



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL- UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: ROSALES CUEVA Juan Carlos

Código de alumno: 112.0304.288 Teléfono: 931002128

Correo electrónico: rosalescueva.j@gmail.com DNI o Extranjería: 71525469

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller Título Segunda especialidad

Licenciado Magister Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

"MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING
EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR
RECUAY- CARHUAZ - ANCASH, 2019"

5. Facultad de: CIENCIAS AGRARIAS

6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERÍA AGRÍCOLA

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: DÍAZ SALAS Abelardo Manrique Teléfono: 943847528

Correo electrónico: abelardo_mad@hotmail.com DNI o Extranjería: 31609342

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: 71525469

FECHA: 28 / 02 / 2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO
SANTA, SECTOR RECUAY – CARHUAZ - ANCASH, 2019”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

Bach. ROSALES CUEVA Juan Carlos

Patrocinador:

PhD. DÍAZ SALAS Abelardo Manrique

Huaraz, Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY – CARHUAZ - ANCASH, 2019", presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola ROSALES CUEVA JUAN CARLOS, y sustentada el día 05 de Febrero del 2020, por Resolución Decanatural N° 054-2020-UNASAM-FCA/D, la declaramos CONFORME.

En consecuencia, queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 05 de Febrero del 2020

Dr. APARICIO ROQUE Fidel Gregorio
PRESIDENTE

Mag. BAYONA ANTÚNEZ Remo Crisanto
SECRETARIO

Mag. MEJÍA ZUNIGA Eugenio Julián
VOCAL

PhD. DÍAZ SALAS Abelardo Manrique
PATROCINADOR





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola ROSALES CUEVA JUAN CARLOS, denominado: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY – CARHUAZ - ANCASH, 2019". Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

CON EL CALIFICATIVO (*)

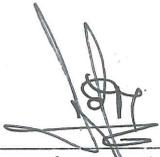
APROBADA
.....
QUINCE (15)
.....

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÍCOLA** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 05 de Febrero del 2020


Dr. APARICIO ROQUE Fidel Gregorio
PRESIDENTE


Mag. BAYONA ANTÚNEZ Remo Crisanto
SECRETARIO


Mag. MEJÍA ZUÑIGA Eugenio Julián
VOCAL


PhD. DÍAZ SALAS Abelardo Manrique
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA** (19 – 20), **APROBADO CON DISTINCIÓN** (17 – 18), **APROBADO** (14 -16), **DESAPROBADO** (00 – 13).



DEDICATORIA

A Dios

Por haberme brindado la vida y haberme permitido llegar hasta este punto, por estar conmigo en cada paso que doy y haberme concedido salud para lograr mis objetivos, además de su bondad infinita y amor.

A mis padres

Timoteo e Hirma, por haberme apoyado en forma incondicional, en toda mi formación profesional, por la motivación constante, por sus consejos, sus valores y paciencia que me ha permitido ser una persona de bien, pero, sobre todo por su amor brindado.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme con el regalo de la vida, salud, sabiduría y perseverancia.

A mi familia que fue mi fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida, mis padres que sin su ayuda hubiera sido imposible culminar mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola (EPIA) y docentes, por haberme brindado sus conocimientos en mi formación profesional.

Un agradecimiento particular al PhD. Díaz Salas Abelardo Manrique, que como asesor de tesis me ha orientado y corregido en mi labor científica con un interés único de aportar conocimientos que contribuyan al desarrollo de nuestra profesión y de nuestra región.

A mis jurados: Dr. Aparicio Roque Fidel Gregorio, Mag. Bayona Antúnez Remo Crisanto y Mag. Mejía Zuñiga Eugenio Julián por sus valiosos aportes, sugerencias y correcciones realizadas en el texto.

¡Gracias!

LISTA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRAC	xiii

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.2.1 Formulación del problema.	3
1.3 Justificación e Importancia de la Investigación	3
1.3.1 Justificación.	3
1.3.2 Importancia.	4
1.3.3 Delimitación.	4
1.4 Hipótesis	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo General.	5
1.5.2 Objetivos Específicos.	5
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Antecedente del Tema	6
2.2 Marco Teórico	8
2.2.1 Rugosidad del cauce.	8
2.2.2 Flujo uniforme.	8
2.2.3 Desarrollo del flujo uniforme y de sus ecuaciones.	8
2.2.4 Selección del coeficiente de rugosidad de Manning.	11
2.2.5 La capa límite.	13
2.2.6 Distribución de velocidades en flujo turbulento.	17
2.2.7 Métodos para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning.	21
2.2.8 La granulometría de lecho de fondo.	24
2.2.9 Aforo con Correntómetros o Molinetes.	25
2.2.10 Correlación y Regresión.	28
2.2.11 Definición de términos.	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1 Tipo de Investigación	33
3.2 Diseño de Investigación	33
3.3 Descripción de la Zona de Estudio	33
3.3.1 Ubicación política.	33
3.3.2 Ubicación geográfica.	33

3.4 Materiales	34
3.4.1 Información cartográfica.	34
3.4.2 Información topográfica.	34
3.4.3 Información hidráulica.	34
3.4.4 Materiales y equipos.	34
3.5 Metodología	35
3.5.1 Fase de campo.	35
3.5.2 Fase de gabinete.	36
3.6 Población	41
3.7 Muestra	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
4.1 Resultados	42
4.1.1 Descripción de los puntos de muestreo.	42
4.1.2 Parámetros hidráulicos de las secciones transversales.	44
4.1.3 Coeficiente de rugosidad por método de medición de velocidades.	46
4.1.4 Coeficiente de rugosidad por método de la ecuación de Manning.	46
4.1.5 Coeficiente de rugosidad mediante medición de rugosidad.	47
4.1.6 Coeficiente de rugosidad por método Cowan.	49
4.1.7 Diámetros representativos del lecho de río.	49
4.1.8 Relación de los coeficientes de rugosidad con los diámetros efectivos de lecho de río.	50
4.1.9 Obtención del modelo de estimación del coeficiente de rugosidad.	72
4.1.10 Validación de modelo.	73
4.1.11 Comparativo entre los coeficientes de rugosidad de Manning.	74
4.2 Discusiones	75
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1 Conclusiones	77
5.2 Recomendaciones	79
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	80
VII. ANEXO	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios y valores numéricos para la ecuación de Cowan.	23
Tabla 2. Puntos de aforo (PA) en el río Santa, sector Recuay – Huaraz.	42
Tabla 3. Profundidad normal (y) en cada sección transversal de PA.	44
Tabla 4. Velocidades en cada sección transversal de punto de aforo.	44
Tabla 5. Relación de velocidades (X) en cada sección transversal.	45
Tabla 6. Área mojada (A), perímetro mojado (P) y el radio hidráulico (R) en cada sección transversal.	45
Tabla 7. Pendientes.	45
Tabla 8. Coeficiente de rugosidad de Manning por el método de la medición de velocidades.	46
Tabla 9. Coeficiente de rugosidad de Manning por el método de la ecuación de Manning.	46
Tabla 10. Altura de rugosidades (k) y función $\emptyset(R/k)$.	47
Tabla 11. Coeficiente de rugosidad de Manning por método Cowan.	49
Tabla 12. Resumen de los diámetros efectivos de las partículas del lecho de río en los puntos de aforo.	49
Tabla 13. Análisis estadístico del Modelo Lineal entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.	69
Tabla 14. Análisis estadístico del Modelo Exponencial entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.	69
Tabla 15. Análisis estadístico del Modelo Potencial entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.	70
Tabla 16. Análisis estadístico del Modelo Logarítmico entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.	70
Tabla 17. Análisis estadístico del Modelo Lineal y Exponencial entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.	71

Tabla 18. Análisis estadístico del Modelo Potencial y Logarítmica entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.	71
Tabla 19. Modelos de regresión por cada método de estimación desarrollado.	72
Tabla 20. Estimación de n de Manning con los modelos encontrados.	73
Tabla 21. Comparativo de los n de Manning por los métodos de estimación.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución típica de velocidades en un cauce natural que más se ajusta a la realidad.	15
Figura 2. Características de las verticales de la sección transversal en el punto de aforo.	17
Figura 3. Función $\phi R/k$.	20
Figura 4. Curva granulométrica (acumulada) continua.	25
Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología aplicada.	37
Figura 6. Representación gráfica de la influencia de la altura de rugosidad (k) sobre el coeficiente de rugosidad (n).	47
Figura 7. Representación gráfica de $\emptyset(R/k)$ y R/k .	48
Figura 8. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d10, d30 y d50.	51
Figura 9. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d60, d84 y d90.	51
Figura 10. Relación de n de Manning (Manning) vs d10, d30 y d50.	52
Figura 11. Relación de n de Manning (Manning) vs d60, d84 y d90.	53
Figura 12. Relación de n de Manning (Cowan) vs d10, d30 y d50.	53
Figura 13. Relación de n de Manning (Cowan) vs d60, d84 y d90.	54
Figura 14. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d10, d30 y d50.	55
Figura 15. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d60, d84 y d90.	55
Figura 16. Relación de n de Manning (Manning) vs d10, d30 y d50.	56
Figura 17. Relación de n de Manning (Manning) vs d60, d84 y d90.	57
Figura 18. Relación de n de Manning (Cowan) vs d10, d30 y d50.	58
Figura 19. Relación de n de Manning (Cowan) vs d60, d84 y d90.	58
Figura 20. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d10, d30 y d50.	59
Figura 21. Relación de n de Manning (Med. Velc.) vs d60, d84 y d90.	60
Figura 22. Relación de n de Manning (Manning) vs d10, d30 y d50.	61
Figura 23. Relación de n de Manning (Manning) vs d60, d84 y d90.	61
Figura 24. Relación de n de Manning (Cowan) vs d10, d30 y d50.	62

Figura 25. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .	62
Figura 26. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .	63
Figura 27. Relación de n de Manning (Med. Velc.) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .	64
Figura 28. Relación de n de Manning (Manning) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .	65
Figura 29. Relación de n de Manning (Manning) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .	65
Figura 30. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .	66
Figura 31. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .	67
Figura 32. Relación entre los modelos encontrados y el n de Manning.	74
Figura 33. Tramo del punto de aforo 01 – distrito de Catac.	84
Figura 34. Tramo del punto de aforo 02 – distrito de Ticapampa.	84
Figura 35. Tramo del punto de aforo 03 – distrito de Recuay.	85
Figura 36. Tramo del punto de aforo 04 – distrito de Olleros.	85
Figura 37. Tramo del punto de aforo 05 – distrito de Huaraz.	86
Figura 38. Tramo del punto de aforo 06 – distrito de Independencia.	86
Figura 39. Tramo del punto de aforo 07 – distrito de Jangas.	87
Figura 40. Tramo del punto de aforo 08 – distrito de Pariahuanca.	87
Figura 41. Aforo de caudal en la sección transversal de río.	88
Figura 42. Toma de datos de aforo de caudal.	88
Figura 43. Nivelación del tramo de estudio.	89
Figura 44. Toma de datos de las pendientes del tramo de estudio.	89
Figura 45. Extracción de material de lecho de río.	90
Figura 46. Muestra de material por punto de aforo.	90
Figura 47. Secado de muestra - Análisis granulométrico en laboratorio.	91
Figura 48. Tamizado - Análisis granulométrico en laboratorio.	91

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación de los puntos de aforo (PA), sector Recuay – Carhuaz.	82
ANEXO 2. Progresiva de los puntos de aforo (PA).	83
ANEXO 3. Panel fotográfico.	84
ANEXO 4. Caudales en los puntos de aforo, sector de Recuay – Carhuaz.	92
ANEXO 5. Parámetros hidráulicos de la sección de aforo.	116
ANEXO 6. Pendientes del tramo en la sección de aforo.	124
ANEXO 7. Granulometría de los materiales del lecho de río.	125
ANEXO 8. Coeficiente de rugosidad por método de medición de velocidades.	133
ANEXO 9. Coeficiente de rugosidad por método de Cowan.	138

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue obtener un modelo para estimar el coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría en el río Santa, sector Recuay – Carhuaz. El estudio es de tipo aplicada, descriptiva, correlacional, transversal y no experimental. Para la estimación del coeficiente de rugosidad se realizó mediante los métodos: medición de velocidades, ecuación de Manning y Cowan, omitiendo el método de la medición de rugosidad que no establece directamente el valor de n , los mismos que nos arrojan un coeficiente de rugosidad promedio de 0.040 en el sector de estudio. Para la caracterización de los diámetros efectivos d_{10} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{84} y d_{90} del material de río, se realizó mediante el análisis granulométrico. Posteriormente se realizó el análisis de los datos utilizando el análisis estadístico de regresión lineal simple y no lineal entre las dos variables, para cada método de estimación y por cada diámetro efectivo con la prueba estadística de t de student. Para definir el modelo más adecuado se validó contrastando los n de los modelos obtenidos por cada método de estimación incluyéndose el método de medición de rugosidad, con los valores de n obtenidos por el método de la ecuación de Manning. Finalmente se presenta como resultado el modelo Potencial, tal que dicho modelo posee mayor coeficiente de determinación ($R^2 = 0.956$) entre los demás modelos, y cuya ecuación viene a ser: $n = 0.0429(d_{10})^{0.1371}$, donde n es el coeficiente de rugosidad de Manning y d_{10} es el diámetro efectivo del lecho del río (mm), tal que el 10% del material en peso es menor. La estimación del coeficiente de rugosidad con el modelo nos arroja un $n_{\text{promedio}} = 0.043$ a lo largo del sector de estudio, que es igual al promedio estimado por la ecuación de Manning, y que además es próximo al coeficiente de rugosidad media estimado por los métodos de estimación.

Palabras claves: coeficiente de rugosidad, diámetro efectivo, granulometría.

ABSTRAC

The objective of this research work was to obtain a model to estimate the Manning roughness coefficient based on the grain size in the Santa River, Recuay - Carhuaz sector. It was an applied, descriptive, correlational, transversal and non-experimental study. For the measurement of the roughness coefficient it was carried out by means of the methods: velocity measurements, Manning and Cowan equation, omitting the roughness measurement method that does not directly establish the value of n , the same that give us an average roughness coefficient of 0.040 in the study sector. For the characterization of the effective diameters d_{10} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{84} and d_{90} of the river material, it was carried out by granulometric analysis. Subsequently, the data analysis was performed using the simple and nonlinear linear regression statistical analysis between the two variables, for each method of modification and for each effective diameter with the student statistical test. To define the most appropriate model, it was validated by contrasting the n of the models obtained by each estimation method, including the roughness measurement method, with the values of n obtained by the Manning equation method. Finally, the Potential model is presented as a result, such model has a higher coefficient of determination ($R^2 = 0.956$) among the other models, and whose equation becomes: $n = 0.0429(d_{10})^{0.1371}$, where n is the Manning roughness coefficient and d_{10} is the effective diameter of the riverbed (mm), such that 10% of the material by weight is smaller. The roughness coefficient estimate with the model gives us an average = 0.043 throughout the study sector, which is equal to the average estimated by the Manning equation, and which is also close to the average roughness coefficient estimated by the methods of estimate.

Keywords: roughness coefficient, effective diameter, particle size.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La fórmula de Manning es uno de los métodos de aplicación más usados para determinar el caudal de flujo en ríos no aforados, y, entre los parámetros hidráulicos que éste hace uso (Radio hidráulico R , pendiente hidráulica S y área A), la dificultad se encuentra en el valor que se adopte del coeficiente de rugosidad. Aquella que puede describirse como la resistencia del cauce al escurrimiento del flujo.

Fernández et al. (2017) manifiestan que son múltiples los factores que afectan al coeficiente de rugosidad y que inciden directamente sobre el cálculo del caudal que circula por un cauce natural, por lo que debería prestarse mucha atención y dedicar una buena parte del tiempo a evaluar cada uno de los factores mencionados anteriormente, lo que permitirá obtener mejores resultados y conocer de mejor manera el funcionamiento hidráulico del tramo a analizar.

Los ríos en las zonas andinas de las regiones del Perú tienen características propias de ríos de montaña, entre las características más significativas, presentan sedimentos más gruesos y pendientes más elevadas a diferencia de ríos de llanura o planicie, por tal razón muchas de las investigaciones no se han desarrollado en ríos con similares características. En el río Santa, sector Recuay – Carhuaz, se hace necesario realizar estimaciones del valor del coeficiente de rugosidad de Manning con el fin de aplicarlas en los diseños hidrahulicos.

Con el presente estudio se pretende obtener un modelo de estimación del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría de lecho del río Santa en el sector Recuay - Carhuaz, con el fin de facilitar la obtención del coeficiente de rugosidad con solo realizar la granulometría. Para lograrlo primeramente se estimó los valores de la rugosidad por metodos propuestos en la literatura (medicion de velocidades, medicion de la rugosidad, manning y cowan), y luego se relacionó con los diámetros efectivos de la granulometría por cada punto de aforo, aceptándose al final el modelo que mejor se presente.

1.2 Planteamiento del Problema

La n de Manning es uno de los parámetros más importantes y necesarios en cualquier modelo hidráulico, estas situaciones contribuyen a generar resistencia al libre paso del flujo de los ríos a través de su cauce, por lo tanto este valor debe ser determinado adecuadamente para obtener resultados satisfactorios. (Fernández et al. 2017, pág 18)

El problema para la estimación de caudal mediante la ecuación de Manning radica en conocer el coeficiente de rugosidad n , que en gran parte, la falta de estudios sobre la estimación de n en los ríos del Perú, trae como resultado adoptar valores descubiertas en otros países y por ende asumir valores demasiado generalizados que muchas veces no son acordes para ríos de zonas andinas del país.

El sector en estudio, que forma parte del río Santa, desde el puente Catac aguas abajo hasta el distrito de Pariahuanca - Anta, aeropuerto aguas arriba, se caracteriza por tener ciertos sitios y/o zonas localizadas donde existe vulnerabilidad de peligros de desbordamientos, riesgo de inundación, y daño a diferentes obras de infraestructuras hidráulicas a causa de máximas avenidas en períodos de lluvias típicas del callejón de Huaylas, lo que conlleva a realizar diferentes obras de protección, y hacer uso del coeficiente de rugosidad en los diseños hidrológicos e hidráulicos.

Entre los tramos de Catac, Ticapampa y Recuay se presentan constantes afectaciones de las márgenes del río Santa perturbando áreas de cultivo y pastizales, en tramos de Huaraz e Independencia, existe riesgo de desbordamiento y afectación de viviendas ubicadas en fajas marginales y sitios vulnerables expuestos a sufrir daños de desastres, daños de obras de captación, etc. Así mismo, en tramos de Jangas a Parihuanca se presenta los mismos problemas anteriormente mencionados lo que hacen vulnerable a este sector del río Santa.

El crecimiento poblacional y la expansión urbana desordenada con viviendas asentadas a cercanías de márgenes del río Santa en Huaraz e Independencia, la extracción inadecuada de materiales de acarreo en Tacllan, Jangas y Pariahuanca, la ejecución inadecuada de obras hidráulicas, y la deforestación de riveras a lo largo de la zona en estudio, hace que se necesiten obras de protección, como es el caso Challhua- Huaraz.

El correcto uso del n de Manning en la aplicación de diseños hidráulicos y modelamientos, permiten determinar los niveles de aguas máximas, llanura de inundación, velocidades y otros parámetros hidráulicos, para avenidas extremas con diferentes períodos de retorno; y una de las formas de obtenerlo acercándose a un valor real, es desarrollando un modelo de estimación del coeficiente de rugosidad en función de la granulometría del río mediante los métodos de medición de velocidad y rugosidad (Ven Te Chow), Manning y Cowan.

1.2.1 Formulación del problema.

¿Cuál será el modelo para estimar el coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría en el río Santa en el sector Recuay – Carhuaz en la región Ancash?

1.3 Justificación e Importancia de la Investigación

1.3.1 Justificación.

La presente investigación tiene el propósito de obtener valores aproximados reales de coeficiente de rugosidad n de Manning del río Santa en el sector de estudio mediante el desarrollo de un modelo que permita estimar el valor de n con solo determinar el diámetro del material de lecho, haciendo mucho más sencillo su obtención de este valor. Motivo por el cual se hace uso de los métodos de estimación de medición de velocidad y de la rugosidad (Ven Te Chow), ecuación de Manning y Cowan relacionándolos con los diámetros efectivos de la granulometría.

Por otro lado, la investigación se efectuará porque es necesario que se dé correcto uso del coeficiente de rugosidad en los diseños y/o modelamientos hidráulicos e hidrológicos para propósitos de desbordamiento e inundaciones, y, además, porque no se dispone de una caracterización para los ríos de montaña del país como es el caso del río Santa.

1.3.2 Importancia.

El presente trabajo de investigación es importante porque trata de conocer el valor del coeficiente de rugosidad a lo largo del tramo del río Santa y hacer uso de este coeficiente en los diferentes diseños de estructuras hidráulicas sin sobrestimarlo o subestimarlos, puesto que tomar un valor incorrecto originará una reducción o aumento en los caudales, ocasionando un costo mayor en la aplicación de proyectos hidráulicos.

Además, los valores estimados ayudarán a resolver problemas prácticos y beneficiará a los profesionales que elaboran proyectos de diferentes estructuras hidráulicas, y como también alumnos que desean seguir investigando sobre el tema.

1.3.3 Delimitación.

La delimitación espacial abarca el sector de la cuenca del río Santa, las provincias de Recuay, Huaraz y Carhuaz, del Dpto. de Ancash. Se extiende desde aguas abajo del puente Catac - Recuay hasta aguas arriba del aeropuerto Anta - Carhuaz, entre una altitud de 3545 msnm y 2743 msnm respectivamente.

La delimitación temporal se prevé que el presente proyecto de investigación se realizará en los meses del período de estiaje típicas la sierra central de nuestra región, del mes de Junio a Setiembre.

El trabajo se realizará en épocas de estiaje en el sector Recuay - Carhuaz, por la limitación existente de no poderse aforar en épocas de avenidas debido al incremento del caudal de sus afluentes y del mismo río Santa. Agregándose también con ello el tema de costo.

1.4 Hipótesis

El modelo para estimar el coeficiente de rugosidad de Manning en función a la granulometría será aplicable para cálculos hidráulicos en el río Santa en el sector Recuay – Carhuaz en la región Ancash.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General.

Obtener un modelo para estimar el coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría del río Santa, sector Recuay – Carhuaz en la región Ancash.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Identificar estratégicamente los tramos de control y muestreo.
- Determinar los parámetros hidráulicos en las secciones transversales del cauce y las características granulométricas del material de fondo en los tramos de estudio.
- Estimar los coeficientes de rugosidad de Manning mediante los métodos de Ven Te Chow, Manning y Cowan.
- Verificar la relación que existe entre el coeficiente de rugosidad de Manning y la granulometría del río Santa, sector Recuay – Carhuaz.
- Contrastar el modelo propuesto con el método de la ecuación de Manning.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedente del Tema

Fernández et al. (2017) manifiestan en el artículo científico lo siguiente, **Objetivo:** Estimación de la n de Manning, empleando diferentes métodos que aparecen en la literatura, aplicando cada uno en una sección transversal del río Yanuncay en la ciudad de Cuenca, Ecuador. **Metodología:** Se procedió a la estimación del n Manning mediante varios métodos encontrados en la literatura entre las que se encuentran: el método de Cowan, método del Servicio de Conservación de Suelos (S.C.C), método de la medición de la velocidad, fórmulas empíricas y método basado en fotografías. **Conclusiones:** Este trabajo evidencia de forma clara la incertidumbre en la determinación de la n de Manning al aplicar los diferentes métodos y fórmulas que expone la literatura especializada, sin embargo, de un análisis preliminar se podría concluir que el método de las velocidades es el que más se acercaría a un valor real, ya que es menos subjetivo que los otros que basan su cálculo en tablas o fotografías, además considera la variación de la resistencia al flujo tanto en ancho como en profundidad de la sección transversal del río.

Además, se replicará la metodología presentada en este artículo en otros dos tramos que son susceptibles a desbordamientos e inundaciones que se estudiarán en un futuro cercano.

Burgos (2017) menciona lo siguiente, **Objetivo:** Estimar el coeficiente de rugosidad de Manning, mediante mediciones de velocidad, profundidad y secciones transversales, empleando un molinete hidrométrico, a lo largo del río Chonta, en la provincia de Cajamarca, distrito de Baños del Inca. **Metodología:** La metodología para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning emplea la distribución teórica de velocidades en canales rugosos y desarrolla dos aproximaciones: método de medición de velocidad y método de medición de la rugosidad expresado por Ven Te Chow. **Conclusión:** El coeficiente de rugosidad de Manning medio para los tramos en estudio encontrado es de 0.0301, cuyo valor en cualquier parte del tramo en estudio puede ser estimado mediante la siguiente ecuación: $n = 0.0438k^{\frac{1}{6}}$, donde “ n ” es el coeficiente de rugosidad de Manning y “ k ” es el diámetro representativo del lecho del río encontrado, cuyo valor es d_{30} . Así, esta ecuación resulta de considerar constante la función $\phi(R/k)$ cuyo valor es 0.0438.

La relación existente entre la rugosidad “ n ” obtenida mediante la metodología de Ven Te Chow y la rugosidad “ n ” obtenida mediante la fórmula de Manning no se encontraron ninguna relación entre ellas, ya que los valores obtenidos de “ n ” están fuera del rango aceptable de valores de coeficiente de rugosidad.

Osío et al. (2011) mencionan en el artículo científico lo siguiente. **Objetivo:** Estimación del coeficiente de rugosidad “ n ” de Manning utilizando las funciones de distribución de velocidades obtenidas mediante aforos realizados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables en los grandes ríos de Venezuela. **Conclusión:** La relación entre la altura de rugosidad (k) y el coeficiente de rugosidad “ n ” de Manning, se ajusta a una función logarítmica. La variabilidad de “ n ” en función de la altura de rugosidad (k) se puede describir mediante dos curvas envolventes (una interna y otra externa), para la estimación aproximada de los rangos de variación del coeficiente de rugosidad.

El valor de la rugosidad se puede estimar sobre la base de las características granulométricas del material de fondo, y considerando que la ecuación de Manning es uno de los métodos de estimación de flujos más conocidos y de aplicación universal, se puede concluir que el modelo encontrado para determinar “ n ”, está dado por la ecuación $n = 0.0336k^{\frac{1}{6}}$ que es útil y de fácil aplicación, donde k es considerado como el diámetro medio de las partículas de fondo.

Pastora (2010) manifiesta lo siguiente, **Objetivo:** Evaluar la ecuación de Manning para la determinación de caudales en corrientes de flujo de corriente natural en la región, a partir de datos de aforos de caudales en algunas corrientes de flujo natural y los resultados obtenidos con la fórmula de Manning. **Conclusión:** A través del método de la fórmula de Manning se obtuvo que los valores característicos para los coeficientes de rugosidad “ n ” son de 0.040 para la estación de Las Cruces el cual presenta característica de lecho con material arenoso con canto rodado de diámetros bajos y 0.121 para la estación Las Lechuzas la cual presenta características de lecho con material rocoso.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Rugosidad del cauce.

La rugosidad del cauce se entiende como la resistencia que ofrecen las paredes y el fondo del cauce de un río al paso de agua.

Fernández et al. (2017) menciona que:

El coeficiente de rugosidad de Manning debe ser entendida como un coeficiente de resistencia dinámica del cauce. Si no hay flujo no habrá resistencia y en la medida que el flujo se incremente y por tanto los niveles crezcan, los valores de resistencia se irán manifestando con diferentes magnitudes. (pág. 19)

2.2.2 Flujo uniforme.

Rocha (2007), menciona que:

En un canal con movimiento uniforme la profundidad y , el área A , la velocidad media V y el gasto Q son constantes en todas las secciones y la línea de energía, la superficie libre y el fondo son líneas paralelas, de modo que sus pendientes son iguales. (pág. 43)

$$S_E = S_W = S_O = S \quad [1]$$

Donde:

S_E : es la pendiente de la línea de energía

S_W : es la pendiente de la superficie libre

S_O : es la pendiente de fondo

En la práctica es muy difícil encontrar un movimiento que sea estrictamente uniforme. En muchos casos el flujo en canales y ríos se considera, desde el punto de vista del ingeniero, como uniforme. (pág. 44)

2.2.3 Desarrollo del flujo uniforme y de sus ecuaciones.

2.2.3.1 Expresión de la velocidad en flujo uniforme.

Chow (1994), menciona que:

Para los cálculos hidráulicos la velocidad media de un flujo uniforme turbulento en canales abiertos por lo general se expresa aproximadamente por

la llamada *ecuación de flujo uniforme* (pág. 89). En general, la velocidad media del flujo uniforme se describe por la siguiente fórmula:

$$V = CR^xS^y \quad [2]$$

Dónde: V es la velocidad media, R es el radio hidráulico, S es la pendiente de energía, x y y son exponentes, y C es un factor de resistencia al flujo.

Para propósitos prácticos, puede suponerse que el flujo en un canal natural es uniforme bajo condiciones normales, es decir, si no existen flujos de creciente o flujos notablemente variados causados por irregularidades en el canal. Al aplicar una ecuación de flujo uniforme a una corriente natural se entiende que el resultado es muy aproximado, debido a que las condiciones del flujo están sujetas a mas factores inciertos de los que se involucrarían en un canal artificial regular. (pág. 90)

En la práctica, son dos las ecuaciones mejor conocidas y utilizadas ampliamente para el flujo uniforme: la ecuación de Chézy, y la ecuación de Manning.

2.2.3.2 La ecuación de Chézy.

Chow (1994) menciona que, fue desarrollada por el ingeniero Chézy, que estableció la primera ecuación de flujo uniforme y se expresa como sigue:

$$V = C\sqrt{RS} \quad [3]$$

Donde: V es la velocidad media, R es el radio hidráulico, S es la pendiente de energía y C es un factor de resistencia al flujo que se determinan mediante tres ecuaciones (Ecuación de Ganguillet y Kutter, ecuación de Bazin y ecuación de Powell) (pág. 91)

2.2.3.3 La ecuación de Manning.

Chow (1994) menciona que, el ingeniero irlandés Robert Manning presentó la ecuación que, en unidades del SI, es:

$$V = \frac{R^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad [4]$$

Donde: n es el coeficiente de rugosidad, específicamente conocido como n de Manning.

Al comparar la ecuación de Chézy con la ecuación de ecuación de Manning, se tiene:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad [5]$$

Esta ecuación da una relación importante entre el C de Chézy y el n de Manning. (pág. 98)

2.2.3.4 Cálculo de flujo uniforme.

El caudal de flujo uniforme puede expresarse por:

$$Q = VA \quad [6]$$

Donde: Q es el caudal de agua, V es la velocidad media de agua en la sección y A es el área de la sección transversal (Guzmán & Vera, 2013, pag. 22)

2.2.3.5 Elementos geométricos de una sección de canal.

Chow (1994), manifiesta que:

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. (pág. 22)

A continuación, se dan las definiciones de varios elementos geométricos de importancia básica.

- *La profundidad de flujo, y* , es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre.
- El *nivel* es la elevación o distancia vertical desde un nivel de referencia o datum hasta la superficie libre. Si el punto más bajo de la sección de canal se escoge como el nivel de referencia, el nivel es idéntico a la profundidad de flujo.
- *El ancho superficial, T* , es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.
- *El área mojada, A* , es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de flujo.
- *El perímetro mojado, P* , es la longitud de la línea de intersección de la superficie de canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo.

- *El radio hidráulico, R* , es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado, o

$$R = \frac{A}{P} \quad [7]$$

La profundidad hidráulica D es la relación entre el área mojada y el ancho en la superficie, o

$$R = \frac{A}{T} \quad [8]$$

- *Radio hidráulico, R* , en un canal muy ancho. (pág. 23)

$$R = y \quad [9]$$

2.2.4 Selección del coeficiente de rugosidad de Manning.

Chow (1994) menciona que “al aplicar la ecuación de Manning, la mayor dificultad está en la determinación del coeficiente de rugosidad n , ya que no existe un método exacto para la selección de este valor.” (pág. 98)

2.2.4.1 Enfoques generales para la determinación correcta del coeficiente de rugosidad.

Chow (1994) indica:

Cuatro enfoques generales; éstos son: 1) entender los factores que afectan el valor de n con el fin de adquirir el conocimiento básico del problema y disminuir el rango de incertidumbre, 2) consultar una tabla de valores comunes de n para canales de diferentes tipos, 3) examinar y familiarizarse con la apariencia de algunos canales comunes cuyos coeficientes de rugosidad se conocen, y 4) *determinar el valor de “ n ” mediante un procedimiento analítico basado en la distribución de velocidades teóricas en la sección transversal de un canal y en los datos de medición de velocidad.* (pág. 99)

2.2.4.2 Factores que afectan el coeficiente de rugosidad de Manning.

Chow (1994) define que:

El valor de n es muy variable y depende de un cierto número de factores. Para seleccionar el valor de n apropiado para diferentes condiciones de diseño, resulta muy útil tener un conocimiento básico de estos factores.

- a. **La rugosidad superficial.** Se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. Por lo general éste se considera como el único factor para la selección de un coeficiente de rugosidad, pero en realidad es sólo uno de varios factores principales. En general, granos finos dan como resultado un valor relativamente bajo de n , y granos gruesos, un valor alto de n .
- b. **Vegetación.** La presencia de vegetación reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo, este efecto depende de la altura de agua, densidad y distribución y del tipo de vegetación, esto influencia el valor de n .
- c. **La irregularidad del canal.** Hace referencia a las variaciones en las secciones transversales de un canal (forma, tamaño y perímetro mojado) a lo largo del canal. En canales naturales estas variaciones se deben a depósitos de sedimento, bancos de arena, crestas de presiones, fosas y montículos en el lecho del canal. Estas irregularidades producen rugosidad adicional.
- d. **Alineamiento del canal.** Curvas bruscas con meandros severos incrementan n , no así en curvas de radios mayores. El incremento del valor de n en una magnitud de 0.002 o 0.003 es una consideración adecuada en la mayor parte de canales con curvas pronunciadas, y puede inducir la acumulación de material flotante. En corrientes naturales, la presencia de meandros, pueden incrementar el valor de n hasta en un 30%.
- e. **Sedimentación y socavación.** Los procesos de sedimentación pueden producir cambios en un canal muy irregular en un canal moderadamente uniforme y disminuir n ; mientras tanto la socavación produce un incremento en el valor de n , esto dependerá mucho de la naturaleza del material.
- f. **Obstrucción.** Obstrucciones como troncos de árboles, desechos, pilotes de puentes, derrumbes, etc. producen cambios en el valor estimado de n , el grado de variación debido a las obstrucciones depende de la naturaleza, número, forma, tamaño y distribución de las mismas.

- g. **Tamaño y forma del canal.** No existe evidencia definitiva acerca del tamaño y la forma del canal como factores importantes que afecten el valor de n .
- h. **Nivel del agua y caudal.** El valor de n disminuye con el incremento en el nivel y caudal de agua. El calado, las irregularidades del fondo y si están cubiertas de pastos hacen que varíe el valor de n .
- i. **Cambio estacional.** Plantas acuáticas, hierbas y árboles presentes en el canal crecen en mayor o menor medida de acuerdo a las estaciones, la velocidad de este crecimiento produce cambios en el valor de n y estos cambios pueden producir variaciones en otros factores.
- j. **Material en suspensión y carga de lecho.** El material en suspensión y la carga de lecho ya sea en movimiento o no, consume energía y causa pérdida de altura e incrementa la resistencia al flujo. La resistencia de grano representa la rugosidad del lecho del canal que produce pérdidas de energía resultante de la fricción entre el agua y cada una de las partículas del lecho. (pág. 104)

2.2.5 La capa límite.

Rocha (2007) menciona que:

Cuando el flujo es laminar (o sea cuando no hay turbulencia) el gradiente de velocidades es muy grande. Al aumentar la velocidad, y por consiguiente el número de Reynolds y el grado de turbulencia, el gradiente de velocidades disminuye, tiende a uniformizarse. Llega un momento en el cual la turbulencia está plenamente desarrollada. (pág. 121)

En un flujo con turbulencia plenamente desarrollada la distribución de velocidades es casi uniforme en la sección. La influencia del contorno se limita a una capa, muy delgada, próxima a las paredes. Allí los esfuerzos viscosos son grandes y el gradiente de velocidad es intenso. A esta pequeña capa, se denomina capa límite. (pág. 121)

Chow (1994) menciona que:

Al comienzo del flujo en el canal el flujo es completamente laminar y se desarrolla una capa límite laminar a lo largo de la superficie del canal. La distribución de velocidades en la capa es casi parabólica. A medida que el

agua viaja en sentido aguas abajo en el canal, el flujo en la capa límite eventualmente cambiará a turbulento donde se desarrolla una capa límite turbulenta y la distribución de velocidades en esta capa es casi logarítmica.

Si a través del canal existen condiciones de flujo uniforme, la capa límite turbulenta se desarrollará por completo, de ahí en adelante la distribución de velocidades tendrá un patrón definido. (pág. 191)

2.2.5.1 Concepto de rugosidad superficial.

Chow (1994) menciona que:

La existencia de una subcapa laminar en la capa límite turbulenta ofrece una explicación pintoresca del comportamiento de la rugosidad superficial. Cuando se amplifica el perfil de la superficie de un canal, puede verse que la superficie se compone de picos y valles irregulares. La altura *efectiva* de las irregularidades que forman los elementos de la rugosidad se conoce como *altura de rugosidad (k)*. La relación k/R , de la altura de rugosidad con respecto al radio hidráulico se conoce como *rugosidad relativa*. (pág. 191)

2.2.5.2 Concepto de distribución de velocidades.

Según Tapia et al. (2012) “en canales y en cauces naturales, el flujo del agua es evidentemente tridimensional para cada punto de la corriente es decir, el vector velocidad tiene componentes en las tres direcciones.” (pág.8)

En términos de análisis, consideramos el caso más simple en el que se supone un ancho infinito y que solo se tiene influencia por el fondo del cauce, por lo que el flujo es analizado de la siguiente manera. “El flujo es bidimensional, en cada punto de la sección hay una velocidad particular V_h . La velocidad es máxima en la superficie y en el fondo es mínima”. (Rocha, 2007, pág. 16)

Tapia et al. (2012) menciona que si tomamos en cuenta otros factores que inciden en la distribución de velocidades como lo es la fricción que existe entre el agua y el aire, la geometría o configuración del fondo y taludes de la sección transversal, la rugosidad superficial, afectan la distribución típica de velocidades de la sección transversal de un río natural, teniéndose una distribución más compleja, la más simple puede ser similar a la de la Figura 1.

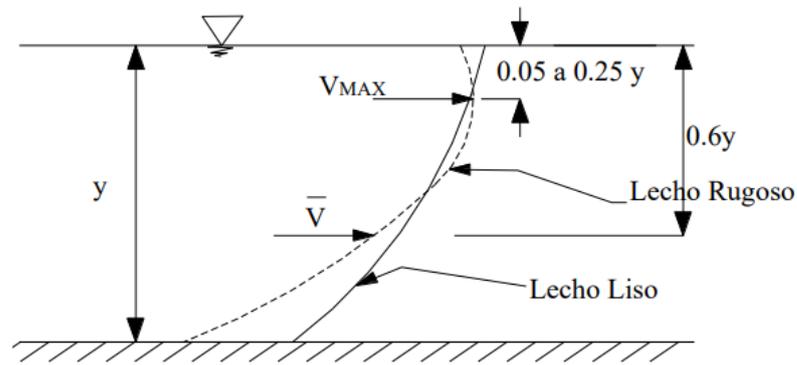


Figura 1. Distribución típica de velocidades en un cauce natural que más se ajusta a la realidad.

Fuente: Tapia et al, (2012), pág. 10

Nótese que la velocidad máxima no es presentada a nivel de la superficie libre del agua, sino que aparece a una pequeña profundidad (de 0.05 a 0.25 del tirante) y la velocidad mínima está en la proximidad del fondo y taludes del cauce. La velocidad media se localiza a una profundidad aproximada de 0.6 del tirante y es el promedio de la velocidad a 0.2 y 0.8 del tirante o bien entre 0.8 y 0.95 de la velocidad superficial. Dichas variaciones de la ubicación de la velocidad máxima y la velocidad media son debidas a las condiciones locales de la sección transversal.

2.2.5.3 Medición de velocidad y determinación de caudal en canales naturales.

Según Guzman y Vera (2013) “la velocidad del agua en una sección puede ser medida con diferentes equipos como molinetes, micro molinetes, equipos computarizados modernos como el Flowtracker, trazadores líquidos o sólidos, flotadores.” (pág. 22)

El caudal de agua puede ser calculado mediante la ecuación (6). “Si el flujo es continuo, el caudal constante a través del tramo de canal considerado, a partir de la ecuación (6), se tiene la ecuación de la continuidad para flujo continuo y permanente.” (Guzman y Vera, 2013, pág. 22)

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = \dots \quad [10]$$

Para la medición de la velocidad de acuerdo con el procedimiento de aforo de corrientes, se divide la sección transversal en franjas verticales sucesivas y las

velocidades medidas en las verticales se determinan midiendo la velocidad a 0.6 de la profundidad en cada vertical, o tomando el promedio de las velocidades a 0.2 y 0.8 de la profundidad, cuando se requieren resultados más confiables. El promedio de las velocidades medias en dos verticales adyacentes multiplicado por el área entre las verticales da el caudal a través de esa franja vertical de la sección transversal. La suma de los caudales a través de todas las franjas es el caudal total. La velocidad media de toda la sección es, por consiguiente, igual al caudal total dividido por el área completa (Chow, 1994, pág. 27)

La velocidad se puede medir de varias maneras en una vertical:

a) Velocidad media en un punto:

$$V_{media} = V_{0.6} \quad [11]$$

b) Velocidad media en dos puntos:

$$V_{media} = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2} \quad [12]$$

c) Velocidad media en tres puntos:

$$V_{media} = \frac{V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8}}{3} \quad [13]$$

Dónde:

$V_{0.2}$ = Velocidad medida a 0.2 de la profundidad, con respecto a la superficie.

$V_{0.6}$ = Velocidad medida a 0.6 de la profundidad, con respecto a la superficie.

$V_{0.8}$ = Velocidad medida a 0.8 de la profundidad, con respecto a la superficie.

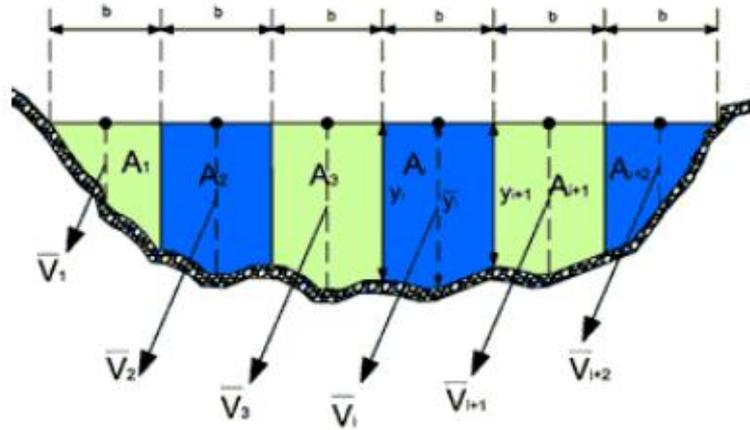


Figura 2. Características de las verticales de la sección transversal en el punto de aforo.

Fuente: Tapia et al, (2012), pág. 11

De la Figura 2, en una sección transversal del cauce natural.

V_{mi} = Es la velocidad media en cada franja vertical i

A_i = Es el área en la franja i

Q_i = Es el caudal en la franja i

Q = Es el caudal total en la sección transversal

2.2.6 Distribución de velocidades en flujo turbulento.

Según Chow (1994) indica que “la distribución de velocidades en un flujo uniforme en canales se vuelve estable cuando la capa límite turbulenta se encuentra completamente desarrollada. En la capa límite turbulenta puede demostrarse que la distribución es casi logarítmica.” (pág. 197)

2.2.6.1 Procedimiento analítico basado en la distribución de velocidades.

Osío et al. (2011) manifiesta:

Que de acuerdo con las acepciones de Prandtl para la capa límite turbulenta en el sentido de que la longitud de mezcla, l , es proporcional a la profundidad del flujo, y ; y , que la fuerza cortante, τ , es constante e igual al esfuerzo cortante unitario, τ_0 , se puede demostrar que se cumplen las dos siguientes igualdades:

$$V_f = \sqrt{gRS} = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \quad [14]$$

$$V = 2.5V_f \ln\left(\frac{y}{y_0}\right) \quad [15]$$

Donde:

V_f : Velocidad de fricción

g : Gravedad

R : Radio Hidráulico

S : Pendiente Hidráulica

τ_0 : Fricción unitaria en la capa límite

y_0 : Altura de rugosidad igual a $k/30$ para superficies rugosas

y : Distancia normal desde el fondo del canal

ρ : Densidad del fluido

k : Altura de rugosidad

V : Velocidad del agua

ν : Viscosidad cinemática

Las unidades se encuentran en el sistema internacional.

Mediante las ecuaciones que desarrollo (Chow, 1994). La ecuación (15) se conoce como la Ley Universal de Distribución de Velocidades de Prandtl-Von Karman, la cual viene a ser una función logarítmica que adopta las siguientes expresiones, para superficies lisas, con $y_0 = \nu/9V_f$, en la ecuación (15), se tiene:

$$V = 5.75V_f \log\left(\frac{9yV_f}{\nu}\right) \quad [16]$$

Cuando la superficie es rugosa, se encuentra que la constante y_0 depende de la altura de la rugosidad; es decir,

$$y_0 = mk \quad [17]$$

Donde, la constante m es igual aproximadamente a $1/30$. Al sustituir la ecuación (17) en la ecuación (15), y al simplificar para superficies rugosas, se tiene:

$$V = 5.75V_f \log\left(\frac{30y}{k}\right) \quad [18]$$

Esta ecuación da la distribución de velocidades en flujos turbulentos sobre superficies rugosas. Nótese que la altura de la rugosidad k en esta ecuación corresponde al diámetro medio de los granos de arena utilizados por Nikuradse. Luego, se conoce específicamente como *rugosidad de arena de Nikuradse*. (Chow, 1994, pág. 199)

2.2.6.2 Ecuaciones teóricas para flujo uniforme.

Al comparar la ecuación de Chezy con la ecuación de Manning puede verse que:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad [19]$$

y además Rocha (2007), menciona que para conductos rugosos;

$$C = 18 \log \frac{12.2R}{k} \quad [20]$$

Donde:

C es el coeficiente de Chezy. Sus dimensiones son $L^{1/2}T^{-1}$. Sus unidades son $m^{1/2}/s$ puesto que corresponde a \sqrt{g}

2.2.6.3 Interpretación teórica del coeficiente de rugosidad de Manning.

Para relacionar el coeficiente n de Manning con el valor teórico de la rugosidad del canal para superficies rugosas. Chow (1994) indica que:

Al eliminar el valor C de Chézy de las ecuaciones (19) y (20), el n de Manning puede expresarse como sigue:

$$n = \phi \left(\frac{R}{k}\right) k^{1/6} \quad [21]$$

Donde:

$$\phi\left(\frac{R}{k}\right) = \frac{(R/k)^{1/6}}{18 \log\left(\frac{12.2R}{k}\right)} \quad [22]$$

De las ecuaciones (21) y (22) se deduce que el valor de “k” está dado por:

$$k = \frac{12.2R}{10\left(\frac{R^{1/6}}{18n}\right)} \quad [23]$$

Donde k se conoce como la altura efectiva de las irregularidades que forman los elementos de la rugosidad. Se supone que k , es medido desde un plano de referencia horizontal, se localiza a una distancia de $0.5k$ por debajo del fondo promedio del canal; n es la rugosidad calculado por medición de velocidades.

La Figura 3 indica que para un amplio rango de R/k la variación en $\phi(R/k)$ es pequeña. Como una aproximación, $\phi(R/k)$ puede suponerse constante e igual a un valor promedio. Con base en observaciones reales hechas en Suiza, Strickler llegó a una ecuación que al compararse con la ecuación (21) da un valor promedio (unidades sistema ingles) de $\phi(R/k) = 0.0342$. La altura de rugosidad utilizada por Strickler es la del tamaño del tamiz mediano del material. Datos recolectados de algunas corrientes en el noroeste de los Estados Unidos y el río Mississippi, también se muestran en la Figura 3 para propósitos de comparación (Chow, 1994, pág. 202).

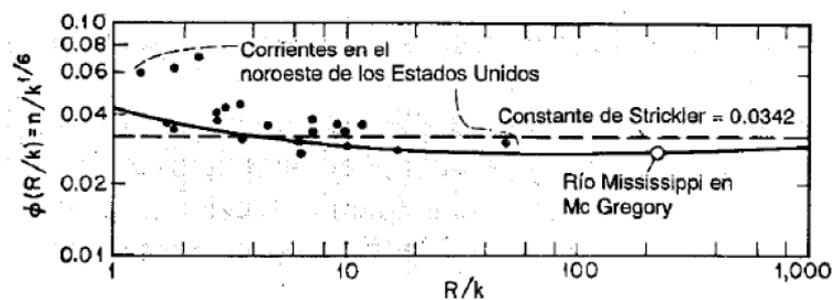


Figura 3. Función $\phi(R/k)$.

Fuente: Chow (1994), pág. 202

Chow (1994), con base en la distribución teórica de velocidades en canales rugosos, se han desarrollado dos aproximaciones para determinar el n de Manning.

2.2.7 Métodos para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning.

2.2.7.1 Método de medición de la velocidad.

Chow (1994) indica que:

Con referencia a la ley logarítmica de distribución de velocidades expresada en la siguiente ecuación:

$$V = 5.75V_f \log\left(\frac{30y}{k}\right) \quad [24]$$

Puede verse que la distribución de velocidades depende de la altura de la rugosidad, la cual puede relacionarse con el n de Manning mediante la ecuación número (21). En otras palabras, la rugosidad en términos del n de Manning puede tomarse como un factor dominante que afecta la distribución de velocidades. Si se conoce la distribución, el valor del n de Manning puede determinarse. Este concepto ha sido utilizado por Boyer y otros para la estimación del valor de n a partir de la distribución vertical de velocidades en una corriente.

Sea $V_{0.2}$ la velocidad a 2/10 de la profundidad, es decir, a una distancia $0.8y$ desde el fondo de un canal rugoso ancho, donde y es la profundidad de flujo.

Mediante la ecuación (24) la velocidad puede expresarse como:

$$V_{0.2} = 5.75V_f \log\left(\frac{24y}{k}\right) \quad [25]$$

De igual modo, sea $V_{0.8}$ la velocidad a 8/10 de la profundidad; entonces

$$V_{0.8} = 5.75V_f \log\left(\frac{6y}{k}\right) \quad [26]$$

Al eliminar V_f en las dos ecuaciones anteriores,

$$\log\frac{y}{k} = \frac{0.778x - 1.831}{1 - x} \quad [27]$$

Donde $x = V_{0.2}/V_{0.8}$. Al sustituir la ecuación (27) en la siguiente ecuación:

$$V = V_f \log\left(6.25 + 5.75 \log\frac{R}{k}\right) \quad [28]$$

Con $R = y$, y simplificando,

$$\frac{V}{V_f} = \frac{1.78(x + 0.95)}{x - 1} \quad [29]$$

A partir del valor del coeficiente de Chezy y la siguiente ecuación:

$$\frac{V}{V_f} = \frac{C}{\sqrt{g}} \quad [30]$$

Con $R = y$ se tiene,

$$\frac{V}{V_f} = \frac{y^{1/6}}{3.13n} \quad [31]$$

Al igualar las partes derechas de las ecuaciones (29) y (31) y al resolver para n , obtenemos la expresión que nos permitirá estimar el valor del coeficiente de rugosidad en función de la relación de velocidades.

$$n = \frac{(x - 1)y^{1/6}}{5.57(x + 0.95)} \quad [32]$$

La ecuación (32) proporciona el valor de “ n ” para canales rugosos de gran anchura con una distribución de velocidades. El valor de “ y ” representa la profundidad en la sección considera en metros.

2.2.7.2 Método de la medición de la rugosidad.

En este método se supone que la ecuación (22) para la función $\phi(R/k)$ es aceptable. Luego, el valor de n de Manning puede calcularse mediante la ecuación (21) cuando se conoce la altura de la rugosidad.

2.2.7.3 Método de la ecuación de Manning.

Se puede realizar haciendo uso de la ecuación de Manning, conociendo todos los parámetros que se involucran en dicha ecuación, los cuales son, el caudal Q , el Área A , la Velocidad Media V_m , el Radio Hidráulico R , y la pendiente media S . Una vez conocidos todos estos factores por medio de aforos realizados en el punto de interés se despeja la ecuación de Manning para obtener el valor de n , de la siguiente manera:

$$n = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{Q} \quad [33]$$

2.2.7.4 Método de Cowan.

Cowan, en 1956, desarrolló una expresión que permite determinar el valor del coeficiente de rugosidad de Manning a través de la interacción de diferentes parámetros que permiten describir o valorar características concretas de un cauce. La expresión es la siguiente:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5 \quad [34]$$

Los valores se obtienen de una tabla en función del material de perímetro, irregularidades, variación de la sección transversal, efecto de las obstrucciones, vegetación y curvatura/meandros en planta.

Donde:

n_0 : Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n_1 : Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.

n_2 : Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.

n_3 : Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.

n_4 : Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.

m_5 : Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

Tabla 1. Criterios y valores numéricos para la ecuación de Cowan.

Condición del cauce			Valores
Material considerado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020

Variación de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010 – 0.015
Efecto de las Obstrucciones	Insignificante	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 – 0.025
	Alta		0.025 – 0.050
	Muy alta		0.050 – 1.000
Cantidad de Meandros	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severa		1.300

Fuente: *Hidráulica de Tuberías y Canales, Arturo Rocha. (2007)*

2.2.8 La granulometría de lecho de fondo.

“Los lechos de los ríos pueden ser granulares o cohesivos. En el primer caso, el lecho está constituido por partículas sueltas de distintos tamaños. La propiedad de más importancia es el tamaño, como representación del volumen de la partícula.” (Burgos, 2017, pág. 16)

2.2.8.1 Análisis granulométrico.

Es un proceso que comprende la separación de partículas del suelo y permite calcular los porcentajes de participación de los granos, dependiendo de sus tamaños. Aquella que puede llamarse gradación del suelo.

2.2.8.2 Métodos de análisis granulométrico.

1. Método del tamizado.

Una vez que se pasa el suelo por la estufa y se pulverice, se hace pasar por una serie organizada de tamices, de agujeros con tamaños decrecientes y conocidos, desde arriba hacia abajo. El primer tamiz, es el de mayor tamaño y es donde inicia el tamizado. Se tapa con el fin de evitar pérdidas de finos; el último tamiz está abajo y descansa sobre un recipiente de forma igual a uno

de los tamices, y recibe el material más fino no retenido por ningún tamiz. (Castro, 2010)

Con sacudidas horizontales y golpes verticales, mecánicos o manuales, se hace pasar el suelo por la serie de tamices, de arriba abajo, para luego pesar por separado el suelo retenido en cada malla. (Castro, 2010)

En la Figura 4, se muestra la curva granulométrica con los diámetros representativos.

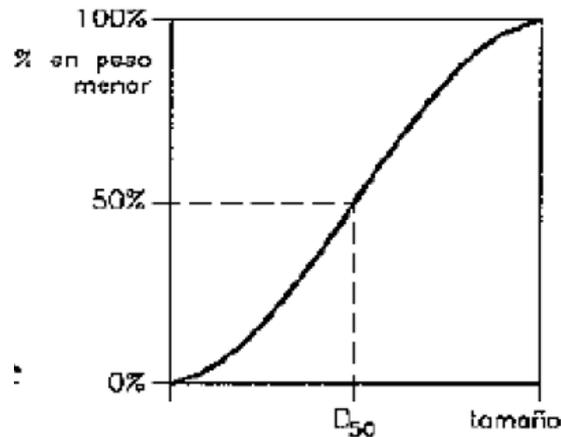


Figura 4. Curva granulométrica (acumulada) continua.

Fuente: Burgos (2017), pág. 17

La nomenclatura empleada se entiende para designar un tamaño: D_n es el tamaño tal que el $n\%$ del peso del material es menor que él (Burgos, 2017, pág. 17), o diámetro efectivo.

2.2.9 Aforo con Correntómetros o Molinetes.

Villón (2004) manifiesta que:

Para este método, se emplea el correntómetro o molinete. Estos son aparatos que miden la velocidad, en un punto dado del curso del agua. Esta velocidad es medida en los instrumentos, por medio de un órgano móvil, que detecta la velocidad de la corriente y transmite las indicaciones de un interruptor encargado de cerrar un circuito eléctrico, cuando ha dado un cierto número de vueltas, sobre un contador o contómetro (de impulsiones de sonido, señales luminosas, digitales, etc.)

2.2.9.1 Proceso para realizar el aforo.

Villón (2004) manifiesta que:

Para *calcular el área de la sección transversal*, se sigue el siguiente proceso:

Para iniciar un aforo, es necesario dividir la sección transversal (área hidráulica), en franjas, para esto:

- Medir el ancho del río (longitud de la superficie libre de agua o espejo de agua T_1) (ver Figura 2).
- Dividir el espejo de agua T_1 , en un número N de franjas (por lo menos $N = 10$), siendo el ancho de cada franja ($L_f = b$), (longitud de franja de la sección transv.) donde:

$$L_f = b = \frac{T_1}{N} \quad [35]$$

- Medir en cada vertical, la profundidad, y , puede suceder que en los márgenes la profundidad sea cero o diferente de cero.
- El área de cada tramo, se puede determinar como el área de un trapecio.

2.2.9.2 Criterio de selección para proceso de aforo.

Para el método de Ven Te Chow y Manning, López (2005) expone criterios de selección de datos mediante revisión bibliográfica o registros propios:

1. En el tramo de cauce **el flujo debe ser permanente**: en ríos dicha restricción se cumple con suficiente aproximación si los registros se han llevado a cabo evitando periodos de avenidas por precipitación, deshielo, entre otros.
2. En el tramo de cauce analizado **el flujo debe ser uniforme**: en rigor, la uniformidad de flujo requiere de un tramo de cauce prismático, es decir, de sección transversal, pendiente longitudinal y aspereza uniforme en el espacio. En lechos granulares, dado que las partículas no tienen la misma forma y que no se distribuyen en el lecho de igual modo, no sería posible hablar en términos absolutos o estrictos de cauce prismático, puesto que la rugosidad variara localmente.
3. Los tramos objeto de registro deben presentar una **alineación no sinuosa**: tal condición se impone a fin de eliminar o reducir las pérdidas de energía

causadas por los cambios de dirección del flujo en las sucesivas curvas en planta.

4. Los tramos estudiados deben de **carecer de obstáculos**: la presencia de obstáculos, tanto artificiales (pilas o estribos de puentes u obras de paso), como naturales (bolos de grandes dimensiones producto de caídas y deslizamientos de ladera), pueden provocar una pérdida de energía localizada importante.
5. Los tramos de los ríos **no deben encontrarse encausados**: se pretende evitar influencias de carácter artificial en ríos. Cualquier intervención sobre el propio tramo que impida ser considerado natural, al introducir un patrón geomorfológico artificial.
6. Los tramos de cause objeto de mediciones deben estar **desprovistos de vegetación**: tal condición pretende asegurar que la resistencia al flujo de contorno no pueda atribuirse en un grado relevante a la influencia de la vegetación.
7. El valor de d_{50} (diámetro para el que el 50% del conjunto de partículas granulares que conforman la superficie del cauce son menores) debe ser mayor o igual a 2 mm, lo que corresponde a ríos con lechos de grava, canto o bolo.
8. El flujo debe ser turbulento e hidráulicamente rugoso: el flujo es en la práctica siempre turbulento e hidráulicamente rugoso.
9. Los datos deben pertenecer a situaciones en las que **el flujo no se encuentre significativamente influenciado por las márgenes**: para cumplir con lo anterior se ha impuesto que la relación entre el ancho de la superficie libre y el calado medio de la sección (T/y) debe ser superior a 0.5, lo que para la inmensa mayoría de los casos se cumple holgadamente según características geomorfológicas de cauces naturales.
10. Los datos deben permanecer a casos de **flujo con baja concentración de transporte de sedimento**: dado que altas concentraciones de caudal sólido pueden modificar la forma sustancial las propiedades del fluido y del flujo.

2.2.10 Correlación y Regresión.

Según Villón (2005), define a la correlación como la asociación entre dos o más variables aleatorias, que explica sólo parcialmente la variación total de una variable aleatoria, por la variación de otras variables aleatorias involucradas en la ecuación de asociación. (pág. 268).

2.2.10.1 Coeficiente de correlación (r).

“Es el estadístico que permite medir el grado de asociación de dos variables linealmente relacionadas”. (Villón, 2005, pág. 269)

Para una muestra:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad [36]$$

Los valores de r se encuentran entre -1 y 1 y describen los varios grados de asociación.

Si X e Y son independientes: $S_{xy} = COV(x, y) = 0$, luego $r = 0$.

“La raíz cuadrada del coeficiente de determinación muestral, $\sqrt{r^2}$, es un índice alternativo común del grado de asociación entre dos variables cuantitativas” (UNAM, 2020, pág. 15). El coeficiente de correlación puede expresarse por la siguiente fórmula:

$$r = \sqrt{r^2} = R \quad [37]$$

Donde: r^2 es el coeficiente de determinación.

Propiedades

- a) Si $r > 0$, existe correlación directa o correlación positiva,
- b) Si $r < 0$, existe correlación inversa o correlación negativa.

Según López & Fachelli (2016), manifiesta la interpretación del coeficiente de correlación (pág. 13) de forma siguiente:

- $|r| = 0$ Correlación lineal nula, independencia lineal
- $0 < |r| \leq 0.2$ Correlación lineal muy débil

$0.2 < r \leq 0.5$	Correlación lineal débil
$0.5 < r \leq 0.7$	Correlación lineal media
$0.7 < r \leq 0.9$	Correlación lineal fuerte
$0.9 < r < 1$	Correlación lineal muy fuerte
$ r = 1$	Correlación lineal perfecta entre las variables

2.2.10.2 Coeficiente de determinación (r^2).

“Es la proporción o porcentaje de la variación total de la variable dependiente y , que es explicada por la variable independiente x ” (Villón, 2005, pág. 270). Varía de $0 < r^2 < 1$, de 0 a 100% y $r^2 = R^2$. Cuando mayor sea el R^2 , mayor será la fiabilidad de las predicciones y menores serán los errores predictivos.

López & Fachelli (2016) señalan comentarios en relación a la interpretación y utilización del coeficiente de correlación.

A la hora de comparar coeficientes de correlación es necesario ser cautos. En general se puede afirmar la mayor o menor fuerza de la relación entre variables pero no que es tantas veces más o menos fuerte. Para ello es mejor utilizar el cuadrado del coeficiente de correlación, R^2 , el llamado coeficiente de determinación, que se interpreta como la proporción de la variabilidad de una variable y explicada por otra x , es la variabilidad conjunta de las dos variables, (...), mientras que $1 - R^2$ es la variabilidad de y no explicada por otra x (a la expresión se le llama coeficiente de alienación) (pág. 17)

2.2.10.3 Regresión lineal simple.

Villón (2005), permite correlacionar entre una variable dependiente Y , y una variable independiente X , para completar datos o extender un registro. (pág. 273)

Ecuación de regresión

La ecuación general de la ecuación de regresión lineal es:

$$y = a + bx \quad [38]$$

Donde:

x : Variable independiente, variable conocida.

y : Variable dependiente, variable que se trata de predecir.

a : Intercepto, punto donde la línea de regresión cruza al eje y , es decir, valor de y cuando $x = 0$.

b : Pendiente de la línea o coeficiente de regresión, es decir, es la cantidad de cambio de y asociada a un cambio unitario de x .

Estimación de los parámetros a y b

Villón (2005), menciona que “la ecuación de regresión lineal $y = a + bx$ donde a y b son los parámetros de la ecuación. El método más utilizado para la estimación de los parámetros a y b es el de mínimos cuadrados” (p. 274).

Los parámetros a y b dadas por las fórmulas:

$$a = \frac{\sum yi \sum xi^2 - \sum xiyi \sum xi}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \quad [39]$$

$$b = \frac{n \sum xiyi - \sum xi \sum yi}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \quad [40]$$

2.2.10.4 Regresión no lineal simple.

“Existen varias relaciones no lineales, que con un artificio adecuado pueden reducirse a relaciones lineales” (Villón, 2005, pág. 281), las que se indican:

Ecuación de regresión

a. Exponencial

Esta dada por la siguiente ecuación:

$$y = ab^x \quad [41]$$

b. Potencial

Esta dada por la siguiente ecuación:

$$y = ax^b \quad [42]$$

c. Logarítmica

Esta dada por la siguiente ecuación:

$$y = a \ln x + b \quad [43]$$

Para la ecuación (41) tomando logaritmos neperianos, resulta:

$$\ln y = \ln a + x \ln b$$

$$\ln y = w \quad [44]$$

$$\ln a = a_1 \quad [45]$$

$$\ln b = b_1 \quad [46]$$

$$w = a_1 + b_1 x \quad [47]$$

Mediante la aplicación de mínimos cuadrados se estima a_1 y b_1 , y se trabajan con las variables x y $w = \ln y$.

Para la ecuación (42) tomando logaritmos neperianos, resulta:

$$\ln y = \ln a + b \ln x$$

$$\ln y = w \quad [48]$$

$$\ln a = a_1 \quad [49]$$

$$\ln x = z \quad [50]$$

$$w = a_1 + bz \quad [51]$$

Mediante la aplicación de mínimos cuadrados se estima a_1 y b , y se trabajan con las variables $z = \ln x$ y $w = \ln y$.

Para la ecuación (43) transformando resulta:

$$y = b + az \quad [52]$$

$$\ln x = z \quad [53]$$

Mediante la aplicación de mínimos cuadrados se estima b y a , y se trabajan con las variables $z = \ln x$ y y .

2.2.11 Definición de términos.

Canal: Conducto natural o artificial por donde fluye un líquido valiéndose únicamente de la acción de la fuerza de gravedad. Se caracteriza por presentar una superficie libre expuesta a presión atmosférica.

Canal natural: Cursos de agua que existen de manera natural en la tierra como: arroyuelos, arroyos, ríos, estuarios de mareas, entre otros.

Flujo uniforme: Si las características en un punto permanecen constantes para cualquier instante o si las variaciones son muy pequeñas con respecto a sus valores medios y estos no varían con el tiempo.

Flujo permanente: En un canal abierto es *permanente* si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.

Flujo no permanente: Es *no permanente* si la profundidad cambia con el tiempo.

Sección: Se refiere a la sección transversal de un canal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo.

Aforo: Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.

Correntómetro: Es el instrumento de precisión que mide la velocidad del agua en los puntos de medición de una sección de control, existen variedad de tipos de correntómetro de eje vertical y de eje horizontal.

Caudal medio: Promedio de los caudales diarios en un período determinado.

Riveras: Son las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendida entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias.

Fajas marginales: Son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales.

Modelo: Es toda esquematización de la realidad hecha con fines de estudio

Flowtracker: Dispositivo que hace posible conocer el valor, en el momento, del caudal circulante por una sección.

Peligro o amenaza: probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un lapso dado. El potencial de peligro se mide con su intensidad y periodo de retorno.

Vulnerabilidad: propensión de los sistemas expuestos (asentamientos humanos, infraestructura) a ser dañados por el efecto de un fenómeno perturbador.

Riesgo: probabilidad de que un peligro se convierta en un desastre. Combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Los factores que la componen son la amenaza y la vulnerabilidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de Investigación

Según su propósito la investigación es aplicada (se han aplicado los conocimientos ya establecidos para dar solución a la problemática) y de tipo descriptivo (esta investigación orienta al conocimiento de una realidad como se presenta en un espacio temporal determinado) y correlacional. De acuerdo a la evolución del fenómeno estudiado, el estudio es transversal.

3.2 Diseño de Investigación

Diseño no experimental (observacional) donde solo se puede describir o medir el fenómeno estudiado, no pudiendo modificar a voluntad propia ninguno de los factores que intervienen en el proceso.

De acuerdo al Enfoque es cuantitativo, permite examinar los datos de la investigación de forma numérica, utilizando la recolección de datos para probar la hipótesis.

3.3 Descripción de la Zona de Estudio

3.3.1 Ubicación política.

La investigación se realizó en el sector Recuay - Carhuaz, perteneciente a la cuenca del río Santa. Políticamente se encuentra en la región Ancash, provincias de Recuay, Huaraz y Carhuaz, comprende los distritos de Catac, Ticapampa, Recuay, Olleros, Huaraz, Independencia, Jangas, Tarica, Pariahuanca y Anta.

3.3.2 Ubicación geográfica.

Los tramos de estudio inician en las coordenadas UTM 8915258.00 m S, 233116.00 m E aguas abajo del puente Catac - Recuay y 8963881.28 m S, 215570.84 m E aguas arriba del aeropuerto Anta - Carhuaz, entre una altitud que varía de 3545 m.s.n.m y 2743 m.s.n.m respectivamente. En la parte media a alta de la cuenta del Santa. La ubicación del sector de estudio se muestra en el Anexo 1.

3.4 Materiales

3.4.1 Información cartográfica.

Se ha empleado las Cartas nacionales: 19-h (Carhuaz), 19-i (Huari), 20-h (Huaraz) y 20-i (Recuay), 21i (Chiquian), con escala 1:100 000, obtenido de la página web del MINEDU. Así también el Modelo de elevación digital (DEM), obtenido del Ministerio de Ambiente (MINAM), con una resolución de 30 metros.

3.4.2 Información topográfica.

Datos obtenidos mediante el uso de equipo topográfico realizado en cada uno de los puntos de aforo del sector de estudio.

3.4.3 Información hidráulica.

La información hidráulica utilizado en la investigación fue obtenido mediante Aforo por el Servicio de monitoreo de agua del Laboratorio de Calidad Ambiental (FCAM) – UNASAM, en el mes de setiembre del 2019, con el cual se trabajó en el desarrollo de la investigación.

3.4.4 Materiales y equipos.

3.4.4.1 *Materiales y equipos utilizados en campo.*

- Nivel de ingeniero.
- Mira.
- GPS.
- Wincha de 50 m.
- Cámara fotográfica.
- Recolector de muestras (Bolsas de plástico/ costalillos)
- Cuaderno de apunte y lapiceros.

3.4.4.2 *Laboratorio.*

- Tamices de diferentes diámetros de abertura, según norma ASTM.
- Horno de secado
- Balanza digital
- Recipientes.

3.4.4.3 Gabinete.

- Laptop personal Intel Core i5.
- Software: Paquete Microsoft Office 2016 (Excel, Power Point, Word), ArcGIS 10.3, AutoCAD 2019, Civil 3D 2019, Google Earth Pro, Global Mapper 19.
- Útiles de escritorio.

3.5 Metodología

Consistió en un trabajo de dos fases, la fase de campo y la fase de gabinete.

3.5.1 Fase de campo.

a. Recolección de información.

Primera fase de estudio que consistió en la recolección de datos en la zona de estudio.

Los datos para el modelo de estimación del coeficiente de rugosidad de Manning consistió en la recopilación de: parámetros hidráulicos de secciones transversales de los sitios específicos (profundidades de flujo, áreas mojadas, perímetros mojados, anchos superficiales), pendientes, material de lecho y las velocidades del flujo mediante aforo con un correntómetro. Así como también fotografías e imágenes satelitales.

Los aforos del río se realizaron en épocas de estiaje y/o periodo de aguas bajas (setiembre) debido a que en estas épocas el caudal se reduce y se pueden hacer los trabajos de medición de los parámetros con mínima dificultad y de forma adecuada.

b. Verificación y planificación en campo.

Consistió en la visita e inspección a los sitios específicos del sector de estudio. Al mismo tiempo se ha realizado las siguientes acciones, las cuales mencionamos a continuación:

- Reconocimiento del entorno y su ubicación de sitios específicos o puntos de muestreo (tramos). Se tomaron las coordenadas UTM y toma de fotografías.

- Considerando que existen tramos vulnerables a diferentes peligros naturales, se seleccionaron ocho puntos de aforo (PA) con su respectivo tramo de estudio. En el Anexo 1, se muestra la ubicación de los puntos de aforo donde se realizó la investigación.
- La toma de datos para el caudal se realizó mediante Aforo por el Servicio de monitoreo de agua del Laboratorio de Calidad Ambiental (FCAM) – UNASAM (Anexo 3, Figura 41 y 42), y para la pendiente se realizó por medición directa haciendo uso del nivel de ingeniero (Anexo 3, Figura 43 y 44).
- Se realizó la extracción de material de río en cada uno de los tramos específicos de las márgenes (Anexo 3, Figura 45 y 46), para su posterior análisis granulométrico en laboratorio (Anexo 3, Figura 47 y 48).

3.5.2 Fase de gabinete.

Completado la fase de campo se prosiguió con la fase de gabinete como se muestra en el diagrama de flujo metodológico de la investigación, Figura 5, del modelo de estimación del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría del río Santa, sector Recuay – Huaraz.

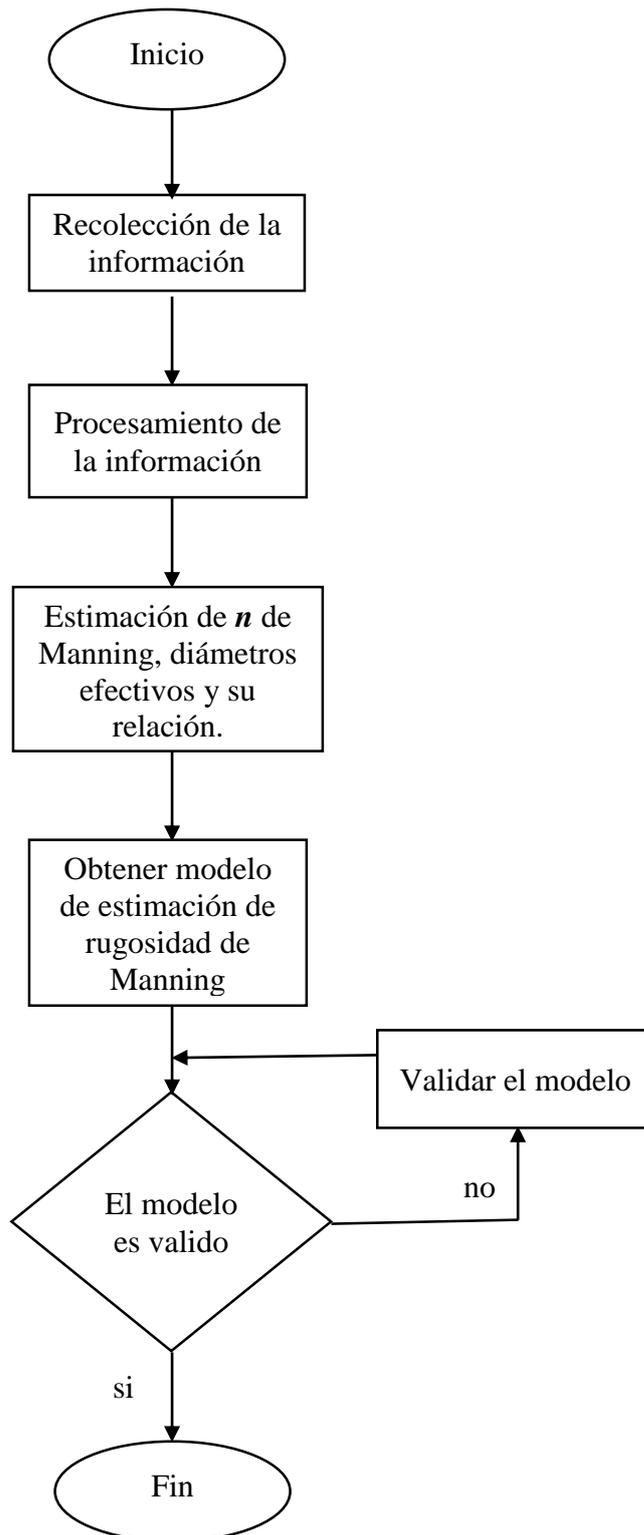


Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología aplicada.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.1 *Procesamiento de la información.*

Con la información recopilada se realizó el procesamiento de datos para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning con los métodos propuestos, relacionarlas, compararlas, y así finalmente obtener el modelo de estimación de rugosidad de Manning en función de la granulometría en el río Santa, sector Recuay – Carhuaz, objetivo del presente trabajo de investigación. Para esto se ha seguido el siguiente proceso:

1. Una vez realizado la selección de los puntos de aforo (muestras) y su respectivo tramo, se identificó las respectivas progresivas dando inicio desde el punto de aforo N° 01 (PA-01) con progresiva 0+000.00 Km, hasta el punto de aforo N° 08 (PA-08) con progresiva 58+024.35 Km. En el Anexo 2 se muestra todas las progresivas correspondientes.
2. Se dividió el ancho de la sección en un número de subsecciones mediante uso de la ecuación (35).
3. Los datos de aforo de río se muestran en el Anexo 4 que serán utilizados por cuatro métodos para la estimación del coeficiente de rugosidad n de Manning. El proceso se da a continuación por cada método utilizado.

a. Método de la medición de Velocidades.

De las curvas de distribución de velocidades se ha obtenido el valor correspondiente a la velocidad a dos y a ocho décimos de la profundidad ($V_{0.2}$ y $V_{0.8}$), es decir, a 0.8 y 0.2 respectivamente desde el fondo del canal. Por consiguiente, se aplicará la función de distribución de velocidades para el cálculo de n de Manning en cada subsección, en cada sección transversal de aforo aplicando la ecuación (32), conocido el tirante hidráulico, y , y la relación de velocidades X .

El valor de n para la sección total se estimó como la media de los valores de n de las diferentes subsecciones. También, se calculó la desviación estándar de n .

b. Método de la medición de rugosidad.

Para la obtención de n de Manning en función de la altura de la rugosidad (k) hacemos uso del parámetro R , y de las ecuaciones (23), (22) y (21).

c. Método de la ecuación de Manning.

- En el software AutoCAD se graficó las secciones de aforo, como se muestra en el Anexo 5, obteniéndose los valores de área hidráulica (A), y perímetro mojado, para luego obtener el valor del radio hidráulico (R) mediante la ecuación (7).
- Así mismo, se obtuvieron las pendientes del espejo de agua en los tramos de estudio del río, cuya medición se hizo mediante nivelación. Esta consistió en la relación entre la variación de las alturas (Δh) y una longitud (L) en tramos pequeños donde el espejo de agua se considera constante donde no existe turbulencia ni vorticidad, Anexo 6.
- Mediante la ecuación (33), se determinó la rugosidad n de Manning, conocido el A, R, S y el Q, área, radio hidráulico, pendiente y caudal respectivamente.

d. Método de Cowan.

Desarrolla un procedimiento para estimar el coeficiente de rugosidad mediante la ecuación (34) que hace uso de la Tabla 1 de las condiciones del cauce.

4. Para la granulometría del lecho de río una vez extraído de forma representativa por cada punto de aforo, se ha desarrollado el análisis granulométrico mediante el tamizado, utilizándose los tamices recomendados por la norma ASTM D - 422.
Se utilizaron los tamices desde la malla 3" hasta la malla N° 200. Para el análisis granulométrico se desarrolló las siguientes fases: cuarteo de la muestra, secado de muestra sin lavar en el horno, lavado por la malla N°200, secado de muestra lavado en horno, tamizado y pesado del material retenido en cada tamiz (Anexo 3, Figura 47 y 48).
5. Se obtuvieron ocho curvas granulométricas representativas como se muestra en el Anexo 7, con sus respectivos diámetros efectivos d_{10} , d_{30} y d_{60} ; también d_{50} , d_{84} y d_{90} para que posteriormente puedan ser utilizados en las ecuaciones de regresión.

3.5.2.2 *Obtener modelo de estimación de rugosidad de Manning.*

3.5.2.2.1 *Pasos para el análisis de regresión.*

Villón (2005), indica una serie de procesos que se detallan a continuación:

- Seleccionar una función de relación correlativa, lineal simple o no lineal.

$$y = a + bx \quad [54]$$

$$y = ab^x \quad [55]$$

$$y = ax^b \quad [56]$$

$$y = a \ln x + b \quad [57]$$

- Estimación de los dos parámetros que miden el grado de asociación correlativa (r^2 , r).
- Prueba de significación de los parámetros estadísticos que miden la asociación correlativa, para lo cual se aplica la prueba t . (pág. 271)

3.5.2.2.2 *Se plantea la hipótesis.*

Ho: $\rho = 0$ (ρ : es el coeficiente de correlación entre un par de variables, donde su valor varía entre -1 y 1)

Ha: $\rho \neq 0$, (Villón, 2005, pág. 271)

3.5.2.2.3 *t calculado (t_c) y t tabular (t_t).*

Villón (2005), indica:

Cálculo de t calculado (t_c). Está dado por la ecuación:

$$t_c = \frac{r\sqrt{n_1 - 2}}{\sqrt{1 - r^2}} \quad [58]$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación.

n_1 : Numero de pares de valores.

r^2 : Coeficiente de determinación.

Cálculo de t tabular. Villón (2005), indica que el t_t se obtiene de las tablas preparadas para este efecto, con un nivel de significación α o una probabilidad

de $(1 - \alpha)$, y con grado de libertad ($GL = n_1 - 2$), donde N_I es el número de pares de valores (pág. 272), que en este caso son el número de puntos de aforo. Es decir: $\alpha/2 = 0.025$ y $GL = n_1 - 2$

3.5.2.2.4 Criterio de Decisión.

Villón (2005), establece que:

Si $|t_c| \leq t_t$, se acepta la hipótesis nula, por lo que $\rho = 0$, y por lo tanto no hay correlación significativa.

Si $|t_c| > t_t$, se rechaza la hipótesis nula por lo que $\rho \neq 0$, indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables. (pág. 272)

En consecuencia, se obtiene el modelo de estimación de la rugosidad de Manning en función de la granulometría mediante la regresión lineal y/o no lineal, el que mejor coeficiente de determinación R^2 posee y guarde relación entre las variables.

3.5.2.3 Validación del modelo.

Se contrasta y valida el modelo propuesto para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría con el método de la ecuación de Manning, tal que dicho método hace uso de las variables hidráulicas medidas directamente en campo, siendo así la menos subjetiva de los métodos de estimación del coeficiente de rugosidad.

3.6 Población

Río Santa, sector Recuay – Carhuaz, que abarca los distritos desde Catac hasta Anta respectivamente.

3.7 Muestra

La investigación se realizó en sitios específicos del sector Recuay - Carhuaz, en los distritos de Catac, Ticapampa, Recuay, Olleros, Huaraz, Independencia, Jangas - Tarica y Pariahuanca - Anta.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

4.1.1 Descripción de los puntos de muestreo.

Los puntos de aforo (puntos de muestreo) se han seleccionado en función de una combinación de criterios, tramos vulnerables a diferentes peligros naturales y facilidades de la medición de parámetros hidráulicos, resultando ocho (08) puntos de aforo a lo largo del río Santa (Anexo 1) en el sector Recuay – Carhuaz que se detalla a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. *Puntos de aforo (PA) en el río Santa, sector Recuay – Huaraz.*

Puntos de Aforo	Localidad	Puntos de Aforo		Altitud (msnm)	Progresiva Km
		E	S		
PA-01	Distrito de Catac	233116.00	8915258.00	3545.00	0+000.00
PA-02	Distrito de Ticapampa	232155.00	8920136.00	3460.00	5+166.05
PA-03	Distrito de Recuay	231340.00	8922889.00	3419.00	8+188.40
PA-04	Distrito de Olleros	226914.00	8932961.00	3256.00	20+347.90
PA-05	Distrito de Huaraz	221892.00	8944496.00	3042.00	34+460.25
PA-06	Distrito de Independencia	221386.00	8950581.00	2945.00	41+113.30
PA-07	Distrito de Jangas	219370.00	8957413.00	2850.00	49+158.10
PA-08	Distrito de Pariahuanca	215570.00	8964181.00	2743.00	58+024.35

Elaboración propia

a. PA-01: Distrito de Catac.

Este punto está ubicado en el distrito de Catac, aguas abajo del puente Catac, donde se da inicio con la progresiva 0+000.00 Km del sector de estudio del río Santa, en la margen izquierda de la parte céntrica del distrito (Anexo 3, Figura 33). Además, es un tramo propenso a desbordamientos que constantemente se realizan trabajos de defensas ribereñas, etc.

b. PA-02: Distrito de Ticapampa.

Este punto está ubicado en el distrito de Ticapampa, aguas arriba del estadio municipal, al margen izquierdo de la plazuela del distrito (Anexo 3, Figura 34). Tiene una progresiva de 5+166.05 Km a lo largo del sector de estudio del río Santa.

c. PA-03: Distrito de Recuay.

Este punto de aforo se encuentra ubicado en el distrito de Recuay, aguas arriba quebrada Cashacancha y aguas abajo del trasvase que cruza el río Santa, a la margen izquierda y a la salida de la parte céntrica del distrito (Anexo 3, Figura 35). A una progresiva de 8+188.40 Km del sector de estudio.

d. PA-04: Distrito de Olleros.

Este punto está ubicado en el distrito de Olleros, aguas arriba del cruce Aco, a la margen izquierda (Anexo 3, Figura 36). Se encuentra a una progresiva de 20+347.90 Km del sector de estudio.

e. PA-05: Distrito de Huaraz.

Este punto de aforo se encuentra ubicado en el distrito de Huaraz, a la altura del mercado de Challhua, en la parte sur y a la salida de la zona urbana del distrito (Anexo 3, Figura 37). A una progresiva de 34+460.25 Km del sector de estudio del río Santa. Se caracteriza por ser vulnerable frente a los peligros ocasionados por máximas avenidas con desprendimientos y/o desbordamientos de las márgenes y orillas.

f. PA-06: Distrito de Independencia.

Este punto está ubicado en el distrito de Independencia, aguas arriba puente Silvia, entrada del Centro Poblado Monterrey. Tomando como referencia la ciudad de Huaraz se encuentra hacia el Norte al Callejón de Huaylas (Anexo 3, Figura 38). Tiene una progresiva de 41+113.30 Km del sector de estudio del río Santa.

g. PA-07: Distrito de Jangas.

Este punto está ubicado entre los distritos de Jangas – Tarica por ser el río Santa el límite territorial entre los mismos, el cual el margen izquierdo es perteneciente al distrito de Jangas (Anexo 3, Figura 39) y el margen derecho al distrito de Tarica, aguas arriba del puente Tara (comunidad del distrito de Jangas). Se encuentra a una progresiva de 49+158.10 Km del sector de estudio.

h. PA-08: Distrito de Parihuanca.

Este punto de aforo se encuentra ubicado entre los distritos de Parihuanca y Anta por ser el río Santa el límite territorial entre los mismos, el cual el margen izquierdo es perteneciente al distrito de Anta y el margen derecho al distrito de Parihuanca (Anexo 3, Figura 40). Se encuentra a la altura del aeropuerto Anta, aguas abajo del río Parihuanca y tiene una progresiva de 58+024.35 Km que es fin del sector de estudio del río Santa.

4.1.2 Parámetros hidráulicos de las secciones transversales.

Se presenta a continuación los parámetros hidráulicos que son aplicados al cálculo de la rugosidad n de Manning: la profundidad normal (y) se muestra en la Tabla 3, las velocidades a (0.2 y 0.8) y en la Tabla 4 y relación de velocidades (X) en la Tabla 5. Asimismo, área mojada (A), perímetro mojado (P) y el radio hidráulico (R) se muestra en la Tabla 6. Los valores de los parámetros mostrados son extraídos del Anexo 4 y 5, respectivamente.

Tabla 3. Profundidad normal (y) en cada sección transversal de PA.

Puntos de Aforo	Profundidad Máxima (m)	Profundidad Mínima (m)	Profundidad Media (m)
PA-01	0.650	0.050	0.314
PA-02	0.600	0.080	0.289
PA-03	0.400	0.020	0.266
PA-04	0.650	0.070	0.369
PA-05	0.540	0.110	0.361
PA-06	0.800	0.070	0.453
PA-07	0.670	0.080	0.410
PA-08	0.650	0.130	0.459

Elaboración propia

Tabla 4. Velocidades en cada sección transversal de punto de aforo.

Puntos de Aforo	$V_{0.8h}$			$V_{0.2h}$		
	Velocidad Máx. (m/s)	Velocidad Mín. (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Velocidad Máx. (m/s)	Velocidad Mín. (m/s)	Velocidad Media (m/s)
PA-01	0.660	0.008	0.220	1.427	0.032	0.521
PA-02	0.810	0.012	0.377	1.170	0.048	0.594
PA-03	1.100	0.004	0.590	1.180	0.016	0.803
PA-04	0.900	0.008	0.399	0.950	0.032	0.556
PA-05	1.090	0.020	0.591	1.170	0.080	0.834
PA-06	1.140	0.120	0.669	1.340	0.480	0.913
PA-07	0.940	0.008	0.455	1.150	0.032	0.619
PA-08	0.990	0.248	0.800	1.190	0.860	1.056

Elaboración propia.

Tabla 5. *Relación de velocidades (X) en cada sección transversal.*

Puntos de Aforo	$V_{0.2h}/V_{0.8h}$ máx.	$V_{0.2h}/V_{0.8h}$ mín.	$V_{0.2h}/V_{0.8h}$ media
PA-01	4.007	1.163	3.358
PA-02	7.400	1.000	2.353
PA-03	4.000	1.000	2.068
PA-04	4.000	1.015	1.717
PA-05	4.000	1.000	1.898
PA-06	4.000	1.000	1.771
PA-07	4.000	1.056	1.639
PA-08	4.000	1.114	1.619

Elaboración propia

Tabla 6. *Área mojada (A), perímetro mojado (P) y el radio hidráulico (R) en cada sección transversal.*

Puntos de Aforo	A (m ²)	P (m)	R (m)
PA-01	5.2420	15.8360	0.3310
PA-02	5.1460	17.6390	0.2917
PA-03	3.6950	13.1010	0.2820
PA-04	9.8450	26.3570	0.3735
PA-05	9.1300	24.2720	0.3762
PA-06	11.1650	23.8030	0.4691
PA-07	15.9280	36.4750	0.4367
PA-08	11.5100	23.5200	0.4894

Elaboración propia

En la Tabla 7 se muestra las pendientes obtenidas mediante el proceso descrito en el inciso 3.5.2.1 – 3c de la metodología en cada tramo de punto de aforo.

Tabla 7. *Pendientes.*

Puntos de Aforo	S (m/m)
PA-01	0.0045
PA-02	0.0035
PA-03	0.0075
PA-04	0.0019
PA-05	0.0043
PA-06	0.0037
PA-07	0.0018
PA-08	0.0032

Elaboración propia

4.1.3 Coeficiente de rugosidad por método de medición de velocidades.

Los n de Manning obtenidos por el método de la medición de velocidades se muestran en la Tabla 8. El proceso está explicado en el inciso 3.5.2.1 - 3a y se muestra en el Anexo 8.

Tabla 8. *Coeficiente de rugosidad de Manning por el método de la medición de velocidades.*

Coeficiente de rugosidad de Manning	
Puntos de Aforo	n
PA-01	0.0680
PA-02	0.0421
PA-03	0.0324
PA-04	0.0315
PA-05	0.0345
PA-06	0.0276
PA-07	0.0280
PA-08	0.0237

Elaboración propia.

4.1.4 Coeficiente de rugosidad por método de la ecuación de Manning.

Los n de Manning obtenidos por el método de la ecuación de Manning se muestran en la Tabla 9 y su proceso está explicado en el inciso 3.5.2.1 - 3c de la metodología.

Tabla 9. *Coeficiente de rugosidad de Manning por el método de la ecuación de Manning.*

Coeficiente de rugosidad de Manning	
Puntos de Aforo	n
PA-01	0.0607
PA-02	0.0428
PA-03	0.0444
PA-04	0.0410
PA-05	0.0435
PA-06	0.0403
PA-07	0.0377
PA-08	0.0364

Elaboración propia.

4.1.5 Coeficiente de rugosidad mediante medición de rugosidad.

Según el proceso indicado en el inciso 3.5.2.1 - 3b, se obtuvieron las alturas de rugosidades (k) que se muestran en la Tabla 10. Con dichos resultados se ha realizado un análisis gráfico entre las variables del coeficiente de rugosidad n (n calculado mediante medición de velocidades) y la altura de rugosidad (k) que se muestra en la Figura 6. La línea de tendencia a la que mejor se ajusta es a una regresión lineal simple.

Tabla 10. *Altura de rugosidades (k) y función $\emptyset(R/k)$.*

Puntos de Aforo	n	Des. Ést. de n	R (m)	k (m)	R/k	$\emptyset(R/k)$
PA-01	0.0680	0.0292	0.3310	0.8447	0.3919	0.0699
PA-02	0.0421	0.0319	0.2917	0.3003	0.9714	0.0515
PA-03	0.0324	0.0282	0.2820	0.1411	1.9991	0.0449
PA-04	0.0315	0.0201	0.3735	0.1447	2.5808	0.0434
PA-05	0.0345	0.0278	0.3762	0.1958	1.9207	0.0452
PA-06	0.0276	0.0272	0.4691	0.0958	4.8963	0.0408
PA-07	0.0280	0.0202	0.4367	0.1002	4.3587	0.0411
PA-08	0.0237	0.0245	0.4894	0.0500	9.7971	0.0391
Promedio=	0.0360					0.0470

Elaboración propia.

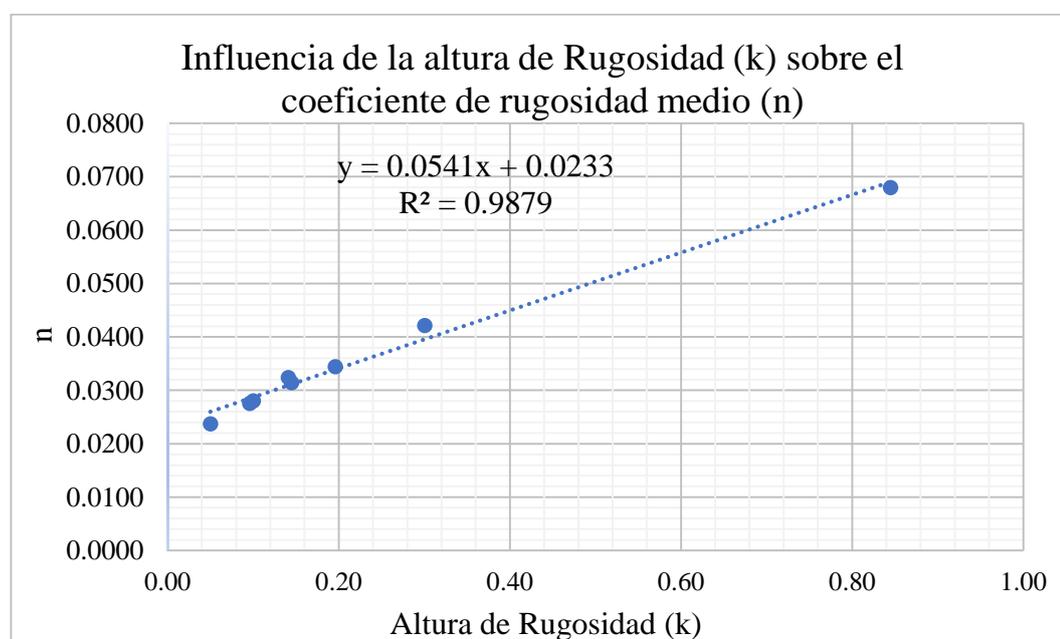


Figura 6. *Representación gráfica de la influencia de la altura de rugosidad (k) sobre el coeficiente de rugosidad (n).*

Elaboración propia.

Se observa en la Figura 6, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning (n) y las alturas de rugosidades (k), el cual tiene un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9879$, donde se interpreta que el 98.79% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por la altura de rugosidad y el 1.21% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas. De igual forma el coeficiente de correlación tiene un valor de $R = 0.994$ y se puede interpretar como una correlación lineal muy fuerte entre los coeficientes de rugosidad y las alturas de rugosidad.

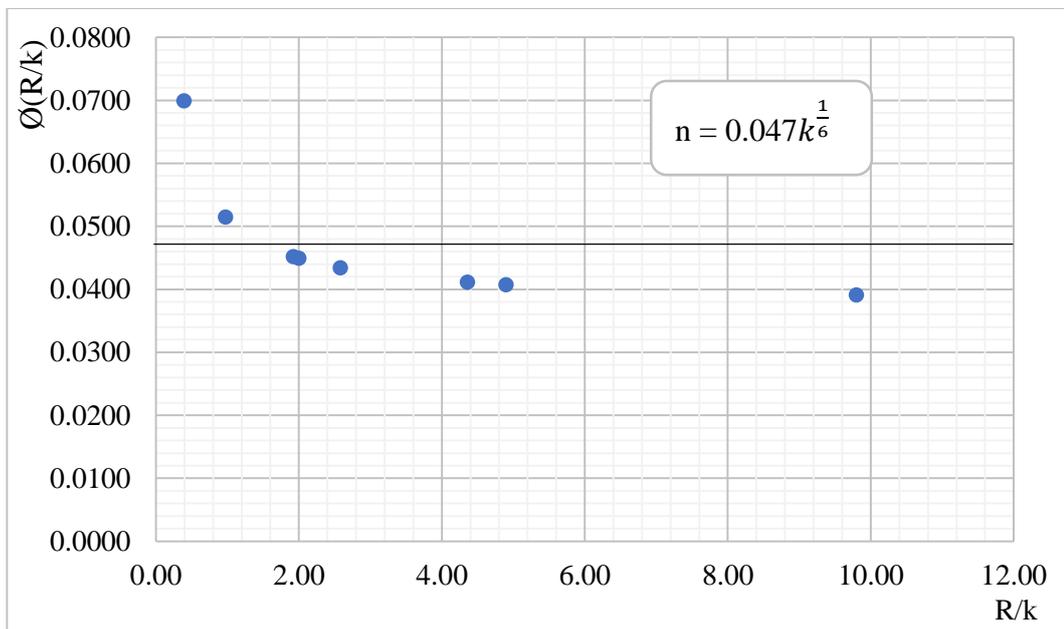


Figura 7. Representación gráfica de $\phi(R/k)$ y R/k .

Elaboración propia.

La Figura 7, muestra que para un amplio rango de R/k , la variación de $\phi(R/k)$ es pequeña, el cual puede aproximarse mediante el valor medio de los valores que resulta ser igual a 0.047. Mediante la combinación de la Figura N° 7 y la ecuación (21) se obtiene n en función de la altura de rugosidad (k), dada por la ecuación:

$$n = 0.047(k)^{\frac{1}{6}}$$

4.1.6 Coeficiente de rugosidad por método Cowan.

La obtención de n de Manning se ha obtenido siguiendo la metodología descrito en el inciso 3.5.2.1 - 3d y se muestra en la Tabla N° 11. El Anexo 9 muestra la obtención de los n de Manning por dicho método.

Tabla 11. *Coeficiente de rugosidad de Manning por método Cowan.*

Puntos de Aforo	n
PA-01	0.0530
PA-02	0.0430
PA-03	0.0480
PA-04	0.0380
PA-05	0.0380
PA-06	0.0480
PA-07	0.0330
PA-08	0.0330

Elaboración propia.

4.1.7 Diámetros representativos del lecho de río.

Del análisis granulométrico de material de lecho se ha obtenido los diámetros efectivos de cada muestra por puntos de aforo que se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. *Resumen de los diámetros efectivos de las partículas del lecho de río en los puntos de aforo.*

Cuadro Resumen de los diámetros de las partículas (mm)						
Puntos de Aforo	d ₁₀	d ₃₀	d ₅₀	d ₆₀	d ₈₄	d ₉₀
PA - 01	9.651	18.344	25.934	29.681	41.422	54.464
PA - 02	1.060	5.418	13.656	18.762	35.293	44.316
PA - 03	1.586	10.879	17.868	22.615	35.543	42.344
PA - 04	0.659	3.545	8.835	13.759	30.529	35.301
PA - 05	0.904	5.720	15.727	22.436	48.377	58.811
PA - 06	0.939	3.145	6.372	8.433	41.340	54.412
PA - 07	0.491	2.634	8.551	13.137	33.420	44.442
PA - 08	0.202	0.734	3.473	8.300	24.170	29.394

Elaboración propia.

Los diámetros efectivos d_{10} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{84} y d_{90} corresponden a 10%, 30%, 50%, 60%, 84% y 90% de los porcentajes acumulados que pasan de la curva granulométrica.

Por ejemplo, para el caso de $d_{10} = 9.651$ mm del PA – 01, significa que el 10% de los granos de la muestra son menores en diámetro que 9.651 mm y el 90% son mayores en diámetro (más gruesos).

4.1.8 Relación de los coeficientes de rugosidad con los diámetros efectivos de lecho de río.

Para analizar las relaciones entre las variables de n de Manning y los diámetros efectivos del material de lecho se generaron los modelos estadísticos como se ha descrito en el inciso 3.5.2.2.1 de la metodología.

a. Regresión lineal simple

La ecuación Lineal entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de medición de velocidades) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestran en la siguiente Figura 8 y 9.

En la Figura 8 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.8873$, donde se interpreta que el 88.73% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} de la granulometría y el 11.27% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas. Posee una correlación lineal muy fuerte. Según el análisis estadístico, el t_c es igual a 6.873 y el t_t igual a 2.447, ver Tabla 13, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se puede hacer uso de la ecuación de regresión lineal.

De la Figura 8 y 9, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{30} , d_{50} y d_{60} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.7636$, 0.7615 y 0.6798 donde se interpreta que el 76.36%, 76.15% y 67.98% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{30} , d_{50} y d_{60} de la granulometría y el 23.64%, 23.85% y 32.02% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas respectivamente. Poseen una correlación lineal fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 4.402, 4.377 y 3.569 respectivamente y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 13, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión lineal.

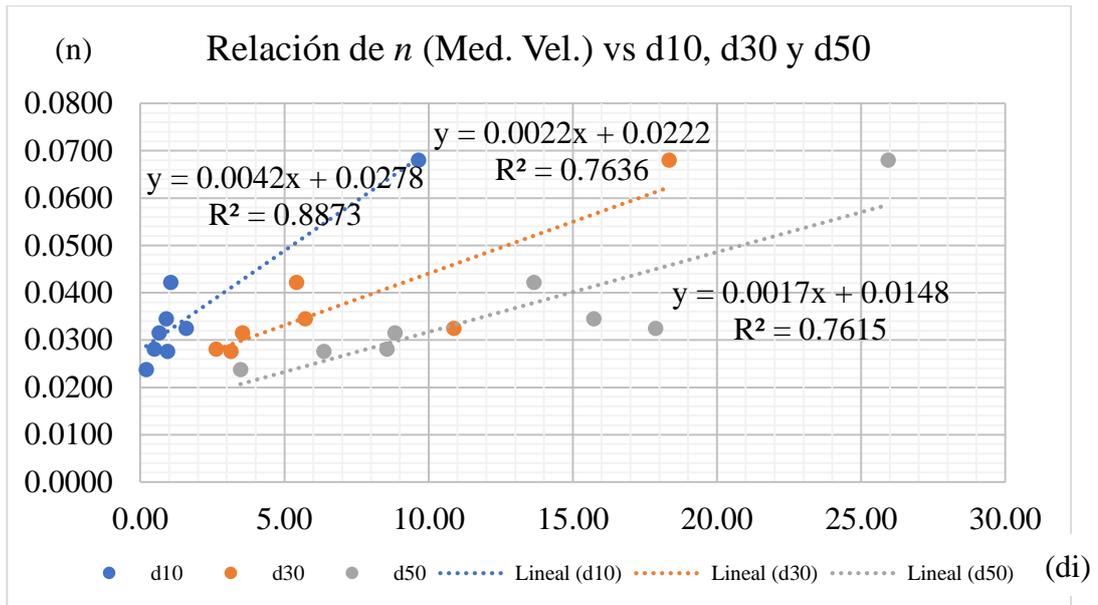


Figura 8. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

De la Figura 9, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.1647$ y 0.2031 respectivamente. Poseen una correlación lineal débil. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 1.088 y 1.237 respectivamente y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 13, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión lineal.

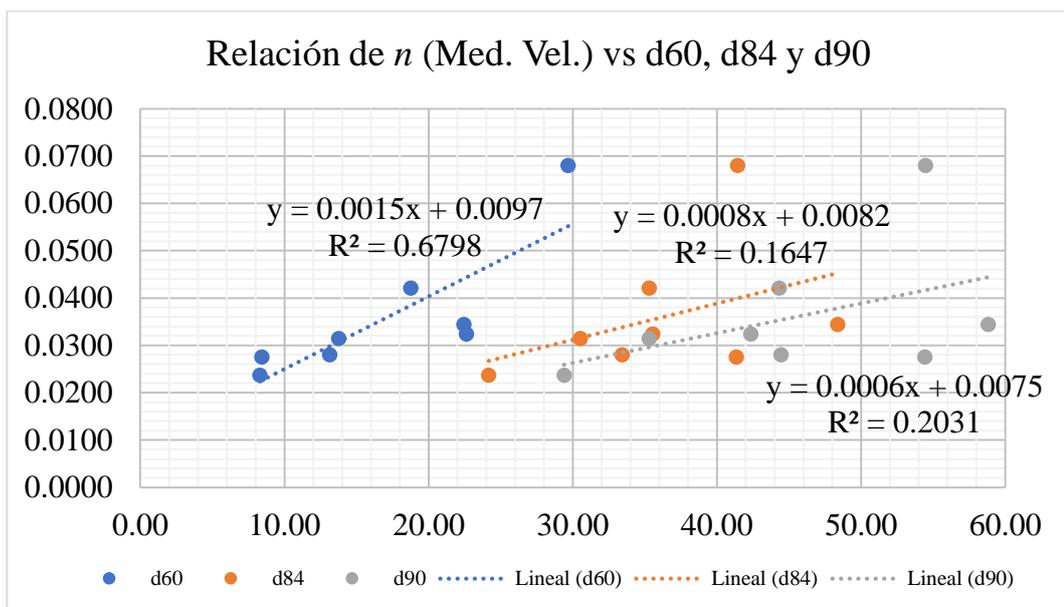


Figura 9. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

La ecuación Lineal entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de ecuación de Manning) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestran en la siguiente Figura 10 y 11.

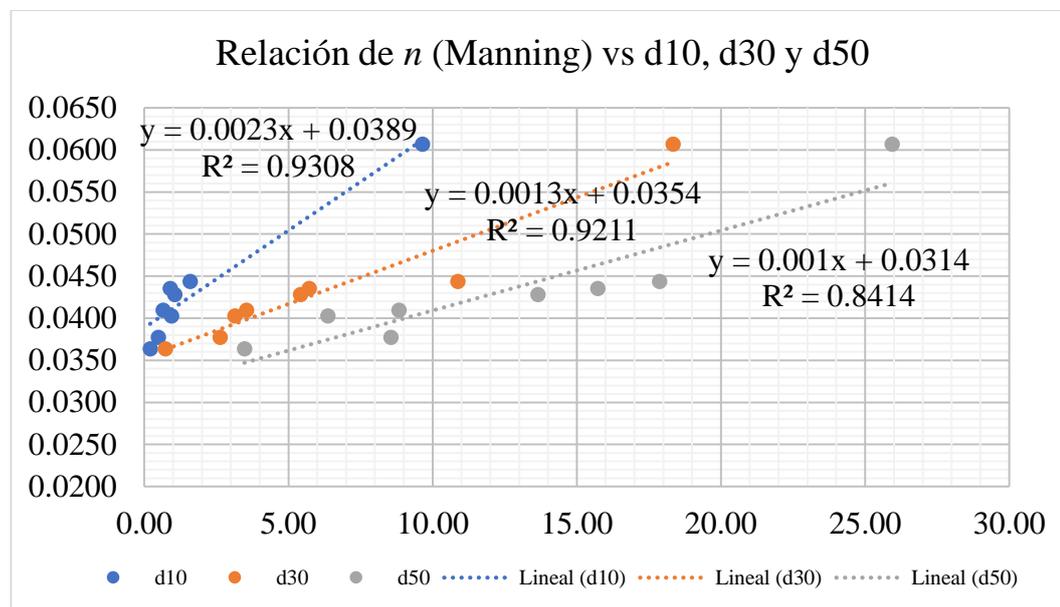


Figura 10. Relación de n de Manning (Manning) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

En la Figura 10 y 11 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9308$, 0.9211 , 0.8414 y 0.7386 donde se interpreta que el 93.08%, 92.11%, 84.14% y 73.86% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} de la granulometría y el 6.92%, 7.89%, 15.86% y 26.14% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas respectivamente. Poseen una correlación lineal muy fuerte a fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 8.984, 8.369, 5.642 y 4.117 respectivamente y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 13, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión lineal.

De la Figura 11, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.2345$ y 0.2588 respectivamente. Poseen una correlación lineal débil a media. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 1.356 y 1.447 respectivamente y el t_t es igual a 2.447 ver Tabla 13, por ende, siendo menor el t_c que el t_t , se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión lineal.

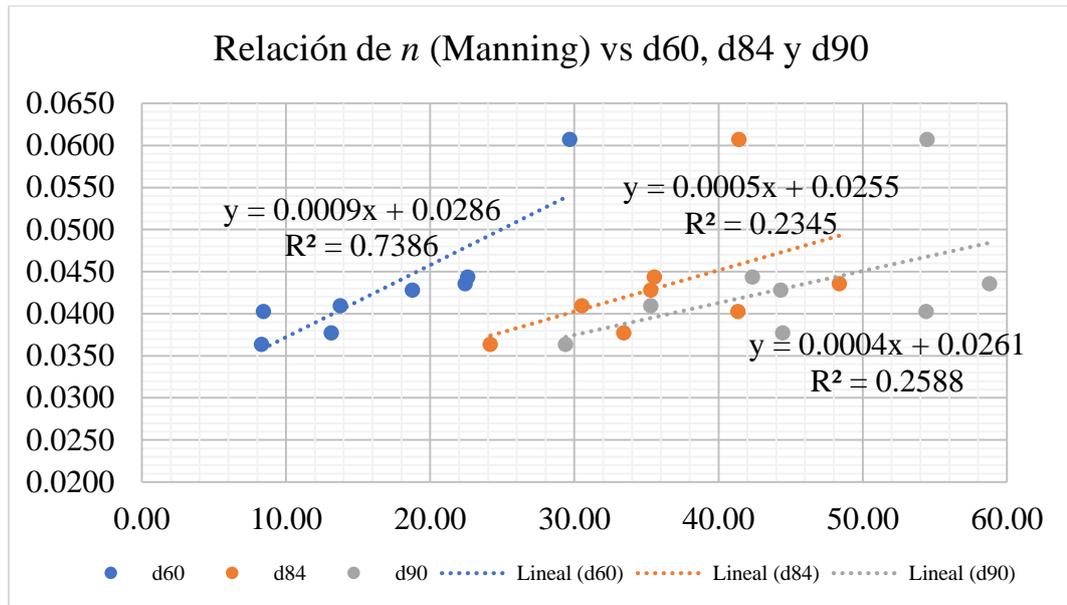


Figura 11. *Relación de n de Manning (Manning) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .*

Elaboración propia.

La ecuación Lineal entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de Cowan) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestran en la siguiente Figura 12 y 13.

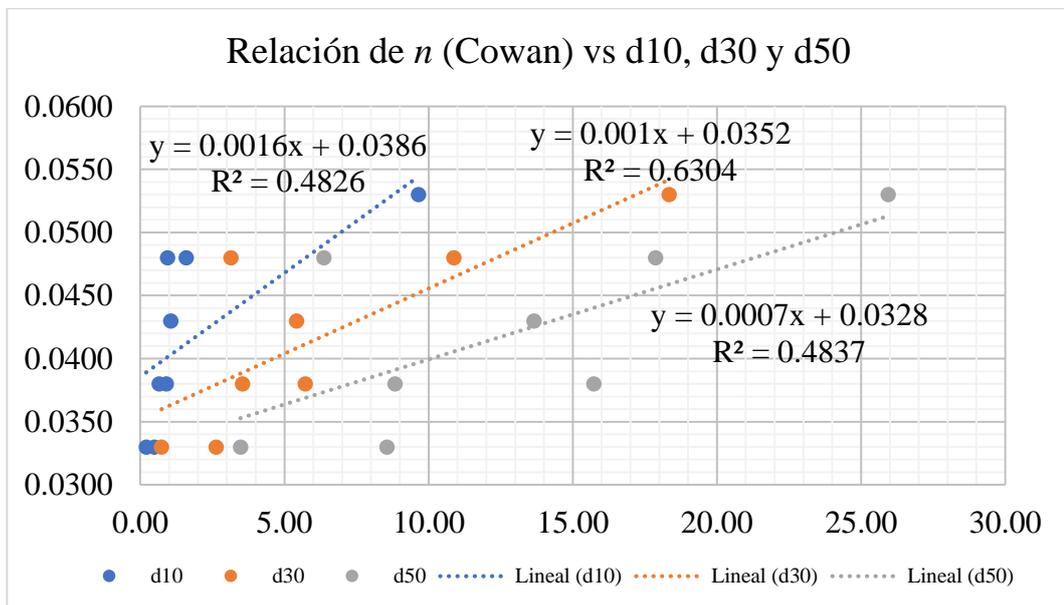


Figura 12. *Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .*

Elaboración propia.

En la Figura 12 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{30} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.6304$ donde se interpreta que el 63.04% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{30} de la granulometría y el 36.96% restante es

debido a los errores y a otras variables no consideradas. Posee una correlación lineal fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 3.199 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 17, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se puede hacer uso de la ecuación de regresión lineal.

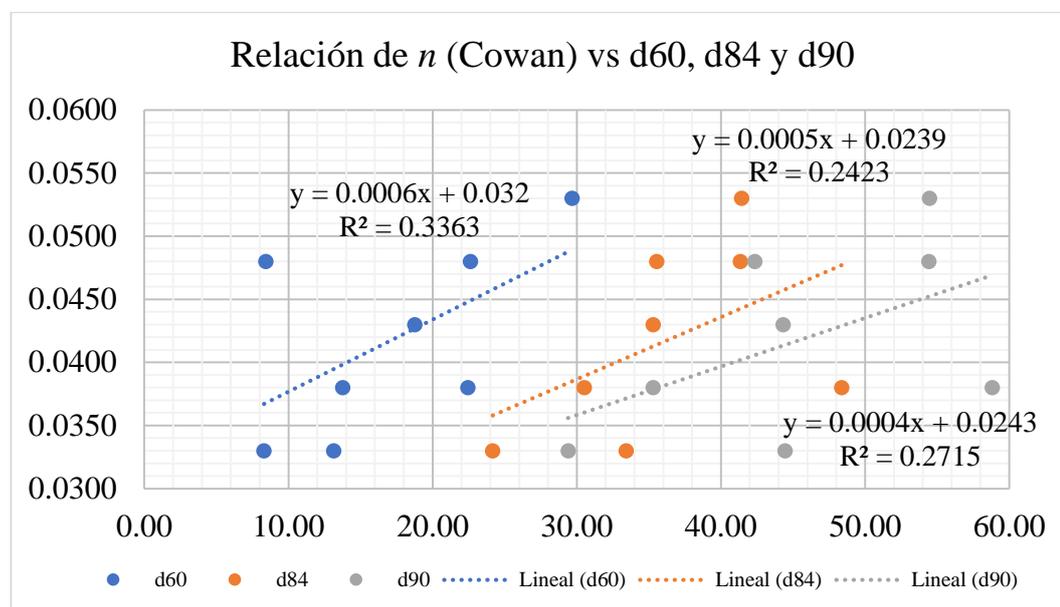


Figura 13. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

De la Figura 12 y 13, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} , d_{50} , d_{60} , d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.4826$, 0.4837 , 0.3363 , 0.2423 y 0.2715 respectivamente. Poseen una correlación lineal media a débil. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 2.366, 2.371, 1.744, 1.385 y 1.495 respectivamente y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 17, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión lineal.

b. Regresión no lineal simple

La ecuación Exponencial entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de medición de velocidades) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestra en la siguiente Figura 14 y 15.

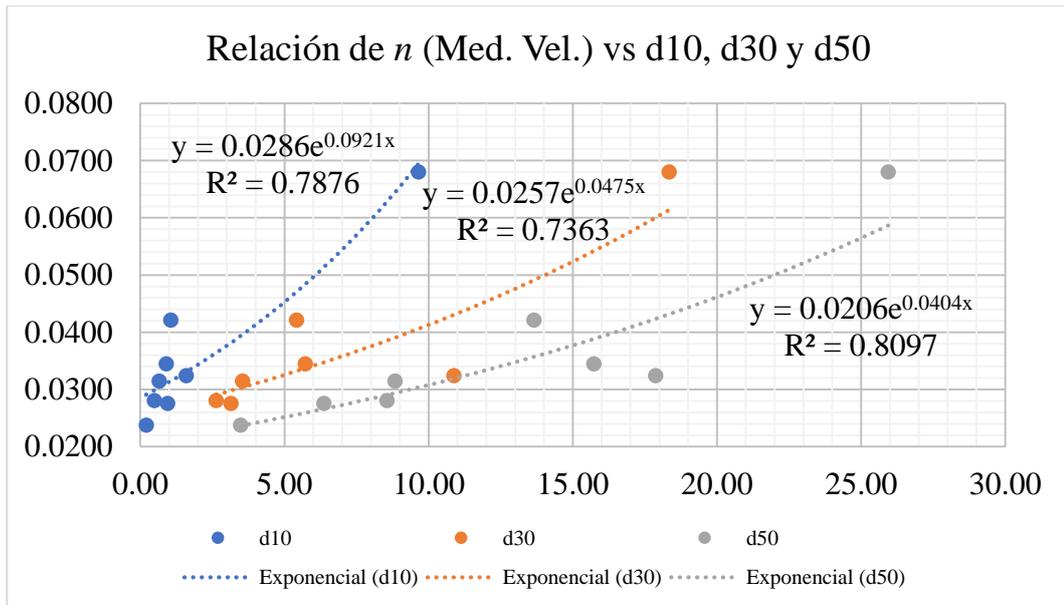


Figura 14. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

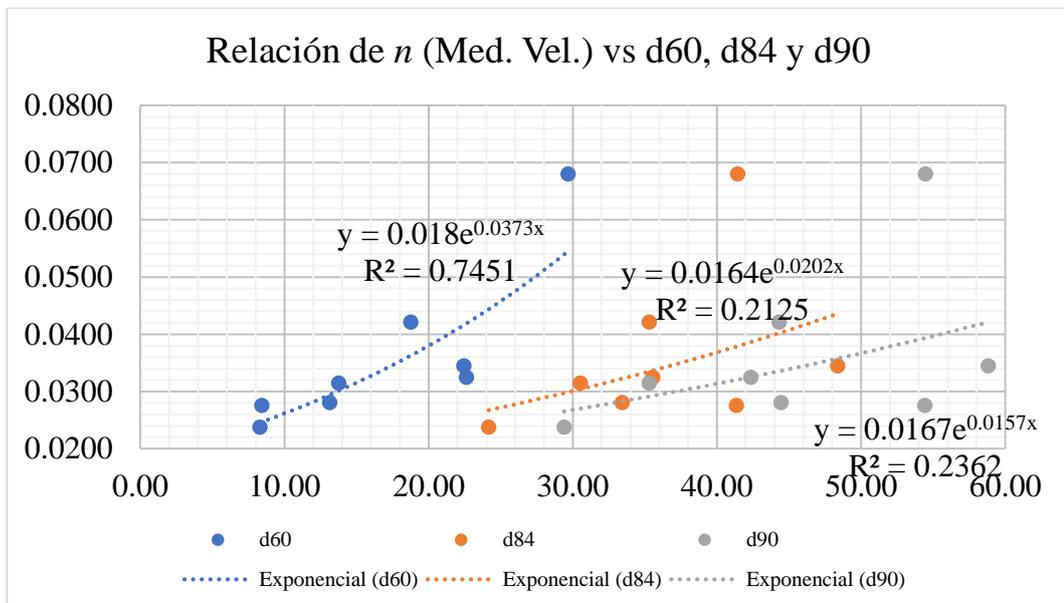


Figura 15. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

De la Figura 14 y 15, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.7876$, 0.7363 , 0.8097 y 0.7451 donde se interpreta que el 78.76%, 73.63%, 80.97% y 74.51% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} de la granulometría y el 21.24%, 26.37%, 19.03% y 25.49% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas respectivamente. Poseen una correlación lineal fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 4.717, 4.093, 5.053 y 4.188 respectivamente y el t_i es igual a 2.447, ver

Tabla 14, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión exponencial.

En la Figura 15 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.2125$ y 0.2362 respectivamente. Poseen una correlación lineal débil. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 1.272 y 1.362 respectivamente y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 14, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión exponencial.

La ecuación Exponencial entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de ecuación de Manning) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestra en la siguiente Figura 16 y 17.

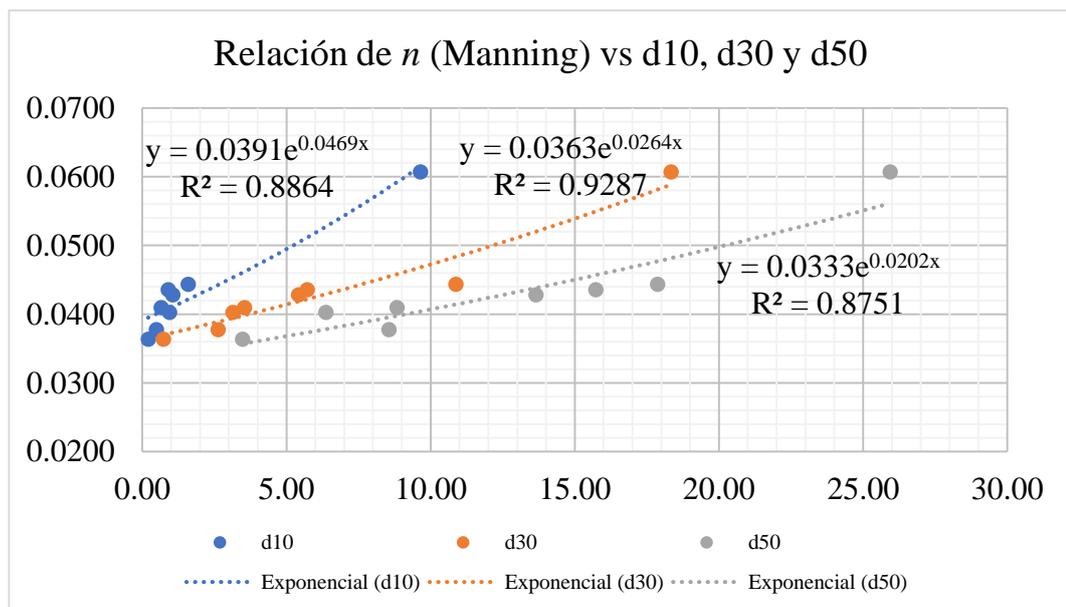


Figura 16. *Relación de n de Manning (Manning) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .*

Elaboración propia.

De la Figura 16 y 17, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.8864$, 0.9287 , 0.8751 y 0.7766 donde se interpreta que el 88.64%, 92.87%, 87.51% y 77.66% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} de la granulometría y el 11.36%, 7.13%, 12.49% y 22.34% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas

respectivamente. Poseen una correlación lineal muy fuerte a fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 6.842, 8.840, 6.484 y 4.567 respectivamente y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 14, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión exponencial.

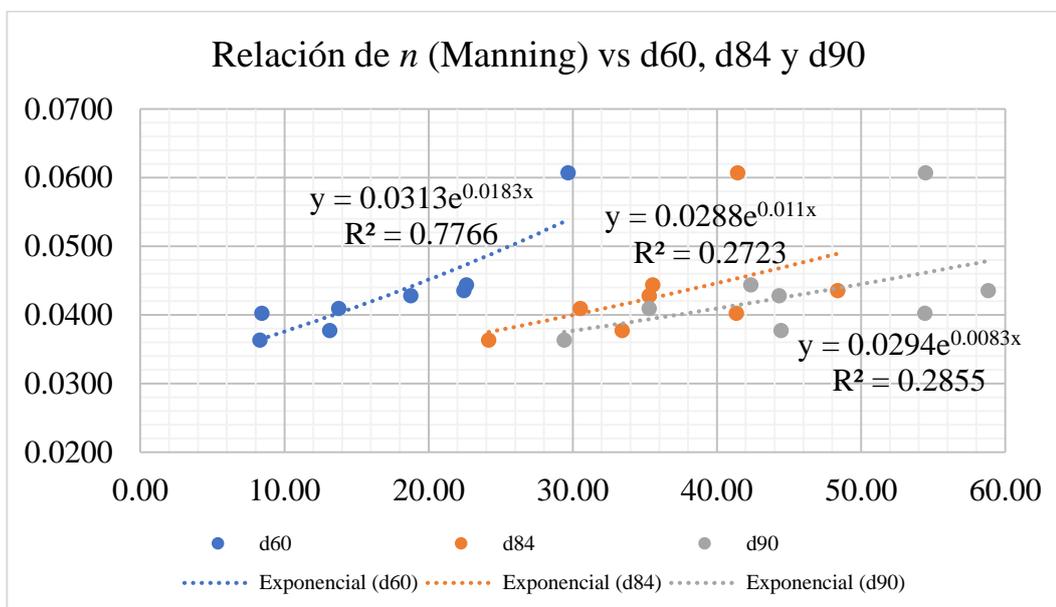


Figura 17. Relación de n de Manning (Manning) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

En la Figura 17 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.2723$ y 0.2855 respectivamente. Poseen una correlación lineal media. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 1.498 y 1.548 respectivamente y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 14, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión exponencial.

La ecuación Exponencial entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de Cowan) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestran en la siguiente Figura 18 y 19.

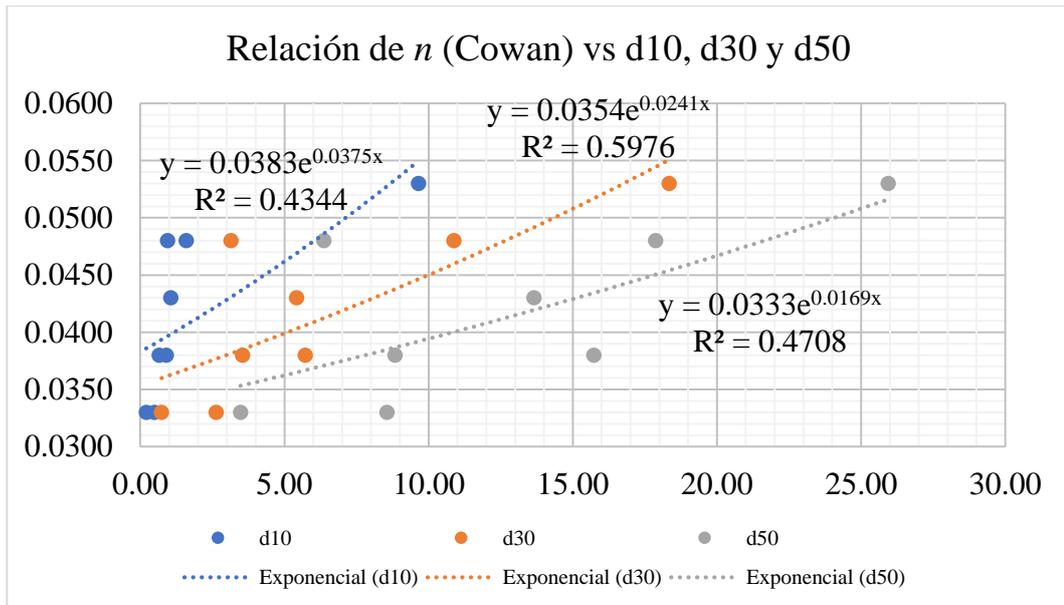


Figura 18. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

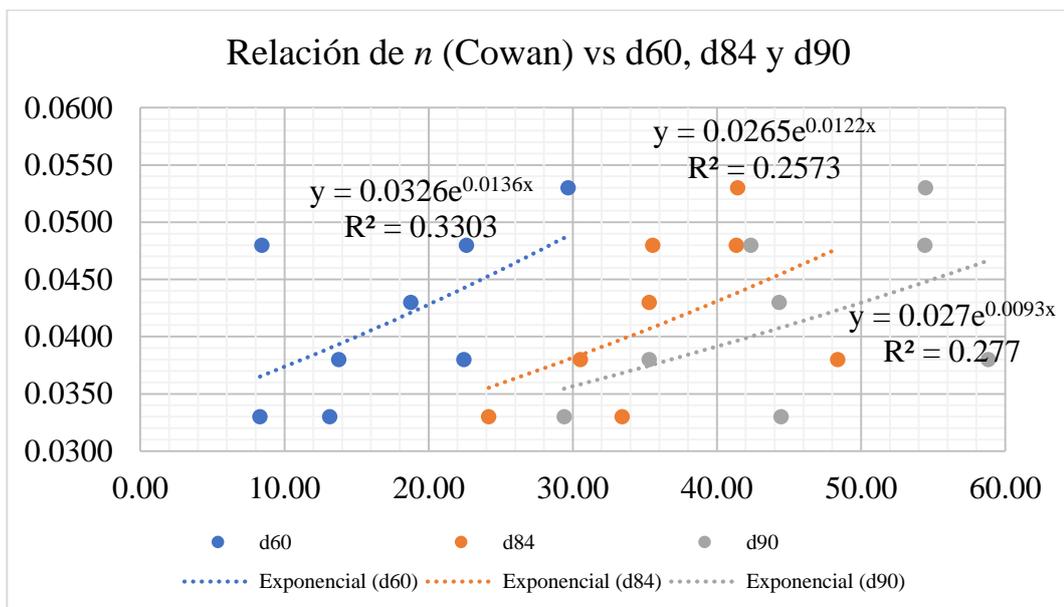


Figura 19. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

En la Figura 18 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{30} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.5976$ donde se interpreta que el 59.76% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{30} de la granulometría y el 40.24% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas. Posee una correlación lineal fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 2.985 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 17, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe

correlación significativa, y se puede hacer uso de la ecuación de regresión exponencial.

De la Figura 18 y 19, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d10, d50, d60, d84 y d90, el coeficiente de determinación $R^2 = 0.4344, 0.4708, 0.3303, 0.2573$ y 0.2770 respectivamente. Poseen una correlación lineal media. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 2.147, 2.310, 1.720, 1.442 y 1.516 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 17, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión exponencial.

La ecuación Potencial entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de medición de velocidades) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestra en la siguiente Figura 20 y 21.

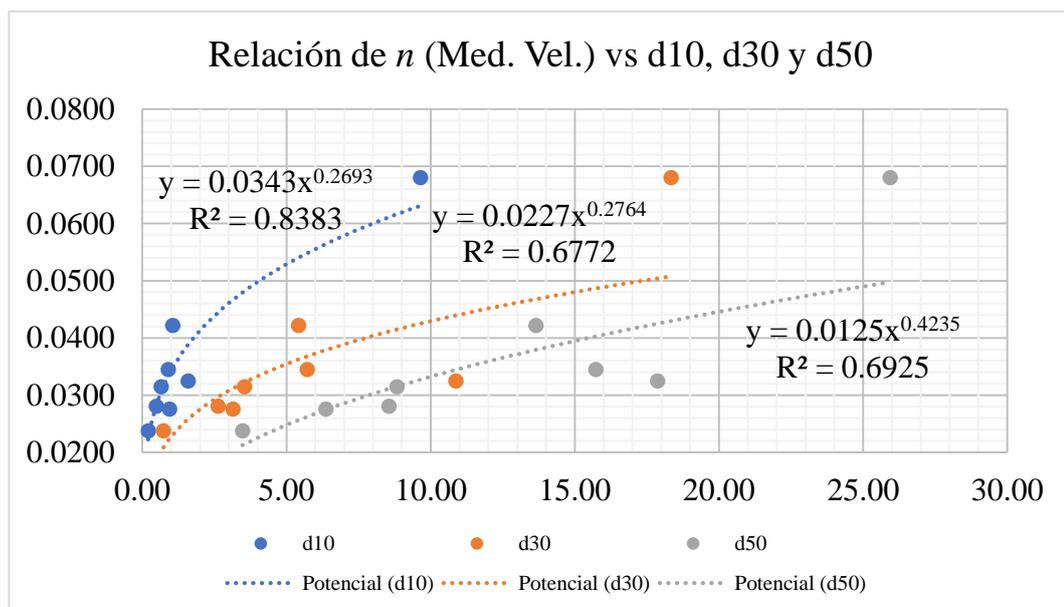


Figura 20. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d10, d30 y d50.

Elaboración propia.

De la Figura 20 y 21, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d10, d30, d50 y d60, el coeficiente de determinación $R^2 = 0.8383, 0.6673, 0.6925$ y 0.6618 donde se interpreta que el 83.83%, 66.73%, 69.25% y 66.18% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d10, d30, d50 y d60 de la granulometría y el 16.17%, 33.27%, 30.75% y 33.82% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas respectivamente. Poseen una correlación lineal muy fuerte a fuerte. Según el análisis

estadístico el t_c es igual a 5.577, 3.469, 3.676 y 3.427 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 15, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión potencial.

En la Figura 21 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.2423$ y 0.2534 respectivamente. Poseen una correlación lineal débil. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 1.385 y 1.427 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 15, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión potencial.

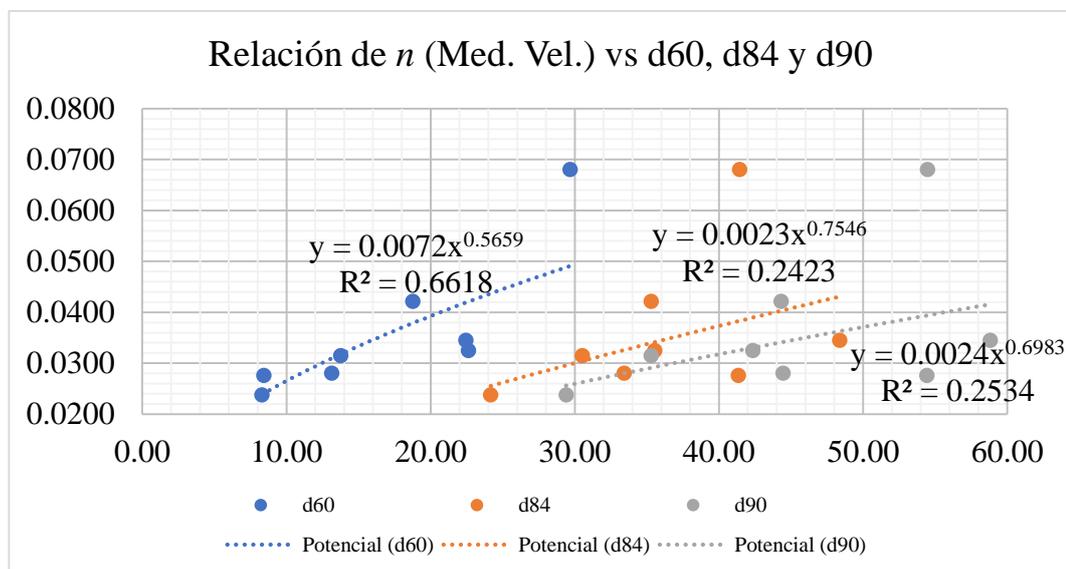


Figura 21. Relación de n de Manning (Med. Velc.) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

La ecuación Potencial entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de ecuación de Manning) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestra en la siguiente Figura 22 y 23.

De la Figura 22 y 23, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9413$, 0.7514 , 0.6964 y 0.6425 donde se interpreta que el 94.13%, 75.14%, 69.64% y 64.25% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} de la granulometría y el 5.87%, 24.86%, 30.36% y 35.75% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas respectivamente. Poseen una correlación lineal muy fuerte a fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 9.809, 4.259, 3.710 y 3.284 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla

15, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión potencial.

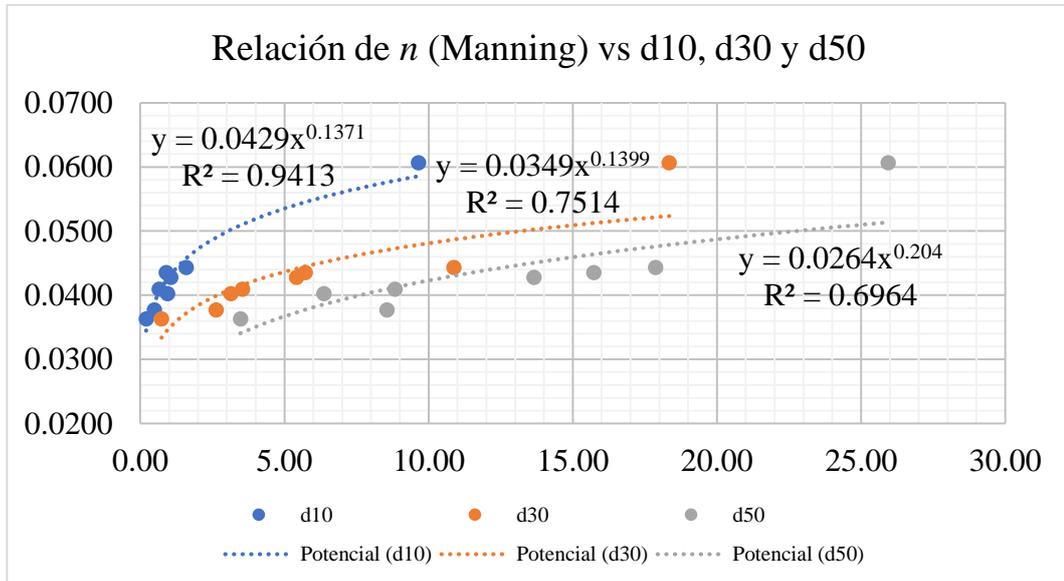


Figura 22. Relación de n de Manning (Manning) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

En la Figura 23 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.2959$ y 0.2920 respectivamente. Poseen una correlación lineal media. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 1.588 y 1.573 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 15, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión potencial.

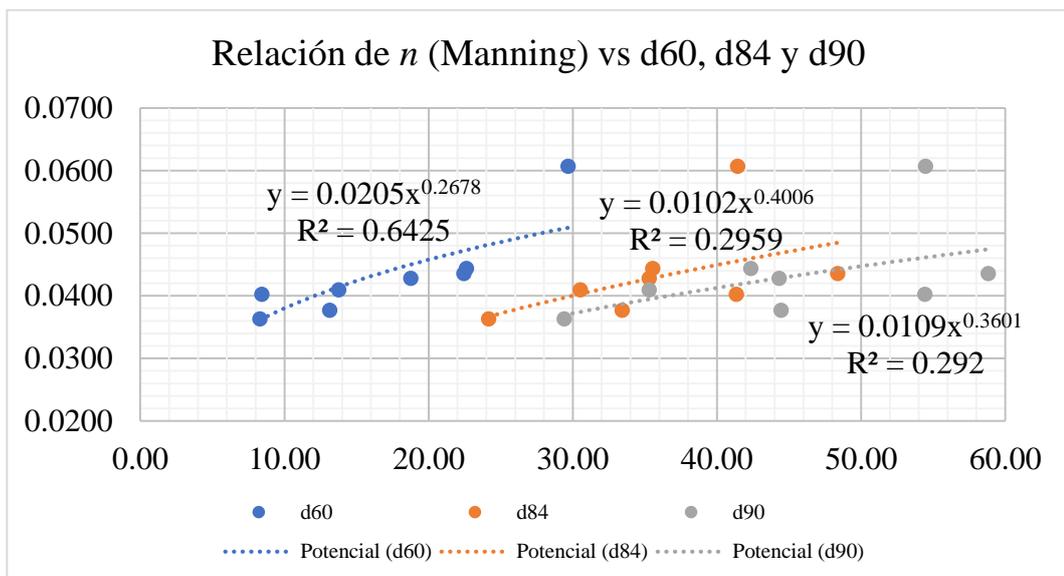


Figura 23. Relación de n de Manning (Manning) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

La ecuación Potencial entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de Cowan) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestran en la siguiente Figura 24 y 25.

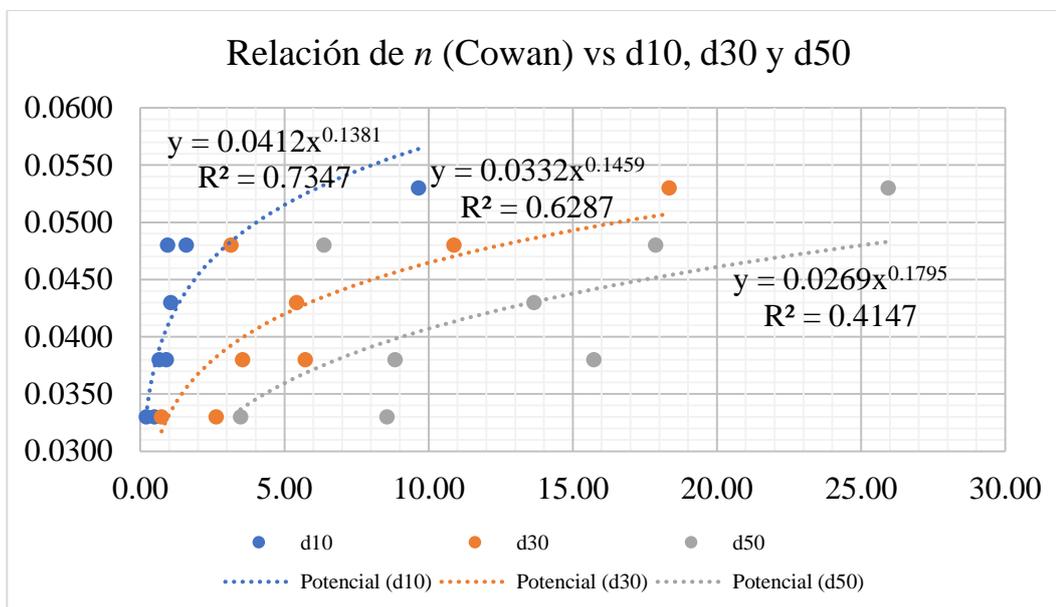


Figura 24. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

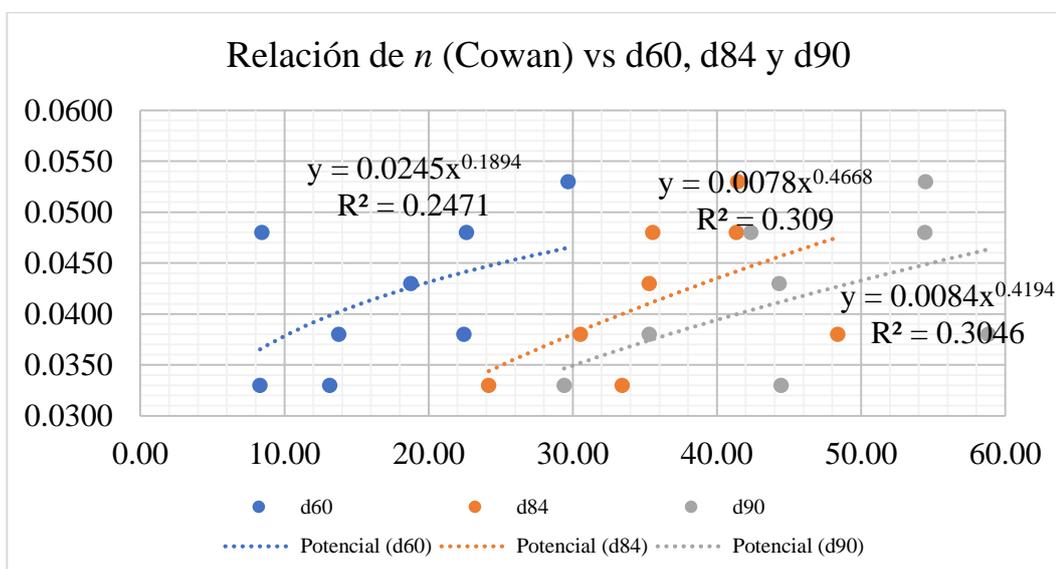


Figura 25. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

En la Figura 24 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} y d_{30} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.7347$ y 0.6287 donde se interpreta que el 73.47% y 62.87% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} y d_{30} de la granulometría, el 26.53% y 37.13% restante es debido a los errores y a otras variables

no consideradas. Poseen una correlación lineal fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 4.076 y 3.187 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 18, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión potencial.

De la Figura 24 y 25, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{50} , d_{60} , d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.4147$, 0.2471 , 0.3090 y 0.3046 respectivamente. Poseen una correlación lineal media a débil. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 2.062, 1.403, 1.638 y 1.621 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 18, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión potencial.

La ecuación Logarítmica entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de medición de velocidades) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestra en la siguiente Figura 26 y 27.

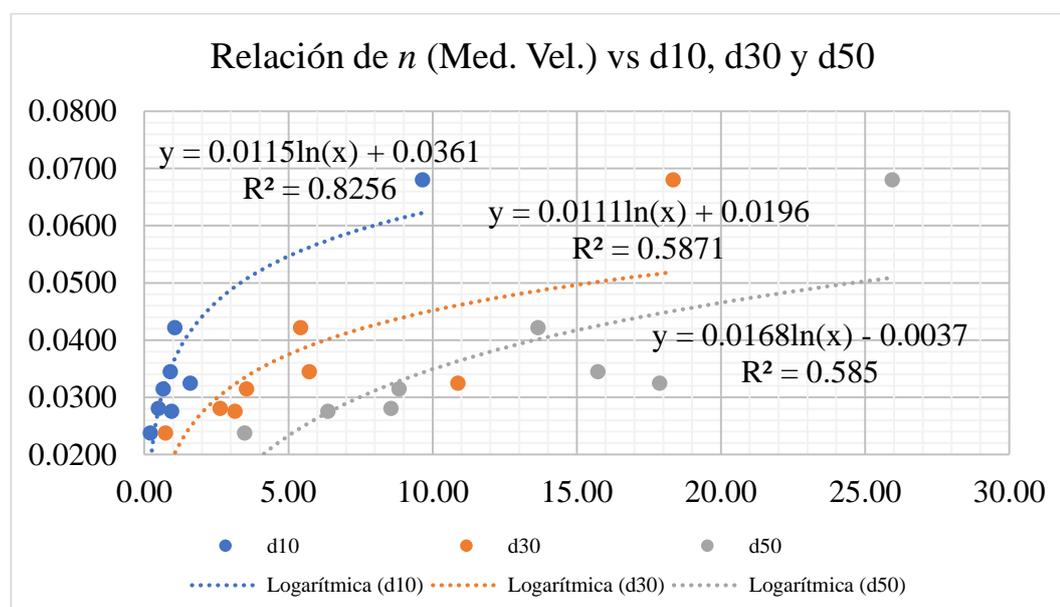


Figura 26. Relación de n de Manning (Med. Vel.) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

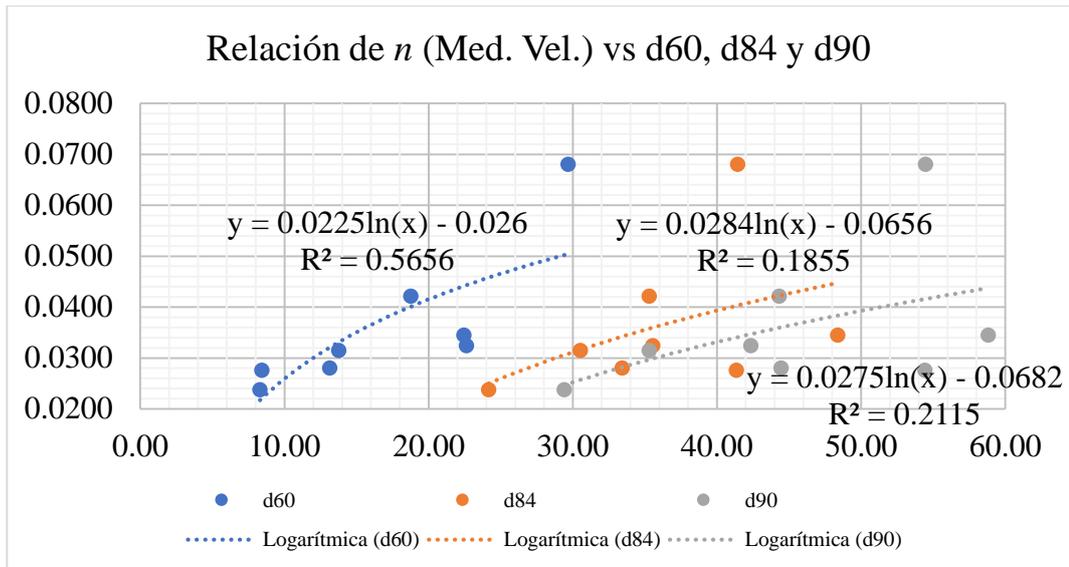


Figura 27. Relación de n de Manning (Med. Velc.) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

De la Figura 26 y 27, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.8256$, 0.6485 , 0.5850 y 0.5656 donde se interpreta que el 82.56%, 64.85%, 58.50% y 56.56% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} de la granulometría y el 17.44%, 35.15%, 41.50% y 43.44% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas respectivamente. Poseen una correlación lineal muy fuerte a fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 5.330, 3.327, 2.908 y 2.795 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 16, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión logarítmica.

En la Figura 27 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.1855$ y 0.2115 respectivamente. Poseen una correlación lineal débil. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 1.169 y 1.269 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 16, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión logarítmica.

La ecuación Logarítmica entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de ecuación de Manning) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestra en la siguiente Figura 28 y 29.

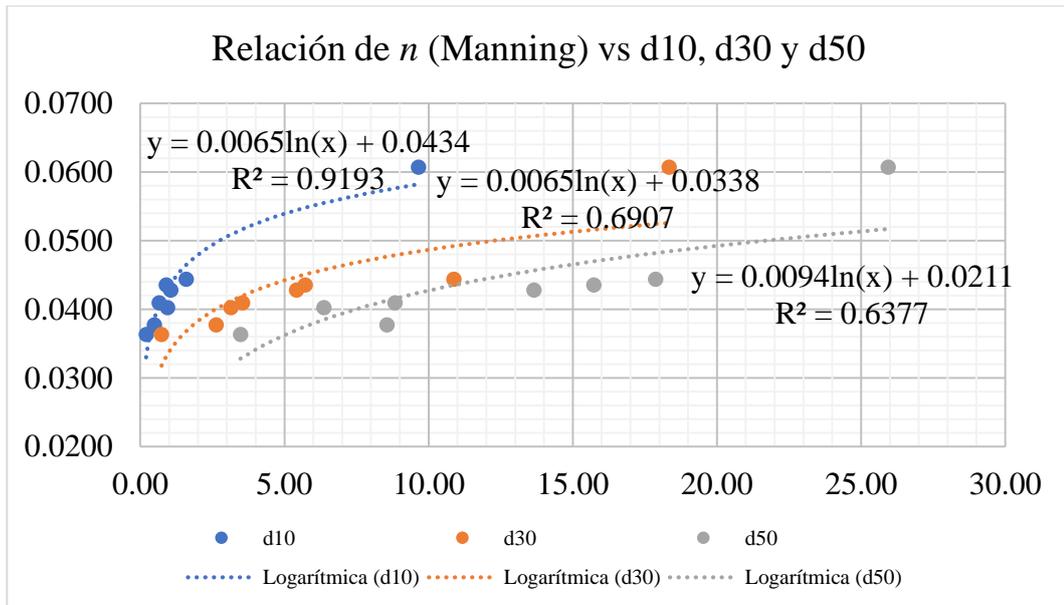


Figura 28. Relación de n de Manning (Manning) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

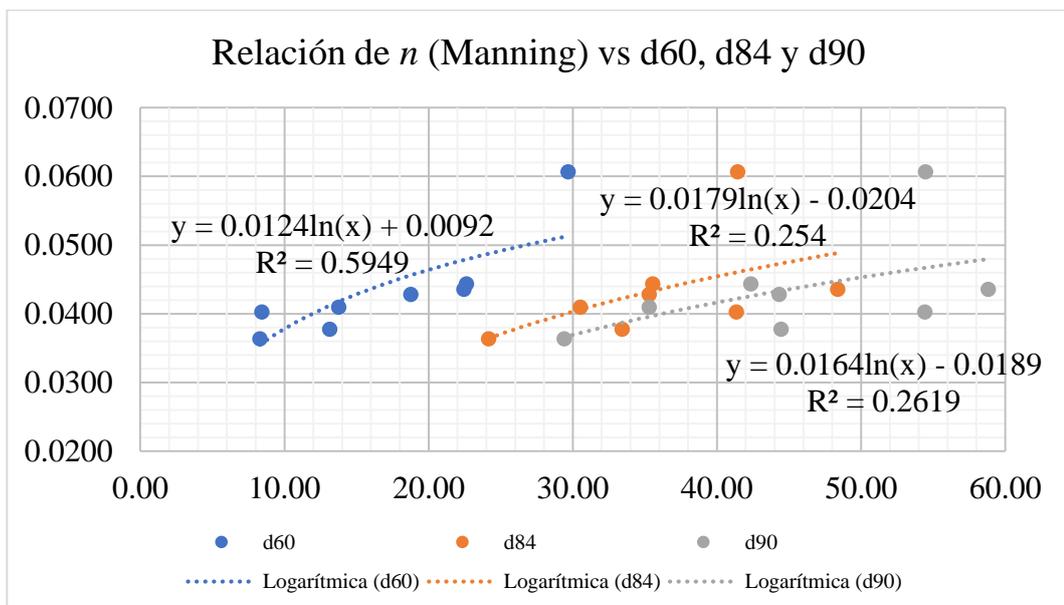


Figura 29. Relación de n de Manning (Manning) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

De la Figura 28 y 29, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9193$, 0.6907 , 0.6377 y 0.5949 donde se interpreta que el 91.93%, 69.07%, 63.77% y 59.49% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} , d_{30} , d_{50} y d_{60} de la granulometría y el 8.07%, 30.93%, 36.23% y 40.51% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas respectivamente. Poseen una correlación lineal muy fuerte a fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 8.267, 3.660, 3.250, y 2.968 y el t_t es igual a 2.447, ver

Tabla 16, lo que significa que el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión logarítmica.

En la Figura 29 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.2540$ y 0.2619 respectivamente. Poseen una correlación lineal media. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 1.429 y 1.459 y el t_t es igual a 2.447 , ver Tabla 16, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión logarítmica.

La ecuación Logarítmica entre el coeficiente de rugosidad n de Manning (método de Cowan) y los diámetros efectivos (d_i) de la granulometría se muestran en la siguiente Figura 30 y 31.

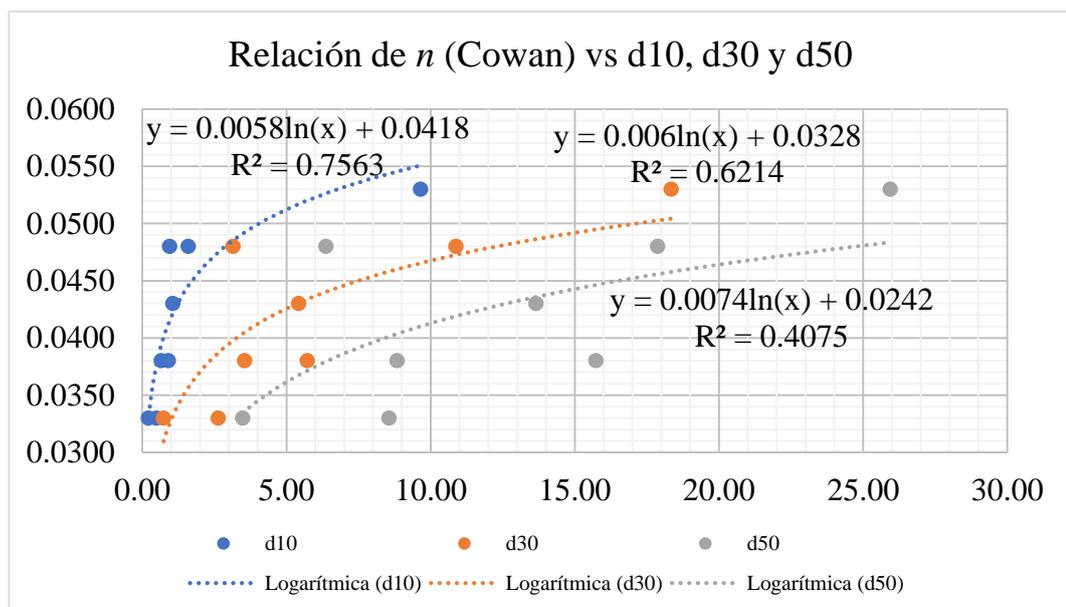


Figura 30. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{10} , d_{30} y d_{50} .

Elaboración propia.

En la Figura 30 se observa, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{10} y d_{30} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.7563$ y 0.6214 donde se interpreta que el 75.63% y 62.14% de la variación del coeficiente de rugosidad, es explicada por el diámetro efectivo d_{10} y d_{30} de la granulometría, el 24.37% y 37.86% restante es debido a los errores y a otras variables no consideradas. Poseen una correlación lineal fuerte. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 4.315 y 3.138 y el t_t es igual a 2.447 , ver Tabla 18, lo que significa que

el t_c es mayor que el t_t , y se concluye que, si existe correlación significativa, y se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión logarítmica.

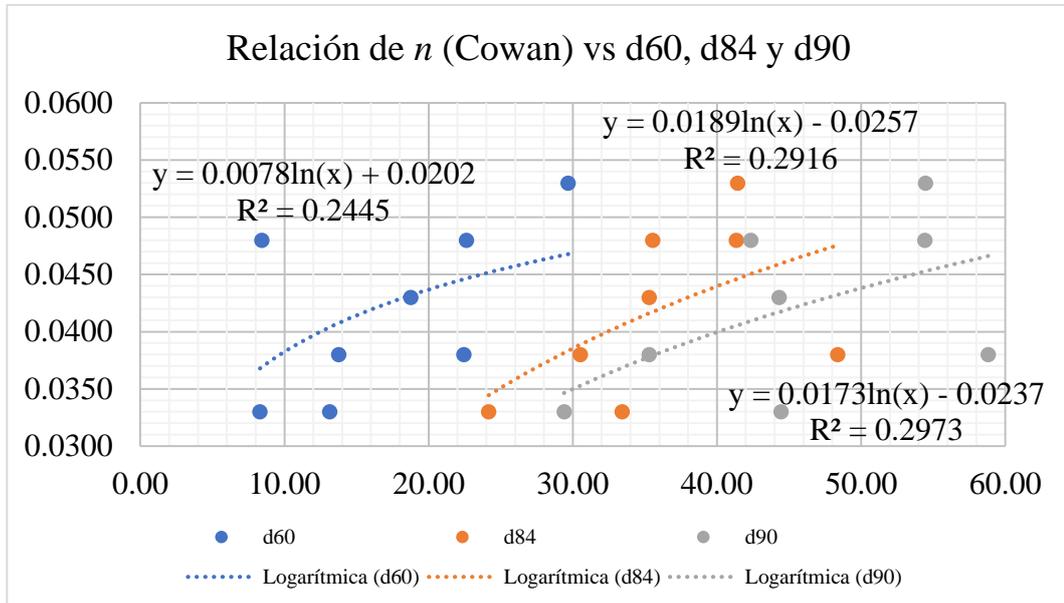


Figura 31. Relación de n de Manning (Cowan) vs d_{60} , d_{84} y d_{90} .

Elaboración propia.

De la Figura 30 y 31, la correlación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y el diámetro efectivo d_{50} , d_{60} , d_{84} y d_{90} , el coeficiente de determinación $R^2 = 0.4075$, 0.2445 , 0.2916 y 0.2973 respectivamente. Poseen una correlación lineal media a débil. Según el análisis estadístico el t_c es igual a 2.031, 1.394, 1.572 y 1.593 y el t_t es igual a 2.447, ver Tabla 18, lo que significa que el t_c es menor que el t_t , y se concluye que, no existe correlación significativa, y no se pueden hacer uso de las ecuaciones de regresión logarítmica.

En las tablas 13, 14, 15, 16, 17 y 18 se muestran los resúmenes de las relaciones entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos de la granulometría, y su respectivo análisis estadístico. Además, se han sombreado las que poseen mayor coeficiente de determinación R^2 de la regresión lineal simple (modelo lineal) y no lineal simple (modelo exponencial, potencial y logarítmica), las mismas que se presentan en la Tabla 19 por cada método de estimación desarrollado.

Cabe recalcar que el estadístico calculado (t_c) fue calculado con la ecuación (58), que depende del coeficiente de correlación, determinación y el número de pares. El número de pares viene a ser igual al número de puntos de aforo (ocho puntos de aforo). El estadístico tabular (t_t) se obtuvo de las tablas t de Student, con un nivel de significación $\alpha = 5\%$ o una probabilidad de $(1 - \alpha) = 0.95$, y con grado de libertad ($GL = N_1 - 2$), donde N_1 es el número de pares, es decir: $\alpha/2 = 0.025$, $GL = \text{\#puntos de aforo} - 2$. Como ejemplo para el modelo lineal entre los coeficientes de rugosidad de Manning (n calculado mediante medición de velocidades) y el diámetro efectivo d_{10} , se tiene $GL = 8 - 2 = 6$, y con $\alpha/2 = 0.025$ en la tabla de t Student, se obtiene el valor del $t_t = 2.447$ que también será igual para todos los modelos expuestos.

Tabla 13. Análisis estadístico del Modelo Lineal entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.

Regresión Lineal	n (Med. Vel.)						n (Manning)					
	d10	d30	d50	d60	d84	d90	d10	d30	d50	d60	d84	d90
Número de PA	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
R ²	0.8873	0.7636	0.7615	0.6798	0.1647	0.2031	0.9308	0.9211	0.8414	0.7386	0.2345	0.2588
Estadístico calculado (tc)	6.8730	4.4024	4.3769	3.5691	1.0877	1.2366	8.9836	8.3693	5.6419	4.1174	1.3557	1.4474
Estadístico tabular (tt)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447
Análisis estadístico	OK	OK	OK	OK	NO	NO	OK	OK	OK	OK	NO	NO

Elaboración propia.

Tabla 14. Análisis estadístico del Modelo Exponencial entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.

Regresión Exponencial	n (Med. Vel.)						n (Manning)					
	d10	d30	d50	d60	d84	d90	d10	d30	d50	d60	d84	d90
Número de PA	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
R ²	0.7876	0.7363	0.8097	0.7451	0.2125	0.2362	0.8864	0.9287	0.8751	0.7766	0.2723	0.2855
Estadístico calculado (tc)	4.7168	4.0931	5.0526	4.1879	1.2724	1.3622	6.8423	8.8403	6.4837	4.5670	1.4984	1.5484
Estadístico tabular (tt)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447
Análisis estadístico	OK	OK	OK	OK	NO	NO	OK	OK	OK	OK	NO	NO

Elaboración propia.

Tabla 15. *Análisis estadístico del Modelo Potencial entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.*

Regresión Potencial	n (Med. Vel.)						n (Manning)					
	d10	d30	d50	d60	d84	d90	d10	d30	d50	d60	d84	d90
Número de PA	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
R ²	0.8383	0.6673	0.6925	0.6618	0.2423	0.2534	0.9413	0.7514	0.6964	0.6425	0.2959	0.2920
Estadístico calculado (tc)	5.5773	3.4690	3.6759	3.4265	1.3852	1.4270	9.8089	4.2585	3.7098	3.2838	1.5879	1.5731
Estadístico tabular (tt)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447
Análisis estadístico	OK	OK	OK	OK	NO	NO	OK	OK	OK	OK	NO	NO

Elaboración propia.

Tabla 16. *Análisis estadístico del Modelo Logarítmico entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.*

Regresión Logarítmica	n (Med. Vel.)						n (Manning)					
	d10	d30	d50	d60	d84	d90	d10	d30	d50	d60	d84	d90
Número de PA	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
R ²	0.8256	0.6485	0.5850	0.5656	0.1855	0.2115	0.9193	0.6907	0.6377	0.5949	0.2540	0.2619
Estadístico calculado (tc)	5.3295	3.3271	2.9082	2.7950	1.1690	1.2686	8.2674	3.6604	3.2497	2.9684	1.4293	1.4591
Estadístico tabular (tt)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447
Análisis estadístico	OK	OK	OK	OK	NO	NO	OK	OK	OK	OK	NO	NO

Elaboración propia.

Tabla 17. Análisis estadístico del Modelo Lineal y Exponencial entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.

Regresión Lineal	n (Cowan)						Regresión Exponencial	n (Cowan)					
	d10	d30	d50	d60	d84	d90		d10	d30	d50	d60	d84	d90
Número de PA	8	8	8	8	8	8	Número de PA	8	8	8	8	8	8
R ²	0.4826	0.6304	0.4837	0.3363	0.2423	0.2715	R ²	0.4344	0.5976	0.4708	0.3303	0.2573	0.2770
Estadístico calculado (tc)	2.3657	3.1990	2.3709	1.7436	1.3852	1.4954	Estadístico calculado (tc)	2.1467	2.9851	2.3104	1.7202	1.4417	1.5162
Estadístico tabular (tt)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	Estadístico tabular (tt)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447
Análisis estadístico	NO	OK	NO	NO	NO	NO	Análisis estadístico	NO	OK	NO	NO	NO	NO

Elaboración propia.

Tabla 18. Análisis estadístico del Modelo Potencial y Logarítmica entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos d10, d30, d50, d60, d84 y d90.

Regresión Potencial	n (Cowan)						Regresión Logarítmica	n (Cowan)					
	d10	d30	d50	d60	d84	d90		d10	d30	d50	d60	d84	d90
Número de PA	8	8	8	8	8	8	Número de PA	8	8	8	8	8	8
R ²	0.7347	0.6287	0.4147	0.2471	0.3090	0.3046	R ²	0.7563	0.6214	0.4075	0.2445	0.2916	0.2973
Estadístico calculado (tc)	4.0763	3.1874	2.0618	1.4033	1.6380	1.6212	Estadístico calculado (tc)	4.3151	3.1381	2.0314	1.3935	1.5716	1.5933
Estadístico tabular (tt)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	Estadístico tabular (tt)	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447	2.447
Análisis estadístico	OK	OK	NO	NO	NO	NO	Análisis estadístico	OK	OK	NO	NO	NO	NO

Elaboración propia.

4.1.9 Obtención del modelo de estimación del coeficiente de rugosidad.

Se seleccionaron los modelos (lineales y no lineales) que mejor grado de asociación poseen y, por ende, mayor coeficiente de determinación R^2 , para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning por cada método desarrollado (método de medición de velocidades, ecuación de Manning y Cowan) y se han sombreado, ver Tabla 19.

Tabla 19. Modelos de regresión por cada método de estimación desarrollado.

	n (Med. Vel.)		n (Manning)		n (Cowan)	
	R^2	d_i	R^2	d_i	R^2	d_i
Regresión Lineal	0.8873	d10	0.9308	d10	0.6304	d30
Regresión Exponencial	0.8097	d50	0.9287	d30	0.5976	d30
Regresión Potencial	0.8383	d10	0.9413	d10	0.7347	d10
Regresión Logarítmica	0.8256	d10	0.9193	d10	0.7563	d10

Elaboración propia.

La tabla 19, muestra que para estimar el n de Manning por el método de la medición de velocidades, la regresión lineal simple o función Lineal presenta mejor ajuste con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.8873$ entre las variables n y el d_{10} . De esta forma se obtiene el modelo lineal (MLin) dada por la ecuación:

$$n = 0.0042(d_{10}) + 0.0278 \quad [59]$$

Para el método de la ecuación de Manning, la regresión no lineal o función Potencial presenta mejor ajuste con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9413$ entre las variables n y el d_{10} . De esta forma se obtiene el modelo potencial (MPot-02) dada por la ecuación:

$$n = 0.0429(d_{10})^{0.1371} \quad [60]$$

Para el método de Cowan, la regresión no lineal o función Logarítmica presenta mejor ajuste con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.7563$ entre las variables n y el d_{10} . De esta forma se obtiene el modelo logarítmico (MLog) dada por la ecuación:

$$n = 0.0058 \ln(d_{10}) + 0.0418 \quad [61]$$

Y, por último, para el método de la medición de la rugosidad se ha obtenido una función Potencial descrito en el inciso 4.1.5 la cual viene a ser el modelo potencial (MPot-01):

$$n = 0.047(k)^{\frac{1}{6}} \quad [62]$$

Cabe señalar que el modelo MPot-01 está en función de la altura de rugosidad (k) en metros, pero relacionándolo con los diámetros efectivos de la granulometría y contrastando con n obtenidos por ecuación de Manning, se ha encontrado mejor ajuste con el d_{10} (mm), es así que podemos reemplazarlo el (k) por el d_{10} obteniendo el modelo potencial (MPot-01) igual a:

$$n = 0.047(d_{10})^{\frac{1}{6}} \quad [63]$$

4.1.10 Validación de modelo.

Para la validación del modelo del trabajo de investigación se estiman los n de Manning por los modelos encontrados (ecuaciones (59), (60), (61) y (63)) y se contrasta con el n obtenido por el método de la ecuación de Manning, como se indica en el inciso 3.5.2.3 de la metodología. En la Tabla 20, se presenta las estimaciones de los n de Manning por los modelos encontrados y la Figura 32 muestra los coeficientes de determinación R^2 de n (Manning) y n estimados por los modelos encontrados.

Tabla 20. *Estimación de n de Manning con los modelos encontrados.*

Puntos de Aforo	n (Manning)	n (MLin)	n (MPot-01)	n (MPot-02)	n (MLog)
PA-01	0.0607	0.0683	0.0686	0.0585	0.0549
PA-02	0.0428	0.0322	0.0475	0.0432	0.0421
PA-03	0.0444	0.0345	0.0508	0.0457	0.0445
PA-04	0.0410	0.0306	0.0438	0.0405	0.0394
PA-05	0.0435	0.0316	0.0462	0.0423	0.0412
PA-06	0.0403	0.0317	0.0465	0.0425	0.0414
PA-07	0.0377	0.0299	0.0418	0.0389	0.0377
PA-08	0.0364	0.0286	0.0360	0.0345	0.0325
Promedio	0.0433	0.0359	0.0476	0.0433	0.0417

Elaboración propia.

En la Figura 32, se puede observar que los n (Manning) y los n estimados por los modelos encontrados tienen un alto grado de asociación lineal, R y coeficiente de determinación R^2 .

Así mismo, de dichos modelos obtenidos, el mejor coeficiente de determinación R^2 posee el MPot-01 (modelo potencial 01) con un $R^2 = 0.9611$, esto quiere decir que el 96.11% de la variable n (Manning), es explicada por la variable n (MPot-01) y el 3.89% restante es debido a los errores y a otras variables que no son consideradas.

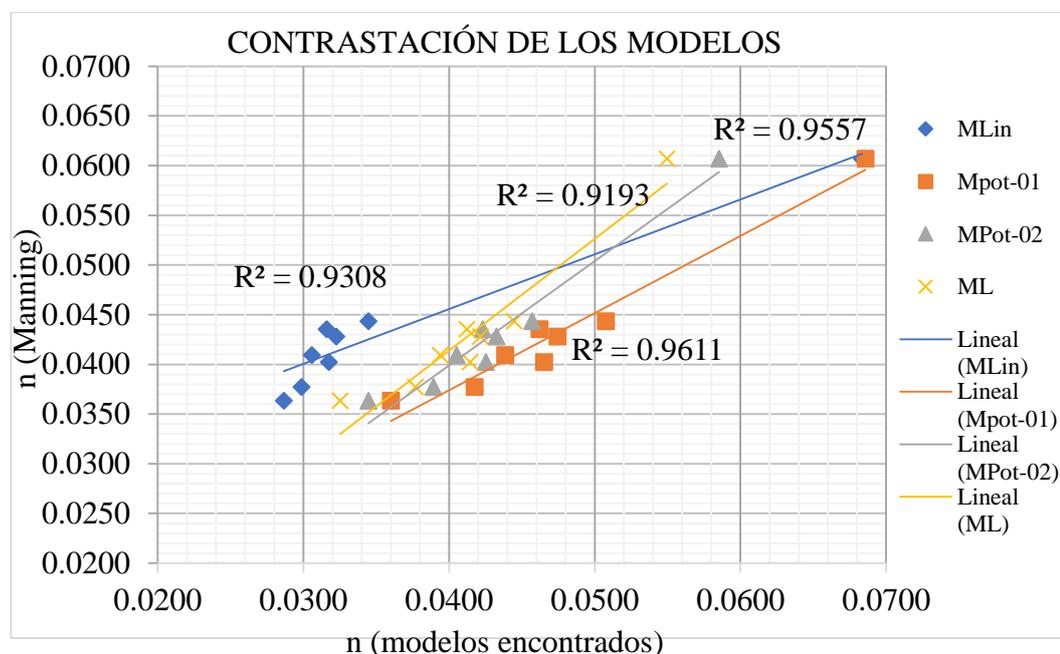


Figura 32. Relación entre los modelos encontrados y el n de Manning.

Elaboración propia.

4.1.11 Comparativo entre los coeficientes de rugosidad de Manning.

En la Tabla 21 se muestra una comparación de los valores de n de Manning obtenidos por los métodos de estimación.

Tabla 21. Comparativo de los n de Manning por los métodos de estimación.

Puntos de Aforo	Medic. de Vel. n	Manning n	Cowan n	Medic. de Rug. n
PA-01	0.0680	0.0607	0.0530	0.0686
PA-02	0.0421	0.0428	0.0430	0.0475
PA-03	0.0324	0.0444	0.0480	0.0508
PA-04	0.0315	0.0410	0.0380	0.0438
PA-05	0.0345	0.0435	0.0380	0.0462
PA-06	0.0276	0.0403	0.0480	0.0465
PA-07	0.0280	0.0377	0.0330	0.0418
PA-08	0.0237	0.0364	0.0330	0.0360
Promedio=	0.0360	0.0433	0.0418	0.0476

Elaboración propia.

Cabe precisar que para tomar como el $n_{\text{promedio}} = 0.040$ del sector en estudio solo se tomó tres métodos de estimación (medición de velocidades, Manning y Cowan), obviando el método de medición de rugosidad debido a que este último no establece directamente los valores de n de Manning. Para cuestión de comparación en la Tabla 21, se muestra los valores de n de Manning por el método de medición de rugosidad tal que, k , toma los valores del diámetro efectivo d_{10} .

4.2 Discusiones

- a. A partir de los resultados obtenidos, de las Tablas 8, 9 y 11, se ha determinado un $n_{\text{mín}} = 0.024$, $n_{\text{máx}} = 0.068$ y $n_{\text{promedio}} = 0.040$ (considerado como la media de los métodos desarrollados: medición de velocidades, Manning y Cowan). El método de medición de la rugosidad no establece directamente el valor de n , sino que establece más bien una función para calcular n en función de la altura de rugosidad (k). Es así que, entre los métodos antes mencionados, el valor de n de Manning se encuentra dentro del rango establecido de 0.030 a 0.050 para corrientes de montañas con fondo: grava, piedras y pocos cantos rodados propuesto por Chow, 1959.
- b. La función obtenida para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning desarrollado por el método de la medición de la rugosidad, está dada por la ecuación $n = 0.047(k)^{\frac{1}{6}}$ que viene a ser mayor a la ecuación de $n = 0.0336(k)^{\frac{1}{6}}$ obtenido en los grandes ríos de Venezuela (Osío et al, 2011) y análogo a la ecuación $n = 0.044(k)^{\frac{1}{6}}$ obtenido en el río Chonta, distrito de Baños del Inca – Cajamarca (Burgos, 2017). Razón por el cual se puede decir que la ecuación obtenida en la investigación es recomendable para la zona de estudio, sin embargo, estas ecuaciones difieren por características de superficie casi planas o llanas (grandes ríos de Venezuela) y superficies de altas montañas (Cajamarca).

- c. En la presente investigación observamos que la aplicación del análisis de regresión lineal y no lineal entre el coeficiente de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos, Tabla 13, 14, 15, 16, 17 y 18, los diámetros menores o iguales al diámetro medio (d_{50}) tienen mejor coeficiente de determinación (R^2), a diferencia de los diámetros mayores que no guardan relación entre las dos variables.
- d. De la contrastación de los modelos, vemos que son dos los modelos de mayor ajuste, con coeficientes de determinación $R^2 = 0.9557$ (MPot-02), y $R^2 = 0.9611$ (MPot-01). La estimación de n de Manning mediante el modelo MPot-02 nos da como resultado un $n_{\text{promedio}} = 0.043$ y la estimación mediante el modelo MPot-01 nos da como resultado un $n_{\text{promedio}} = 0.048$, la cual se puede decir que la media del primer modelo es aproximado al n estimado como la media de los métodos de medición de velocidades, Manning y Cowan, y del segundo modelo es más alejado a dicho valor. Cabe precisar que la media de ambos modelos se encuentra dentro de los rangos establecidos para corrientes de montañas por Chow, 1959.
- e. Así mismo, el modelo potencial 01 (MPot-01) dada por la ecuación (63) se asemeja a la ecuación empírica establecido por Simons y Senturk (1976) cuya ecuación viene a ser $n = 0.047(d_0)^{\frac{1}{6}}$, donde: d_0 es el diámetro (mm) de arena, uniformemente seleccionada y ubicada en los lados y fondos del canal.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se identificaron ocho puntos de muestreo a lo largo del río Santa, estos puntos de muestreo van desde las cotas 3545 msnm en el distrito de Catac – Recuay hasta 2743 msnm del distrito de Parihuanca – Carhuaz, los mismos que representan un control estratégico para determinar los coeficientes de rugosidades de Manning y por ende el modelo de estimación del mismo.
- Se han obtenido los parámetros hidráulicos en las secciones transversales de los puntos de aforo como: profundidad normal, $y_{m\acute{a}x} = 0.80\text{m}$, $y_{m\acute{i}n} = 0.02\text{m}$ y $y_{\text{promedio}} = 0.37\text{m}$, área mojada, $A_{m\acute{a}x} = 15.93\text{m}^2$, $A_{m\acute{i}n} = 3.70\text{m}^2$ y $A_{\text{promedio}} = 8.96\text{m}^2$, perímetro mojado, $P_{m\acute{a}x} = 36.47\text{m}$, $P_{m\acute{i}n} = 13.10\text{m}$ y $P_{\text{promedio}} = 22.63\text{m}$, radio hidráulico, $R_{m\acute{a}x} = 0.49\text{m}$, $R_{m\acute{i}n} = 0.28\text{m}$ y $R_{\text{promedio}} = 0.38\text{m}$ y las pendientes $S_{m\acute{a}x} = 0.0075\text{ m/m}$, $S_{m\acute{i}n} = 0.0018\text{ m/m}$ y $S_{\text{promedio}} = 0.0038\text{ m/m}$.
- Los coeficientes de rugosidad de Manning estimados en el sector de estudio por el: método de medición de velocidades, $n_{m\acute{i}n} = 0.024$, $n_{m\acute{a}x} = 0.068$ y $n_{\text{promedio}} = 0.036$, método ecuación de Manning, $n_{m\acute{i}n} = 0.036$, $n_{m\acute{a}x} = 0.061$ y $n_{\text{promedio}} = 0.043$ y por método de Cowan, $n_{m\acute{i}n} = 0.033$, $n_{m\acute{a}x} = 0.053$ y $n_{\text{promedio}} = 0.042$. Obteniéndose así, para el río Santa en el sector de estudio un $n_{\text{promedio}} = 0.040$.
- Se ha verificado la relación entre los coeficientes de rugosidad de Manning y los diámetros efectivos de la granulometría, generándose así los modelos lineal y no lineal por cada método de estimación:

El modelo lineal (MLin) para el Método de medición de Velocidades

$$n = 0.0042(d_{10}) + 0.0278$$

El modelo potencial (MPot-02) para el Método de ecuación de Manning

$$n = 0.0429(d_{10})^{0.1371}$$

El modelo logarítmico (MLog) para el Método de Cowan

$$n = 0.0058 \ln(d_{10}) + 0.0418$$

El modelo potencial (MPot-01) para el Método de medición de Rugosidad

$$n = 0.047(d_{10})^{\frac{1}{6}}$$

Donde: n es el coeficiente de rugosidad de Manning y d_{10} es el diámetro efectivo del lecho del río (mm), tal que el 10% del material en peso es menor.

- El modelo propuesto en la investigación para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría resulta ser el modelo Potencial (MPot-02), por ser el modelo con mayor coeficiente de determinación entre los demás modelos (MLin, MLog y MPot-01) cuyo $R^2 = 0.956$ expresada por la siguiente ecuación:

$$n = 0.0429(d_{10})^{0.1371}$$

Que también, al ser comparado con los valores de n obtenidos por la ecuación de Manning generan medias iguales de $n_{\text{promedio}} = 0.043$, aceptándose de las dos formas el modelo final mencionado.

5.2 Recomendaciones

- Es recomendable realizar trabajos de investigación relacionado a la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning que involucren la variación del caudal de flujo en el tiempo.
- Para mejorar la estimación del coeficiente de la rugosidad de Manning que está en función de la granulometría se recomienda una adecuada extracción del material de lecho río con el objeto de que nuestros resultados sean óptimos, coherentes y de adecuados a rangos o valores establecidos.
- Se sugiere seguir realizando investigaciones referidas al tema, mejorándolo y buscando modelos que permitan obtener coeficientes de rugosidad de forma directa con pasos más sencillos en ríos no aforados.

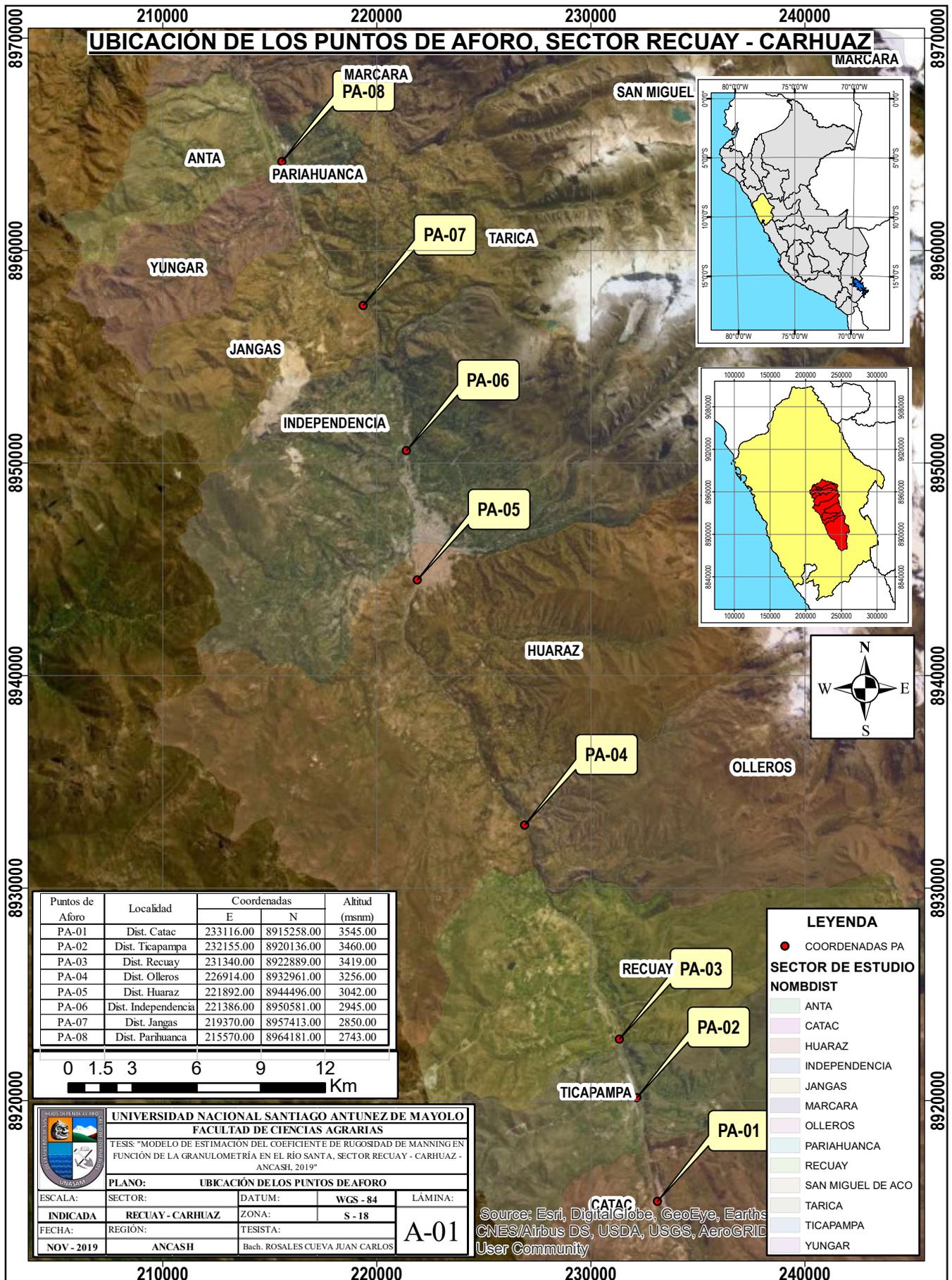
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Burgos Flores, N. I. (2017). *Estimación del Coeficiente de Rugosidad de Manning mediante mediciones de velocidad y profundidad, empleando un molinete hidrométrico en el río Chonta, Cajamarca, 2016*. Cajamarca.
- Castro Ochoa, B. (20 de Noviembre de 2010). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/43437167/Ensayo-Granulometrico-Por-Tamizado-Del-Suelo>.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Bogota: McGraw-Hill Latinoamericana.
- Colmenárez, G., Pardo Pascual, J., Ruiz, L., & Segura Beltrán, F. (2010). Estudio de la relación de la rugosidad topográfica obtenida a partir de datos Lidar y GPS con el coeficiente de rugosidad n de Manning. *C&G*, 24.
- Fernández de Córdoba Webster, C. J., León Méndez, A. J., & Rodríguez López, Y. (2017). Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 17-31.
- Gutierrez Silva, J. D. (2009). *Calculo del coeficiente de rugosidad de Manning utilizando gravilla, arena, piedra pegada y tierra como fondo mediante un canal a escala como modelo físico*. Bogotá.
- Guzmán Ordoñez, G. A., & Vera Pelaez, T. M. (2013). *Estudio del intercambio de Agua Superficial y Agua Subterránea en el río Cumbe*. Cuenca.
- López Alonso, R. (2005). *Resistencia al Flujo de Ríos de Montaña*. Cataluña.
- López Roldán, P., & Fachelli, S. (2016). Análisis de regresión. En P. López Roldán, & S. Fachelli, *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa* (pág. 104). Barcelona.

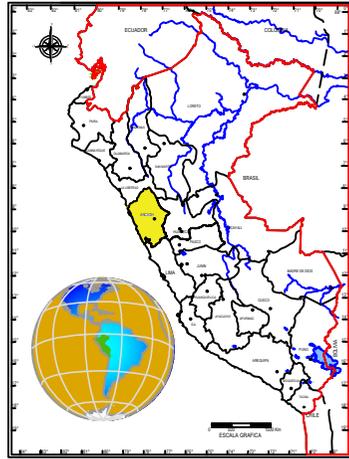
- Ortega Santillana, G. S., & Álvarez Jaramillo, R. (22 de 01 de 2014). *INSTRUCTIVO DE MEDICIÓN DE CAUDAL*. Obtenido de LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL-UNASAM:
https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTIVO_DE_MEDICI%C3%93N_DE_CAUDAL_ANEXO_INF.CORREGIDO_Gul_iana.pdf
- Osío Yépez, M. G., Valencia Ventura, F. F., Guevara, E., & Cartaya, H. (2011). Cálculo del Coeficiente de rugosidad "n" de Manning en los grandes ríos de Venezuela. *Revista de Ingeniería UC, Universidad de Carabobo, Venezuela.*, 12.
- Pastora Flores, D. V. (2010). *Evaluación de la Fórmula de Manning en el Río Ostua*. Guatemala.
- Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales*. Lima.
- Tapia Rodríguez, G., Molina Aguilar, J. P., Pérez Morales, B., & Torres Acosta, A. A. (2012). Metodología para la medición de la velocidad de flujo en un río en el diagnóstico de la socavación en pilas de un puente, utilizando un dispositivo electrónico. *Instituto Mexicano del Transporte*, 114. Obtenido de Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. (12 de Enero de 2020). *Regresión y Correlación Lineal Simple*. Obtenido de [http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/Laboratoriovirtualdeestadistica/CARPE TA%203%20INFERENCIA_ESTADISTICA/DOC_%20INFERENCIA/TEMA%204/09%20REGRESION%20Y%20CORRELACION%20LINEAL%20SIMPLE.pdf](http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/Laboratoriovirtualdeestadistica/CARPE%20TA%203%20INFERENCIA_ESTADISTICA/DOC_%20INFERENCIA/TEMA%204/09%20REGRESION%20Y%20CORRELACION%20LINEAL%20SIMPLE.pdf)
- Villón Béjar, M. (2005). *Hidrología Estadística*. Lima: Villón.
- Villón V., M. (2004). *Hidrología*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica. Segunda Edición.

VII. ANEXO

ANEXO 1. Ubicación de los puntos de aforo (PA), sector Recuay – Carhuaz

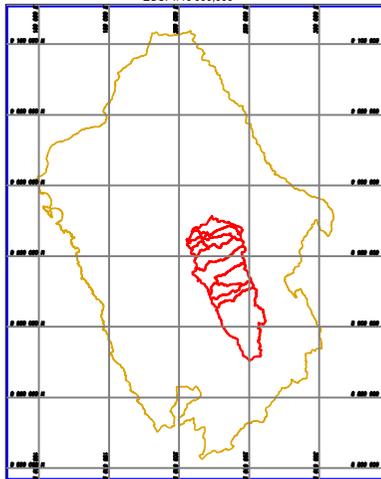


ANEXO 2. Progresiva de los puntos de aforo (PA), sector Recuay – Carhuaz.

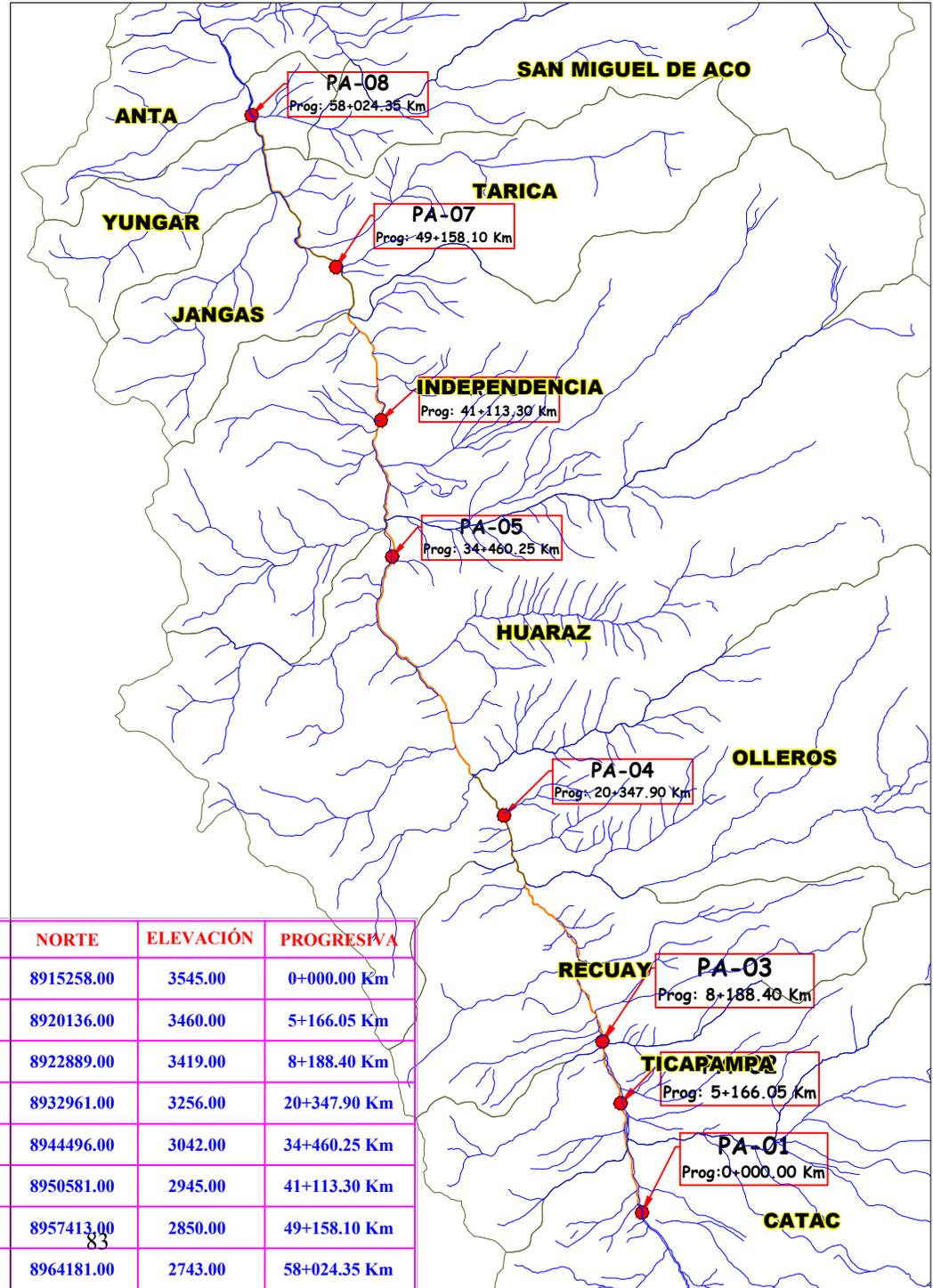


PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL

ESC. 1/10'000,000



	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		
	TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY - CARHUAZ - ANCASH, 2019"		
PLANO: PROGRESIVA DE PUNTOS DE AFORO			
ESCALA: INDICADA	LOCALIDAD: INDICADA	DATUM: WGS - 84	LÁMINA:
FECHA: NOVIEMBRE 2019	DISTRITO: INDICADA	ZONA: S - 18	A-02
	PROVINCIA: INDICADA	TESISTA: ROSALES CUEVA JUAN CARLOS	
	REGIÓN: ANCASH		



PUNTO AFORO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	PROGRESIVA
PA-01	233116.00	8915258.00	3545.00	0+000.00 Km
PA-02	232155.00	8920136.00	3460.00	5+166.05 Km
PA-03	231340.00	8922889.00	3419.00	8+188.40 Km
PA-04	226914.00	8932961.00	3256.00	20+347.90 Km
PA-05	221892.00	8944496.00	3042.00	34+460.25 Km
PA-06	221386.00	8950581.00	2945.00	41+113.30 Km
PA-07	219370.00	8957413.00	2850.00	49+158.10 Km
PA-08	215570.00	8964181.00	2743.00	58+024.35 Km

ANEXO 3. Panel fotográfico.



Figura 33. Tramo del punto de aforo 01 – distrito de Catac.



Figura 34. Tramo del punto de aforo 02 – distrito de Ticapampa.



Figura 35. *Tramo del punto de aforo 03 – distrito de Recuay.*



Figura 36. *Tramo del punto de aforo 04 – distrito de Olleros.*



Figura 37. *Tramo del punto de aforo 05 – distrito de Huaraz.*



Figura 38. *Tramo del punto de aforo 06 – distrito de Independencia.*



Figura 39. *Tramo del punto de aforo 07 – distrito de Jangas.*



Figura 40. *Tramo del punto de aforo 08 – distrito de Pariahuanca.*



Figura 41. *Aforo de caudal en la sección transversal de río.*



Figura 42. *Toma de datos de aforo de caudal.*

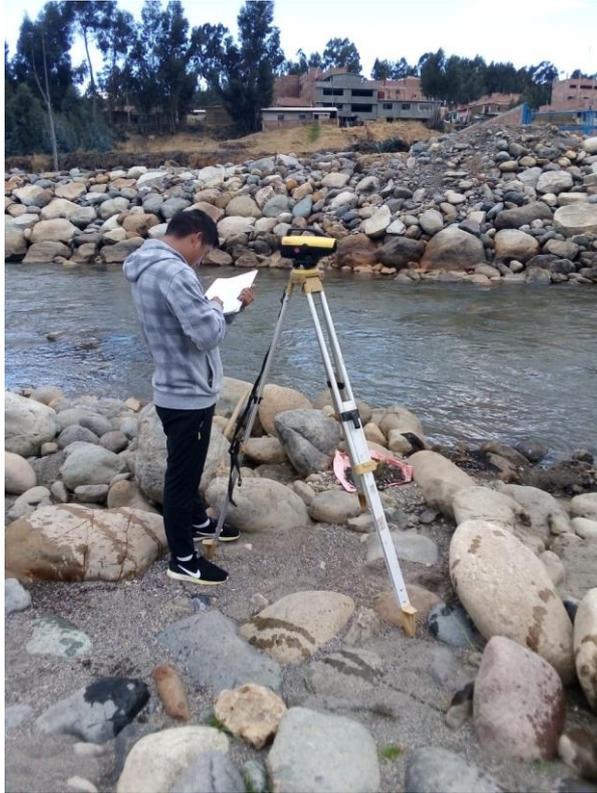


Figura 43. Nivelación del tramo de estudio.



Figura 44. Toma de datos de las pendientes del tramo de estudio.



Figura 45. *Extracción de material de lecho de río.*



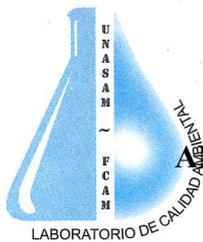
Figura 46. *Muestra de material por punto de aforo.*



Figura 47. *Secado de muestra - Análisis granulométrico en laboratorio.*



Figura 48. *Tamizado - Análisis granulométrico en laboratorio.*



ANEXO 4. Caudales en los puntos de aforo, sector de Recuay – Carhuaz.

INFORME DE ENSAYO AG190372

CLIENTE Razón Social : JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 Dirección : Jangas
 Atención : Juan Carlos Rosales Cueva

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Tramo Cátac - Ticapampa
 Coordenadas: 233116 E 8925258 N 3545 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190231

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

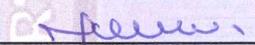
LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Septiembre/2019
 Fecha de análisis : 03 de Septiembre al 05 de Septiembre/2019
 Cotización N° : CO190712

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PA - 01
					Fecha de muestreo	02/09/2019
					Hora de muestreo	9:00
					Código del Laboratorio	AG190429
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM05	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	Automatico - Método del Correntometro, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA	0.10		2772.36

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

Huaraz, 05 de Septiembre de 2019




 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604





REPORTE DE MEDICION DE CAUDAL (AFORO)

RAZON SOC.: JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
COTIZACION: N° C0190712
MATRIZ: AN -Asp
ESTACION: PM - 01
PERSONAL: YELKIN ALVAREZ ROMERO
PROCEDE: RIO SANTA - TRAMO CATAC - TICAPAMPA
METODO: Correntometro - Automatico
NORMA: R. J. N° 010-2016-ANA
FUENTE: R.J.N° 182-2011-ANA
EQUIPO: Correntometro
MARCA: Global Water
MODELO: FP111
SERIE N°: 1302000240
RANGO DE MEDICION: 0.1 - 50.0 m³/s
RANGOS DE VELOCIDAD: 0.1 - 19.9 Ft/s
EXACTITUD: 0.1 Ft/s

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0.6d
>45	0.2 d y 0.8 d o 0.2 d; 0.6 d y 0.8 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro

A: Área de la sección transversal

N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE (cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (ft/s)								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
1	15.6	0	5	50	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
2	15.6	60	14	50	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2
3	15.6	160	40	64	1.2	1.3	1.2	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3
4	15.6	260	44	64	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4
5	15.6	360	40	64	1.3	1.4	1.3	1.4	1.3	1.5	1.4	1.5	1.5
6	15.6	460	55	20	1.7	1.5	1.6	1.7	1.5	1.6	1.5	1.7	1.7
7	15.6	460	55	80	1.7	1.9	2.1	1.9	1.9	1.9	1.7	1.9	1.9
8	15.6	560	50	20	2.1	2.0	2.3	1.9	2.3	2.4	2.3	2.1	2.1
9	15.6	560	50	80	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.4	2.5	2.6	2.6
10	15.6	660	65	20	1.7	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1	1.9	2.1	2.1
11	15.6	660	65	80	2.5	2.3	2.7	2.5	2.7	2.3	2.5	2.7	2.7
12	15.6	760	55	20	1.7	1.5	1.7	1.7	1.5	1.7	1.5	1.6	1.6
13	15.6	760	55	80	2.1	2.3	2.3	2.5	2.1	2.3	2.2	2.5	2.5
14	15.6	860	29	60	3.5	3.7	3.3	3.5	3.5	3.3	3.7	3.5	3.5
15	15.6	960	30	60	0.8	1.0	0.8	0.7	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8
16	15.6	1060	40	60	1.5	1.7	1.7	1.7	1.5	1.9	1.7	1.7	1.7
17	15.6	1160	20	60	2.3	2.1	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	2.3	2.3
18	15.6	1260	23	60	1.5	1.7	1.3	1.5	1.7	1.5	1.5	1.3	1.3
19	15.6	1360	10	50	0.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
20	15.6	1460	8	50	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.3	0.3	0.4	0.4
21	15.6	1560	5	50	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0

Nota: Medicion de velocidades de acuerdo al tirante; 20%, 60% y 80%

1pie/s = 0.3048 m/s

N°	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDADES (m/s)								VEL (m/s)	V _{prom.} (m/s)
				1	2	3	4	5	6	7	8		
1	15.6	0.00	0.05	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02
2	15.6	0.60	0.14	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04
3	15.6	1.60	0.40	0.37	0.40	0.37	0.43	0.40	0.43	0.43	0.40	0.40	0.40
4	15.6	2.60	0.44	0.37	0.40	0.43	0.40	0.40	0.40	0.43	0.43	0.40	0.40
5	15.6	3.60	0.40	0.40	0.43	0.40	0.43	0.40	0.46	0.43	0.46	0.42	0.42
6	15.6	4.60	0.55	0.52	0.46	0.49	0.52	0.46	0.49	0.46	0.52	0.49	0.49
7	15.6	4.60	0.55	0.52	0.58	0.64	0.58	0.58	0.58	0.52	0.58	0.57	0.53
8	15.6	5.60	0.50	0.64	0.61	0.70	0.58	0.70	0.73	0.70	0.64	0.66	0.71
9	15.6	5.60	0.50	0.70	0.73	0.73	0.76	0.79	0.73	0.76	0.79	0.75	0.75
10	15.6	6.60	0.65	0.52	0.58	0.58	0.58	0.61	0.64	0.58	0.64	0.59	0.68
11	15.6	6.60	0.65	0.76	0.70	0.82	0.76	0.82	0.70	0.76	0.82	0.77	0.77
12	15.6	7.60	0.55	0.52	0.46	0.52	0.52	0.46	0.52	0.46	0.49	0.49	0.59
13	15.6	7.60	0.55	0.64	0.70	0.70	0.76	0.64	0.70	0.67	0.76	0.70	0.70
14	15.6	8.60	0.29	1.07	1.13	1.01	1.07	1.07	1.01	1.13	1.07	1.07	1.07
15	15.6	9.60	0.30	0.24	0.30	0.24	0.21	0.24	0.30	0.24	0.24	0.26	0.26
16	15.6	10.60	0.40	0.46	0.52	0.52	0.52	0.46	0.58	0.52	0.52	0.51	0.51
17	15.6	11.60	0.20	0.70	0.64	0.70	0.76	0.70	0.70	0.76	0.70	0.71	0.71
18	15.6	12.60	0.23	0.46	0.52	0.40	0.46	0.52	0.46	0.46	0.40	0.46	0.46
19	15.6	13.60	0.10	0.00	0.06	0.03	0.00	0.06	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03
20	15.6	14.60	0.08	0.09	0.12	0.15	0.15	0.18	0.09	0.09	0.12	0.13	0.13
21	15.6	15.60	0.05	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02

Esta prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Los contramuestras o muestras duplicadas se conservarán de acuerdo a su tiempo de perechibilidad.

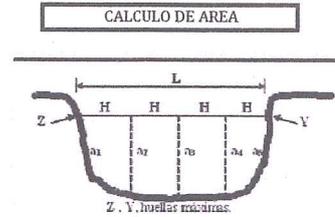
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N° 200 - Huaraz - Ancash - Telf: 421 431 - Cel: 944432754
Email: labqcam@hotmail.com





N°	VELOCIDADES		AREA				CAUDAL	
	V _{prom.} (m/s)	V _{area} (m/s)	Distancias (m)	Tirante, h _n (m)	Altura, H (m)	Area _{total} (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	0.02		0.00	0.05				
2	0.04	0.0267	0.60	0.14	0.60	0.0570	0.0015	1.52
3	0.40	0.2191	1.60	0.40	1.00	0.2700	0.0592	59.15
4	0.40	0.4020	2.60	0.44	1.00	0.4200	0.1688	168.82
5	0.42	0.4134	3.60	0.40	1.00	0.4200	0.1736	173.62
6	0.53	0.4763	4.60	0.55	1.00	0.4750	0.2262	226.22
7	0.71	0.6182	5.60	0.50	1.00	0.5250	0.3245	324.54
8	0.68	0.6934	6.60	0.65	1.00	0.5750	0.3987	398.72
9	0.59	0.6372	7.60	0.55	1.00	0.6000	0.3823	382.33
10	1.07	0.8306	8.60	0.29	1.00	0.4200	0.3488	348.84
11	0.26	0.6610	9.60	0.30	1.00	0.2950	0.1950	195.01
12	0.51	0.3829	10.60	0.40	1.00	0.3500	0.1340	134.02
13	0.71	0.6096	11.60	0.20	1.00	0.3000	0.1829	182.88
14	0.46	0.5829	12.60	0.23	1.00	0.2150	0.1253	125.33
15	0.03	0.2419	13.60	0.10	1.00	0.1650	0.0399	39.92
16	0.13	0.0762	14.60	0.08	1.00	0.0900	0.0069	6.86
17	0.02	0.0705	15.60	0.05	1.00	0.0650	0.0046	4.58
Total							2.7724	2772.36



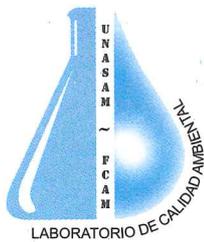
$$A = \frac{(h1 \pm h2)H}{2}$$

Nota: Ancho del cauce (m) 15.60

CAUDAL TOTAL (l/s)	2772.36
--------------------	---------



M.Sc. Quím. Mario V. Lopyva Collas
 JEFE
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM - UNASAM



INFORME DE ENSAYO AG190373

CLIENTE Razón Social : JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 Dirección : Jangas
 Atención : Juan Carlos Rosales Cueva

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Tramo Ticapampa - Recuay
 Coordenadas: 232155 E 8920136 N 3460 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190231

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

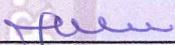
LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Septiembre/2019
 Fecha de análisis : 03 de Septiembre al 05 de Septiembre/2019
 Cotización N° : CO190712

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PA - 02
					Fecha de muestreo	02/09/2019
					Hora de muestreo	10:30
					Código del Laboratorio	AG190430
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM05	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	Automatico - Método del Correntometro, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA	0.10		3117.89

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

Huaraz, 05 de Septiembre de 2019




 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



REPORTE DE MEDICION DE CAUDAL (AFORO)

RAZON SOC.: JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
COTIZACION: N° C0190712
MATRIZ: AN - Asp
ESTACION: PM - 02
PERSONAL: YELKIN ALVAREZ ROMERO
PROCEDE: RIO SANTA - TRAMO TICAPAMPA - RECUAY
METODO: Correntometro - Automatico
NORMA: R. J. N° 010-2016-ANA
FUENTE: R.J.N° 182-2011-ANA
EQUIPO: Correntometro
MARCA: Global Water
MODELO: FP111
SERIE N°: 1302000240
RANGO DE MEDICION: 0.1 - 50.0 m³/s
RANGOS DE VELOCIDAD: 0.1 - 19.9 Ft/s
EXACTITUD: 0.1 Ft/s

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0.6d
>45	0.2 d y 0.6 d o 0.2 d, 0.6 d y 0.8 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro

A: Área de la sección transversal

N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE (cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (ft/s)								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
1	17.2	0	8	50	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
2	17.2	100	13	50	1.3	1.5	1.3	1.5	1.5	1.3	1.5	1.3	1.3
3	17.2	200	13	50	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
4	17.2	300	14	50	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0
5	17.2	400	20	20	1.3	1.5	1.5	1.3	1.5	1.3	1.5	1.5	1.5
6	17.2	400	20	80	1.3	1.7	1.5	1.5	1.5	1.7	1.5	1.5	1.5
7	17.2	500	21	20	1.3	1.5	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.7
8	17.2	500	21	80	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.3	2.3
9	17.2	600	30	20	1.0	1.2	0.8	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0
10	17.2	600	30	80	2.0	2.3	2.5	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5
11	17.2	700	35	20	1.7	1.9	1.5	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	1.7
12	17.2	700	35	80	2.1	2.5	2.3	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7	2.7
13	17.2	800	50	20	2.5	2.7	2.5	2.7	2.9	2.7	2.5	2.7	2.7
14	17.2	800	50	80	3.1	3.3	3.1	3.5	3.3	3.3	3.5	3.3	3.3
15	17.2	900	40	20	1.5	1.7	2.5	1.9	2.1	2.1	1.9	1.9	1.9
16	17.2	900	40	80	2.5	2.3	2.5	2.5	2.3	2.5	2.3	2.3	2.3
17	17.2	1000	50	20	1.9	2.1	2.3	1.9	2.3	2.1	1.9	2.1	2.1
18	17.2	1000	50	80	2.5	2.9	2.7	2.5	2.7	2.9	2.5	2.7	2.7
19	17.2	1100	60	20	2.1	1.9	1.7	1.9	1.7	2.0	1.9	1.7	1.7
20	17.2	1100	60	80	3.8	4.0	3.7	3.7	3.8	4.0	3.8	3.8	3.8
21	17.2	1200	35	20	2.5	2.7	2.5	2.3	2.5	2.7	2.5	2.7	2.7
22	17.2	1200	35	80	3.1	2.9	3.0	3.1	3.0	2.9	3.1	2.9	2.9
23	17.2	1300	30	20	1.3	1.5	1.5	1.7	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7
24	17.2	1300	30	80	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.3	2.1	2.1
25	17.2	1400	22	20	1.9	2.1	1.9	2.1	1.9	2.1	1.9	2.1	2.1
26	17.2	1400	22	80	2.3	2.7	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7	2.5	2.5
27	17.2	1500	29	20	1.3	1.2	1.3	1.5	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5
28	17.2	1500	29	80	2.1	2.1	1.9	1.9	1.9	2.1	1.9	1.9	1.9
29	17.2	1600	28	20	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2
30	17.2	1600	28	80	1.0	1.3	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3
31	17.2	1700	31	20	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
32	17.2	1700	31	80	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2
33	17.2	1720	20	20	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
34	17.2	1720	20	80	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0

Nota: Medicion de velocidades de acuerdo al tirante; 20%, 60% y 80%

1pie/s = 0.3048 m/s

N°	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDADES (m/s)								VEL (m/s)	V prom. (m/s)
				1	2	3	4	5	6	7	8		
1	17.2	0.00	0.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03
2	17.2	1.00	0.13	0.40	0.46	0.40	0.46	0.46	0.40	0.46	0.40	0.43	0.43
3	17.2	2.00	0.13	0.06	0.12	0.06	0.12	0.15	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11
4	17.2	3.00	0.14	0.30	0.37	0.37	0.30	0.37	0.30	0.37	0.30	0.34	0.34
5	17.2	4.00	0.20	0.40	0.46	0.46	0.40	0.46	0.40	0.46	0.46	0.43	0.43
6	17.2	4.00	0.20	0.40	0.52	0.46	0.46	0.46	0.52	0.46	0.46	0.46	0.46
7	17.2	5.00	0.21	0.40	0.46	0.46	0.52	0.46	0.52	0.46	0.52	0.47	0.47
8	17.2	5.00	0.21	0.70	0.64	0.70	0.64	0.70	0.64	0.70	0.70	0.68	0.68
9	17.2	6.00	0.30	0.30	0.37	0.24	0.30	0.37	0.30	0.37	0.30	0.32	0.32
10	17.2	6.00	0.30	0.61	0.70	0.76	0.70	0.70	0.70	0.70	0.76	0.70	0.70
11	17.2	7.00	0.35	0.52	0.58	0.46	0.52	0.58	0.58	0.52	0.52	0.53	0.53
12	17.2	7.00	0.35	0.64	0.76	0.70	0.82	0.76	0.82	0.76	0.82	0.76	0.76
13	17.2	8.00	0.50	0.76	0.82	0.76	0.82	0.88	0.82	0.76	0.82	0.81	0.81
14	17.2	8.00	0.50	0.94	1.01	0.94	1.07	1.01	1.01	1.07	1.01	1.01	1.01
15	17.2	9.00	0.40	0.46	0.52	0.76	0.58	0.64	0.64	0.58	0.58	0.59	0.59

Esta prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son validos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

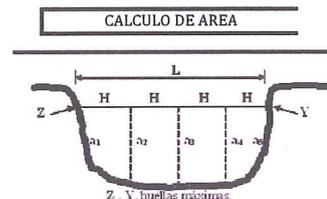
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N° 200 - Huaraz - Ancash Telef 421 431 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com





17	17.2	10.00	0.50	0.58	0.64	0.70	0.58	0.70	0.64	0.58	0.64	0.63	0.72
18	17.2	10.00	0.50	0.76	0.88	0.82	0.76	0.82	0.88	0.76	0.82	0.82	0.72
19	17.2	11.00	0.60	0.64	0.58	0.52	0.58	0.52	0.61	0.58	0.52	0.57	0.87
20	17.2	11.00	0.60	1.16	1.22	1.13	1.13	1.16	1.22	1.16	1.16	1.17	0.87
21	17.2	12.00	0.35	0.76	0.82	0.76	0.70	0.76	0.82	0.76	0.82	0.78	0.85
22	17.2	12.00	0.35	0.94	0.88	0.91	0.94	0.91	0.88	0.94	0.88	0.91	0.85
23	17.2	13.00	0.30	0.40	0.46	0.46	0.52	0.46	0.46	0.52	0.52	0.47	0.57
24	17.2	13.00	0.30	0.64	0.70	0.64	0.70	0.64	0.70	0.70	0.64	0.67	0.57
25	17.2	14.00	0.22	0.58	0.64	0.58	0.64	0.58	0.64	0.58	0.64	0.61	0.69
26	17.2	14.00	0.22	0.70	0.82	0.76	0.82	0.76	0.76	0.82	0.76	0.78	0.69
27	17.2	15.00	0.29	0.40	0.37	0.40	0.46	0.37	0.37	0.40	0.46	0.40	0.50
28	17.2	15.00	0.29	0.64	0.64	0.58	0.58	0.58	0.64	0.58	0.58	0.60	0.50
29	17.2	16.00	0.28	0.06	0.00	0.06	0.06	0.00	0.06	0.06	0.06	0.05	0.21
30	17.2	16.00	0.28	0.30	0.40	0.37	0.40	0.37	0.40	0.37	0.40	0.37	0.21
31	17.2	17.00	0.31	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.06	0.03	0.06	0.03	0.06
32	17.2	17.00	0.31	0.12	0.06	0.12	0.06	0.12	0.12	0.06	0.06	0.09	0.06
33	17.2	17.20	0.20	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.01
34	17.2	17.20	0.20	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01

N°	VELOCIDADES		AREA				CAUDAL	
	V _{prom.} (m/s)	V _{area} (m/s)	Distancias (m)	Tirante, h _n (m)	Altura, H (m)	Area _{Total} (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	0.03		0.00	0.08				
2	0.43	0.2267	1.00	0.13	1.00	0.1050	0.0238	23.80
3	0.11	0.2686	2.00	0.13	1.00	0.1300	0.0349	34.92
4	0.34	0.2229	3.00	0.14	1.00	0.1350	0.0301	30.09
5	0.45	0.3924	4.00	0.20	1.00	0.1700	0.0667	66.71
6	0.58	0.5124	5.00	0.21	1.00	0.2050	0.1051	105.05
7	0.51	0.5439	6.00	0.30	1.00	0.2550	0.1387	138.69
8	0.65	0.5801	7.00	0.35	1.00	0.3250	0.1885	188.52
9	0.91	0.7772	8.00	0.50	1.00	0.4250	0.3303	330.33
10	0.66	0.7849	9.00	0.40	1.00	0.4500	0.3532	353.19
11	0.72	0.6934	10.00	0.50	1.00	0.4500	0.3120	312.04
12	0.87	0.7953	11.00	0.60	1.00	0.5500	0.4374	437.44
13	0.85	0.8563	12.00	0.35	1.00	0.4750	0.4067	406.74
14	0.57	0.7087	13.00	0.30	1.00	0.3250	0.2303	230.31
15	0.69	0.6325	14.00	0.22	1.00	0.2600	0.1644	164.44
16	0.50	0.5972	15.00	0.29	1.00	0.2550	0.1523	152.29
17	0.21	0.3553	16.00	0.28	1.00	0.2850	0.1013	101.26
18	0.06	0.1362	17.00	0.31	1.00	0.2950	0.0402	40.18
19	0.01	0.0371	17.20	0.20	0.20	0.0510	0.0019	1.89
Total							3.1179	3117.89



$$A = \frac{(h1 + h2)H}{2}$$

Nota: Ancho del cauce (m) 17.20

CAUDAL TOTAL (l/s)	3117.89
---------------------------	----------------

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM
 UNASAM
 M.Sc. Quím. Mario V. Loyva Callas
 JEFE
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM-UNASAM



INFORME DE ENSAYO AG190374

CLIENTE Razón Social : JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 Dirección : Jangas
 Atención : Juan Carlos Rosales Cueva

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Tramo Recuay - Cruce Olleros
 Coordenadas: 231340 E 8922889 N 3419 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190231

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

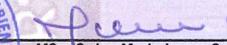
LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Septiembre/2019
 Fecha de análisis : 03 de Septiembre al 05 de Septiembre/2019
 Cotización N° : CO190712

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PA - 03
					Fecha de muestreo	02/09/2019
					Hora de muestreo	11:30
					Código del Laboratorio	AG190431
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM05	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	Automatico - Método del Correntometro, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA	0.10		3101.83

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

Huaraz, 05 de Septiembre de 2019




 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



REPORTE DE MEDICION DE CAUDAL (AFORO)

RAZON SOC.: JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 COTIZACION: N° C0190712
 MATRIZ: AN -Asp
 ESTACION: PM - 03
 PERSONAL: YELKIN ALVAREZ ROMERO
 PROCEDE: RIO SANTA - TRAMO RECUAY - CRUCE OLLEROS
 METODO: Correntometro - Automatico
 NORMA: R. J. N° 010-2016-ANA
 FUENTE: R.J.N° 182-2011-ANA
 EQUIPO: Correntometro
 MARCA: Global Water
 MODELO: FP111
 SERIE N°: 1302000240
 RANGO DE MEDICION: 0.1 - 50.0 m³/s
 RANGOS DE VELOCIDAD: 0.1 - 19.9 Ft/s
 EXACTITUD: 0.1 Ft/s

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0.6d
>45	0,2 d y 0,8 d o 0,2 d, 0,6 d y 0,8 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro
 A: Área de la sección transversal

N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE (cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (ft/s)								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
1	13	0	5	50	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
2	13	100	15	50	2.1	2.3	2.5	2.3	2.1	2.5	2.3	2.5	2.5
3	13	200	29	20	2.3	2.5	2.7	2.5	2.3	2.5	2.5	2.5	2.7
4	13	200	29	80	2.9	2.7	2.9	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9	2.7
5	13	300	35	20	2.5	2.9	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9	2.7	2.9
6	13	300	35	80	3.3	3.5	3.7	3.5	3.5	3.3	3.3	3.5	3.5
7	13	400	40	20	3.5	3.7	3.3	3.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.5
8	13	400	40	80	4.0	4.2	4.0	4.2	4.2	4.0	4.2	4.0	4.0
9	13	500	40	20	1.9	1.5	2.1	1.9	1.9	1.5	1.9	1.5	1.5
10	13	500	40	80	2.9	3.3	3.5	3.3	3.0	3.1	3.5	3.1	3.1
11	13	600	40	20	3.1	3.3	3.1	3.3	3.3	3.1	3.2	3.3	3.3
12	13	600	40	80	4.2	4.0	3.8	4.2	4.0	4.0	3.8	3.8	3.8
13	13	700	40	20	3.5	3.3	3.1	3.5	3.1	3.5	3.3	3.1	3.1
14	13	700	40	80	3.7	3.9	3.5	3.5	3.7	3.9	3.7	3.5	3.5
15	13	800	37	20	0.6	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8
16	13	800	37	80	1.9	2.1	2.3	2.0	2.0	1.9	1.9	2.0	2.0
17	13	900	33	20	2.1	2.3	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.1
18	13	900	33	80	2.9	3.1	2.9	3.0	2.9	3.1	3.0	2.9	2.9
19	13	1000	28	20	2.7	2.9	3.1	2.9	2.9	2.7	3.0	2.9	2.9
20	13	1000	28	80	3.7	3.8	3.7	3.5	3.5	3.7	3.8	3.7	3.7
21	13	1100	18	20	1.5	1.9	1.7	1.5	1.9	1.7	1.9	1.7	1.7
22	13	1100	18	80	2.3	2.7	2.5	2.7	2.3	2.5	2.3	2.5	2.5
23	13	1200	11	50	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8
24	13	1300	2	50	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota: Medicion de velocidades de acuerdo al tirante; 20%, 60% y 80%

1pie/s = 0.3048 m/s

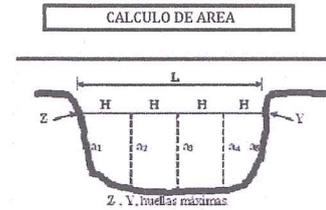
N°	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDADES (m/s)								VEL (m/s)	V _{prom.} (m/s)
				1	2	3	4	5	6	7	8		
1	13	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.76	0.11	0.11
2	13	1.00	0.15	0.64	0.70	0.76	0.70	0.64	0.76	0.70	0.82	0.72	0.72
3	13	2.00	0.29	0.70	0.76	0.82	0.76	0.70	0.76	0.76	0.82	0.76	0.82
4	13	2.00	0.29	0.88	0.82	0.88	0.82	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87
5	13	3.00	0.35	0.76	0.88	0.82	0.88	0.88	0.88	0.82	1.07	0.88	0.96
6	13	3.00	0.35	1.01	1.07	1.13	1.07	1.07	1.01	1.01	1.07	1.05	1.05
7	13	4.00	0.40	1.07	1.13	1.01	1.07	1.13	1.07	1.13	1.22	1.10	1.13
8	13	4.00	0.40	1.22	1.28	1.22	1.28	1.28	1.22	1.28	0.46	1.15	1.15
9	13	5.00	0.40	0.58	0.46	0.64	0.58	0.58	0.46	0.58	0.94	0.60	0.79
10	13	5.00	0.40	0.88	1.01	1.07	1.01	0.91	0.94	1.07	1.01	0.99	0.99
11	13	6.00	0.40	0.94	1.01	0.94	1.01	1.01	0.94	0.98	1.16	1.00	1.09
12	13	6.00	0.40	1.28	1.22	1.16	1.28	1.22	1.22	1.16	0.94	1.18	1.18
13	13	7.00	0.40	1.07	1.01	0.94	1.07	0.94	1.07	1.01	1.07	1.02	1.02
14	13	7.00	0.40	1.13	1.19	1.07	1.07	1.13	1.19	1.13	0.24	1.02	1.02
15	13	8.00	0.37	0.18	0.24	0.30	0.24	0.30	0.24	0.24	0.61	0.30	0.46
16	13	8.00	0.37	0.58	0.64	0.70	0.61	0.61	0.58	0.58	0.64	0.62	0.62
17	13	9.00	0.33	0.64	0.70	0.70	0.64	0.70	0.64	0.70	0.88	0.70	0.80
18	13	9.00	0.33	0.88	0.94	0.88	0.91	0.88	0.94	0.91	0.88	0.91	0.91
19	13	10.00	0.28	0.82	0.88	0.94	0.88	0.88	0.82	0.91	1.13	0.91	0.98
20	13	10.00	0.28	1.13	1.16	1.13	1.07	1.07	1.13	1.16	0.52	1.04	1.04
21	13	11.00	0.18	0.46	0.58	0.52	0.46	0.58	0.52	0.58	0.76	0.56	0.62
22	13	11.00	0.18	0.70	0.82	0.76	0.82	0.70	0.76	0.70	0.24	0.69	0.69
23	13	12.00	0.11	0.24	0.30	0.24	0.30	0.24	0.30	0.30	0.00	0.24	0.24
24	13	13.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contra muestras o muestras dirimentes se consignarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.





N°	VELOCIDADES		AREA				CAUDAL	
	V _{prom.} (m/s)	V _{area} (m/s)	Distancias (m)	Tirante, h _n (m)	Altura, H (m)	Area _{Total} (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	0.11		0.00	0.05				
2	0.72	0.4115	1.00	0.15	1.00	0.1000	0.0411	41.15
3	0.82	0.7658	2.00	0.29	1.00	0.2200	0.1685	168.48
4	0.96	0.8896	3.00	0.35	1.00	0.3200	0.2847	284.68
5	1.13	1.0458	4.00	0.40	1.00	0.3750	0.3922	392.19
6	0.79	0.9611	5.00	0.40	1.00	0.4000	0.3844	384.43
7	1.09	0.9430	6.00	0.40	1.00	0.4000	0.3772	377.19
8	1.02	1.0554	7.00	0.40	1.00	0.4000	0.4221	422.15
9	0.46	0.7382	8.00	0.37	1.00	0.3850	0.2842	284.20
10	0.80	0.6306	9.00	0.33	1.00	0.3500	0.2207	220.69
11	0.98	0.8906	10.00	0.28	1.00	0.3050	0.2716	271.63
12	0.62	0.8001	11.00	0.18	1.00	0.2300	0.1840	184.02
13	0.24	0.4334	12.00	0.11	1.00	0.1450	0.0628	62.84
14	0.01	0.1257	13.00	0.02	1.00	0.0650	0.0082	8.17
Total						3.1018	3101.83	



$$A = \frac{(h1 \pm h2)H}{2}$$

Nota: Ancho del cauce (m) 13.00

CAUDAL TOTAL (l/s)	3101.83
---------------------------	----------------



M. Sc. Quim. Mario V. Leyva Gallas
JEFE
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM-UNASAM

INFORME DE ENSAYO AG190375

CLIENTE Razón Social : JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 Dirección : Jangas
 Atención : Juan Carlos Rosales Cueva

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Tramo Cruce Olleros - Tacllan
 Coordenadas: 226914 E 8932961N 3256 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190231

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Septiembre/2019
 Fecha de análisis : 03 de Septiembre al 05 de Septiembre/2019
 Cotización N° : CO190712

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PA - 04
					Fecha de muestreo	02/09/2019
					Hora de muestreo	12:20
					Código del Laboratorio	AG190432
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM05	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	Automatico - Método del Correntometro, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA	0.10		5428.97

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

Huaraz, 05 de Septiembre de 2019



MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604



REPORTE DE MEDICION DE CAUDAL (AFORO)

RAZON SOC.: JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
COTIZACION: N° C0190712
MATRIZ: AN - Asp
ESTACION: PM - 04
PERSONAL: YELKIN ALVAREZ ROMERO
PROCEDE: RIO SANTA - CRUCE OLLEROS - TACLLAN
METODO: Correntometro - Automatico
NORMA: R. J. N° 010-2016-ANA
FUENTE: R.J.N° 182-2011-ANA
EQUIPO: Correntometro
MARCA: Global Water
MODELO: FP111
SERIE N°: 1302000240
RANGO DE MEDICION: 0.1 - 50.0 m³/s
RANGOS DE VELOCIDAD: 0.1 - 19.9 Ft/s
EXACTITUD: 0.1 Ft/s

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0.6d
>45	0.2 d y 0.8 d e 0.2 d, 0.6 d y 0.8 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro

A: Área de la sección transversal

N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE (cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (ft/s)								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
1	26	0	7	50	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
2	26	100	11	50	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1	1.3	1.3
3	26	200	28	20	1.2	1.0	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.3	1.3
4	26	200	28	80	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.5	1.7	1.7
5	26	300	21	20	1.7	1.9	1.5	1.9	1.7	1.5	1.9	1.7	1.7
6	26	300	21	80	2.1	1.9	2.0	2.1	1.9	1.9	2.0	2.1	2.1
7	26	400	45	20	2.2	2.3	2.1	1.9	2.1	2.3	2.0	2.1	2.1
8	26	400	45	80	2.3	2.5	2.7	2.5	2.3	2.5	2.7	2.3	2.3
9	26	500	55	20	1.5	1.7	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.5
10	26	500	55	80	1.4	2.0	2.1	1.9	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9
11	26	600	57	20	1.5	1.3	1.7	1.5	1.7	1.5	1.5	1.7	1.7
12	26	600	57	80	2.1	2.3	2.1	1.9	2.1	2.3	2.1	2.0	2.0
13	26	700	53	20	1.9	1.7	1.5	1.7	1.5	1.5	1.7	1.5	1.5
14	26	700	53	80	2.3	2.5	2.7	2.5	2.3	2.5	2.3	2.7	2.7
15	26	800	50	20	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.3	2.1	2.1
16	26	800	50	80	2.9	2.9	3.0	3.1	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0
17	26	900	45	20	2.1	1.9	1.7	1.7	1.9	1.9	1.7	1.9	1.9
18	26	900	45	80	2.9	2.9	3.1	3.3	2.9	3.1	3.2	3.1	3.1
19	26	1000	55	20	1.9	2.1	1.9	2.1	1.9	1.7	1.9	1.7	1.7
20	26	1000	55	80	2.1	2.7	2.3	2.5	2.5	2.6	2.5	2.3	2.3
21	26	1100	65	20	1.0	1.3	1.5	1.3	1.2	1.1	1.5	1.3	1.3
22	26	1100	65	80	2.3	2.1	2.1	1.9	2.5	2.3	1.9	2.1	2.1
23	26	1200	55	20	2.3	1.9	2.1	2.5	2.3	2.5	1.9	2.1	2.1
24	26	1200	55	80	1.9	2.1	2.5	1.9	2.1	2.1	1.9	2.0	2.0
25	26	1300	55	20	1.3	1.0	0.8	1.3	0.8	0.8	1.1	1.0	1.0
26	26	1300	55	80	1.9	2.1	2.5	1.9	2.1	2.1	1.9	2.0	2.0
27	26	1400	54	20	1.7	1.9	2.1	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1
28	26	1400	54	80	2.7	2.5	2.9	2.7	2.9	2.5	2.7	2.7	2.7
29	26	1500	21	20	2.7	2.9	3.1	2.9	2.7	3.1	3.0	3.1	3.1
30	26	1500	21	80	3.3	3.1	3.3	2.9	3.1	3.3	3.1	2.9	2.9
31	26	1600	36	20	1.9	1.7	1.5	1.7	1.9	1.7	1.9	1.5	1.5
32	26	1600	36	80	2.5	2.1	2.7	2.5	2.3	2.7	2.3	2.5	2.5
33	26	1700	40	20	1.5	1.2	1.3	1.5	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5
34	26	1700	40	80	2.1	1.9	2.1	1.9	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9
35	26	1800	43	20	1.5	1.3	1.2	1.5	1.5	1.3	1.2	1.5	1.5
36	26	1800	43	80	2.1	1.9	2.1	1.9	1.7	2.1	1.9	1.7	1.7
37	26	1900	45	20	1.0	1.5	1.5	1.2	1.3	1.5	1.3	1.5	1.5
38	26	1900	45	80	1.9	2.1	1.9	1.7	1.9	2.1	1.9	1.7	1.7
39	26	2000	35	20	0.6	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8
40	26	2000	35	80	1.5	1.2	1.2	1.3	1.5	1.2	1.3	1.2	1.2
41	26	2100	25	20	1.2	1.0	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.3	1.3
42	26	2100	25	80	1.5	1.7	1.3	1.5	1.3	1.7	1.5	1.3	1.3
43	26	2200	27	20	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8
44	26	2200	27	80	1.0	0.8	1.2	1.0	1.0	1.2	1.1	1.0	1.0
45	26	2300	19	20	0.6	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4
46	26	2300	19	80	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
47	26	2400	18	20	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2
48	26	2400	18	80	0.6	0.4	0.2	0.4	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6
49	26	2500	16	20	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
50	26	2500	16	80	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2
51	26	2600	14	80	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2

Nota: Medicion de velocidades de acuerdo al tirante; 20%, 60% y 80%

1pie/s =	0.3048	m/s
----------	--------	-----

N°	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDADES (m/s)								VEL (m/s)	V prom. (m/s)
				1	2	3	4	5	6	7	8		
1	26	0.00	0.07	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02	0.02
2	26	1.00	0.11	0.37	0.40	0.37	0.40	0.40	0.37	0.34	0.40	0.38	0.38
3	26	2.00	0.28	0.37	0.30	0.40	0.40	0.37	0.34	0.30	0.40	0.36	0.42
4	26	2.00	0.28	0.52	0.46	0.52	0.46	0.52	0.46	0.46	0.52	0.49	0.49
5	26	3.00	0.21	0.52	0.58	0.46	0.58	0.52	0.46	0.58	0.52	0.53	0.57
6	26	3.00	0.21	0.64	0.58	0.61	0.64	0.58	0.58	0.61	0.64	0.61	0.70
7	26	4.00	0.45	0.67	0.70	0.64	0.58	0.64	0.70	0.61	0.64	0.65	0.70
8	26	4.00	0.45	0.70	0.76	0.82	0.76	0.70	0.76	0.82	0.70	0.75	0.70
9	26	5.00	0.55	0.46	0.52	0.52	0.46	0.52	0.46	0.52	0.46	0.49	0.54
10	26	5.00	0.55	0.43	0.61	0.64	0.58	0.64	0.64	0.61	0.58	0.59	0.54

Esta prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

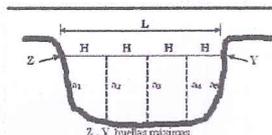




11	26	6.00	0.57	0.46	0.40	0.52	0.46	0.52	0.46	0.46	0.52	0.47	0.56
12	26	6.00	0.57	0.64	0.70	0.64	0.58	0.64	0.70	0.64	0.61	0.64	
13	26	7.00	0.53	0.58	0.52	0.46	0.52	0.46	0.46	0.52	0.46	0.50	0.62
14	26	7.00	0.53	0.70	0.76	0.82	0.76	0.70	0.76	0.70	0.82	0.75	
15	26	8.00	0.50	0.64	0.70	0.64	0.70	0.64	0.70	0.70	0.64	0.67	0.79
16	26	8.00	0.50	0.88	0.88	0.91	0.94	0.88	0.88	0.91	0.91	0.90	
17	26	9.00	0.45	0.64	0.58	0.52	0.52	0.58	0.58	0.52	0.58	0.56	0.75
18	26	9.00	0.45	0.88	0.88	0.94	1.01	0.88	0.94	0.98	0.94	0.93	
19	26	10.00	0.55	0.58	0.64	0.58	0.64	0.58	0.52	0.58	0.52	0.58	0.66
20	26	10.00	0.55	0.64	0.82	0.70	0.76	0.76	0.79	0.76	0.70	0.74	
21	26	11.00	0.65	0.30	0.40	0.46	0.40	0.37	0.34	0.46	0.40	0.39	0.52
22	26	11.00	0.65	0.70	0.64	0.64	0.58	0.76	0.70	0.58	0.64	0.66	
23	26	12.00	0.55	0.70	0.58	0.64	0.76	0.70	0.76	0.58	0.64	0.67	0.65
24	26	12.00	0.55	0.58	0.64	0.76	0.58	0.64	0.64	0.58	0.61	0.63	
25	26	13.00	0.55	0.40	0.30	0.24	0.40	0.24	0.24	0.34	0.30	0.31	0.47
26	26	13.00	0.55	0.58	0.64	0.76	0.58	0.64	0.64	0.58	0.61	0.63	
27	26	14.00	0.54	0.52	0.58	0.64	0.58	0.58	0.61	0.61	0.64	0.59	0.71
28	26	14.00	0.54	0.82	0.76	0.88	0.82	0.88	0.76	0.82	0.82	0.82	
29	26	15.00	0.21	0.82	0.88	0.94	0.88	0.82	0.94	0.91	0.94	0.90	0.92
30	26	15.00	0.21	1.01	0.94	1.01	0.88	0.94	1.01	0.94	0.88	0.95	
31	26	16.00	0.36	0.58	0.52	0.46	0.52	0.58	0.52	0.58	0.46	0.53	0.64
32	26	16.00	0.36	0.76	0.64	0.82	0.76	0.70	0.82	0.70	0.76	0.75	
33	26	17.00	0.40	0.46	0.37	0.40	0.46	0.37	0.37	0.40	0.46	0.41	0.51
34	26	17.00	0.40	0.64	0.58	0.64	0.58	0.64	0.64	0.61	0.58	0.61	
35	26	18.00	0.43	0.46	0.40	0.37	0.46	0.46	0.40	0.37	0.46	0.42	0.50
36	26	18.00	0.43	0.64	0.58	0.64	0.58	0.52	0.64	0.58	0.52	0.59	
37	26	19.00	0.45	0.30	0.46	0.46	0.37	0.40	0.46	0.40	0.46	0.41	0.50
38	26	19.00	0.45	0.58	0.64	0.58	0.52	0.58	0.64	0.58	0.52	0.58	
39	26	20.00	0.35	0.18	0.24	0.24	0.30	0.24	0.30	0.24	0.24	0.25	0.32
40	26	20.00	0.35	0.46	0.37	0.37	0.40	0.46	0.37	0.40	0.37	0.40	
41	26	21.00	0.25	0.37	0.30	0.40	0.37	0.40	0.37	0.34	0.40	0.37	0.41
42	26	21.00	0.25	0.46	0.52	0.40	0.46	0.40	0.52	0.46	0.40	0.45	
43	26	22.00	0.27	0.24	0.30	0.30	0.24	0.24	0.30	0.24	0.24	0.27	0.29
44	26	22.00	0.27	0.30	0.24	0.37	0.30	0.30	0.37	0.34	0.30	0.32	
45	26	23.00	0.19	0.18	0.12	0.18	0.12	0.12	0.12	0.18	0.12	0.14	0.21
46	26	23.00	0.19	0.24	0.30	0.30	0.24	0.24	0.24	0.30	0.24	0.27	
47	26	24.00	0.18	0.06	0.12	0.06	0.12	0.06	0.06	0.12	0.06	0.08	0.11
48	26	24.00	0.18	0.18	0.12	0.06	0.12	0.18	0.12	0.18	0.18	0.14	
49	26	25.00	0.16	0.06	0.00	0.06	0.06	0.06	0.00	0.06	0.00	0.04	0.06
50	26	25.00	0.16	0.06	0.06	0.06	0.03	0.06	0.12	0.12	0.06	0.07	
51	26	26.00	0.14	0.06	0.00	0.06	0.06	0.00	0.03	0.03	0.06	0.04	0.04

N°	VELOCIDADES		AREA				CAUDAL	
	Vprom. (m/s)	Varea (m/s)	Distancias (m)	Tirante, h _n (m)	Altura, H (m)	Area _{Total} (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	0.02		0.00	0.07				
2	0.38	0.1962	1.00	0.11	1.00	0.0900	0.0177	17.66
3	0.42	0.4001	2.00	0.28	1.00	0.1950	0.0780	78.01
4	0.57	0.4953	3.00	0.21	1.00	0.2450	0.1213	121.35
5	0.70	0.6344	4.00	0.45	1.00	0.3300	0.2093	209.34
6	0.54	0.6201	5.00	0.55	1.00	0.5000	0.3100	310.04
7	0.56	0.5486	6.00	0.57	1.00	0.5600	0.3072	307.24
8	0.62	0.5915	7.00	0.53	1.00	0.5500	0.3253	325.33
9	0.79	0.7058	8.00	0.50	1.00	0.5150	0.3635	363.49
10	0.75	0.7677	9.00	0.45	1.00	0.4750	0.3647	364.66
11	0.66	0.7049	10.00	0.55	1.00	0.5000	0.3524	352.43
12	0.52	0.5915	11.00	0.65	1.00	0.6000	0.3549	354.90
13	0.65	0.5858	12.00	0.55	1.00	0.6000	0.3515	351.47
14	0.47	0.5591	13.00	0.55	1.00	0.5500	0.3075	307.51
15	0.71	0.5886	14.00	0.54	1.00	0.5450	0.3208	320.81
16	0.92	0.8163	15.00	0.21	1.00	0.3750	0.3061	306.11
17	0.64	0.7801	16.00	0.36	1.00	0.2850	0.2223	222.33
18	0.51	0.5734	17.00	0.40	1.00	0.3800	0.2179	217.89
19	0.50	0.5067	18.00	0.43	1.00	0.4150	0.2103	210.29
20	0.50	0.4991	19.00	0.45	1.00	0.4400	0.2196	219.61
21	0.32	0.4096	20.00	0.35	1.00	0.4000	0.1638	163.83
22	0.41	0.3658	21.00	0.25	1.00	0.3000	0.1097	109.73
23	0.29	0.3496	22.00	0.27	1.00	0.2600	0.0909	90.89
24	0.21	0.2486	23.00	0.19	1.00	0.2300	0.0572	57.18
25	0.11	0.1600	24.00	0.18	1.00	0.1850	0.0296	29.60
26	0.06	0.0848	25.00	0.16	1.00	0.1700	0.0144	14.41
27	0.00	0.0276	25.00	0.16	0.00	0.0000	0.0000	0.00
28	0.04	0.0191	26.00	0.14	1.00	0.1500	0.0029	2.86
Total							5.4290	5428.97

CALCULO DE AREA



$$A = \frac{(h1 \pm h2)H}{2}$$

Nota: Ancho del cauce (m) 26.00

CAUDAL TOTAL (l/s)	5428.97
--------------------	---------



M Sc. Quim. Mario W. Leyva Collas
 JEFE
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM-UNASAM



INFORME DE ENSAYO AG190376

CLIENTE Razón Social : JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 Dirección : Jangas
 Atención : Juan Carlos Rosales Cueva

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Tramo Tacllan - Palmira
 Coordenadas: 221892 E 8944496 N 3042 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190232

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

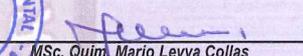
LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Septiembre/2019
 Fecha de análisis : 03 de Septiembre al 05 de Septiembre/2019
 Cotización N° : CO190712

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PA - 05
					Fecha de muestreo	02/09/2019
					Hora de muestreo	13:30
					Código del Laboratorio	AG190433
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM05	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	Automatico - Método del Correntometro, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA	0.10		7134.62

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

Huaraz, 05 de Septiembre de 2019




 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



REPORTE DE MEDICION DE CAUDAL (AFORO)

RAZON SOC.: JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
COTIZACION: N° C0190712
MATRIZ: AN -Asp
ESTACION: PM - 05
PERSONAL: YELKIN ALVAREZ ROMERO
PROCEDE: RIO SANTA - TRAMO TACLAN - PALMIRA
METODO: Correntometro - Automatico
NORMA: R.J. N° 010-2016-ANA
FUENTE: R.J.N° 182-2011-ANA
EQUIPO: Correntometro
MARCA: Global Water
MODELO: FP111
SERIE N°: 1302000240
RANGO DE MEDICION: 0.1 - 50.0 m³/s
RANGOS DE VELOCIDAD: 0.1 - 19.9 Ft/s
EXACTITUD: 0.1 Ft/s

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0,6d
>45	0,2 d y 0,8 d o 0,2 d, 0,6 d y 0,8 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro

A: Área de la sección transversal

N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE (cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (ft/s)								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
1	24	0	11	50	1.2	1.5	1.3	1.3	1.5	1.3	1.5	1.3	1.3
2	24	200	25	20	1.5	1.7	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.5
3	24	200	25	80	2.1	2.3	2.3	2.5	2.1	2.3	2.5	2.3	2.3
4	24	400	33	20	0.8	0.4	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8
5	24	400	33	80	2.5	2.3	2.1	2.7	2.5	2.3	2.5	2.5	2.5
6	24	600	45	20	1.9	2.1	1.9	2.1	2.1	1.7	1.9	2.1	2.1
7	24	600	45	80	2.3	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7	2.5	2.5	2.5
8	24	800	50	20	3.3	2.9	3.3	2.9	3.3	2.9	3.3	2.9	2.9
9	24	800	50	80	3.5	3.3	3.1	3.5	3.1	3.3	3.3	3.1	3.1
10	24	1000	54	20	2.1	1.9	1.9	2.3	2.3	2.1	2.1	2.1	2.1
11	24	1000	54	80	3.3	3.1	2.9	2.9	3.1	3.3	3.1	3.1	3.1
12	24	1200	45	20	2.7	2.9	3.1	2.9	2.7	2.5	2.7	2.7	2.7
13	24	1200	45	80	3.3	3.1	3.5	2.9	3.1	3.0	3.1	3.1	3.1
14	24	1400	44	20	2.3	2.5	2.3	2.9	2.5	2.5	2.7	2.5	2.5
15	24	1400	44	80	4.0	4.1	3.7	3.5	3.7	3.9	4.0	3.9	3.9
16	24	1600	45	20	1.5	1.7	1.9	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7
17	24	1600	45	80	3.3	3.1	2.9	2.9	3.0	2.9	3.0	3.0	3.0
18	24	1800	40	20	1.9	2.1	1.7	1.7	1.9	1.9	2.0	2.1	2.1
19	24	1800	40	80	2.9	2.7	2.5	2.9	2.7	2.7	2.9	2.7	2.7
20	24	2000	33	20	2.3	2.5	2.7	2.7	2.5	2.5	2.7	2.7	2.7
21	24	2000	33	80	3.1	2.9	3.3	3.1	3.3	3.1	3.3	3.1	3.1
22	24	2200	30	20	3.8	3.5	3.7	3.5	3.5	3.7	3.5	3.5	3.5
23	24	2200	30	80	3.7	3.5	3.5	3.7	3.5	3.5	3.7	3.5	3.5
24	24	2400	14	50	0.2	0.0	0.4	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0

Nota: Medicion de velocidades de acuerdo al tirante; 20%, 60% y 80%

1pie/s = 0.3048 m/s

N°	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDADES (m/s)								VEL (m/s)	V _{prom.} (m/s)
				1	2	3	4	5	6	7	8		
1	24	0.00	0.11	0.37	0.46	0.40	0.40	0.46	0.40	0.46	0.40	0.42	0.42
2	24	2.00	0.25	0.46	0.52	0.52	0.46	0.52	0.46	0.52	0.46	0.49	0.59
3	24	2.00	0.25	0.64	0.70	0.70	0.76	0.64	0.70	0.76	0.70	0.70	0.70
4	24	4.00	0.33	0.24	0.12	0.24	0.24	0.24	0.21	0.24	0.24	0.22	0.48
5	24	4.00	0.33	0.76	0.70	0.64	0.82	0.76	0.70	0.76	0.76	0.74	0.69
6	24	6.00	0.45	0.58	0.64	0.58	0.64	0.64	0.52	0.58	0.64	0.60	0.69
7	24	6.00	0.45	0.70	0.76	0.82	0.76	0.76	0.82	0.76	0.76	0.77	0.97
8	24	8.00	0.50	1.01	0.88	1.01	0.88	1.01	0.88	1.01	0.88	0.94	0.97
9	24	8.00	0.50	1.07	1.01	0.94	1.07	0.94	1.01	1.01	0.94	1.00	0.79
10	24	10.00	0.54	0.64	0.58	0.58	0.70	0.70	0.64	0.64	0.64	0.64	0.79
11	24	10.00	0.54	1.01	0.94	0.88	0.88	0.94	1.01	0.94	0.94	0.94	0.90
12	24	12.00	0.45	0.82	0.88	0.94	0.88	0.82	0.76	0.82	0.82	0.85	0.97
13	24	12.00	0.45	1.01	0.94	1.07	0.88	0.94	0.91	0.94	0.94	0.96	0.97
14	24	14.00	0.44	0.70	0.76	0.70	0.88	0.76	0.76	0.82	0.76	0.77	0.72
15	24	14.00	0.44	1.22	1.25	1.13	1.07	1.13	1.19	1.22	1.19	1.17	0.71
16	24	16.00	0.45	0.46	0.52	0.58	0.52	0.55	0.52	0.55	0.52	0.53	0.87
17	24	16.00	0.45	1.01	0.94	0.88	0.88	0.91	0.88	0.91	0.91	0.92	1.09
18	24	18.00	0.40	0.58	0.64	0.52	0.52	0.58	0.58	0.61	0.64	0.58	0.87
19	24	18.00	0.40	0.88	0.82	0.76	0.88	0.82	0.82	0.88	0.82	0.84	1.09
20	24	20.00	0.33	0.70	0.76	0.82	0.82	0.76	0.76	0.82	0.82	0.78	0.05
21	24	20.00	0.33	0.94	0.88	1.01	0.94	1.01	0.94	1.01	0.94	0.96	0.05
22	24	22.00	0.30	1.16	1.07	1.13	1.07	1.07	1.13	1.07	1.07	1.09	0.05
23	24	22.00	0.30	1.13	1.07	1.07	1.13	1.07	1.07	1.13	1.07	1.09	0.05
24	24	24.00	0.14	0.06	0.00	0.12	0.06	0.06	0.00	0.06	0.00	0.05	0.05

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contra muestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

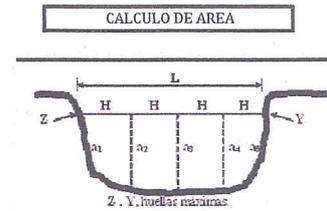
Av. Centenario N° 200 - Huaraz - Ancash Tel: 421 431 - Cel. 944432754

E-mail: labfcam@hotmail.com





N°	VELOCIDADES		AREA				CAUDAL	
	V _{prom.} (m/s)	V _{area} (m/s)	Distancias (m)	Tirante, h _n (m)	Altura, H (m)	Area _{Total} (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	0.42		0.00	0.11				
2	0.59	0.5048	2.00	0.25	2.00	0.3600	0.1817	181.74
3	0.48	0.5382	4.00	0.33	2.00	0.5800	0.3121	312.13
4	0.69	0.5839	6.00	0.45	2.00	0.7800	0.4554	455.43
5	0.97	0.8287	8.00	0.50	2.00	0.9500	0.7872	787.24
6	0.79	0.8820	10.00	0.54	2.00	1.0400	0.9173	917.30
7	0.90	0.8468	12.00	0.45	2.00	0.9900	0.8383	838.30
8	0.97	0.9363	14.00	0.44	2.00	0.8900	0.8333	833.31
9	0.72	0.8468	16.00	0.45	2.00	0.8900	0.7536	753.63
10	0.71	0.7163	18.00	0.40	2.00	0.8500	0.6088	608.84
11	0.87	0.7915	20.00	0.33	2.00	0.7300	0.5778	577.82
12	1.09	0.9820	22.00	0.30	2.00	0.6300	0.6187	618.68
13	0.05	0.5686	24.00	0.14	2.00	0.4400	0.2502	250.20
Total							7.1346	7134.62



$$A = \frac{(h1 + h2)H}{2}$$

Nota: Ancho del cauce (m) 24.00

CAUDAL TOTAL (l/s)	7134.62
---------------------------	----------------



M.Sc. Quim. Mario V. Leyva Colles
 JEFE
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM-UNASAM

INFORME DE ENSAYO AG190377

CLIENTE Razón Social : JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 Dirección : Jangas
 Atención : Juan Carlos Rosales Cueva

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Tramo Palmira - Tara
 Coordenadas: 221386 E 8950581 N 2945 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190232

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Septiembre/2019
 Fecha de análisis : 03 de Septiembre al 05 de Septiembre/2019
 Cotización N° : CO190712

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PA - 06
					Fecha de muestreo	02/09/2019
					Hora de muestreo	14:40
					Código del Laboratorio	AG190434
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM05	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	Automatico - Método del Correntometro, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA	0.10		10138.70

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

Huaraz, 05 de Septiembre de 2019



Msc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604



REPORTE DE MEDICION DE CAUDAL (AFORO)

RAZON SOC.: JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
COTIZACION: N° C0190712
MATRIZ: AN - Asp
ESTACION: PM - 06
PERSONAL: YELKIN ALVAREZ ROMERO
PROCEDE: RIO SANTA - TRAMO PALMIRA - TARA
METODO: Correntometro - Automatico
NORMA: R. J. N° 010-2016-ANA
FUENTE: R.J.N° 182-2011-ANA
EQUIPO: Correntometro
MARCA: Global Water
MODELO: FP111
SERIE N°: 1302000240
RANGO DE MEDICION: 0.1 - 50.0 m³/s
RANGOS DE VELOCIDAD: 0.1 - 19.9 Ft/s
EXACTITUD: 0.1 Ft/s

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0.6d
>45	0.2 d y 0.8 d o 0.2 d; 0.6 d y 0.8 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro

A: Área de la sección transversal

N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE (cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (ft/s)							
					1	2	3	4	5	6	7	8
1	23.5	0	15	50	1.1	0.9	1.1	0.9	1.1	1.1	0.9	0.9
2	23.5	100	25	20	1.7	2.0	1.9	1.9	1.7	1.9	2.0	1.9
3	23.5	100	25	80	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9
4	23.5	200	15	50	1.5	1.3	1.5	1.3	1.5	1.3	1.5	1.3
5	23.5	300	26	20	1.7	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0
6	23.5	300	26	80	2.2	2.0	2.4	2.2	2.2	2.2	2.4	2.2
7	23.5	400	40	20	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.7	1.5	1.7
8	23.5	400	40	80	1.7	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9
9	23.5	500	55	20	2.0	1.7	2.0	2.2	2.0	2.2	1.9	2.0
10	23.5	500	55	80	2.2	2.0	2.4	2.2	2.4	2.2	2.4	2.2
11	23.5	600	55	20	2.2	2.0	1.9	2.2	2.4	2.2	2.2	2.4
12	23.5	600	55	80	2.8	3.0	2.8	2.6	3.0	2.8	3.0	2.8
13	23.5	700	65	20	2.4	2.6	2.2	2.6	2.4	2.2	2.4	2.4
14	23.5	700	65	80	3.2	3.0	2.8	3.0	3.2	3.0	2.8	3.2
15	23.5	800	80	20	3.4	3.8	3.6	4.0	3.8	4.0	3.6	3.8
16	23.5	800	80	80	4.2	3.9	4.0	4.2	3.8	4.0	4.2	4.0
17	23.5	900	70	20	2.8	2.6	2.4	2.8	2.6	2.6	2.8	2.6
18	23.5	900	70	80	4.4	4.2	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.5
19	23.5	1000	70	20	2.8	2.9	2.8	2.6	2.6	2.8	2.6	2.8
20	23.5	1000	70	80	4.5	4.4	4.4	4.5	4.4	4.4	4.2	4.4
21	23.5	1100	75	20	3.2	3.4	3.4	3.6	3.4	3.6	3.2	3.4
22	23.5	1100	75	80	4.2	3.9	4.0	4.2	4.0	4.2	4.2	4.0
23	23.5	1200	70	20	2.8	2.7	2.6	2.8	2.8	2.7	2.6	2.8
24	23.5	1200	70	80	4.2	4.4	4.2	4.4	4.2	4.0	4.2	4.2
25	23.5	1300	65	20	3.3	3.1	3.1	2.9	3.1	2.9	3.1	3.1
26	23.5	1300	65	80	3.9	3.7	3.7	3.5	3.7	3.5	3.5	3.7
27	23.5	1400	65	20	3.1	3.1	2.9	2.9	2.9	3.1	3.1	2.9
28	23.5	1400	65	80	3.7	3.5	3.7	3.5	3.5	3.5	3.4	3.5
29	23.5	1500	60	20	3.3	3.3	3.1	3.3	3.4	3.4	3.3	3.3
30	23.5	1500	60	80	3.4	3.7	3.5	3.7	3.7	3.5	3.5	3.5
31	23.5	1600	55	20	2.9	3.1	2.9	2.7	2.9	2.9	2.7	2.9
32	23.5	1600	55	80	3.1	3.3	3.1	3.3	3.1	3.3	3.1	3.3
33	23.5	1700	55	20	2.9	2.7	2.9	2.9	2.7	2.7	2.9	2.9
34	23.5	1700	55	80	3.3	3.4	3.3	3.3	3.1	3.3	3.4	3.4
35	23.5	1800	49	20	2.7	2.9	2.9	2.7	2.7	2.9	2.9	2.7
36	23.5	1800	49	80	3.3	3.1	3.3	3.4	3.5	3.4	3.5	3.4
37	23.5	1900	36	20	2.4	2.3	2.4	2.5	2.3	2.2	2.3	2.2
38	23.5	1900	36	80	2.6	2.7	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6
39	23.5	2000	30	20	2.4	2.3	2.4	2.5	2.2	2.3	2.4	2.3
40	23.5	2000	30	80	2.6	2.5	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6
41	23.5	2100	23	20	2.4	2.1	2.0	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1
42	23.5	2100	23	80	2.6	2.4	2.5	2.5	2.4	1.5	2.5	2.5
43	23.5	2200	15	50	1.9	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8
44	23.5	2300	11	50	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6
45	23.5	2350	7	50	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4

Nota: Medicion de velocidades de acuerdo al tirante; 20%, 60% y 80%

1 pie/s = 0.3048 m/s

N°	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDADES (m/s)								VEL (m/s)	V _{prom.} (m/s)
				1	2	3	4	5	6	7	8		
1	23.5	0.00	0.15	0.34	0.27	0.34	0.27	0.34	0.27	0.27	0.30	0.30	
2	23.5	1.00	0.25	0.52	0.61	0.58	0.58	0.52	0.58	0.61	0.58	0.57	
3	23.5	1.00	0.25	0.58	0.55	0.55	0.58	0.58	0.55	0.58	0.58	0.57	
4	23.5	2.00	0.15	0.46	0.40	0.46	0.40	0.46	0.40	0.46	0.40	0.43	

Esta prohíbe la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

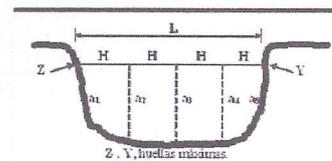




5	23.5	3.00	0.26	0.52	0.61	0.58	0.61	0.58	0.61	0.58	0.61	0.59	0.63
6	23.5	3.00	0.26	0.67	0.61	0.73	0.67	0.67	0.67	0.73	0.67	0.68	
7	23.5	4.00	0.40	0.52	0.46	0.52	0.46	0.52	0.52	0.46	0.52	0.50	0.53
8	23.5	4.00	0.40	0.52	0.58	0.55	0.58	0.55	0.58	0.55	0.58	0.56	
9	23.5	5.00	0.55	0.61	0.52	0.61	0.67	0.61	0.67	0.58	0.61	0.61	0.65
10	23.5	5.00	0.55	0.67	0.61	0.73	0.67	0.73	0.67	0.73	0.67	0.69	
11	23.5	6.00	0.55	0.67	0.61	0.58	0.67	0.73	0.67	0.67	0.73	0.67	0.77
12	23.5	6.00	0.55	0.85	0.91	0.85	0.79	0.91	0.85	0.91	0.85	0.87	
13	23.5	7.00	0.65	0.73	0.79	0.67	0.79	0.73	0.67	0.73	0.73	0.73	0.83
14	23.5	7.00	0.65	0.98	0.91	0.85	0.91	0.98	0.91	0.85	0.98	0.92	
15	23.5	8.00	0.80	1.04	1.16	1.10	1.22	1.16	1.22	1.10	1.16	1.14	1.19
16	23.5	8.00	0.80	1.28	1.19	1.22	1.28	1.16	1.22	1.28	1.22	1.23	
17	23.5	9.00	0.70	0.85	0.79	0.73	0.85	0.79	0.79	0.85	0.79	0.81	1.08
18	23.5	9.00	0.70	1.34	1.28	1.37	1.37	1.34	1.34	1.34	1.37	1.34	
19	23.5	10.00	0.70	0.85	0.88	0.85	0.79	0.79	0.85	0.79	0.85	0.83	1.09
20	23.5	10.00	0.70	1.37	1.34	1.34	1.37	1.34	1.34	1.28	1.34	1.34	
21	23.5	11.00	0.75	0.98	1.04	1.04	1.10	1.04	1.10	0.98	1.04	1.04	1.14
22	23.5	11.00	0.75	1.28	1.19	1.22	1.28	1.22	1.28	1.28	1.22	1.25	
23	23.5	12.00	0.70	0.85	0.82	0.79	0.85	0.85	0.82	0.79	0.85	0.83	1.06
24	23.5	12.00	0.70	1.28	1.34	1.28	1.34	1.28	1.22	1.28	1.28	1.29	
25	23.5	13.00	0.65	1.01	0.94	0.94	0.88	0.94	0.88	0.94	0.94	0.94	1.02
26	23.5	13.00	0.65	1.19	1.13	1.13	1.07	1.13	1.07	1.07	1.13	1.11	
27	23.5	14.00	0.65	0.94	0.94	0.88	0.88	0.88	0.94	0.94	0.88	0.91	1.00
28	23.5	14.00	0.65	1.13	1.07	1.13	1.07	1.07	1.07	1.04	1.07	1.08	
29	23.5	15.00	0.60	1.01	1.01	0.94	1.01	1.04	1.04	1.01	1.01	1.01	1.05
30	23.5	15.00	0.60	1.04	1.13	1.07	1.13	1.13	1.07	1.07	1.07	1.09	
31	23.5	16.00	0.55	0.88	0.94	0.88	0.82	0.88	0.88	0.82	0.88	0.88	0.93
32	23.5	16.00	0.55	0.94	1.01	0.94	1.01	0.94	1.01	0.94	1.01	0.98	
33	23.5	17.00	0.55	0.88	0.82	0.88	0.88	0.82	0.82	0.88	0.88	0.86	0.94
34	23.5	17.00	0.55	1.01	1.04	1.01	1.01	0.94	1.01	1.04	1.04	1.01	
35	23.5	18.00	0.49	0.82	0.88	0.88	0.82	0.82	0.88	0.88	0.82	0.85	0.94
36	23.5	18.00	0.49	1.01	0.94	1.01	1.04	1.07	1.04	1.07	1.04	1.02	
37	23.5	19.00	0.36	0.73	0.70	0.73	0.76	0.70	0.67	0.70	0.67	0.71	0.75
38	23.5	19.00	0.36	0.79	0.82	0.79	0.79	0.76	0.79	0.76	0.79	0.79	
39	23.5	20.00	0.30	0.73	0.70	0.73	0.76	0.67	0.70	0.73	0.70	0.72	0.74
40	23.5	20.00	0.30	0.79	0.76	0.73	0.73	0.76	0.76	0.76	0.79	0.76	
41	23.5	21.00	0.23	0.73	0.64	0.61	0.64	0.67	0.64	0.64	0.64	0.65	0.69
42	23.5	21.00	0.23	0.79	0.73	0.76	0.76	0.73	0.46	0.76	0.76	0.72	
43	23.5	22.00	0.15	0.58	0.55	0.55	0.52	0.55	0.55	0.52	0.55	0.54	0.54
44	23.5	23.00	0.11	0.55	0.49	0.49	0.49	0.49	0.52	0.49	0.49	0.50	
45	23.5	23.50	0.07	0.46	0.43	0.46	0.43	0.46	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44

N°	VELOCIDADES		AREA				CAUDAL	
	Vprom. (m/s)	Varea (m/s)	Distancias (m)	Tirante, h _n (m)	Altura, H (m)	Area _{Total} (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	0.30		0.00	0.15				
2	0.57	0.4372	1.00	0.25	1.00	0.2000	0.0874	87.44
4	0.43	0.4982	2.00	0.15	1.00	0.2000	0.0996	99.63
5	0.63	0.5296	3.00	0.26	1.00	0.2050	0.1086	108.57
7	0.53	0.5801	4.00	0.40	1.00	0.3300	0.1914	191.42
9	0.65	0.5877	5.00	0.55	1.00	0.4750	0.2792	279.15
11	0.77	0.7077	6.00	0.55	1.00	0.5500	0.3892	389.24
13	0.83	0.7972	7.00	0.65	1.00	0.6000	0.4783	478.35
15	1.19	1.0068	8.00	0.80	1.00	0.7250	0.7299	729.92
17	1.08	1.1316	9.00	0.70	1.00	0.7500	0.8487	848.68
19	1.09	1.0820	10.00	0.70	1.00	0.7000	0.7574	757.43
21	1.14	1.1144	11.00	0.75	1.00	0.7250	0.8080	807.96
23	1.06	1.1001	12.00	0.70	1.00	0.7250	0.7976	797.60
25	1.02	1.0420	13.00	0.65	1.00	0.6750	0.7034	703.37
27	1.00	1.0106	14.00	0.65	1.00	0.6500	0.6569	656.89
29	1.05	1.0211	15.00	0.60	1.00	0.6250	0.6382	638.18
31	0.93	0.9858	16.00	0.55	1.00	0.5750	0.5669	566.86
33	0.94	0.9306	17.00	0.55	1.00	0.5500	0.5118	511.83
35	0.94	0.9373	18.00	0.49	1.00	0.5200	0.4874	487.38
37	0.75	0.8439	19.00	0.36	1.00	0.4250	0.3587	358.66
39	0.74	0.7439	20.00	0.30	1.00	0.3300	0.2455	245.49
41	0.69	0.7125	21.00	0.23	1.00	0.2650	0.1888	188.80
43	0.54	0.6153	22.00	0.15	1.00	0.1900	0.1169	116.91
44	0.50	0.5220	23.00	0.11	1.00	0.1300	0.0679	67.86
45	0.44	0.4688	23.50	0.07	0.50	0.0450	0.0211	21.10
Total							10.1387	10138.70

CALCULO DE AREA



$$A = \frac{(h1 \pm h2)H}{2}$$

Nota: Ancho del cauce (m) 23.50

CAUDAL TOTAL (l/s)	10138.70
---------------------------	-----------------



M.Sc. Quím. Mario W. Leyva Collas
 JEFE
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM - UNASAM

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

Av. Centenario N° 200 - Huaraz - Ancash - Telf: 431 431 - Cel: 944431754

E-mail: labfcam@hotmail.com

INFORME DE ENSAYO AG190378

CLIENTE Razón Social : JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 Dirección : Jangas
 Atención : Juan Carlos Rosales Cueva

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : TramoTara - Tarica
 Coordenadas: 219370 E 8957413 N 2850 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190232

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

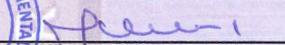
LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Septiembre/2019
 Fecha de análisis : 03 de Septiembre al 05 de Septiembre/2019
 Cotización N° : CO190712

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PA - 07
					Fecha de muestreo	02/09/2019
					Hora de muestreo	15:30
					Código del Laboratorio	AG190435
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM05	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	Automatico - Método del Correntometro, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA	0.10		10294.35

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

Huaraz, 05 de Septiembre de 2019




 MSc. Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

REPORTE DE MEDICION DE CAUDAL (AFORO)

RAZON SOC.: JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 COTIZACION: N° CO190712
 MATRIZ: AN-Asp
 ESTACION: PM - 07
 PERSONAL: YELKIN ALVAREZ ROMERO
 PROCEDE: RIO SANTA - TRAMO TARA - TARICA
 METODO: Correntometro - Automatico
 NORMA: R. J. N° 010-2016-ANA
 FUENTE: R. J. N° 182-2011-ANA
 EQUIPO: Correntometro
 MARCA: Global Water
 MODELO: FP111
 SERIE N°: 1302000240
 RANGO DE MEDICION: 0.1 - 50.0 m³/s
 RANGOS DE VELOCIDAD: 0.1 - 19.9 Ft/s
 EXACTITUD: 0.1 Ft/s

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntometro
cm	cm
<15	1/2
15-45	0.6d
>45	0.2 y 0.6 d o 2 d, 0.6 d y 0.6 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conociendo las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:
 V: Velocidad determinada con el correntometro
 A: Área de la sección transversal

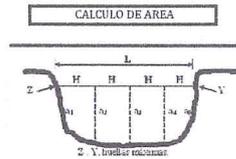
N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE (cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (ft/s)																	
					0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1						
1	36.2	0	12	50	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
2	36.2	200	28	20	1.2	1.3	1.0	1.3	1.2	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2
3	36.2	200	28	80	1.2	1.1	1.1	1.3	1.0	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	1.0	1.2
4	36.2	400	30	20	1.0	1.2	0.8	1.0	1.2	0.8	1.0	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	1.0	1.1
5	36.2	400	30	80	1.0	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	1.0
6	36.2	600	45	20	1.7	1.9	1.7	1.9	1.9	1.7	1.9	1.7	1.9	1.7	1.9	1.7	1.9	1.7	1.9	1.7	1.9	1.7
7	36.2	600	45	80	2.7	2.5	2.7	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7
8	36.2	800	55	20	2.3	2.1	2.3	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3
9	36.2	800	55	80	3.1	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.1	2.9	3.0	3.1	3.2	3.1	2.9	3.0	3.1	3.2	3.1	2.9
10	36.2	1000	60	20	1.7	1.9	1.5	1.7	1.9	1.7	1.9	1.5	1.7	1.9	1.7	1.9	1.5	1.7	1.9	1.7	1.9	1.5
11	36.2	1000	60	80	2.5	2.3	2.7	2.5	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7
12	36.2	1200	60	20	2.7	3.3	2.9	3.0	3.3	3.1	3.2	3.3	3.1	3.2	3.3	3.1	3.2	3.3	3.1	3.2	3.3	3.1
13	36.2	1200	60	80	3.7	3.8	3.9	3.7	4.0	3.7	3.5	3.9	3.7	3.5	3.9	3.7	3.5	3.9	3.7	3.5	3.9	3.7
14	36.2	1400	65	20	2.1	2.3	2.0	2.1	2.0	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3
15	36.2	1400	65	80	2.5	2.7	2.5	2.9	3.0	2.9	2.5	2.7	2.9	2.5	2.7	2.9	2.5	2.7	2.9	2.5	2.7	2.9
16	36.2	1600	63	20	2.5	2.9	3.0	3.1	2.9	2.7	2.5	2.7	2.9	2.5	2.7	2.9	2.5	2.7	2.9	2.5	2.7	2.9
17	36.2	1600	63	80	3.0	3.1	3.2	3.1	3.1	3.2	3.3	3.1	3.1	3.2	3.3	3.1	3.1	3.2	3.3	3.1	3.1	3.2
18	36.2	1800	67	20	2.9	3.0	0.3	3.1	2.9	2.7	3.0	3.1	2.9	2.7	3.0	3.1	2.9	2.7	3.0	3.1	2.9	2.7
19	36.2	1800	67	80	3.1	3.2	3.3	3.5	3.1	3.0	3.2	3.3	3.1	3.0	3.2	3.3	3.1	3.0	3.2	3.3	3.1	3.0
20	36.2	2000	55	20	1.5	1.6	1.5	1.3	1.5	1.7	1.9	1.9	1.5	1.7	1.9	1.9	1.5	1.7	1.9	1.9	1.5	1.7
21	36.2	2000	55	80	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.1
22	36.2	2200	60	20	1.7	1.9	2.1	1.9	2.1	1.9	2.2	2.0	2.1	1.9	2.2	2.0	2.1	1.9	2.2	2.0	2.1	1.9
23	36.2	2200	60	80	2.1	2.5	2.3	2.1	2.5	2.3	2.5	2.3	2.1	2.5	2.3	2.5	2.3	2.1	2.5	2.3	2.5	2.3
24	36.2	2400	50	20	1.3	1.7	1.5	1.7	1.5	1.5	1.7	1.7	1.5	1.5	1.7	1.7	1.5	1.5	1.7	1.7	1.5	1.7
25	36.2	2400	50	80	2.5	2.1	2.3	2.1	2.3	2.2	2.0	2.3	2.2	2.0	2.3	2.2	2.0	2.3	2.2	2.0	2.3	2.2
26	36.2	2600	30	20	1.0	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.6	1.0	0.8	0.8	0.6	1.0	0.8	0.8	0.6	1.0	0.8	0.8
27	36.2	2600	30	80	1.0	1.2	1.5	1.3	1.2	1.1	1.2	1.0	1.2	1.1	1.2	1.0	1.2	1.1	1.2	1.0	1.2	1.1
28	36.2	2800	40	20	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	1.9	1.5	1.7	1.7	1.9	1.5	1.7	1.7	1.9	1.5	1.7	1.7	1.9
29	36.2	2800	40	80	2.1	1.9	2.3	2.1	1.9	2.2	2.1	2.0	1.9	2.2	2.1	2.0	1.9	2.2	2.1	2.0	1.9	2.2
30	36.2	3000	34	20	0.8	0.4	0.8	0.6	0.8	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6	0.8	1.0	0.8	0.6
31	36.2	3000	34	80	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4
32	36.2	3200	20	20	0.4	0.6	0.4	0.6	0.6	0.8	1.0	0.6	0.6	0.8	1.0	0.6	0.6	0.8	1.0	0.6	0.6	0.8
33	36.2	3200	20	80	0.6	0.8	0.6	0.6	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4
34	36.2	3400	17	20	1.3	1.5	1.3	1.2	1.3	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5
35	36.2	3400	17	80	2.7	2.5	2.5	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	2.3
36	36.2	3600	20	20	0.6	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6
37	36.2	3600	20	80	1.0	1.3	1.2	1.0	1.2	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1
38	36.2	3620	8	50	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1

Nota: Medicion de velocidades de acuerdo al tirante: 20%, 60% y 80%

1pie/s = 0.3048 m/s

N°	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDADES (m/s)												VEL (m/s)	V prom. (m/s)
				0.00	0.03	0.03	0.06	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03		
1	36.2	0.00	0.12	0.00	0.03	0.03	0.06	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02		
2	36.2	2.00	0.28	0.37	0.40	0.30	0.40	0.37	0.37	0.40	0.34	0.37	0.40	0.34	0.37		
3	36.2	2.00	0.28	0.37	0.34	0.34	0.40	0.30	0.37	0.40	0.30	0.35	0.40	0.30	0.35		
4	36.2	4.00	0.30	0.30	0.37	0.24	0.30	0.37	0.24	0.30	0.34	0.31	0.30	0.34	0.31		
5	36.2	4.00	0.30	0.30	0.40	0.37	0.34	0.34	0.30	0.37	0.40	0.35	0.30	0.37	0.40	0.35	
6	36.2	6.00	0.45	0.52	0.58	0.52	0.58	0.58	0.52	0.58	0.52	0.55	0.52	0.58	0.52	0.55	
7	36.2	6.00	0.45	0.82	0.76	0.82	0.82	0.76	0.82	0.76	0.82	0.80	0.82	0.76	0.82	0.80	
8	36.2	8.00	0.55	0.70	0.64	0.70	0.70	0.64	0.70	0.64	0.70	0.68	0.70	0.64	0.70	0.68	
9	36.2	8.00	0.55	0.94	0.88	0.88	0.91	0.94	0.98	0.94	0.88	0.92	0.94	0.88	0.92	0.92	
10	36.2	10.00	0.60	0.52	0.58	0.46	0.52	0.58	0.52	0.58	0.52	0.53	0.52	0.58	0.52	0.53	
11	36.2	10.00	0.60	0.76	0.70	0.82	0.76	0.76	0.82	0.76	0.76	0.77	0.76	0.82	0.76	0.77	
12	36.2	12.00	0.60	0.82	1.01	0.88	0.91	1.01	0.94	0.98	1.01	0.94	0.94	0.98	1.01	0.94	
13	36.2	12.00	0.60	1.13	1.16	1.19	1.13	1.22	1.13	1.07	1.19	1.15	1.07	1.19	1.15	1.15	
14	36.2	14.00	0.65	0.64	0.70	0.61	0.64	0.61	0.70	0.70	0.67	0.66	0.70	0.70	0.67	0.66	
15	36.2	14.00	0.65	0.76	0.82	0.76	0.88	0.91	0.88	0.76	0.82	0.83	0.82	0.76	0.82	0.83	
16	36.2	16.00	0.63	0.76	0.88	0.91	0.94	0.88	0.82	0.76	0.82	0.85	0.82	0.76	0.82	0.85	
17	36.2	16.00	0.63	0.91	0.94	0.98	0.94	0.94	0.98	1.01	0.94	0.96	0.94	0.98	1.01	0.94	
18	36.2	18.00	0.67	0.88	0.91	0.09	0.94	0.88	0.82	0.91	0.94	0.80	0.82	0.91	0.94	0.80	
19	36.2	18.00	0.67	0.94	0.98	1.01	1.07	0.94	0.91	0.98	1.01	0.98	0.98	1.01	0.98	0.98	
20	36.2	20.00	0.55	0.46	0.49	0.46	0.40	0.46	0.52	0.58	0.58	0.49	0.52	0.58	0.58	0.49	
21	36.2	20.00	0.55	0.70	0.64	0.70	0.64	0.70	0.64	0.67	0.70	0.67	0.70	0.67	0.70	0.67	
22	36.2	22.00	0.60	0.52	0.58	0.64	0.58	0.64	0.58	0.67	0.61	0.60	0.67	0.61	0.60	0.60	
23	36.2	22.00	0.60	0.64	0.76	0.70	0.64	0.76	0.70	0.76	0.70	0.71	0.76	0.70	0.71	0.71	
24	36.2	24.00	0.50	0.40	0.52	0.46	0.52	0.46	0.46	0.52	0.52	0.48	0.46	0.52	0.52	0.48	
25	36.2	24.00	0.50	0.76	0.64												

N°	VELOCIDADES		AREA				CAUDAL	
	V _{prom.} (m/s)	V _{area} (m/s)	Distancias (m)	Tirante, h _n (m)	Altura, H (m)	Area _{Total} (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	0.02		0.00	0.12				
2	0.36	0.1905	2.00	0.28	2.00	0.4000	0.0762	76.20
3	0.33	0.3439	4.00	0.30	2.00	0.5800	0.1994	199.43
4	0.67	0.5020	6.00	0.45	2.00	0.7500	0.3765	376.48
5	0.80	0.7372	8.00	0.55	2.00	1.0000	0.7372	737.24
6	0.65	0.7258	10.00	0.60	2.00	1.1500	0.8347	834.68
7	1.05	0.8496	12.00	0.60	2.00	1.2000	1.0196	1019.56
8	0.74	0.8954	14.00	0.65	2.00	1.2500	1.1192	1119.19
9	0.90	0.8230	16.00	0.63	2.00	1.2800	1.0534	1053.39
10	0.89	0.8963	18.00	0.67	2.00	1.3000	1.1652	1165.19
11	0.58	0.7363	20.00	0.55	2.00	1.2200	0.8983	898.26
12	0.66	0.6191	22.00	0.60	2.00	1.1500	0.7120	711.99
13	0.58	0.6172	24.00	0.50	2.00	1.1000	0.6789	678.94
14	0.30	0.4410	26.00	0.30	2.00	0.8000	0.3528	352.81
15	0.58	0.4429	28.00	0.40	2.00	0.7000	0.3100	310.04
16	0.31	0.4448	30.00	0.34	2.00	0.7400	0.3292	329.16
17	0.18	0.2448	32.00	0.20	2.00	0.5400	0.1322	132.19
18	0.58	0.3810	34.00	0.17	2.00	0.3700	0.1410	140.97
19	0.26	0.4181	36.00	0.20	2.00	0.3700	0.1547	154.71
20	0.02	0.1400	36.20	0.08	0.20	0.0280	0.0039	3.92
Total							10.2944	10294.35



$$A = \frac{(h1 \pm h2)H}{2}$$

Nota: Ancho del cauce (m) 36.20

CAUDAL TOTAL (l/s)	10294.35
--------------------	----------



[Signature]
 M. Sc. Químico Mario V. Leyva Coria
 JEFE
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM - UNASAM

INFORME DE ENSAYO AG190379

CLIENTE Razón Social : JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
 Dirección : Jangas
 Atención : Juan Carlos Rosales Cueva

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Tramo Tarica - Pariahuanca
 Coordenadas: 216131 E 8962588 N 2761 msnm
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190232

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM¹
 Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 03/Septiembre/2019
 Fecha de análisis : 03 de Septiembre al 05 de Septiembre/2019
 Cotización N° : CO190712

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PA - 08
					Fecha de muestreo	02/09/2019
					Hora de muestreo	17:00
					Código del Laboratorio	AG190436
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM05	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	Automatico - Método del Correntometro, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA	0.10		11065.13

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM

Huaraz, 05 de Septiembre de 2019



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604



REPORTE DE MEDICION DE CAUDAL (AFORO)

RAZON SOC.: JUAN CARLOS ROSALES CUEVA
COTIZACION: N° CO190712
MATRIZ: AN -Asp
ESTACION: PM - 08
PERSONAL: YELKIN ALVAREZ ROMERO
PROCEDE: RIO SANTA - TRAMO TARICÁ - PARIAHUANCA
METODO: Correntometro - Automatico
NORMA: R. J. N° 010-2016-ANA
FUENTE: R.J.N° 182-2011-ANA
EQUIPO: Correntometro
MARCA: Global Water
MODELO: FP111
SERIE N°: 1302000240
RANGO DE MEDICION: 0.1 - 50.0 m³/s
RANGOS DE VELOCIDAD: 0.1 - 19.9 Ft/s
EXACTITUD: 0.1 Ft/s

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del correntómetro
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0,6d
>45	0,2 d y 0,3 d o 0,2 d, 0,6 d y 0,8 d

Fuente: R.J. N° 182-2011-ANA

Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la cual se utilizará para el cálculo del caudal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

V: Velocidad determinada con el correntómetro

A: Área de la sección transversal

N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE (cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (ft/s)							
					1	2	3	4	5	6	7	8
1	23	0	13	50	2.1	2.2	2.0	2.0	1.8	2.2	2.1	2.0
2	23	200	55	20	3.1	3.0	2.9	3.1	3.3	3.2	3.2	3.1
3	23	200	55	80	3.5	3.5	3.7	3.3	3.9	3.7	3.5	3.5
4	23	400	56	20	2.9	2.7	2.9	2.9	3.0	2.9	3.1	2.7
5	23	400	56	80	3.1	3.1	3.3	3.4	3.1	3.5	3.3	3.2
6	23	600	63	20	2.9	2.7	2.9	2.9	2.7	2.9	3.0	3.1
7	23	600	63	80	3.1	3.5	3.3	3.2	3.1	3.0	3.3	3.1
8	23	800	65	20	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.2	3.1	3.0
9	23	800	65	80	3.5	3.3	3.5	3.7	3.5	3.7	3.3	3.5
10	23	1000	55	20	2.5	2.3	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7	2.9
11	23	1000	55	80	3.1	3.3	3.1	3.2	3.3	3.5	3.3	3.2
12	23	1200	50	20	2.9	3.1	3.2	3.0	3.0	3.1	3.0	3.1
13	23	1200	50	80	3.7	3.9	4.1	4.0	3.9	3.7	3.7	3.9
14	23	1400	60	20	2.9	2.5	2.3	2.2	2.5	2.7	2.2	2.3
15	23	1400	60	80	2.9	3.1	2.9	2.7	2.7	2.9	2.5	2.9
16	23	1600	45	20	4.1	3.2	3.0	3.1	3.2	3.1	3.1	3.3
17	23	1600	45	80	3.5	3.5	3.9	4.0	3.9	3.5	3.7	3.9
18	23	1800	42	20	3.1	3.2	3.0	3.1	3.0	3.0	3.3	3.5
19	23	1800	42	80	3.5	3.7	3.9	3.9	3.7	3.9	3.7	3.5
20	23	2000	45	20	3.1	3.0	3.2	3.3	3.1	3.0	3.1	3.0
21	23	2000	45	80	3.7	3.9	4.0	4.1	4.0	3.9	3.7	3.9
22	23	2200	33	20	3.0	2.8	2.8	3.0	3.1	2.8	3.1	3.0
23	23	2200	33	80	3.5	3.5	3.6	3.7	3.9	3.7	3.6	3.7
24	23	2300	15	50	2.1	2.0	2.2	1.8	2.1	2.0	2.1	2.0

Nota: Medicion de velocidades de acuerdo al tirante; 20%, 60% y 80%

1pie/s = 0.3048 m/s



N°	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	TIRANTE (m)	VELOCIDADES (m/s)									VEL (m/s)	V _{prom.} (m/s)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	23	0.00	0.13	0.64	0.67	0.61	0.61	0.55	0.67	0.64	0.61	0.62	0.62	
2	23	2.00	0.55	0.94	0.91	0.88	0.94	1.01	0.98	0.98	0.94	0.95	1.02	
3	23	2.00	0.55	1.07	1.07	1.13	1.01	1.19	1.13	1.07	1.07	1.09	0.94	
4	23	4.00	0.56	0.88	0.82	0.88	0.88	0.91	0.88	0.94	0.82	0.88	0.93	
5	23	4.00	0.56	0.94	0.94	1.01	1.04	0.94	1.07	1.01	0.98	0.99	1.01	
6	23	6.00	0.63	0.88	0.82	0.88	0.88	0.82	0.88	0.91	0.94	0.88	0.89	
7	23	6.00	0.63	0.94	1.07	1.01	0.98	0.94	0.91	1.01	0.94	0.98	1.01	
8	23	8.00	0.65	0.88	0.91	0.94	0.98	1.01	0.98	0.94	0.91	0.94	0.89	
9	23	8.00	0.65	1.07	1.01	1.07	1.13	1.07	1.13	1.01	1.07	1.07	1.05	
10	23	10.00	0.55	0.76	0.70	0.76	0.82	0.76	0.76	0.82	0.88	0.78	0.80	
11	23	10.00	0.55	0.94	1.01	0.94	0.98	1.01	1.07	1.01	0.98	0.99	1.07	
12	23	12.00	0.50	0.88	0.94	0.98	0.91	0.91	0.94	0.91	0.94	0.93	1.05	
13	23	12.00	0.50	1.13	1.19	1.25	1.22	1.19	1.13	1.13	1.19	1.18	0.80	
14	23	14.00	0.60	0.88	0.76	0.70	0.67	0.76	0.82	0.67	0.70	0.75	1.07	
15	23	14.00	0.60	0.88	0.94	0.88	0.82	0.82	0.88	0.76	0.88	0.86	1.05	
16	23	16.00	0.45	1.25	0.98	0.91	0.94	0.98	0.94	0.94	1.01	0.99	1.07	
17	23	16.00	0.45	1.07	1.07	1.19	1.22	1.19	1.07	1.13	1.19	1.14	1.05	
18	23	18.00	0.42	0.94	0.98	0.91	0.94	0.91	0.91	1.01	1.07	0.96	1.07	
19	23	18.00	0.42	1.07	1.13	1.19	1.19	1.13	1.19	1.13	1.07	1.14	1.05	
20	23	20.00	0.45	0.94	0.91	0.98	1.01	0.94	0.91	0.94	0.91	0.94	1.07	
21	23	20.00	0.45	1.13	1.19	1.22	1.25	1.22	1.19	1.13	1.19	1.19	1.07	

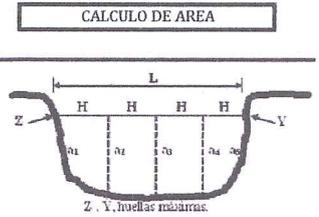
Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirigidas se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



22	23	22.00	0.33	0.91	0.85	0.85	0.91	0.94	0.85	0.94	0.91	0.90	1.01
23	23	22.00	0.33	1.07	1.07	1.10	1.13	1.19	1.13	1.10	1.13	1.11	
24	23	23.00	0.15	0.64	0.61	0.67	0.55	0.64	0.61	0.64	0.61	0.62	

N°	VELOCIDADES		AREA				CAUDAL	
	Vprom. (m/s)	Varea (m/s)	Distancias (m)	Tirante, h _n (m)	Altura, H (m)	Area _{Total} (m ²)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
1	0.62		0.00	0.13				
2	1.02	0.8220	2.00	0.55	2.00	0.6800	0.5590	558.97
3	0.94	0.9773	4.00	0.56	2.00	1.1100	1.0848	1084.76
4	0.93	0.9315	6.00	0.63	2.00	1.1900	1.1085	1108.54
5	1.01	0.9668	8.00	0.65	2.00	1.2800	1.2375	1237.49
6	0.89	0.9468	10.00	0.55	2.00	1.2000	1.1361	1136.14
7	1.05	0.9706	12.00	0.50	2.00	1.0500	1.0191	1019.13
8	0.80	0.9287	14.00	0.60	2.00	1.1000	1.0216	1021.56
9	1.07	0.9354	16.00	0.45	2.00	1.0500	0.9821	982.12
10	1.05	1.0573	18.00	0.42	2.00	0.8700	0.9198	919.83
11	1.07	1.0573	20.00	0.45	2.00	0.8700	0.9198	919.83
12	1.01	1.0363	22.00	0.33	2.00	0.7800	0.8083	808.33
13	0.62	0.8134	23.00	0.33	1.00	0.3300	0.2684	268.43
Total							11.0651	11065.13



$$A = \frac{(h1 \pm h2)H}{2}$$

Nota: Ancho del cauce (m) 23.00

CAUDAL TOTAL (l/s)	11065.13
---------------------------	-----------------



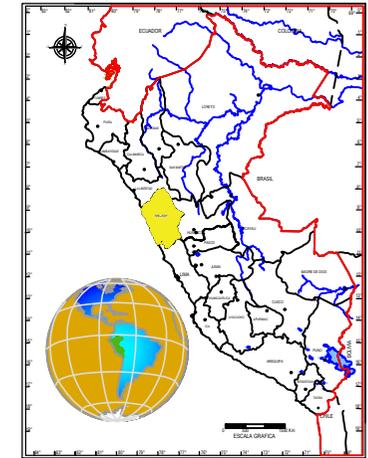
[Signature]
 M.Sc. Quím. Mario V. Leyva Collas
 JEFE
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FCAM - UNASAM

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras d'irrimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

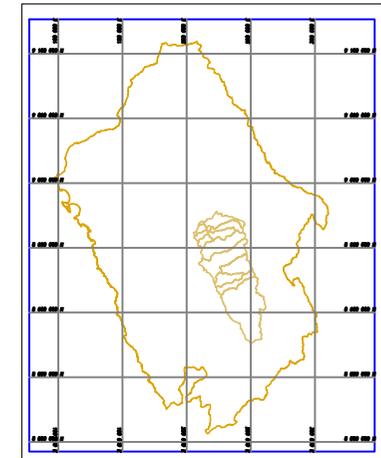
ANEXO 5. Parámetros hidráulicos de la sección de aforo.

Sección Transversal PA - 01			
PA-01	y (m)	P (m)	A (m²)
	0.050	0.050	
a1	0.140	0.607	0.057
a2	0.400	1.033	0.270
a3	0.440	1.001	0.420
a4	0.400	1.001	0.420
a5	0.550	1.011	0.475
a6	0.500	1.001	0.525
a7	0.650	1.011	0.575
a8	0.550	1.005	0.600
a9	0.290	1.033	0.420
a10	0.300	1.000	0.295
a11	0.400	1.005	0.350
a12	0.200	1.020	0.300
a13	0.230	1.000	0.215
a14	0.100	1.008	0.165

a10	0.300	1.000	0.295
a11	0.400	1.005	0.350
a12	0.200	1.020	0.300
a13	0.230	1.000	0.215
a14	0.100	1.008	0.165
a15	0.080	1.000	0.090
a16	0.050	1.000	0.065
		0.050	
Sumatoria =		15.836	5.242



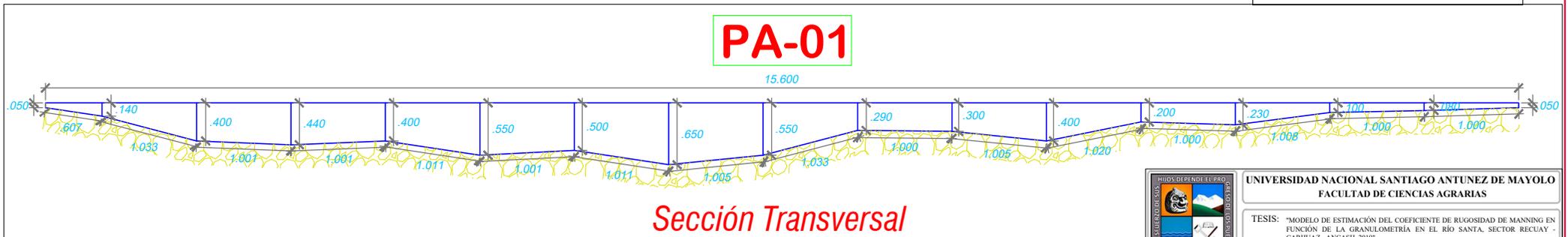
PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL
ESC: 1/10'000,000



LEYENDA

T1 = 15.60 m	Lf (2-17) = 1.00m
N = 16	Lf (0-1) = 0.60m

T1:	Espejo de agua (m)
N:	Número de tramos
Lf:	Longitud de franja



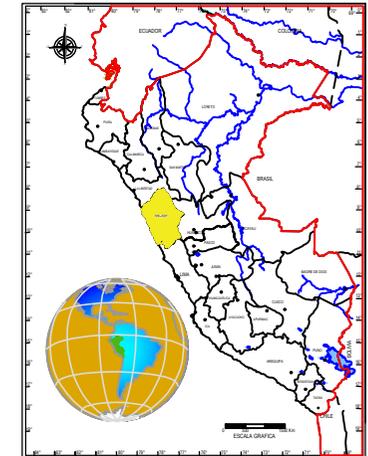
	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO		
	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		
TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY - CARBILAZ - ANCASH, 2019"			
PLANO: SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUNTO DE AFORO			
ESCALA: INDICADA	LOCALIDAD : CATAC	DATUM : WGS - 84	LÁMINA: S - 18
FECHA : NOVIEMBRE 2019	PROVINCIA : RECUAY	ZONA : INDICADA	TESISTA: ROSALES CUEVA JUAN CARLOS

Sección Transversal PA - 02			
PA-02	y (m)	P (m)	A (m²)
	0.080	0.080	
a1	0.130	1.001	0.105
a2	0.130	1.000	0.130
a3	0.140	1.000	0.135
a4	0.200	1.002	0.170
a5	0.210	1.000	0.205
a6	0.300	1.004	0.255
a7	0.350	1.001	0.325
a8	0.500	1.011	0.425
a9	0.400	1.005	0.450
a10	0.500	1.005	0.450
a11	0.600	1.005	0.550
a12	0.350	1.031	0.475
a13	0.300	1.001	0.325
a14	0.220	1.003	0.260
a15	0.290	1.002	0.255
a16	0.280	1.000	0.285
a17	0.310	1.000	0.295
a18	0.200	0.288	0.051
		0.200	
Sumatoria =		17.639	5.146

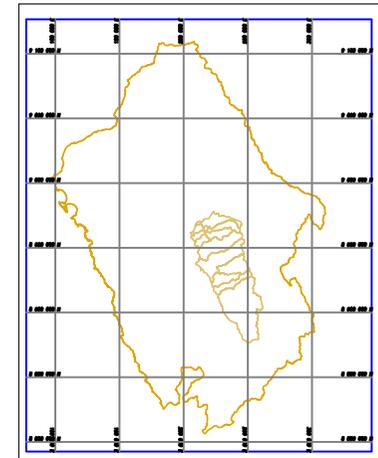
LEYENDA

T1 = 17.20 m Lf (0-18) = 1.00m
 N = 18 Lf (18-19) = 0.20m

T1: **Espejo de agua (m)**
 N: **Número de tramos**
 Lf: **Longitud de franja**

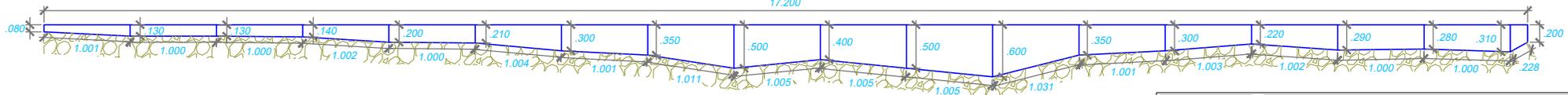


PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL
 ESC: 1/10'000,000



PA-02

17.200



Sección Transversal



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY - CARHUAZ - ANCASH, 2019"

PLANO: **SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUNTO DE AFORO**

ESCALA:
INDICADA
 FECHA :
NOVIEMBRE 2019

LOCALIDAD: **CATAC**
 DISTRITO : **CATAC**
 PROVINCIA : **RECUAY**
 REGIÓN : **INDICADA**

DATUM: **WGS - 84**
 ZONA : **S - 18**
 TESISISTA:
ROSALES CUEVA JUAN CARLOS

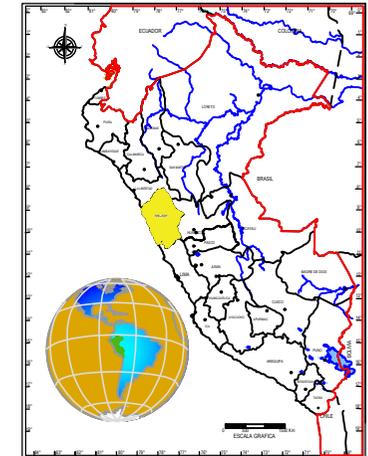
LÁMINA:
PA-02

Sección Transversal PA - 03			
PA-03	y (m)	P (m)	A (m²)
	0.050	0.050	
a1	0.150	1.005	0.100
a2	0.290	1.010	0.220
a3	0.350	1.002	0.320
a4	0.400	1.001	0.375
a5	0.400	1.000	0.400
a6	0.400	1.000	0.400
a7	0.400	1.000	0.400
a8	0.370	1.000	0.385
a9	0.330	1.001	0.350
a10	0.280	1.001	0.305
a11	0.180	1.005	0.230
a12	0.110	1.002	0.145
a13	0.020	1.004	0.065
		0.020	
Sumatoria =		13.101	3.695

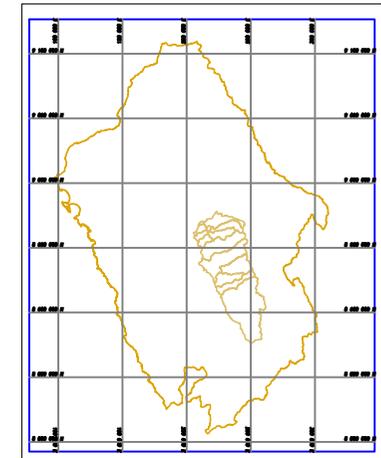
LEYENDA

T1 = 13.00 m Lf (0-14) = 1.00m
N = 13

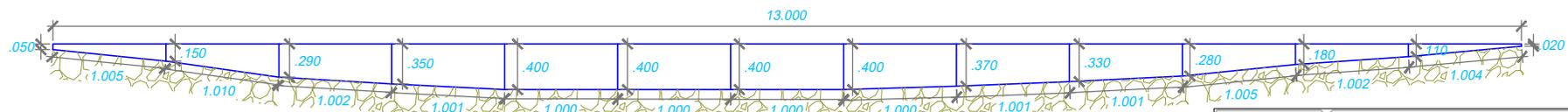
T1: **Espejo de agua (m)**
N: **Número de tramos**
Lf: **Longitud de franja**



PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL
ESC: 1/10'000,000



PA-03



Sección Transversal



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY - CARHUAZ - ANCASH, 2019"

PLANO: SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUNTO DE AFORO

ESCALA:
INDICADA

LOCALIDAD: **CATAC**
DISTRITO: **CATAC**
PROVINCIA: **RECUAY**
REGIÓN: **INDICADA**

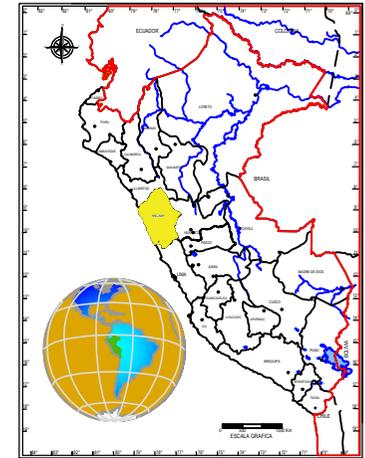
DATUM: **WGS - 84**
ZONA: **S - 18**
TESISTA:
ROSALES CUEVA JUAN CARLOS

LÁMINA:
PA-03

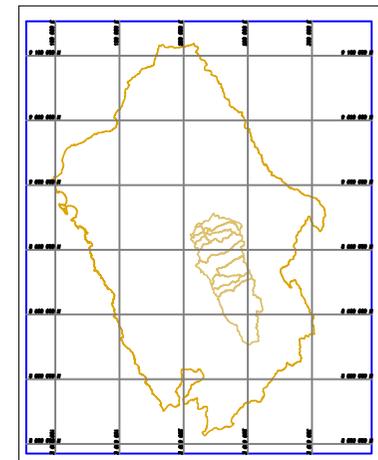
FECHA:
NOVIEMBRE 2019

Sección Transversal PA - 04			
PA-04	y (m)	P (m)	A (m²)
	0.070	0.070	
a1	0.110	1.001	0.090
a2	0.280	1.014	0.195
a3	0.210	1.002	0.245
a4	0.450	1.028	0.330
a5	0.550	1.005	0.500
a6	0.570	1.000	0.560
a7	0.530	1.001	0.550
a8	0.500	1.000	0.515
a9	0.450	1.001	0.475
a10	0.550	1.005	0.500
a11	0.650	1.005	0.600
a12	0.550	1.005	0.600
a13	0.550	1.001	0.550
a14	0.540	1.001	0.545
a15	0.210	1.053	0.375
a16	0.360	1.011	0.285

a17	0.400	1.001	0.380
a18	0.430	1.000	0.415
a19	0.450	1.000	0.440
a20	0.350	1.005	0.400
a21	0.250	1.005	0.300
a22	0.270	1.000	0.260
a23	0.190	1.003	0.230
a24	0.180	1.000	0.185
a25	0.160	1.000	0.170
a26	0.140	1.000	0.150
		0.140	
Sumatoria =		26.357	9.845



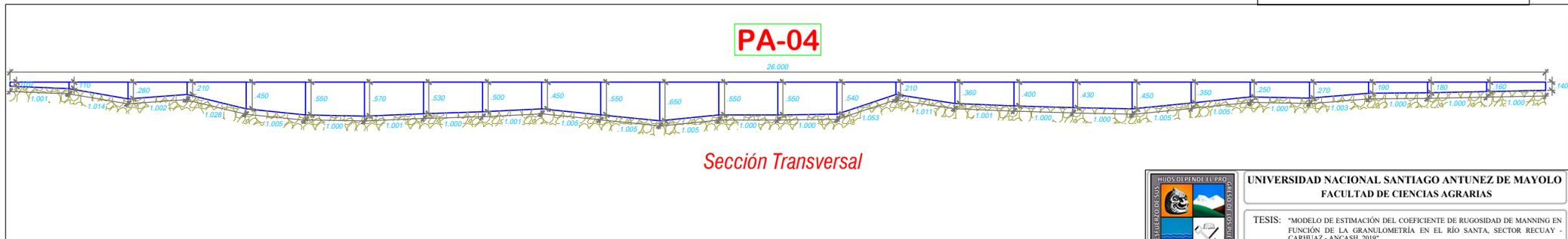
PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL
ESC: 1/10'000,000



LEYENDA

T1 = 26.00 m Lf (0-27) = 1.00m
N = 26

T1: **Espejo de agua (m)**
N: **Número de tramos**
Lf: **Longitud de franja**



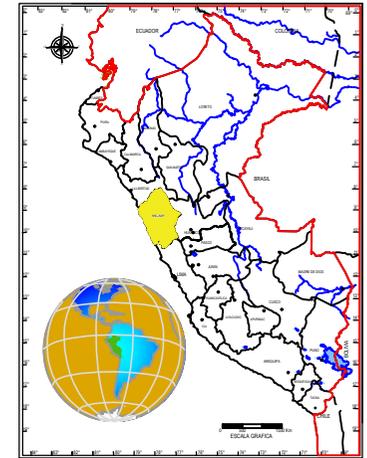
	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		
	TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY - CARHUAZ - ANCASH 2019"		
PLANO: SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUNTO DE AFORO			
ESCALA: INDICADA	LOCALIDAD: CATAC DISTRITO: CATAC PROVINCIA: RECUAY REGIÓN: INDICADA	DATUM: WGS - 84 ZONA: S - 18	LÁMINA: PA-04
FECHA: NOVIEMBRE 2019	TESISISTA: ROSALBA CUEVA JUAN CARLOS		

Sección Transversal PA - 05			
PA-05	y (m)	P (m)	A (m²)
	0.110	0.110	
a1	0.250	2.005	0.360
a2	0.330	2.002	0.580
a3	0.450	2.004	0.780
a4	0.500	2.001	0.950
a5	0.540	2.000	1.040
a6	0.450	2.002	0.990
a7	0.440	2.000	0.890
a8	0.450	2.000	0.890
a9	0.400	2.001	0.850
a10	0.330	2.001	0.730
a11	0.300	2.000	0.630
a12	0.140	2.006	0.440
		0.140	
Sumatoria =		24.272	9.130

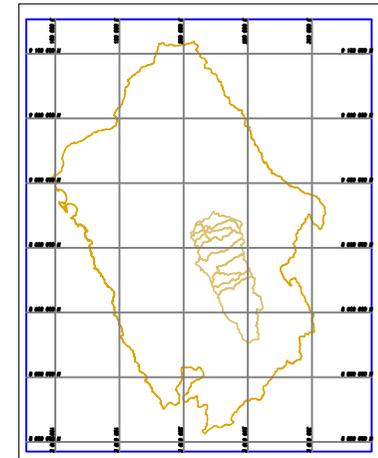
LEYENDA

T1 = 24.00 m Lf (0-13) = 2.00m
N = 12

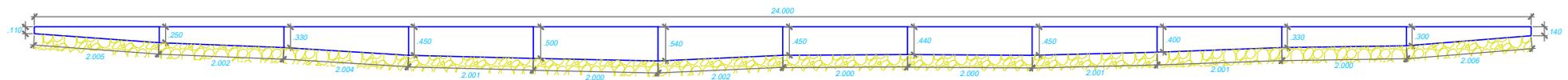
T1: **Espejo de agua (m)**
N: **Número de tramos**
Lf: **Longitud de franja**



PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL
ESC: 1/110'000,000



PA-05



Sección Transversal



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY CARHUAZ - ANCASH, 2019"

PLANO: **SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUNTO DE AFORO**

ESCALA:
INDICADA

LOCALIDAD: **CATAC**
DISTRITO: **CATAC**
PROVINCIA: **RECUAY**
REGIÓN: **INDICADA**

DATUM: **WGS - 84**
ZONA: **S - 18**
TESISTA:
ROSALES CUEVA JUAN CARLOS

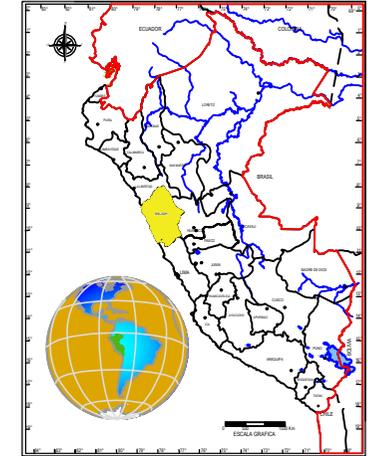
LÁMINA:
PA-05

FECHA:
NOVIEMBRE 2019

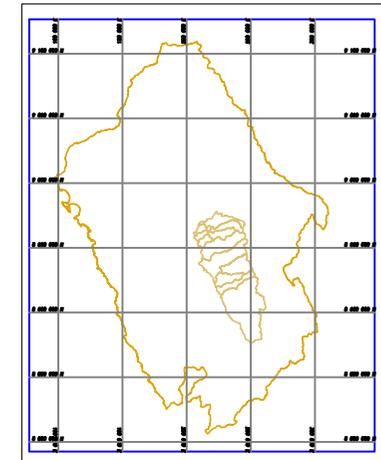
Sección Transversal PA - 06

PA-06	y (m)	P (m)	A (m ²)
	0.150	0.150	
a1	0.250	1.005	0.200
a2	0.150	1.005	0.200
a3	0.260	1.006	0.205
a4	0.400	1.010	0.330
a5	0.550	1.011	0.475
a6	0.550	1.000	0.550
a7	0.650	1.005	0.600
a8	0.800	1.011	0.725
a9	0.700	1.005	0.750
a10	0.700	1.000	0.700
a11	0.750	1.001	0.725
a12	0.700	1.001	0.725
a13	0.650	1.001	0.675
a14	0.650	1.000	0.650

a14	0.650	1.000	0.650
a15	0.600	1.001	0.625
a16	0.550	1.001	0.575
a17	0.550	1.000	0.550
a18	0.490	1.002	0.520
a19	0.360	1.008	0.425
a20	0.300	1.002	0.330
a21	0.230	1.002	0.265
a22	0.150	1.003	0.190
a23	0.110	1.001	0.130
a24	0.070	0.502	0.045
		0.070	
Sumatoria =		23.803	11.165



PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL
ESC: 1/10'000,000

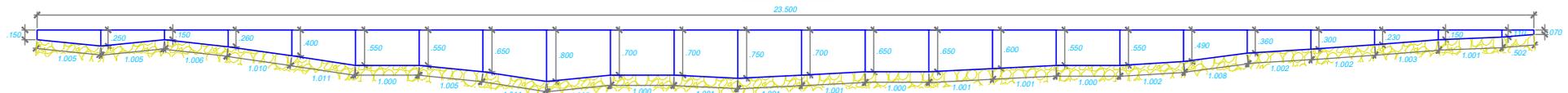


LEYENDA

T1 = 23.50 m Lf (0-24) = 1.00m
N = 24 Lf (24-25) = 0.50m

T1: **Espejo de agua (m)**
N: **Número de tramos**
Lf: **Longitud de franja**

PA-06

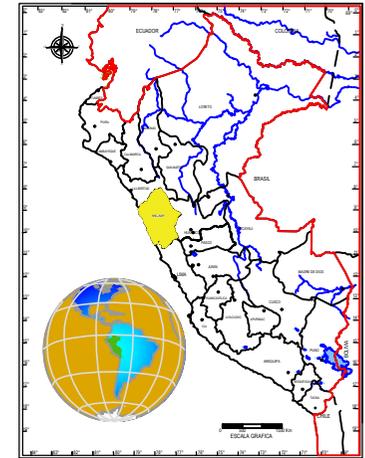


Sección Transversal

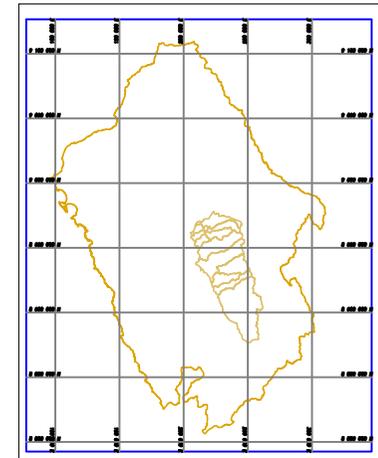
	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		
	TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECWAY - CARIPEZ - ANCAASHI, 2019"		
PLANO: SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUNTO DE AFORO			
ESCALA: INDICADA	LOCALIDAD: CATAC DISTRITO: CATAC PROVINCIA: RECWAY REGIÓN: INDICADA	DATUM: WGS - 84 ZONA: S - 18	LÁMINA: PA-06
FECHA: NOVIEMBRE 2019	FECSSTA: ROSALES CIEVA JUAN CARLOS		

Sección Transversal PA - 07			
PA-07	y (m)	P (m)	A (m²)
	0.120	0.12	
a1	0.280	2.006	0.400
a2	0.300	2.000	0.580
a3	0.450	2.006	0.750
a4	0.550	2.002	1.000
a5	0.600	2.001	1.150
a6	0.600	2.000	1.200
a7	0.650	2.001	1.250
a8	0.630	2.000	1.280
a9	0.670	2.001	1.300
a10	0.550	2.004	1.220
a11	0.600	2.001	1.150
a12	0.500	2.002	1.100
a13	0.300	2.010	0.800
a14	0.400	2.002	0.700
a15	0.340	2.001	0.740

a15	0.340	2.001	0.740
a16	0.200	2.005	0.540
a17	0.170	2.000	0.370
a18	0.200	2.000	0.370
a19	0.080	0.233	0.028
		0.080	
Sumatoria =		36.475	15.928



PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL
ESC: 1/10'000,000

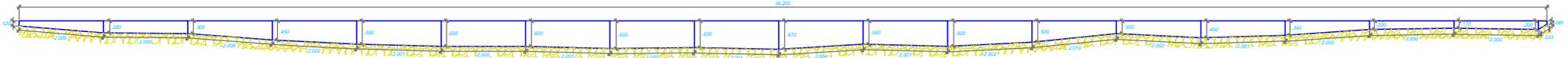


LEYENDA

T1 = 36.20 m Lf (0-19) = 2.00m
N = 19 Lf (19-20) = 0.60m

T1: **Espejo de agua (m)**
N: **Número de tramos**
Lf: **Longitud de franja**

PA-07



Sección Transversal

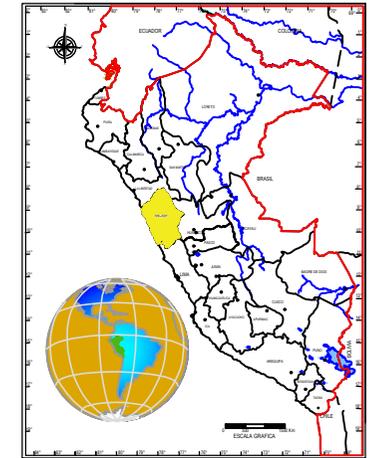
	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		
	TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY - CABILIZ - ANCAASHI 2019"		
PLANO: SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUNTO DE AFORO			
ESCALA: INDICADA	LOCALIDAD: CATAC DISTRITO: CATAC PROVINCIA: RECUAY REGIÓN: INDICADA	DATUM: WGS - 84 ZONA: S - 18	LÁMINA: PA-07
FECHA: NOVIEMBRE 2019	TESISISTA: RONALES-CUEVA JUAN CARLOS		

Sección Transversal PA - 08			
<i>PA-08</i>	<i>y (m)</i>	<i>P (m)</i>	<i>A (m²)</i>
		0.13	
<i>a1</i>	0.680	2.044	0.680
<i>a2</i>	1.110	2.000	1.110
<i>a3</i>	1.190	2.001	1.190
<i>a4</i>	1.280	2.000	1.280
<i>a5</i>	1.200	2.002	1.200
<i>a6</i>	1.050	2.001	1.050
<i>a7</i>	1.100	2.002	1.100
<i>a8</i>	1.050	2.006	1.050
<i>a9</i>	0.870	2.000	0.870
<i>a10</i>	0.870	2.000	0.870
<i>a11</i>	0.780	2.004	0.780
<i>a12</i>	0.330	1.000	0.330
		0.330	
Sumatoria =		23.520	11.510

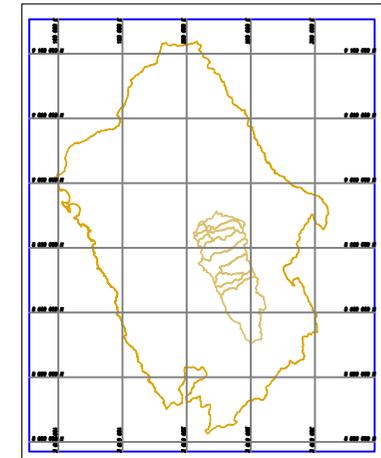
LEYENDA

T1 = 23.00 m **Lf (0-12)= 2.00m**
N = 12 **Lf (12-13)= 1.00m**

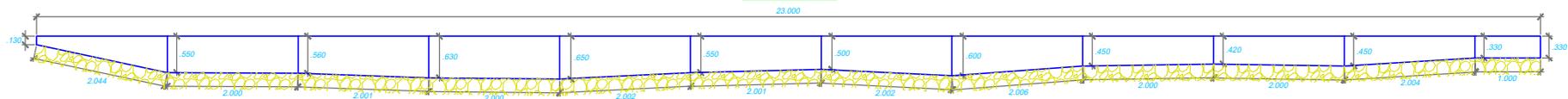
T1: **Espejo de agua (m)**
N: **Número de tramos**
Lf: **Longitud de franja**



PLANO DE UBICACIÓN NACIONAL
 ESC: 1/10'000,000



PA-08



Sección Transversal

	UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		
	TESIS: "MODELO DE ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN FUNCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL RÍO SANTA, SECTOR RECUAY - CARHUAZ - ANCASH, 2019"		
PLANO: SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUNTO DE AFORO			
ESCALA: INDICADA	LOCALIDAD: CATAC	DATUM: WGS - 84	LÁMINA: PA-08
FECHA: NOVIEMBRE 2019	DISTRITO: CATAC	ZONA: S - 18	
	PROVINCIA: RECUAY	TESISISTA: ROSALES CUEVA JUAN CARLOS	
	REGIÓN: INDICADA		

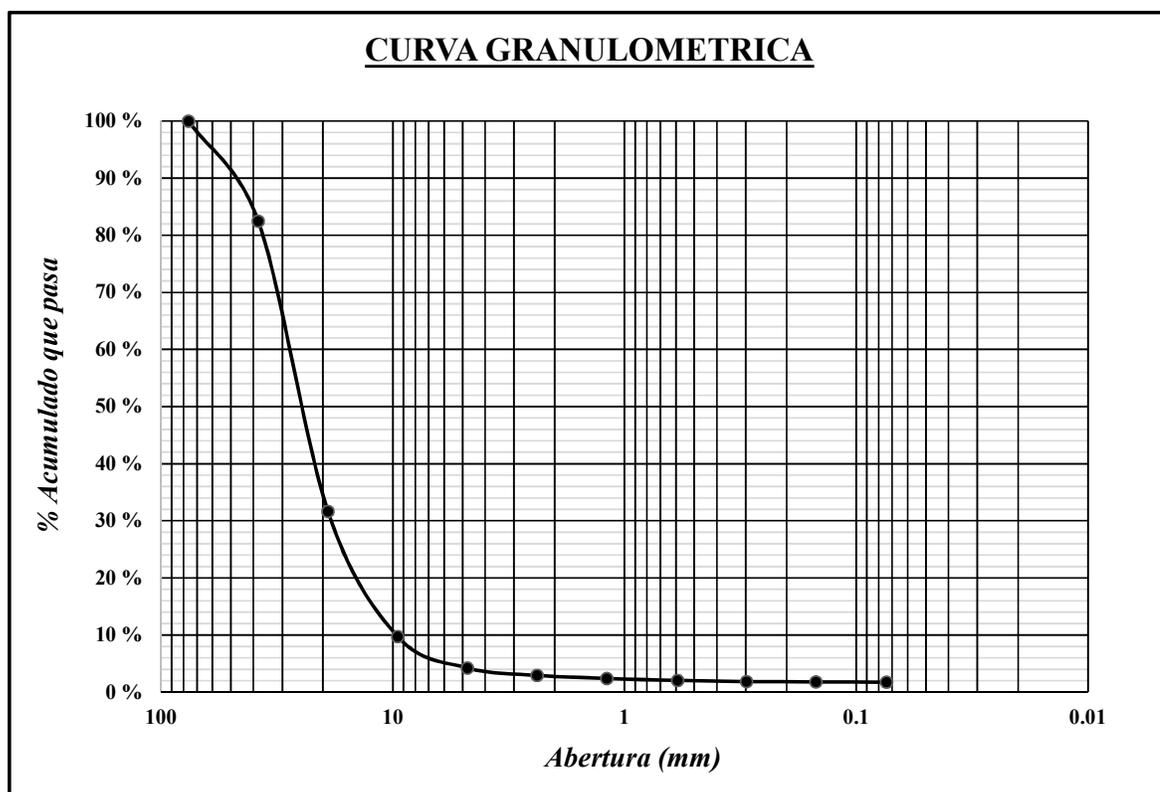
ANEXO 6. Pendientes del tramo en la sección de aforo.

Pendientes por tramos en los puntos de aforo						
Puntos de Aforo	L (m)	Z1	Z2	$\Delta = Z2 - Z1$	S (m/m)	S (%)
PA-01	20.00	2.470	2.560	0.090	0.0045	0.45
PA-02	23.00	2.845	2.925	0.080	0.0035	0.35
PA-03	12.00	2.045	2.135	0.090	0.0075	0.75
PA-04	29.00	2.235	2.290	0.055	0.0019	0.19
PA-05	34.00	2.270	2.415	0.145	0.0043	0.43
PA-06	30.00	2.595	2.705	0.110	0.0037	0.37
PA-07	39.00	2.380	2.450	0.070	0.0018	0.18
PA-08	30.00	2.170	2.265	0.095	0.0032	0.32

ANEXO 7. Granulometría de los materiales del lecho de río.

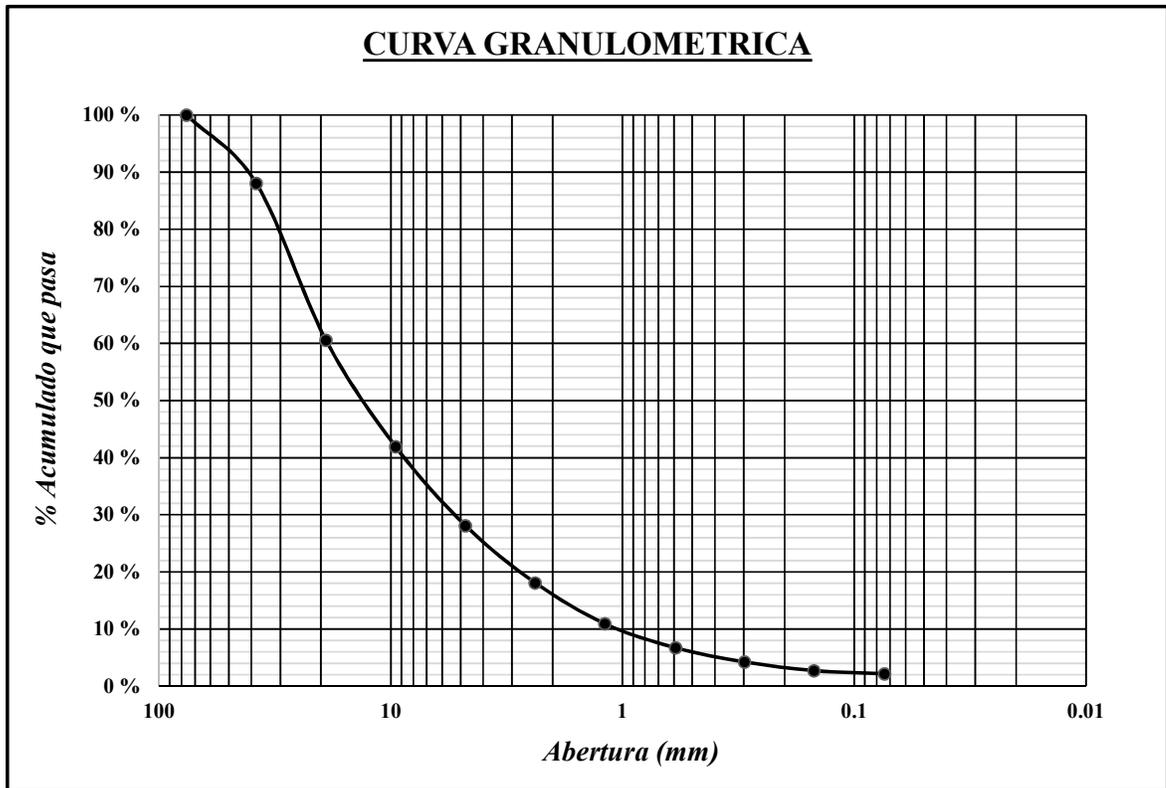
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
ASTM D - 422					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
Identificación :		Punto Aforo - 01	Calita :	C 01 - M 01	
Presentación :		01 Bolsa de Polietileno	Profundidad :	0.00 - 1.50 m.	
Cantidad :		05 Kg. Aprox.	Progresiva :	Km. 0+000.00	
Peso inicial seco (g):		3805.000	Peso lavado seco (g):	3738.850	
Tamices ASTM	Aberutra (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retendio	Pasa
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	666.960	17.529	17.529	82.471
3/4"	19.050	1934.710	50.847	68.375	31.625
3/8"	9.525	833.880	21.915	90.290	9.710
N° 4	4.760	208.560	5.481	95.772	4.228
N° 8	2.380	49.930	1.312	97.084	2.916
N° 16	1.190	20.110	0.529	97.612	2.388
N° 30	0.590	13.110	0.345	97.957	2.043
N° 50	0.297	7.360	0.193	98.150	1.850
N° 100	0.149	2.370	0.062	98.213	1.787
N° 200	0.074	1.860	0.049	98.261	1.739
> N° 200		0.000	0.000		
TOTAL		3738.850	98.261		

RESUMEN DE DATOS	
% pasa 3"	100.000
% pasa N° 4	4.228
% pasa N°200	1.739
L.L	
L.P	
I.P	
D10	9.651
D30	18.344
D60	29.681
Cu	3.075
Cc	1.175
w (%)	
GRAVA (%)	95.772
ARENA (%)	2.490
FINOS (%)	1.739



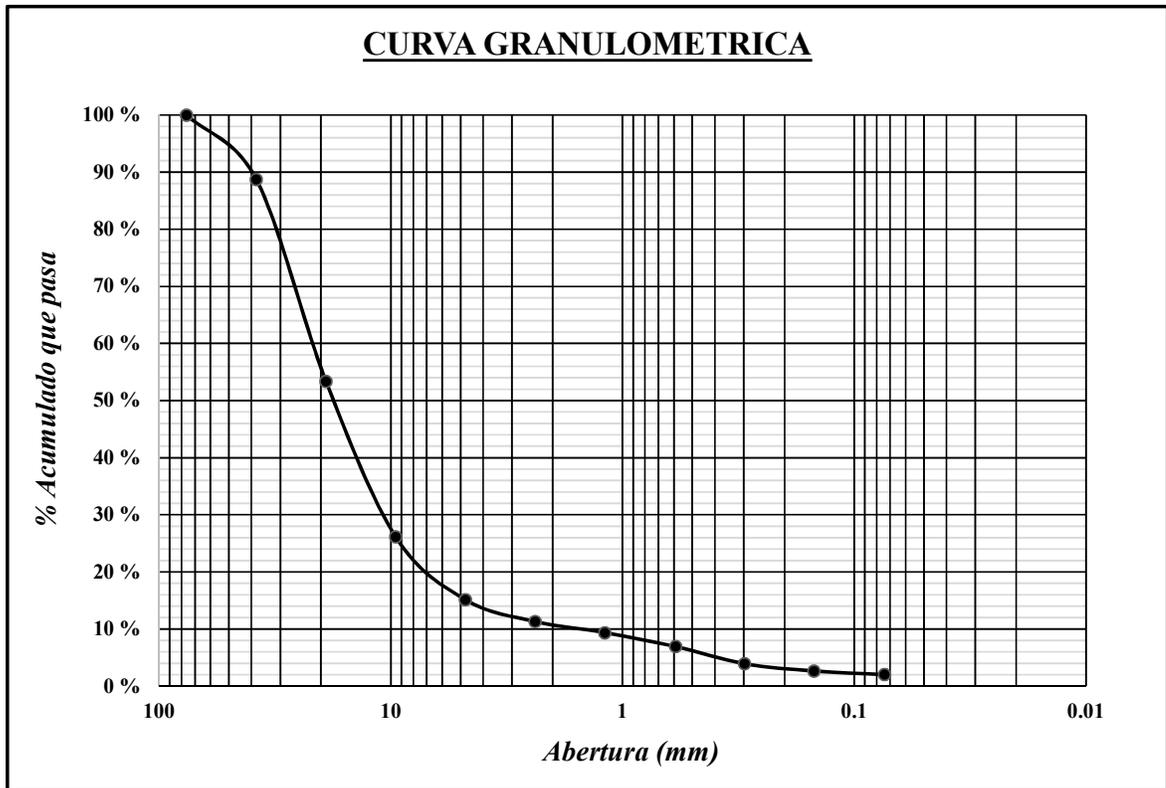
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
ASTM D - 422					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
Identificación :	Punto Aforo - 02	Calita :	C 01 - M 01		
Presentación :	01 Bolsa de Polietileno	Profundidad :	0.00 - 1.50 m.		
Cantidad :	05 Kg. Aprox.	Progresiva :	Km. 5+166.05		
Peso inicial seco (g):	3674.500	Peso lavado seco (g):	3595.070		
Tamices ASTM	Aberutra (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retendio	Pasa
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	439.090	11.950	11.950	88.050
3/4"	19.050	1010.010	27.487	39.437	60.563
3/8"	9.525	685.460	18.655	58.091	41.909
N° 4	4.760	507.710	13.817	71.908	28.092
N° 8	2.380	367.940	10.013	81.922	18.078
N° 16	1.190	263.280	7.165	89.087	10.913
N° 30	0.590	154.300	4.199	93.286	6.714
N° 50	0.297	91.330	2.486	95.771	4.229
N° 100	0.149	56.190	1.529	97.301	2.699
N° 200	0.074	19.760	0.538	97.838	2.162
> N° 200		0.000	0.000		
TOTAL		3595.070	97.838		

RESUMEN DE DATOS	
% pasa 3"	100.000
% pasa N° 4	28.092
% pasa N°200	2.162
L.L	
L.P	
I.P	
D10	1.060
D30	5.418
D60	18.762
Cu	17.709
Cc	1.477
w (%)	
GRAVA (%)	71.908
ARENA (%)	25.930
FINOS (%)	2.162



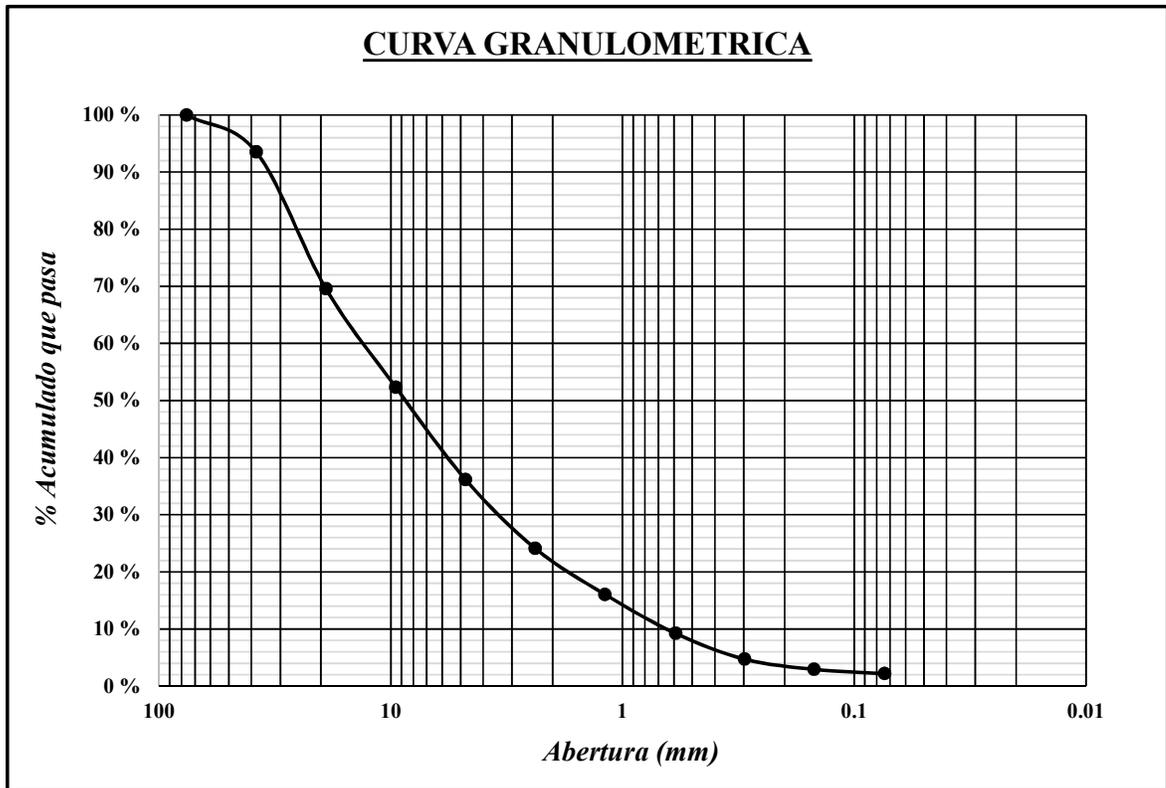
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
ASTM D - 422					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
Identificación :	Punto Aforo - 03	Calita :	C 01 - M 01		
Presentación :	01 Bolsa de Polietileno	Profundidad :	0.00 - 1.50 m.		
Cantidad :	05 Kg. Aprox.	Progresiva :	Km. 8+188.40		
Peso inicial seco (g):	3173.000	Peso lavado seco (g):	3108.890		
Tamices ASTM	Aberutra (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retendio	Pasa
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	357.070	11.253	11.253	88.747
3/4"	19.050	1122.140	35.365	46.619	53.381
3/8"	9.525	864.790	27.255	73.873	26.127
N° 4	4.760	349.000	10.999	84.872	15.128
N° 8	2.380	121.630	3.833	88.706	11.294
N° 16	1.190	61.560	1.940	90.646	9.354
N° 30	0.590	76.900	2.424	93.069	6.931
N° 50	0.297	95.760	3.018	96.087	3.913
N° 100	0.149	40.470	1.275	97.363	2.637
N° 200	0.074	19.570	0.617	97.980	2.020
> N° 200		0.000	0.000		
TOTAL		3108.890	97.980		

RESUMEN DE DATOS	
% pasa 3"	100.000
% pasa N° 4	15.128
% pasa N°200	2.020
L.L	
L.P	
I.P	
D10	1.586
D30	10.879
D60	22.615
Cu	14.259
Cc	3.299
w (%)	
GRAVA (%)	84.872
ARENA (%)	13.107
FINOS (%)	2.020



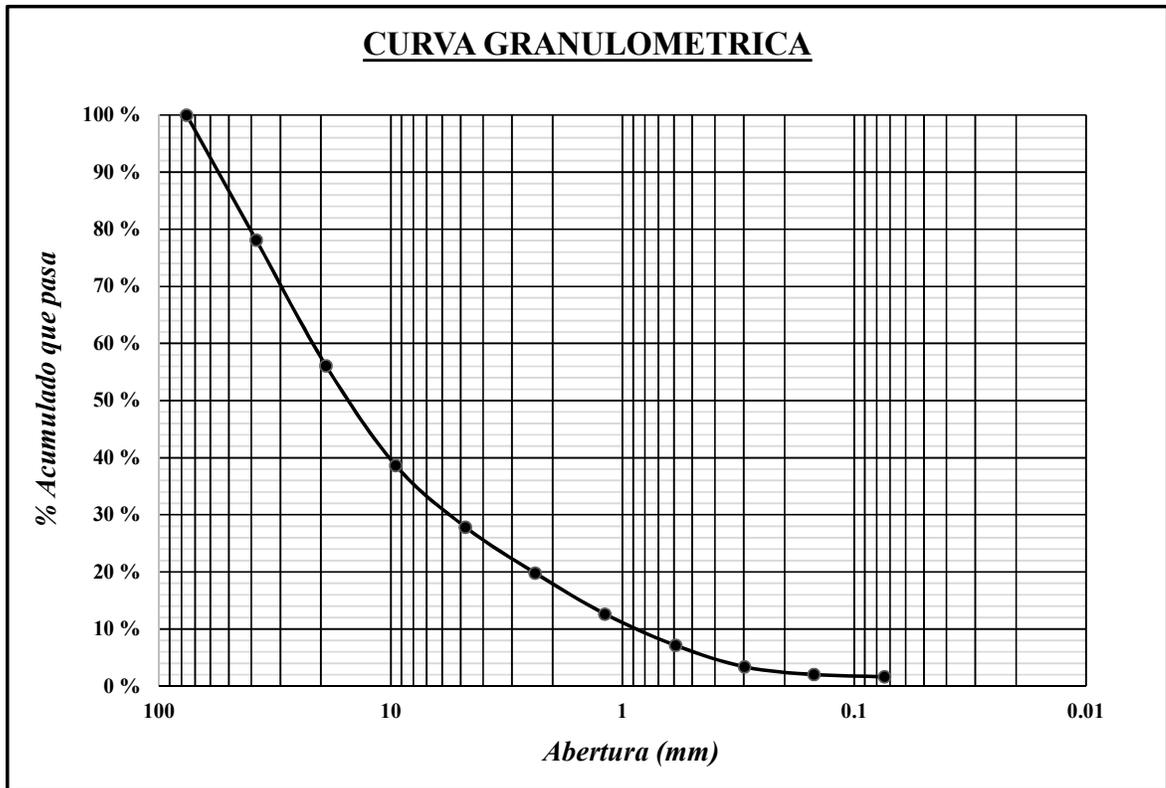
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
ASTM D - 422					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
Identificación :	Punto Aforo - 04	Calita :	C 01 - M 02		
Presentación :	01 Bolsa de Polietileno	Profundidad :	0.00 - 1.50 m.		
Cantidad :	05 Kg. Aprox.	Progresiva :	Km. 20+347.90		
Peso inicial seco (g):	3556.000	Peso lavado seco (g):	3478.260		
Tamices ASTM	Aberutra (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retendio	Pasa
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	230.440	6.480	6.480	93.520
3/4"	19.050	851.730	23.952	30.432	69.568
3/8"	9.525	612.520	17.225	47.657	52.343
N° 4	4.760	575.350	16.180	63.837	36.163
N° 8	2.380	429.220	12.070	75.907	24.093
N° 16	1.190	286.370	8.053	83.960	16.040
N° 30	0.590	242.530	6.820	90.781	9.219
N° 50	0.297	160.410	4.511	95.292	4.708
N° 100	0.149	63.010	1.772	97.064	2.936
N° 200	0.074	26.680	0.750	97.814	2.186
> N° 200		0.000	0.000		
TOTAL		3478.260	97.814		

RESUMEN DE DATOS	
% pasa 3"	100.000
% pasa N° 4	36.163
% pasa N°200	2.186
L.L	
L.P	
I.P	
D10	0.659
D30	3.545
D60	13.759
Cu	20.889
Cc	1.386
w (%)	
GRAVA (%)	63.837
ARENA (%)	33.977
FINOS (%)	2.186



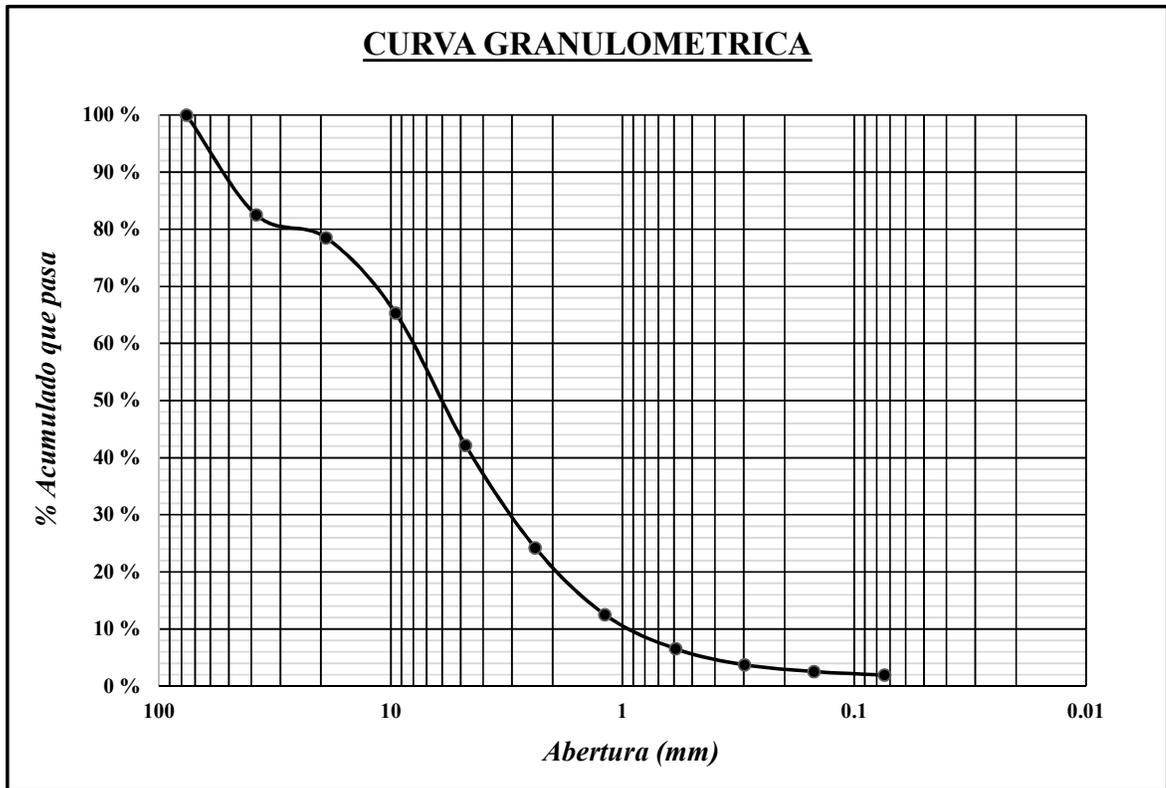
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
ASTM D - 422					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
Identificación :	Punto Aforo - 05	Calita :	C 01 - M 01		
Presentación :	01 Bolsa de Polietileno	Profundidad :	0.00 - 1.50 m.		
Cantidad :	05 Kg. Aprox.	Progresiva :	Km. 34+460.25		
Peso inicial seco (g):	3676.600	Peso lavado seco (g):	3616.710		
Tamices ASTM	Aberutra (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retendio	Pasa
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	805.550	21.910	21.910	78.090
3/4"	19.050	808.860	22.000	43.910	56.090
3/8"	9.525	641.740	17.455	61.365	38.635
N° 4	4.760	397.560	10.813	72.178	27.822
N° 8	2.380	295.180	8.029	80.207	19.793
N° 16	1.190	263.880	7.177	87.384	12.616
N° 30	0.590	201.740	5.487	92.871	7.129
N° 50	0.297	138.220	3.759	96.631	3.369
N° 100	0.149	49.390	1.343	97.974	2.026
N° 200	0.074	14.590	0.397	98.371	1.629
> N° 200		0.000	0.000		
TOTAL		3616.710	98.371		

RESUMEN DE DATOS	
% pasa 3"	100.000
% pasa N° 4	27.822
% pasa N°200	1.629
L.L	
L.P	
I.P	
D10	0.904
D30	5.720
D60	22.436
Cu	24.819
Cc	1.613
w (%)	
GRAVA (%)	72.178
ARENA (%)	26.193
FINOS (%)	1.629



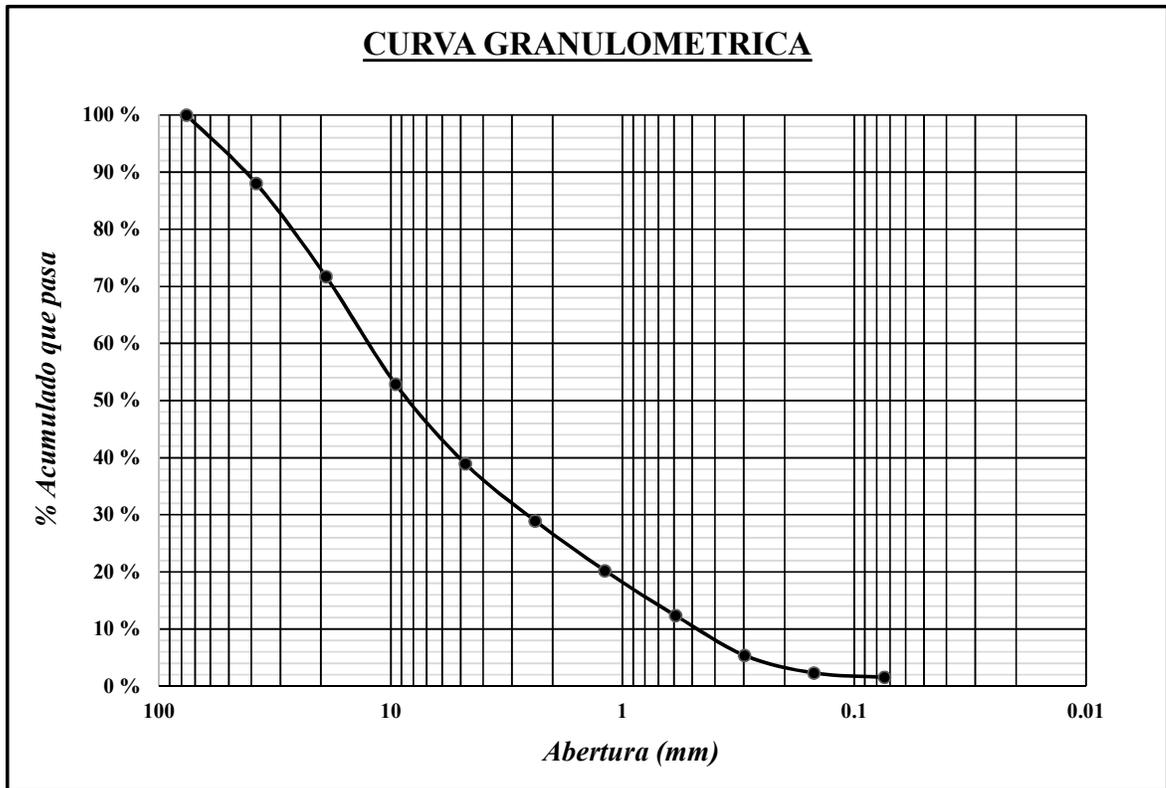
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
ASTM D - 422					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
Identificación :	Punto Aforo - 06	Calita :	C 01 - M 01		
Presentación :	01 Bolsa de Polietileno	Profundidad :	0.00 - 1.50 m.		
Cantidad :	05 Kg. Aprox.	Progresiva :	Km. 41+113.30		
Peso inicial seco (g):	3787.300	Peso lavado seco (g):	3714.440		
Tamices ASTM	Aberutra (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retendio	Pasa
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	662.280	17.487	17.487	82.513
3/4"	19.050	151.770	4.007	21.494	78.506
3/8"	9.525	500.330	13.211	34.705	65.295
N° 4	4.760	875.310	23.112	57.817	42.183
N° 8	2.380	679.810	17.950	75.766	24.234
N° 16	1.190	444.550	11.738	87.504	12.496
N° 30	0.590	225.850	5.963	93.468	6.532
N° 50	0.297	106.070	2.801	96.268	3.732
N° 100	0.149	44.840	1.184	97.452	2.548
N° 200	0.074	23.630	0.624	98.076	1.924
> N° 200		0.000	0.000		
TOTAL		3714.440	98.076		

RESUMEN DE DATOS	
% pasa 3"	100.000
% pasa N° 4	42.183
% pasa N°200	1.924
L.L	
L.P	
I.P	
D10	0.939
D30	3.145
D60	8.433
Cu	8.982
Cc	1.249
w (%)	
GRAVA (%)	57.817
ARENA (%)	40.260
FINOS (%)	1.924



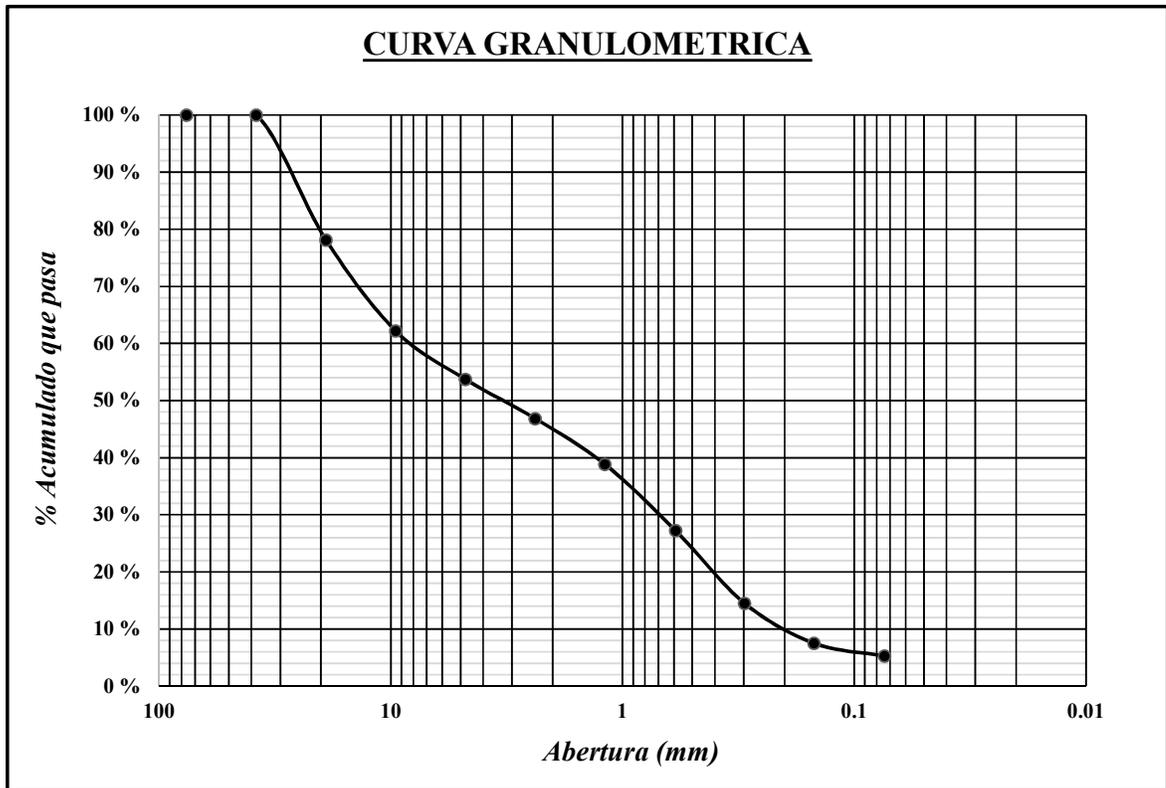
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
ASTM D - 422					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
Identificación :	Punto Aforo - 07	Calita :	C 01 - M 01		
Presentación :	01 Bolsa de Polietileno	Profundidad :	0.00 - 1.50 m.		
Cantidad :	05 Kg. Aprox.	Progresiva :	Km. 49+158.10		
Peso inicial seco (g):	3749.090	Peso lavado seco (g):	3691.520		
Tamices ASTM	Aberutra (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retendio	Pasa
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	449.780	11.997	11.997	88.003
3/4"	19.050	610.940	16.296	28.293	71.707
3/8"	9.525	707.090	18.860	47.153	52.847
N° 4	4.760	522.320	13.932	61.085	38.915
N° 8	2.380	374.160	9.980	71.065	28.935
N° 16	1.190	327.660	8.740	79.805	20.195
N° 30	0.590	294.390	7.852	87.657	12.343
N° 50	0.297	261.170	6.966	94.623	5.377
N° 100	0.149	115.790	3.088	97.712	2.288
N° 200	0.074	28.220	0.753	98.464	1.536
> N° 200		0.000	0.000		
TOTAL		3691.520	98.464		

RESUMEN DE DATOS	
% pasa 3"	100.000
% pasa N° 4	38.915
% pasa N°200	1.536
L.L	
L.P	
I.P	
D10	0.491
D30	2.634
D60	13.137
Cu	26.732
Cc	1.075
w (%)	
GRAVA (%)	61.085
ARENA (%)	37.379
FINOS (%)	1.536



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
ASTM D - 422					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
Identificación :	Punto Aforo - 08	Calita :	C 01 - M 01		
Presentación :	01 Bolsa de Polietileno	Profundidad :	0.00 - 1.50 m.		
Cantidad :	05 Kg. Aprox.	Progresiva :	Km. 58+024.35		
Peso inicial seco (g):	2723.04	Peso lavado seco (g):	2579.900		
Tamices ASTM	Aberutra (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retendio	Pasa
3"	76.200	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	595.820	21.881	21.881	78.119
3/8"	9.525	434.200	15.945	37.826	62.174
N° 4	4.760	230.300	8.457	46.284	53.716
N° 8	2.380	187.210	6.875	53.159	46.841
N° 16	1.190	218.220	8.014	61.172	38.828
N° 30	0.590	316.030	11.606	72.778	27.222
N° 50	0.297	347.010	12.743	85.522	14.478
N° 100	0.149	189.790	6.970	92.491	7.509
N° 200	0.074	61.320	2.252	94.743	5.257
> N° 200		0.000	0.000		
TOTAL		2579.900	94.743		

RESUMEN DE DATOS	
% pasa 3"	100.000
% pasa N° 4	53.716
% pasa N°200	5.257
L.L	
L.P	
I.P	
D10	0.202
D30	0.734
D60	8.300
Cu	41.109
Cc	0.321
w (%)	
GRAVA (%)	46.284
ARENA (%)	48.460
FINOS (%)	5.257



ANEXO 8. Coeficiente de rugosidad por método de medición de velocidades.

n°	PA-01	Profundidad			Velocidades		X	n
	Abscisa (m)	Total (m)	0.8y (m)	0.2y (m)	V0.8y (m/s)	V0.2y (m/s)		
1	0.00	0.050	0.040	0.010	0.008	0.032	4.0000	0.0660
2	0.60	0.140	0.112	0.028	0.016	0.064	4.0000	0.0784
3	1.60	0.400	0.320	0.080	0.133	0.533	4.0000	0.0934
4	2.60	0.440	0.352	0.088	0.133	0.533	4.0000	0.0949
5	3.60	0.400	0.320	0.080	0.140	0.560	4.0000	0.0934
6	4.60	0.550	0.440	0.110	0.490	0.570	1.1633	0.0126
7	5.60	0.500	0.400	0.100	0.660	0.790	1.1970	0.0147
8	6.60	0.650	0.520	0.130	0.590	0.770	1.3051	0.0226
9	7.60	0.550	0.440	0.110	0.490	0.700	1.4286	0.0293
10	8.60	0.290	0.232	0.058	0.357	1.427	3.9972	0.0885
11	9.60	0.300	0.240	0.060	0.087	0.347	3.9885	0.0889
12	10.60	0.400	0.320	0.080	0.170	0.680	4.0000	0.0934
13	11.60	0.200	0.160	0.040	0.237	0.947	3.9958	0.0832
14	12.60	0.230	0.184	0.046	0.153	0.613	4.0065	0.0852
15	13.60	0.100	0.080	0.020	0.012	0.048	4.0000	0.0741
16	14.60	0.080	0.064	0.016	0.052	0.208	4.0000	0.0714
17	15.60	0.050	0.040	0.010	0.008	0.032	4.0000	0.0660
Promedio =	0.314				nPromedio =		0.0680	
Desv. Est. =	0.192				Desviación Estándar =		0.0292	

n°	PA-02	Profundidad			Velocidades		X	n
	Abscisa (m)	Total (m)	0.8y (m)	0.2y (m)	V0.8y (m/s)	V0.2y (m/s)		
1	0.00	0.080	0.064	0.016	0.012	0.048	4.0000	0.0714
2	1.00	0.130	0.104	0.026	0.172	0.688	4.0000	0.0774
3	2.00	0.130	0.104	0.026	0.044	0.176	4.0000	0.0774
4	3.00	0.140	0.112	0.028	0.136	0.544	4.0000	0.0784
5	4.00	0.200	0.160	0.040	0.430	0.460	1.0698	0.0047
6	5.00	0.210	0.168	0.042	0.470	0.680	1.4468	0.0258
7	6.00	0.300	0.240	0.060	0.320	0.700	2.1875	0.0556
8	7.00	0.350	0.280	0.070	0.530	0.760	1.4340	0.0274
9	8.00	0.500	0.400	0.100	0.810	1.010	1.2469	0.0180
10	9.00	0.400	0.320	0.080	0.590	0.701	1.1882	0.0136
11	10.00	0.500	0.400	0.100	0.630	0.820	1.3016	0.0214
12	11.00	0.600	0.480	0.120	0.570	1.170	2.0526	0.0578
13	12.00	0.350	0.280	0.070	0.780	0.910	1.1667	0.0119
14	13.00	0.300	0.240	0.060	0.470	0.670	1.4255	0.0263
15	14.00	0.220	0.176	0.044	0.610	0.780	1.2787	0.0174
16	15.00	0.290	0.232	0.058	0.400	0.600	1.5000	0.0298
17	16.00	0.280	0.224	0.056	0.050	0.370	7.4000	0.1113
18	17.00	0.310	0.248	0.062	0.030	0.090	3.0000	0.0748
19	17.20	0.200	0.160	0.040	0.100	0.100	1.0000	0.0000
Promedio =	0.289				nPromedio =		0.0421	
Desv. Est. =	0.139				Desviación Estándar =		0.0319	

n°	PA-03	Profundidad			Velocidades		X	n	
	Abscisa (m)	Total (m)	0.8y (m)	0.2y (m)	V0.8y (m/s)	V0.2y (m/s)			
1	0.00	0.050	0.040	0.010	0.044	0.176	4.0000	0.0660	
2	1.00	0.150	0.120	0.030	0.288	1.152	4.0000	0.0793	
3	2.00	0.290	0.232	0.058	0.760	0.870	1.1447	0.0101	
4	3.00	0.350	0.280	0.070	0.880	1.050	1.1932	0.0136	
5	4.00	0.400	0.320	0.080	1.100	1.150	1.0455	0.0035	
6	5.00	0.400	0.320	0.080	0.600	0.990	1.6500	0.0385	
7	6.00	0.400	0.320	0.080	1.000	1.180	1.1800	0.0130	
8	7.00	0.400	0.320	0.080	1.020	1.020	1.0000	0.0000	
9	8.00	0.370	0.296	0.074	0.300	0.620	2.0667	0.0538	
10	9.00	0.330	0.264	0.066	0.700	0.910	1.3000	0.0199	
11	10.00	0.280	0.224	0.056	0.910	1.040	1.1429	0.0099	
12	11.00	0.180	0.144	0.036	0.560	0.690	1.2321	0.0144	
13	12.00	0.110	0.088	0.022	0.096	0.384	4.0000	0.0753	
14	13.00	0.020	0.016	0.004	0.004	0.016	4.0000	0.0567	
Promedio =		0.266					nPromedio =		0.0324
Desv. Est. =		0.138					Desviación Estándar =		0.0282

n°	PA-04	Profundidad			Velocidades		X	n
	Abscisa (m)	Total (m)	0.8y (m)	0.2y (m)	V0.8y (m/s)	V0.2y (m/s)		
1	0.00	0.070	0.056	0.014	0.008	0.032	4.0000	0.0699
2	1.00	0.110	0.088	0.022	0.152	0.608	4.0000	0.0753
3	2.00	0.280	0.224	0.360	0.360	0.490	1.3611	0.0227
4	3.00	0.210	0.168	0.042	0.530	0.610	1.1509	0.0099
5	4.00	0.450	0.360	0.090	0.650	0.750	1.1538	0.0115
6	5.00	0.550	0.440	0.110	0.490	0.590	1.2041	0.0154
7	6.00	0.570	0.456	0.114	0.470	0.640	1.3617	0.0256
8	7.00	0.530	0.424	0.106	0.500	0.750	1.5000	0.0330
9	8.00	0.500	0.400	0.100	0.670	0.900	1.3433	0.0239
10	9.00	0.450	0.360	0.090	0.560	0.930	1.6607	0.0398
11	10.00	0.550	0.440	0.110	0.580	0.740	1.2759	0.0201
12	11.00	0.650	0.520	0.130	0.390	0.660	1.6923	0.0438
13	12.00	0.550	0.440	0.110	0.670	0.680	1.0149	0.0012
14	13.00	0.550	0.440	0.110	0.310	0.630	2.0323	0.0562
15	14.00	0.540	0.432	0.108	0.590	0.820	1.3898	0.0270
16	15.00	0.210	0.168	0.042	0.900	0.950	1.0556	0.0038
17	16.00	0.360	0.288	0.072	0.530	0.750	1.4151	0.0266
18	17.00	0.400	0.320	0.080	0.410	0.610	1.4878	0.0308
19	18.00	0.430	0.344	0.086	0.420	0.590	1.4048	0.0268
20	19.00	0.450	0.360	0.090	0.410	0.580	1.4146	0.0276
21	20.00	0.350	0.280	0.070	0.250	0.400	1.6000	0.0355
22	21.00	0.250	0.200	0.050	0.370	0.450	1.2162	0.0142
23	22.00	0.270	0.216	0.054	0.270	0.320	1.1852	0.0125
24	23.00	0.190	0.152	0.038	0.140	0.270	1.9286	0.0439

25	24.00	0.180	0.144	0.036	0.080	0.140	1.7500	0.0375
26	25.00	0.160	0.128	0.032	0.040	0.070	1.7500	0.0367
27	26.00	0.140	0.112	0.028	0.016	0.064	4.0000	0.0784
Promedio =		0.369			nPromedio =			0.0315
Desv. Est. =		0.170			Desviación Estándar =			0.0201

n°	PA-05	Profundidad			Velocidades		X	n
	Abscisa (m)	Total (m)	0.8y (m)	0.2y (m)	V0.8y (m/s)	V0.2y (m/s)		
1	0.00	0.110	0.088	0.022	0.168	0.672	4.0000	0.0753
2	2.00	0.250	0.200	0.050	0.490	0.700	1.4286	0.0257
3	4.00	0.330	0.264	0.066	0.220	0.740	3.3636	0.0818
4	6.00	0.450	0.360	0.090	0.600	0.770	1.2833	0.0199
5	8.00	0.500	0.400	0.100	0.940	1.000	1.0638	0.0051
6	10.00	0.540	0.432	0.108	0.640	0.940	1.4688	0.0314
7	12.00	0.450	0.360	0.090	0.850	0.960	1.1294	0.0098
8	14.00	0.440	0.352	0.088	0.770	1.170	1.5195	0.0329
9	16.00	0.450	0.360	0.090	0.530	0.920	1.7358	0.0431
10	18.00	0.400	0.320	0.080	0.580	0.840	1.4483	0.0288
11	20.00	0.330	0.264	0.066	0.780	0.960	1.2308	0.0158
12	22.00	0.300	0.240	0.060	1.090	1.090	1.0000	0.0000
13	24.00	0.140	0.112	0.028	0.020	0.080	4.0000	0.0784
Promedio =		0.361			nPromedio =			0.0345
Desv. Est. =		0.133			Desviación Estándar =			0.0278

n°	PA-06	Profundidad			Velocidades		X	n
	Abscisa (m)	Total (m)	0.8y (m)	0.2y (m)	V0.8y (m/s)	V0.2y (m/s)		
1	0.00	0.150	0.120	0.030	0.12	0.48	4.0000	0.0793
2	1.00	0.250	0.200	0.050	0.570	0.570	1.0000	0.0000
3	2.00	0.150	0.120	0.030	0.172	0.688	4.0000	0.0793
4	3.00	0.260	0.208	0.052	0.590	0.680	1.1525	0.0104
5	4.00	0.400	0.320	0.080	0.500	0.560	1.1200	0.0089
6	5.00	0.550	0.440	0.110	0.610	0.690	1.1311	0.0102
7	6.00	0.550	0.440	0.110	0.670	0.870	1.2985	0.0216
8	7.00	0.650	0.520	0.130	0.730	0.920	1.2603	0.0197
9	8.00	0.800	0.640	0.160	1.140	1.230	1.0789	0.0067
10	9.00	0.700	0.560	0.140	0.810	1.340	1.6543	0.0425
11	10.00	0.700	0.560	0.140	0.830	1.340	1.6145	0.0405
12	11.00	0.750	0.600	0.150	1.040	1.250	1.2019	0.0161
13	12.00	0.700	0.560	0.140	0.830	1.290	1.5542	0.0374
14	13.00	0.650	0.520	0.130	0.940	1.110	1.1809	0.0142
15	14.00	0.650	0.520	0.130	0.910	1.080	1.1868	0.0146
16	15.00	0.600	0.480	0.120	1.010	1.090	1.0792	0.0064
17	16.00	0.550	0.440	0.110	0.880	0.980	1.1136	0.0089
18	17.00	0.550	0.440	0.110	0.860	1.010	1.1744	0.0133

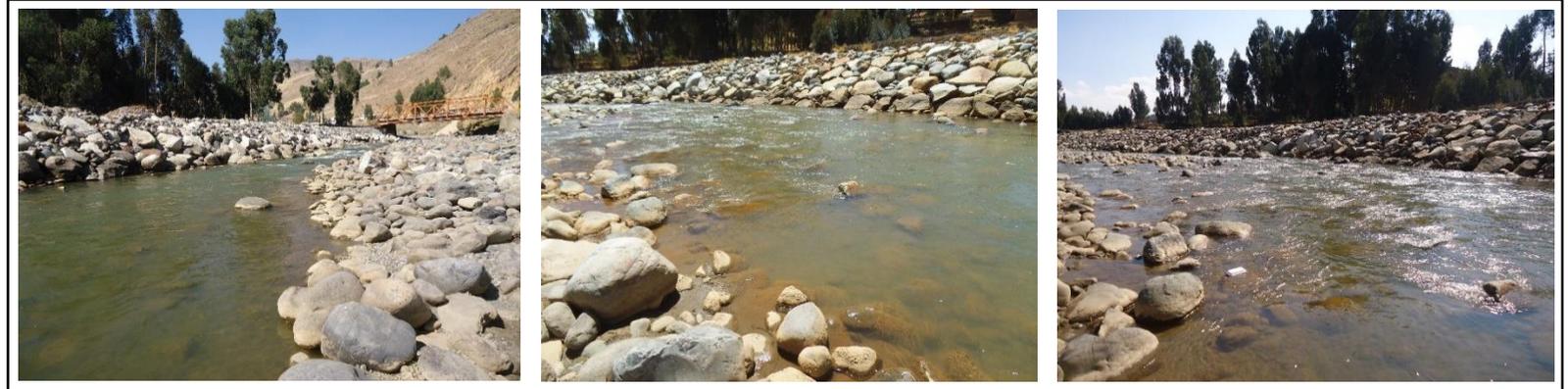
19	18.00	0.490	0.392	0.098	0.850	1.020	1.2000	0.0148
20	19.00	0.360	0.288	0.072	0.710	0.790	1.1127	0.0083
21	20.00	0.300	0.240	0.060	0.720	0.760	1.0556	0.0041
22	21.00	0.230	0.184	0.046	0.650	0.720	1.1077	0.0074
23	22.00	0.150	0.120	0.030	0.216	0.864	4.0000	0.0793
24	23.00	0.110	0.088	0.022	0.200	0.800	4.0000	0.0753
25	23.50	0.070	0.056	0.014	0.176	0.704	4.0000	0.0699
Promedio =		0.453				nPromedio =		0.0276
Desv. Est. =		0.230				Desviación Estándar =		0.0272

n°	PA-07	Profundidad			Velocidades			<i>n</i>
	Abscisa (m)	Total (m)	0.8y (m)	0.2y (m)	V0.8y (m/s)	V0.2y (m/s)	<i>X</i>	
1	0.00	0.120	0.008	0.032	0.12	0.48	4.0000	0.0764
2	2.00	0.280	0.224	0.056	0.350	0.370	1.0571	0.0041
3	4.00	0.300	0.240	0.060	0.310	0.350	1.1290	0.0091
4	6.00	0.450	0.360	0.090	0.550	0.800	1.4545	0.0297
5	8.00	0.550	0.440	0.110	0.680	0.920	1.3529	0.0249
6	10.00	0.600	0.480	0.120	0.530	0.770	1.4528	0.0311
7	12.00	0.600	0.480	0.120	0.940	1.150	1.2234	0.0169
8	14.00	0.650	0.520	0.130	0.660	0.830	1.2576	0.0195
9	16.00	0.630	0.504	0.126	0.850	0.960	1.1294	0.0103
10	18.00	0.670	0.536	0.134	0.800	0.980	1.2250	0.0174
11	20.00	0.550	0.440	0.110	0.490	0.670	1.3673	0.0258
12	22.00	0.600	0.480	0.120	0.600	0.710	1.1833	0.0142
13	24.00	0.500	0.400	0.100	0.480	0.680	1.4167	0.0282
14	26.00	0.300	0.240	0.060	0.240	0.360	1.5000	0.0300
15	28.00	0.400	0.320	0.080	0.530	0.630	1.1887	0.0136
16	30.00	0.340	0.272	0.068	0.220	0.390	1.7727	0.0426
17	32.00	0.200	0.160	0.040	0.180	0.190	1.0556	0.0038
18	34.00	0.170	0.136	0.034	0.410	0.750	1.8293	0.0399
19	36.00	0.200	0.160	0.040	0.160	0.350	2.1875	0.0520
20	36.20	0.080	0.064	0.016	0.008	0.032	4.0000	0.0714
Promedio =		0.410				nPromedio =		0.0280
Desv. Est. =		0.194				Desviación Estándar =		0.0202

PA-08		Profundidad			Velocidades			
n°	Abscisa (m)	Total (m)	0.8y (m)	0.2y (m)	V0.8y (m/s)	V0.2y (m/s)	X	n
1	0.00	0.130	0.008	0.032	0.248	0.992	4.0000	0.0774
2	2.00	0.550	0.440	0.110	0.950	1.090	1.1474	0.0114
3	4.00	0.560	0.448	0.112	0.880	0.990	1.1250	0.0098
4	6.00	0.630	0.504	0.126	0.880	0.980	1.1136	0.0092
5	8.00	0.650	0.520	0.130	0.940	1.070	1.1383	0.0111
6	10.00	0.550	0.440	0.110	0.780	0.990	1.2692	0.0197
7	12.00	0.500	0.400	0.100	0.930	1.180	1.2688	0.0194
8	14.00	0.600	0.480	0.120	0.750	0.860	1.1467	0.0115
9	16.00	0.450	0.360	0.090	0.990	1.140	1.1515	0.0113
10	18.00	0.420	0.336	0.084	0.960	1.140	1.1875	0.0136
11	20.00	0.450	0.360	0.090	0.940	1.190	1.2660	0.0189
12	22.00	0.330	0.264	0.066	0.900	1.110	1.2333	0.0159
13	23.00	0.150	0.120	0.030	0.248	0.992	4.0000	0.0793
Promedio =		0.459				nPromedio =		0.0237
Desv. Est. =		0.167				Desviación Estándar =		0.0245

ANEXO 9. Coeficiente de rugosidad por método de Cowan.

PA-01	
Condiciones del cauce	Valores
n0	0.0280
n1	0.0100
n2	0.0050
n3	0.0100
n4	0.0000
m5	1.0000
n	0.0530



PA-02	
Condiciones del cauce	Valores
n0	0.0280
n1	0.0050
n2	0.0000
n3	0.0100
n4	0.0000
m5	1.0000
n	0.0430



PA-03	
Condiciones del cauce	Valores
n0	0.0280
n1	0.0050
n2	0.0050
n3	0.0100
n4	0.0000
m5	1.0000
n	0.0480
PA-04	
Condiciones del cauce	Valores
n0	0.0280
n1	0.0050
n2	0.0050
n3	0.0000
n4	0.0000
m5	1.0000
n	0.0380
PA-05	
Condiciones del cauce	Valores
n0	0.0280
n1	0.0050
n2	0.0050
n3	0.0000
n4	0.0000
m5	1.0000
n	0.0380



PA-06	
Condiciones del cauce	Valores
n0	0.0280
n1	0.0050
n2	0.0050
n3	0.0100
n4	0.0000
m5	1.0000
n	0.0480
PA-07	
Condiciones del cauce	Valores
n0	0.0280
n1	0.0050
n2	0.0000
n3	0.0000
n4	0.0000
m5	1.0000
n	0.0330
PA-08	
Condiciones del cauce	Valores
n0	0.0280
n1	0.0050
n2	0.0000
n3	0.0000
n4	0.0000
m5	1.0000
n	0.0330

