49.22	49.81	46.46	50.40	45.48	52.96	59.85	61.03	61.03	57.09	53.94

Fuente: Fuente propia

Anualmente existe una perdida estimada de 560 247 m³ equivalentes a 0.56 hm³. (Ver Tabla 30)

4.3.3. Pérdida de conducción del río Olmos, por factores naturales

Para conocer las pérdidas de caudales por factores naturales, los cuales son equivalentes a las pérdidas neto del río, tenemos que restar las pérdidas por factores sociales causados por la toma de agua ilegal y posteriormente hallar el caudal neto restando las pérdidas neto al caudal medido. (Ver Tabla 31)

$$\text{Caudal de salida Neto} \left(\frac{m^3}{s} \right) = \text{Caudal de entrada} \left(\frac{m^3}{s} \right) - \text{Pérdida de caudal} \left(\frac{m^3}{s} \right) + \text{Pérdida por toma} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Tabla 34 Pérdidas naturales total y parcial

SECCIONES	CAUDAL MEDIDO (m3/s)	DIFERENCIA ENTRE SECCIONES (s)	PÉRIDA DE CAUDAL (m3/s)	PÉRDIDA DE TOMA (m3/s)	CAUDAL NETO (m3/s)
SECCIÓN 1	16.532	PUNTO INICIAL	0	0	16.532
SECCIÓN 2	16.211	S1 - S2	0.321	0.024	16.235
SECCIÓN 3	16.018	S2 - S3	0.193	0.027	16.069
SECCIÓN 4	14.504	S3 - S4	1.514	1.109	15.664
SECCIÓN 5	13.899	S4 - S5	0.605	0.222	15.281

Fuente: Fuente propia

Para hallar el porcentaje de pérdidas por conducción, primero se tuvo que colocar los caudales netos en cada sección agregando lo que se perdió a cada una de las tomas. (Ver Tabla 32)

Tabla 35 Pérdidas por conducción natural del río Olmos y su eficiencia de conducción

SECCIONES	CAUDAL NETO (m ³ /s)	% CAUDAL NETO	DIFERENCIA ENTRE SECCIONES (S)	PÉRIDA POR CONDUCCIÓN (m ³ /s)	% PÉRDIDAS NETO	EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL RÍO
SECCIÓN 1	16.532	100.00%	S1 - S2	0.297	1.80%	98.20%
SECCIÓN 2	16.235	98.20%	S2 - S3	0.166	1.00%	98.98%
SECCIÓN 3	16.069	97.20%	S3 - S4	0.405	2.45%	97.48%
SECCIÓN 4	15.664	94.75%	S4 - S5	0.383	2.32%	97.55%
SECCIÓN 5	15.281	92.43%	TOTAL	1.251	7.57%	92.43%

Fuente: Fuente propia

Las pérdidas neto por conducción del río Olmos, es de 1.251 m³/s y un 7.57% del caudal entre la sección 1 y la sección 5. Teniendo el río Olmos una eficiencia de conducción del 92.43% a lo largo del tramo de estudio.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Se seleccionó las cinco secciones para la medición de caudales, en donde 5 fueron los puntos favorables para realizar los aforos en el tramo de estudio Bocatoma La Juliana - Punto de entrega Quebrada Lajas, donde se identificó 19 Afluentes en el tramo de estudio, de las cuales seis son quebradas húmedas, de ellas la quebrada N°08 es captada en su totalidad antes de desembocar al río, las restantes 13 son quebradas secas; además se identificaron 39 tomas ilegales que extraen agua del río Olmos sin contar con algún permiso.

Se midió los caudales del río Olmos en los 5 puntos seleccionados, teniendo así desde la sección 1 hasta la sección 5, los siguientes caudales en metros cúbicos por segundo ($S_1=16.532$, $S_2=16.211$, $S_3=16.018$, $S_4=14.504$, $S_5=13.899$); además se aforó los caudales de las quebradas aportantes dando un total de 122 lts/seg de aporte para el caudal del río Olmos.

Se identificó los factores que influyen en la pérdida de caudales en el tramo de estudio, donde se tuvo como resultado que el principal es el factor social debido a las tomas ilegales, siendo una pérdida de 1.382 m³/s para el río Olmos entre la Bocatoma La Juliana y la quebrada Lajas; así mismo se realizó el cálculo de pérdidas por evaporación el cual representa una pérdida de 53.94 lts/seg. Y del total de las pérdidas neto fueron 1.251 m³/s aproximadamente que fue resultado de la diferencia de caudales de la sección 1 y la sección 5, un 1.197 m³/s representaría las pérdidas por infiltración y vegetal, a lo largo del tramo de estudio.

Se cuantificó el porcentaje de pérdida neto del caudal en el tramo de estudio el cual fue 7.57% y se estimó la eficiencia de conducción en el tramo de estudio del río Olmos, el cual fue de 92.43%.

CONCLUSIONES

- Se seleccionaron 5 puntos favorables para realizar los aforos en el tramo de estudio Bocatoma La Juliana - Punto de entrega Quebrada Lajas. Se identificó 39 tomas de riego distribuidas entre el punto de entrega Bocatoma La Juliana – Quebrada Lajas, de las cuales 1 toma de captación es a través de bombeo con dos tuberías de 2" de diámetro ubicada en la margen derecha del río Olmos, 10 tomas de captación son de tubería PVC de diámetros variables de 4", 3", 2" y 29 tomas de captaciones directas conformadas por material propio de río. Se identificó 19 Afluentes en el tramo de estudio Bocatoma La Juliana - Punto de entrega Quebrada Lajas. De las cuales seis son quebradas húmedas, de ellas la quebrada N°08 es captada en su totalidad antes de desembocar al río, las restantes 13 son quebradas secas.
- A partir del Km 16 de la carretera Fernando Belaunde Terry, la sección del río disminuye lo que genera altas velocidades dificultando su ingreso y la toma de información dentro del río. Se cuantificaron los porcentajes de las pérdidas de caudal en cada uno de los tramos empezando desde la sección 1 en la cota más alta hasta la sección 5 en la cota más baja; dando que $S1-S2=1.80\%$, $S2-S3=1.00\%$, $S3-S4=2.45\%$, $S4-S5=2.32\%$, con una pérdida total del 7.57%.
- Las pérdidas de caudal se deben principalmente por infiltración durante el recorrido natural del río. El promedio estimado de pérdidas por evapotranspiración es de $0.053 \text{ m}^3/\text{s}$. El promedio de pérdidas neto del río estimado en el tiempo que se han realizado los aforos fue del $1.251 \text{ m}^3/\text{s}$.
- La eficiencia de conducción que tiene el río Olmos de manera natural, en el trayecto de estudio es del 92.43%.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda los meses de abril y mayo para la selección y medición de caudales en el río Olmos.
- Se recomienda aforar el río en zonas que faciliten el acceso desde la carretera, además utilizar un equipo especializado como el (OTT MF PRO) y se recomienda antes de hacer cualquier medición, calibrar en húmedo y en mojado el correntómetro para su correcto funcionamiento ya que evita alteración en los resultados y arroja mediciones más precisa, lo que simplifica la labor en campo y gabinete.
- Se recomienda realizar un recorrido minucioso a lo largo del tramo a estudiar y medir para estimar los aportes y pérdidas que existen a lo largo del trayecto, tales como las quebradas y las tomas, además contar con datos metrológicos para la estimación de pérdidas por evaporación.
- Las pérdidas en el tramo de la Bocatoma La Juliana y la Quebrada Lajas son en su mayoría debido a las tomas de las aguas, lo que genera conflictos sociales, lo que se recomienda dialogar y llegar a un consenso con los actores de dichas tomas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2009). Obtenido de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/diagnostico_situacional_de_recarga_de_acuiferos_0.pdf
- ANA. (23 de Julio de 2015). *Autoridad Nacional del Agua realiza por primera vez medición de caudales de los ríos Madre de Dios y Tambopata*. Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-realiza-por-primera-vez-medicion-de-caudales-de-los-rios-madre>
- ANA. (23 de Marzo de 2016). *Se realiza campaña de aforos para medición de caudales en red hidrológica de los ríos Chira y Piura*. Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/noticia/se-realiza-campana-de-aforos-para-medicion-de-caudales-en-red-hidrologica-de-los-rios-chira>
- ANA. (2019). *Ley de Recursos Hídricos y su Relación con los Caudales Ecológicos/Ambientales*. Obtenido de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/caudal_ecologico_0_0.pdf
- Arboleda Orozco, J. F., Felipe-Obando, O., & Yerrén Suarez, J. E. (2018). *Manual de Hidrometría*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Obtenido de <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/264>
- Azabache Labrín , M. P., & Quiroz Serquen , G. E. (2017). Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4079/Tesis%20Estrat%C3%A9gia%20Competitiva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología aplicada*. Mc Graw Hill .
- Chow, V. T. (2004). *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia : MC Graw Hill.
- Cieza Vásquez , J. (2019). *Determinación de la rugosidad "n" del cauce del río cumbaza sector puente Atumpampa por el método de Cowan*. Obtenido de https://www.academia.edu/36552542/DETERMINACION_DE_LA_RUGOSIDAD_n_DEL_CAUCE_DEL_RIO_CUMBAZA_SECTOR_PUE

NTE_ATUMPAMPA_POR_EL_M%C3%89TODO_DE_COWAN_HIDRAULICA_DE_RIOS

- Coliqueo, M. A. (2016). Pérdidas de carga de un fluido en conductos abiertos o canales. Obtenido de https://prezi.com/eupx_5_usnz9/perdida-de-carga-hidraulica-de-un-fluido-en-canales-abiertos/
- ElectroAndes. (2008). *Pérdidas hidráulicas en las trayectorias correspondientes a las centrales hidroeléctricas de ElectroAndes s.A.* Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/AudPublicas/Audiencia21052008/RR%20341%20ELECTROANDES.pdf>
- eoi. (2015). *Caudales en rios. Instrumentos de medida y redes.* Obtenido de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20192/caudales-en-rios-instrumentos-de-medida-y-redes>
- Equipamiento Científico . (2019). Obtenido de <http://www.equipamientocientifico.com/shop/product/correntometro-medidor-de-flujo-electromagnetico-ott-mf-pro-5229>
- Escuela Técnica Superior Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (2018). *Hidraulica Fluvial.* Universidad de La Coruña. Obtenido de ftp://ceres.udc.es/ITS_Caminos/1_Ciclo/Hidraulica_Hidrologia_II/tema_Hidraulica_Fluvia.pdf
- Espinosa Martínez, S., & Custodio, E. (2016). Estimación de la escorrentía superficial para el cálculo de la recarga a los acuíferos del macizo kárstico de los Ports de Beseit (Tarragona, España) combinando balance de agua en el suelo y análisis de hidrogramas de caudales. *Estudios Geológicos*, 1-20. doi:doi: <http://dx.doi.org/10.3989/egeol.42132.374>
- FAO. (2019). *Eficiencia de riego.* Obtenido de <http://www.fao.org/search/en/?cx=018170620143701104933%3Aqq82jsfba7w&q=eficiencia+del+riego&cof=FORID%3A9&siteurl=www.fao.org%2Fhome%2Fen%2F&ref=&ss=8487j30314713j23>
- FAO. (2019). *PERMEABILIDAD DEL SUELO.* Obtenido de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm
- Forero Pomar, C. (Agosto de 2018). *Geometría en los canales.* Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/13794767/>

- Gobierno Regional Lambayeque. (2019). Obtenido de <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/26521?pass=MTA1Nw==>
- Goicochea, R. (2013). *Determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego Huayrapongo, distrito de Baños del Inca-Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Gonzalez Espinoza, F. M., & Ortegon Carreno, J. D. (2016). *Cálculo del caudal de la cuenca hidrológica de la quebrada Guaguaqui, del departamento de Boyacá, por el método racional*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3184>
- H2Olmos y Gobierno Regional Lambayeque. (11 de junio de 2010). Obtenido de http://www.peot.gob.pe/olmos/riego/IP/Contrato_Irrigacion_Olmos.pdf
- iaqua. (03 de Marzo de 2017). *Medición de caudales. Cómo, cuándo y dónde*. Obtenido de <https://www.iaqua.es/blogs/conoce-che-y-gestion-agua/medicion-caudales-como-cuando-y-donde>
- Ingecivil. (16 de Enero de 2018). Obtenido de <https://www.ingecivil.net/2018/01/16/elementos-geometricos-de-la-seccion-transversal-de-un-canal/>
- ISO 748. (2009). *UNE - Normalización Española*. Obtenido de UNE-EN ISO 748:2009: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0043487>
- La República. (16 de Enero de 2019). *Valle Viejo de Olmos en jaque por desavenencias entre PEOT y agricultores por entrega del agua*. Obtenido de <https://larepublica.pe/sociedad/1395469-valle-viejo-olmos-jaque-desavenencias-peot-agricultores-entrega-agua/>
- Luna Romero , Á. (2016). *Estimación de escorrentía media anual en la cuenca andina amazónica, incorporando tipos de vegetación en modelo Budyko*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2782>
- Mamani Ramos, A. (2017). *Estimación de caudal base en ríos mediante balance hídrico superficial y subterráneo, caso estudio microcuenca del río Chumpe Yauli-Junin*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8200>

- Marbello, R. (26 de Agosto de 2013). *Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia . Obtenido de <https://es.slideshare.net/DanNiel5/perdidas-por-friccion-y-locales>
- Martínez, A. (2012). *Conducciones abiertas. Canales*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real - Cátedra de Ingeniería Rural.
- Moreno , L., & Duitama, F. (2015). Estimación de caudales en la cuenca media del Río Magdalena empleando el método de transposición de caudales. *Revista Tekhnê*, 39-48. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/10440>
- Núñez Rafaél, R. (2013). *Determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego del centro poblado Tartar Distrito de Baños del Inca - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/514/T%20627.52%20N962%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortega, G. S. (2014). *Instructivo de medición de caudal*. Áncash: Sistema de Gestión de Calidad. Obtenido de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO_DE_MEDICIÓN_DE_CAUDAL_ANEXO_INF.CO RREGIDO_Gul_iana.pdf
- PEOT. (Enero de 2018). *Pruebas de correntómetros con prueba de caudal*. Obtenido de <http://www.peot.gob.pe/imagenes/boletin2018.pdf>
- Pino, L. (2016). *CENTRO DE GRAVEDAD Y PENDIENTE LONGITUDINAL DE UN RÍO*. Obtenido de https://www.academia.edu/29200017/CENTRO_DE_GRAVEDAD_Y_PENDIENTE_LONGITUDINAL_DE_UN_R%C3%8DO
- PSI - Sierra. (2013). *Guía de capacitación t entrenamiento a las OUAs - Hidrometría* . Obtenido de <http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2017/01/Guia-de-Capacitacion-Entrenamiento-Hidrometria.pdf>
- Rocha, A. (1998). *Introducción a la Hidráulica Fluvial*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://apiperu.com.pe/wp-content/uploads/presentaciones/articulos-y-libros/hidraulica_fluvial.pdf
- Rodríguez, P. (2008). *Hidráulica II*. México.

- Semanario Expresión. (2019). Obtenido de <https://semanarioexpresion.com/Presentacion/noticia2.php?noticia=1525&categoria=Columnas&edicionbuscada=1097>
- Torres Ramos, P. (2018). *Caudales, aforos y cálculos de la persistencias*. Moquegua: Universidad José Carlos Mariátegui. Obtenido de <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/ujcm/340>
- Universidad Nacional del Nordeste. (2005). *Hidrometría*. Argentina. Obtenido de <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidr.pdf>
- Vélez Otálvaro, M., & Vásquez Ariza, L. (2019). *Métodos para determinar la recarga en acuíferos*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/4442/1/EA3760.pdf>

ANEXOS

ANEXO 01: Reconocimiento de punto de referencia, Bocatoma la Juliana



ANEXO 02: Identificación de puntos de medición



ANEXO 03: Identificación de tomas de agua





ANEXO 04: Identificación de puntos de medición por el puente el Silencio





ANEXO 05: Coordenadas del punto de medición, GPS Garmin



ANEXO 06: Caudal de un tramo de la sección dos con el OTT MF PRO



ANEXO 07: Seccionamiento, medición de área y velocidad en 3 puntos para el cálculo del caudal de las secciones seleccionadas



ANEXO 08: Esquema hidráulico figura 11

