



Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning en un tramo del río Portoviejo

Determination of the Manning roughness coefficient in a section of the Portoviejo River

Determinação do coeficiente de rugosidade de Manning em um trecho do rio Portoviejo

Samuel David Moreira-Intriago ^I

moreirasamuel266@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-2074-0486>

Diego Alexander Vélez-Carranza ^{II}

diegoalexandercarranza99@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-1679-4179>

Xavier Horacio Valencia-Zambrano ^{III}

xavier.valencia@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1948-1161>

Correspondencia: moreirasamuel266@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 11 de enero de 2024 * **Aceptado:** 14 de febrero de 2024 * **Publicado:** 27 de marzo de 2024

- I. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

La determinación del coeficiente de rugosidad de Manning, definido como la resistencia que presenta el lecho y los márgenes del río al paso del agua, es un proceso esencial para comprender, modelar y calcular la velocidad del flujo en ríos y canales abiertos. Este estudio abordó el cálculo y evaluación del coeficiente de rugosidad de Manning en un tramo del río Portoviejo a partir de valoración del tipo de suelo, pendiente, perfiles transversales y medición de la velocidad media del flujo mediante aforos, con el uso de un correntómetro. La metodología aplicada de enfoque cuantitativo y alcance descriptivo permitió obtener valores del coeficiente de rugosidad mediante la fórmula de Manning que fueron comparados con aquellos propuestos por la literatura especializada.

Palabras clave: río; ecuación de Manning; hidrodinámica; flujo; rugosidad.

Abstract

The determination of the Manning roughness coefficient, defined as the resistance that the river bed and banks present to the passage of water, is an essential process to understand, model and calculate the flow velocity in rivers and open channels. This study addressed the calculation and evaluation of the Manning roughness coefficient in a section of the Portoviejo River based on the assessment of the type of soil, slope, transversal profiles and measurement of the average flow velocity through gauging, with the use of a current meter. The applied methodology of quantitative approach and descriptive scope allowed obtaining values of the roughness coefficient using the Manning formula that were compared with those proposed by the specialized literature.

Keywords: river; Manning equation; hydrodynamics; flow; rugosity.

Resumo

A determinação do coeficiente de rugosidade de Manning, definido como a resistência que o leito e as margens do rio apresentam à passagem da água, é um processo essencial para compreender, modelar e calcular a velocidade do escoamento em rios e canais abertos. Este estudo abordou o cálculo e avaliação do coeficiente de rugosidade de Manning em um trecho do rio Portoviejo a partir da avaliação do tipo de solo, declividade, perfis transversais e medição da velocidade média do escoamento por meio de medição, com uso de medidor de corrente. A metodologia aplicada de abordagem quantitativa e escopo descritivo permitiu obter valores do coeficiente de rugosidade

através da fórmula de Manning que foram comparados com os propostos pela literatura especializada.

Palavras-chave: rio; Equação de Manning; hidrodinâmica; fluxo; rugosidade.

Introducción

La Ingeniería Civil afronta desafíos en la sociedad actual debido al rápido crecimiento de nuevas necesidades que mejoren la calidad de vida de los seres humanos. Por ese motivo en la rama de la hidráulica la determinación del caudal que transita por un río demanda de estudios cada vez más precisos para la correcta toma de decisiones que permita la optimización del recurso. El concepto de recursos naturales merece una revisión de la terminología relacionada con los modelos de manejo y la perspectiva hacia el desarrollo sustentable (López & Jiménez, L. N, 2016). De acuerdo al Proyecto de Adaptación al Cambio Climático (PACC, 2009) la cuenca del río Portoviejo es un importante sistema hidrológico de la vertiente del Pacífico del Ecuador que ocupa una extensión de más de 2.100 km² en una zona con prevalencia agrícola de la región central y costera de la provincia de Manabí. Este río es la más importante fuente de agua para la región central de Manabí (Thielen Engelbertz et al, 2015) ya que abastece de agua potable a más de 600 000 personas que habitan en las ciudades de Portoviejo, Santa Ana, 24 de mayo, Rocafuerte e incluso a otras fuera de su cuenca como son: Manta, Montecristi, Jaramijó y Jipijapa (Hurtado y Suntaxi, 2013).

Definir el manejo de recursos naturales implica reconocer la complejidad de la interacción de factores físicos y socioeconómicos que intervienen en el proceso. En este trabajo se planteará de forma exclusiva los factores físicos que intervienen en el tránsito de caudales en un sector de la zona urbana del río Portoviejo.

El caudal se puede medir de manera directa o estimar mediante procedimientos indirectos. Uno de los métodos más conocidos y de aplicación universal es la Ecuación de Manning, fundamentada en los parámetros de la sección hidráulica de la estructura de conducción y en la rugosidad de dicha sección (Yépez, 2000). Los parámetros hidráulicos del cauce son el área, el perímetro mojado, el radio hidráulico y la pendiente hidráulica, cuyos valores son fáciles de determinar una vez que se ha definido el tipo de sección y la diferencia de nivel que hay que vencer en el transporte (pendiente).

De ese modo, el parámetro más difícil de determinar es el coeficiente de rugosidad "n", valor que refleja la resistencia que presenta el lecho y las márgenes del río al paso del agua (Yépez, 2000).

De acuerdo a León y Martínez (2013) un error del 10% en el coeficiente de Manning implica un error similar en la velocidad o gasto.

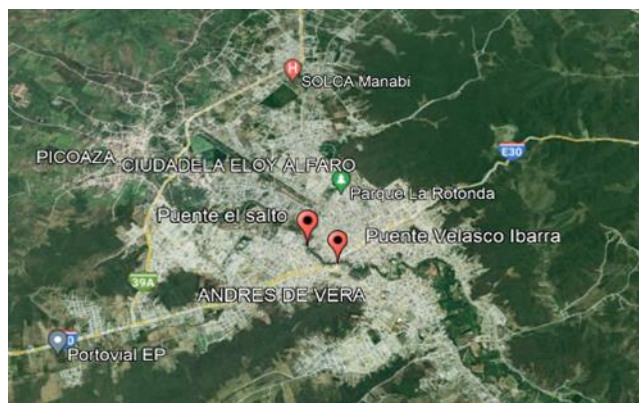
Por lo que antecede, esta investigación se encuadra en analizar y cuantificar las características específicas del tramo seleccionado del río Portoviejo, a través de técnicas de medición, observación y análisis detallado, para obtener un valor preciso del coeficiente de rugosidad de Manning y de esta manera contribuir a las investigaciones referentes a la información hidráulica de los ríos de Manabí.

Por lo tanto, con el desarrollo de la presente investigación se dio respuesta a la interrogante: ¿Cómo se podría calcular el coeficiente de rugosidad de Manning en un tramo del río Portoviejo?

Metodología

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo de tipo descriptiva, se empleó el método deductivo para realizar el análisis de manera general y específico del objeto de estudio. El tramo del río Portoviejo escogido para el desarrollo de esta investigación de una longitud 502.3 m se encuentra dentro de la parte urbana de la ciudad de Portoviejo (Ver Figura 1), precisamente desde el puente del salto ubicado en la Avenida América aguas arriba en dirección al puente Velasco Ibarra ubicado en la Pedro Gual.

Figura 1. Casco urbano de la ciudad de Portoviejo

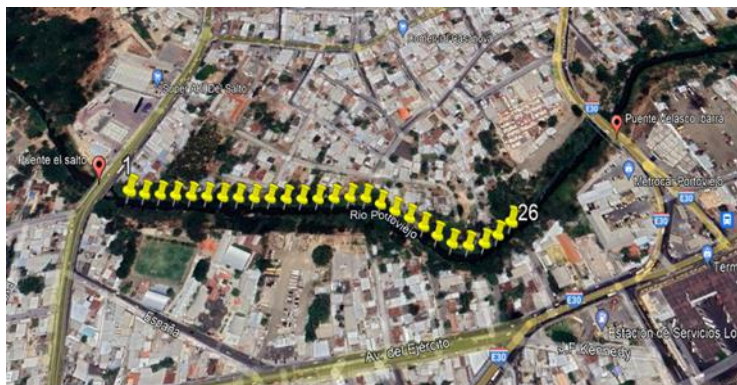


Fuente: Google Earth pro 2023

El trabajo se basó en determinar del tipo de suelo este tramo considerado (Ver Figura 4), se calculó la velocidad del flujo en el cauce mediante 26 aforos distribuidos cada 20 metros (Ver Figura 2), de acuerdo al manual de medición de caudales del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio

Climático de Guatemala (ICC, 2017). Se utilizó el método sección-velocidad a través del instrumento llamado correntómetro (molinete). El método consiste en introducir el aparato a 0.2 H y a 0.8 H de la profundidad total medido desde la superficie del agua. De acuerdo a la norma el procedimiento se lo realizo 3 veces en cada aforo, cada 3 m a lo largo de la sección del espejo de agua. El tiempo que duró la toma de los 26 aforos de velocidad fue de un día.

Figura 2. Tramo del río Portoviejo objeto de estudio.



Fuente: Google Earth pro 2023

Una vez realizados los 26 aforos, se tabuló la cantidad de vueltas en un período de 30 seg. Se aplicó la fórmula de velocidad del fabricante (Ver tabla 1) para obtener el dato de la velocidad media en cada aforo.

Tabla 1 Fórmula de velocidad para la hélice utilizada y rango de validez.

Molinete	Serie	Velocidad	n	Rango de validez de la ecuación
SIAP	Hélice No. 1 - Ensayo No. 212490	$v=0.2395*(n)+0.0011$	$n=R/T$	(Vmin= 0.15 m/s) (Vmax= 2.5 m/s)

Fuente: Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Se utilizó una estación total para un levantamiento topográfico in situ en cada uno de los 26 aforos (ver Figura 3) para obtener el área mojada, perímetro mojado, y a su vez el radio hidráulico (A/P). Los valores de pendiente o grado de inclinación de las secciones de los aforos se obtuvieron cada 20 m en el tramo del río Portoviejo (Ver Tabla 2).

Figura 3. Levantamiento topográfico in situ del tramo del río Portoviejo



Fuente: Autores

Se realizó una representación gráfica del río Portoviejo a través de perfiles transversales (ver Figura 5) en cada uno de los 26 aforos a lo largo de los 502.3 m del tramo objeto de estudio. En los perfiles trasversales se detalló la elevación de la cota de agua, el espejo de agua, el Perímetro mojado (P) y el área mojada (A).

Obtenidos los parámetros necesarios para usar la fórmula de Manning (1) se calculó el coeficiente de rugosidad despejando de la fórmula en cada uno los 26 aforos en todo el tramo objeto de estudio.

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (1)$$

$$n = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{V} \quad (2)$$

Donde:

V= Velocidad del flujo

R= Radio hidráulico

S= Pendiente hidráulica

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

Con la finalidad de realizar una comparación y posterior análisis de los resultados se realizó el cálculo del coeficiente de rugosidad de acuerdo a los métodos siguientes:

Método de Cowan

Este método reconoce varios factores del cauce que afectan el coeficiente de rugosidad y sus valores están en función a la tabla del libro Hidráulica de canales abiertos (Chow, 2004). Su fórmula es:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m \quad (3)$$

Donde:

n_0 : Involucra el material del fondo del canal

n_1 : Cuantifica las irregularidades superficiales

n_2 : Cuantifica la variación en forma y tamaño de la sección transversal

n_3 : Cuantifica el efecto de las obstrucciones.

n_4 : Toma en cuenta la vegetación.

m : Factor de corrección por los efectos de meandros.

Método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos

Propuesto por el ex servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (SCS), este método se basa en la misma tabla del método de Cowan con su respectiva variante en cuanto al ahora de evaluar los factores que afectan la rugosidad de un flujo, este método no toma en cuenta la variación en forma y tamaño de la sección transversal. Su fórmula es:

$$n = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5) \quad (4)$$

Donde:

n_1 : Involucra el material del fondo del canal

n_2 : Toma en cuenta la vegetación.

n_3 : Cuantifica las irregularidades superficiales

n_4 : Cuantifica el efecto de las obstrucciones.

n_5 : Es un factor de corrección por los efectos de meandros.

A través de la definición del problema se realizó una indagación detallada de información referente al objeto de estudio y que a su vez presento datos estadísticos, teóricos e investigaciones previas que aportaron al desarrollo de la investigación.

Resultados

El tipo de suelo predominante que se encontró en el lecho del tramo objeto de estudio es el suelo arenoso.

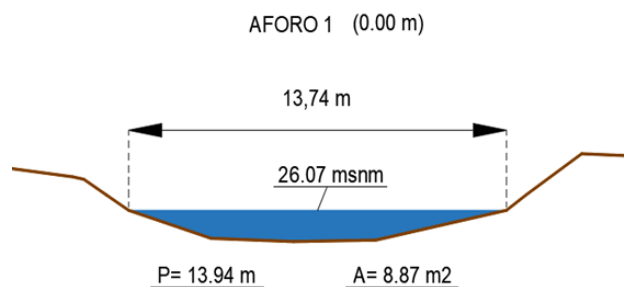
Figura 4. Tipo de suelo del Río Portoviejo



Fuente: Autores

Se obtuvo el perfil transversal en cada aforo como se representa a continuación:

Figura 5. Perfil transversal del aforo 1 del cauce



Fuente: Autores

Las cotas del río en los 26 aforos cada 20 m se las represento en la siguiente tabla:

Tabla 2. Cotas de los 26 aforos cada 20 m y su georreferenciación.

Aforo	Latitud (SUR)	Longitud (OESTE)	Cota (msnm)	Pendiente (m/m)
1	S1° 03' 26.46"	W80° 27' 47.81"	26.07	0.00150
2	S1° 03' 26.90"	W80° 27' 47.33"	26.10	0.00150
3	S1° 03' 27.34"	W80° 27' 46.85"	26.13	0.00150
4	S1° 03' 27.78"	W80° 27' 46.38"	26.16	0.00150
5	S1° 03' 28.21"	W80° 27' 45.90"	26.19	0.00150
6	S1° 03' 28.65"	W80° 27' 45.42"	26.22	0.00150
7	S1° 03' 29.09"	W80° 27' 44.94"	26.25	0.00150

8	S1° 03' 29.53"	W80° 27' 44.46"	26.28	0.00150
9	S1° 03' 29.96"	W80° 27' 43.97"	26.31	0.00150
10	S1° 03' 30.38"	W80° 27' 43.48"	26.34	0.00150
11	S1° 03' 30.81"	W80° 27' 42.99"	26.37	0.00150
12	S1° 03' 31.23"	W80° 27' 42.50"	26.40	0.00150
13	S1° 03' 31.64"	W80° 27' 41.99"	26.43	0.00150
14	S1° 03' 32.02"	W80° 27' 41.47"	26.46	0.00150
15	S1° 03' 32.39"	W80° 27' 40.94"	26.49	0.00150
16	S1° 03' 32.81"	W80° 27' 40.45"	26.52	0.00150
17	S1° 03' 33.38"	W80° 27' 40.14"	26.55	0.00150
18	S1° 03' 33.96"	W80° 27' 39.86"	26.58	0.00150
19	S1° 03' 34.56"	W80° 27' 39.60"	26.61	0.00150
20	S1° 03' 35.17"	W80° 27' 39.38"	26.64	0.00150
21	S1° 03' 35.80"	W80° 27' 39.21"	26.67	0.00150
22	S1° 03' 36.40"	W80° 27' 38.96"	26.70	0.00150
23	S1° 03' 36.87"	W80° 27' 38.53"	26.73	0.00150
24	S1° 03' 37.20"	W80° 27' 37.99"	26.76	0.00150
25	S1° 03' 37.31"	W80° 27' 37.36"	26.79	0.00150
26	S1° 03' 37.30"	W80° 27' 36.62"	26.83	0.00150

Fuente: Autores

En la tabla 3 se presenta como ejemplo el aforo número 1 donde se obtuvo un resultado de una velocidad media de 0.59 m/s. Este procedimiento se lo realizó en los 26 aforos.

Tabla 3. Matriz del aforo 1


Vertical	Abscisa	Profundidad total	Profundidad parcial	R	T	Velocidad
	(m)	(m)	(m)	(vueltas)	(seg)	(m/s)
1	3.00	0.85	0.68	90	30.00	0.72
			0.17	50	30.00	0.40
2	6.00	0.95	0.76	100	30.00	0.80
			0.19	57	30.00	0.46

3	9.00	0.90	0.72	91	30.00	0.73
			0.18	51	30.00	0.41
Total	13.74 m				Velocidad media	0.59 m/s

Fuente: Autores

En la Tabla 4 se muestran los parámetros hidráulicos y geométricos de cada aforo. Este procedimiento se lo realizó en los 26 aforos.

Tabla 4. Ficha Técnica de aforo 1

Sección de aforo		Número del Aforo:		1
Nombre del cauce		Río Portoviejo		
Nombre del sitio de aforo		Aguas arriba Puente del Salto		
Institución/Responsable/Proyecto		Estudiantes de la Universidad Técnica de Manabí		
Datos hidráulicos y geométricos		Unidades		
Caudal medio en sección de Aforo	5.23	m ³ /s	5230	l/s
Área mojada	8.87	m ²		
Velocidad media	0.59	m/s		
Perímetro Mojado	13.94	m		
Espejo de agua	13.74	m		
Tirante máximo	0.95	m		
Profundidad Hidráulica	0.65	m		
Radio Hidráulico	0.64	m		
Número de Froude	0.23			
Régimen de Flujo	Subcrítico			
Localización de la sección de aforo				
Provincia/Cantón/Parroquia	Manabí/Portoviejo/Portoviejo			
Cuenca Hidrográfica	Río Portoviejo			
Latitud UTM (Sitio Aforo)	S1° 03' 26.46"			
Longitud UTM (Sitio Aforo)	W80° 27' 47.87"			
Cota (msnm) (Sitio Aforo)	26.07			
Observaciones de la sección de aforo	Día soleado, volumen de agua abundante			
Fecha/Hora	Miércoles 9 de agosto de 2023 (9H00) Am			

Fuente: Autores

El cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning mediante la fórmula de Manning en cada aforo se representa en la Tabla 5.

Tabla 5. Cálculo de rugosidad de Manning por fórmula de Manning.

Aforos	Área (A)	Perímetro mojado (P)	Velocidad media (V)	Caudal (Q)	Radio hidráulico (R)	Pendiente (S)	Coeficiente de Manning (n)
	(m²)	(m)	(m/s)	(m³/s)	(m)		
1	8.87	13.94	0.59	5.23	0.64	0.0015	0.049
2	8.94	13.86	0.59	5.27	0.65	0.0015	0.049
3	9.14	14.10	0.59	5.39	0.65	0.0015	0.049
4	9.17	13.90	0.61	5.59	0.66	0.0015	0.048
5	9.14	13.64	0.61	5.58	0.67	0.0015	0.049
6	9.02	13.22	0.60	5.41	0.68	0.0015	0.050
7	9.65	14.18	0.59	5.69	0.68	0.0015	0.051
8	10.38	14.98	0.58	6.02	0.69	0.0015	0.052
9	9.68	13.94	0.61	5.90	0.69	0.0015	0.050
10	9.30	13.44	0.62	5.77	0.69	0.0015	0.049
11	9.01	13.09	0.61	5.50	0.69	0.0015	0.049
12	9.04	13.34	0.61	5.51	0.68	0.0015	0.049
13	8.96	13.40	0.61	5.47	0.67	0.0015	0.049
14	8.90	13.49	0.60	5.34	0.66	0.0015	0.049
15	8.68	13.32	0.59	5.12	0.65	0.0015	0.049
16	8.67	13.56	0.59	5.12	0.64	0.0015	0.049
17	9.04	13.91	0.57	5.15	0.65	0.0015	0.051
18	8.81	13.45	0.58	5.11	0.66	0.0015	0.050
19	9.06	13.89	0.58	5.25	0.65	0.0015	0.050
20	8.82	13.12	0.58	5.12	0.67	0.0015	0.051
21	8.64	12.48	0.58	5.01	0.69	0.0015	0.052

22	8.87	12.78	0.57	5.06	0.69	0.0015	0.053
23	9.06	13.09	0.57	5.16	0.69	0.0015	0.053
24	9.28	13.52	0.59	5.48	0.69	0.0015	0.051
25	9.37	13.94	0.60	5.62	0.67	0.0015	0.050
26	9.36	14.06	0.60	5.62	0.67	0.0015	0.050
n=							0.050

Fuente: Autores

Método de Cowan

En la Tabla 6 se evidenció el valor del coeficiente de rugosidad de Manning por el método de Cowan de la siguiente manera: El tipo de suelo presente en el lecho es arena $n_0=0.020$; el grado de irregularidad en el tramo se consideró menor $n_1=0.005$; la variación de la sección transversal se consideró ocasionalmente alternante $n_2=0.005$; la incidencia de obstrucciones se consideró menor $n_3=0.010$; la vegetación en la zona se la considero baja $n_4=0.005$; la influencia del meandro se consideró menor en este tamo $m_5=1$. Se obtuvo un valor de $(n)=0.045$.

Tabla 6. Calculo de rugosidad de Manning por Cowan

n0	0.020
n1	0.005
n2	0.005
n3	0.010
n4	0.005
m5	1.000
n	0.045

Fuente: Chow

Método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (SCS)

En la Tabla 7 se presentó el valor del coeficiente de rugosidad de Manning por el método de Conservación de Suelos de Estados Unidos (SCS), donde: $n_1=0.020$; $n_2=0.005$; $n_3=0.005$; $n_4=0.010$; $n_5=0$. Se obtuvo un valor de $(n)=0.040$.

Tabla 7. *Calculo de rugosidad de Manning por SCS*

n1	0.020
n2	0.005
n3	0.005
n4	0.010
n5	0.000
n	0.040

Fuente: Chow

Discusión de los resultados

El suelo arenoso es de los suelos más comunes en los ríos de llanura, en las zonas con menor pendiente, la velocidad decrece y los sedimentos son depositados en forma de limo o arena. Así se forma una superficie o llanura aluvial a ambos lados del río (Tortorelli, 2009). El suelo arenoso (ver Figura 4) se caracteriza por el predominio de partículas de arena en comparación con otros tipos de partículas, como arcilla y limo. Las partículas de arena son más grandes y tienen una textura granular cuyas dimensiones fluctúan entre 0.0075 mm y 4.75 mm. De manera específica en un suelo arenoso el 50% de sus partículas están comprendidas en el rango de 0.075 a 4.75 mm (Rodríguez, 2010). Las características del suelo arenoso incluyen: drenaje rápido, baja capacidad de retención de nutrientes, aireación eficiente y calentamiento rápido.

Como se evidenció en la tabla 2, la pendiente hidráulica en todos los aforos del tramo fue de $(S)=0.0015$; según el (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2020) el cauce del río tiene una pendiente de 0,1% desde Portoviejo hasta su desembocadura en La Boca de Crucita. Entre Portoviejo y Santa Ana, donde la ancha llanura aluvial termina, la pendiente es de 0,3%. Desde Santa Ana a las zonas altas, el río baja desde una elevación de 370 m a 95 m junto a una pendiente promedio de 0,6%.

La dirección del flujo y la velocidad de la corriente dependen de la pendiente del terreno y de las obstrucciones presentes. Cuanto mayor sea el gradiente de la altitud del terreno, aumentará la velocidad de la corriente y se incrementará el arrastre y la deposición del sedimento llevado por el río. (Tortorelli, 2009).

En cuanto al cálculo del Coeficiente de Rugosidad de Manning, se evidenció en la tabla 5 que en los primeros 21 aforos se obtuvo valores menores a $n=0.051$, salvo el aforo 8 donde el área de la

sección transversal del río aumentaba debido a la socavación. Según (Chow, 2004) la socavación incrementa la rugosidad en el lecho de un cauce natural lo cual es consecuente con el valor del coeficiente de rugosidad obtenido $n = 0.052$. Por otra parte, los aforos 22 y 23 donde el río se volvía ligeramente más sinuoso se obtuvieron valores superiores a $n = 0.051$, llegando hasta el valor máximo en todo el tramo $n = 0.053$; esto debido a que la velocidad fue la más baja en los 26 aforos, en una curva donde la corriente no es paralela a la orilla, sino que se dirige hacia ella (Vide, 2009). Según (Chow, 2004) la presencia de meandros en corrientes naturales, puede incrementar el valor de n tan alto como 30%.

Los últimos tres aforos tuvieron similitud con el resto de aforos con valores menores a $n = 0.051$. El valor final promedio por la fórmula de Manning en todo el tramo objeto de estudio fue de $n = 0.050$, un valor que excede a los valores de rugosidad para corrientes naturales en planicies presentados en la tabla (5-6) del libro hidráulica de canales abiertos (Chow, 2004). Por otra parte, los valores del método de Cowan ($n = 0.045$); y (SCS) ($n = 0.040$) se encuentran dentro del rango normal según la misma información presentada por Chow (2004).

Conclusiones

Los resultados de la investigación arrojan valores promedios de Manning de 0.05 frente a los de Cowan 0.045 y SCS 0.04, valores coherentes con los presentados por la literatura especializada en tramos de características similares.

La fórmula de Manning como herramienta para el cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning se considera más exacta en comparación con los métodos de Cowan y SCS, ya que no consideran la incidencia de los sedimentos en suspensión (Chow, 2004). Se recomienda realizar investigaciones acerca de la incidencia de los sedimentos en suspensión en la velocidad del flujo en los lugares de aforo para corroborar la tendencia expuesta en esta investigación.

El resultado de este trabajo puede ser usado para el control del caudal en cualquier época del año y así determinar el nivel de flujo que transita el mismo, beneficiando a las instituciones o personas naturales que aplican parámetros hidráulicos en sus proyectos, pues esto permitirá relacionar resultados con otros estudios previos del cauce y tener más conocimiento acerca de este cuerpo de agua.

Una de las limitaciones del estudio es que los aforos fueron realizados para un solo caudal, por lo que se recomienda continuar con campañas de aforos para otras condiciones de flujo.

Referencias

1. Burgos, N. (2017). Estimación del coeficiente de rugosidad de Manning mediante mediciones de velocidad y profundidad, empleando un molinete hidrométrico, en el río Chonta, Cajamarca, 2016. Universidad Nacional de Cajamarca.
2. Chow. V, Hidráulica de Canales Abiertos. MacGraw Hill Latinoamericana, 2004
3. Díaz, A.; Guevara, E. (2020). Modelo de estimación del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría en el río Santa, sector Recuay–Carhuaz, Áncash, Perú. 27(3), 328–342.
4. Fernández, C.; León, A.; Rodríguez, Y. (2018). Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales. Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 39(1), 17–31.
5. Hurtado, J.; Suntaxi, F. (2013). Regionalización climática (preliminar) del litoral ecuatoriano, utilizando 3 metodologías para la agrupación de zonas/estaciones homogéneas, en torno al proyecto índices – Proyecto (INDICES–ENOS.SENECY-INAMHI. (ed.)).
6. ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático). 2017. Manual de
7. medición de caudales. Guatemala. 18 p.
8. Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. (2020). Plan de Acciones Manejo integrado del recurso hídrico Cuenca UPHL MA-02 del Río Portoviejo Demarcación Hidrográfica de Manabí.
9. Osio, M.; Valencia, F.; Guevara, E.; Cartaya, H. (2000). CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “n” DE MANNING EN LOS GRANDES RÍOS DE VENEZUELA Mónica G. Osío Yépez, Federico F. Valencia Ventura Edilberto Guevara y Humberto Cartaya Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. 12.
10. PACC. (2009). Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo. (M. del Ambiente. (ed.)).
11. Rodríguez, H. (2010). Hidráulica fluvial. Fundamentos y aplicaciones. Socavación (E. C. de Ingeniería (ed.)). <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1728>

12. Thielen, D.; Cevallos, J.; Erazo, T.; Zurita, S.; Figueroa, A.; Quintero, J.; Matute, N.; Velázquez, G.; Cárdenas, L. (2015). Dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca del río Portoviejo, Manabí, Ecuador. *Revista La Técnica*, 14, 80–91.
13. Tortorelli, M (2009). “Ríos De Vida”. 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
14. Vide, J. P. M. (2009). Ingeniería de ríos. Univ. Politèc. de Catalunya.
15. Yépez, G.; Ventura, F.; Guevara, E.; Cartaya, H. (2000). Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" de manning en los grandes ríos de Venezuela. *Revista Ingeniería UC.*, 7(2).
16. Zucarelli, G.; Blas, E. (2017). DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DE MANNING EN EL TRAMO MEDIO DEL RÍO PARANÁ. Departamento Hidrología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas Ciudad Universitaria, 1(1).

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).