

Evaluación Del Diseño Geométrico Del Drenaje Transversal En La Vía Tíllales Y El Sitio La Palestina

Evaluation of the Geometric Design of the Transversal Drainage on the Tíllales Road and the La Palestina Site

Autores

Washington Eduardo Barahona Velez¹, Erwin Javier Oyola Estrada², Leyden Oswaldo Carrión Romero³, Elsi América Romero Valdiviezo⁴

¹Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ingeniería Civil, Machala, Ecuador
email: wbarahona_est@utmachala.edu.ec

²Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ingeniería Civil, Machala, Ecuador
email: eyolat@utmachala.edu.ec

³Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ingeniería Civil, Machala, Ecuador
email: locarrion@utmachala.edu.ec

⁴Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ingeniería Civil, Machala, Ecuador
email: eromero@utmachala.edu.ec

RESUMEN

La carrera de ingeniería civil está enfocada a mejorar la calidad de vida y cubrir las necesidades de las poblaciones humanas, mediante obras que ayuden a esto, que sean seguras, confiables y duren el tiempo correspondiente; estas van a tener un valor que corresponde a su implementación y que vayan cumpliendo con las normativas correspondientes.

El agua es el recurso ambiental mayormente usado, ya que sirve para la vida en sí de los seres vivos y su implementación es indispensable en toda actividad realizada.

En esta investigación se va a realizar un diseño óptimo del drenaje transversal dado por una alcantarilla tipo cajón en la vía Tíllales a la Palestina con las coordenadas N626257 E964117. Para analizar y complementar si la alcantarilla existente cumple con las restricciones técnicas que favorezcan a su correcto uso, se procedió a la toma de medidas geométricas, mediante el uso de la topografía en campo y programas computacionales como el Hydraflow que permiten la determinación de la escorrentía y el caudal máximo, para verificar o tomar apuntes si la alcantarilla mencionada está cumpliendo con los resultados esperados.

En la parte de los resultados, se puso a prueba la extensión de civil cad llamada Hydraflow, en la cual se introdujeron los datos que se obtuvieron en campo, por lo tanto este arrojó los resultados deseados para el estudio, los cuales se van a encontrar en esta parte del trabajo.

Palabras claves: Alcantarilla tipo cajón, Civil Cad, Hydraflow extensión, Topografía en campo.

ABSTRACT

The civil engineering career is focused on improving the quality of life and meeting the needs of human populations, through works that help this, that are safe, reliable and last the corresponding time; these will have a value that corresponds to their implementation and that they comply with the corresponding regulations.

Water is the most widely used environmental resource, since it serves for the life itself of living beings and its implementation is essential in any activity carried out.

In this investigation, an optimal design of the transverse drainage will be carried out given by a box-type culvert on the Tíllales a la Palestina road with the coordinates N626257 E964117. To analyze and complement whether the existing sewer complies with the technical restrictions that favor its correct use, geometric measurements were taken, using field topography and computer programs such as Hydraflow that allow the determination of runoff and the maximum flow, to verify or take notes if the mentioned sewer is complying with the expected results.

In the part of the results, the extension of civil cad called Hydraflow was put to the test, in which the data obtained in the field were entered, therefore this yielded the desired results for the study, which will be found in this part of the job.

Keywords: Box culvert, Civil Cad, Hydraflow extension, Field surveying.

1. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de las poblaciones es de suma importancia las obras civiles, ya que son usadas diariamente, entre las cuales se encuentran: carreteras, hospitales, escuelas, redes de alcantarillado; todas ellas deberán estar en constante progreso y mantenimiento, ya que están limitadas a un buen manejo para su correcto funcionamiento [1].

Los drenajes transversales son de suma importancia en toda obra vial, en la actualidad su cuidado y mantenimientos llegan a estar en segundo plano. Debido a esto, están en mayor riesgo de sufrir un fallo, si llegara a ocurrir habrá una aglomeración vehicular en la vía por su colapso o un mal cálculo hidráulico de la misma. Para que no ocurra, en todo estudio del diseño estructural de un sistema de drenaje transversal se realiza tomando un nivel de riesgo el cual es llamado como mecanismo de fallo [2].

En las nuevas obras la calidad del drenaje transversal en vías se torna de suma importancia, ya que va a permitir que las carreteras se mantengan en un buen estado a pesar del clima de la zona, por lo tanto, ayuda tanto al proceso económico como estético del sitio [3].

En las obras de drenaje transversal se encuentran las alcantarillas y los puentes. En el diseño de alcantarillas siempre se va a buscar que estas sean lo más pequeñas posibles y que cumplan a cabalidad para que el gasto del diseño pueda pasar sin problema alguno.

En la vía Tíllales y La Palestina se encuentra la alcantarilla de estudio de la cual se obtuvo su topografía y medidas; en este trabajo se analiza y complementa si dicha alcantarilla cumple con lo que se requiere para que el agua no desborde a la carretera a su máximo caudal.

En la actualidad en países como Nicaragua es permitido usar softwares computacionales para los levantamientos topográficos, y así poder combinarlos entre sí, entre estos programas podemos tener los siguientes: Global Mapper, Google Earth Pro, AutoCAD y CivilCAD [4].

Un buen estudio y diseño para la realización de alcantarillas en la vías permite evitar problemas a futuro, dado que estos estudios deben constar en el tiempo de su máximo caudal lo cual quiere decir en un mayor periodo de retorno, como también saber el recorrido del agua ya que para estos estudios del diseño de la alcantarilla se debe saber por dónde va a dar ingreso el agua, dado que esta sería la parte inicial de la alcantarilla y en la cual se centraría el estudio.

La mala práctica en la realización de estas obras civiles da como resultado un deterioro a corto plazo de la carretera por donde esté ubicado el drenaje transversal en sí, por lo tanto es de suma importancia una evaluación constante de estas alcantarillas para constatar que su diseño geométrico pueda soportar su caudal máximo sin afectar su correcto funcionamiento. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es realizar un análisis del diseño geométrico de la alcantarilla tipo cajón de la vía Tíllales a La Palestina con las coordenadas E626257 N9641171, de la provincia de El Oro. Se realizó el trabajo mediante la toma de puntos por topografía en el sitio y con el empleo de diferentes software como Excel e Hydraflow como una extensión de civil cad. Se evaluó además el diseño actual de la alcantarilla tipo cajón para verificar el cumplimiento de los requerimientos con la toma de datos en el sitio y un software llamado Hydraflow.

2. DESARROLLO

2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El drenaje transversal de estudio, en nuestro caso la alcantarilla tipo cajón que se va a estudiar, se encuentra en la vía Tíllales a La Palestina, en la figura 1 se aprecia la carretera georreferenciada mediante Google Earth Pro; la cual, es una herramienta tecnológica para la enseñanza y aprendizaje interdisciplinar en algunos espacios de la formación del profesorado [5].

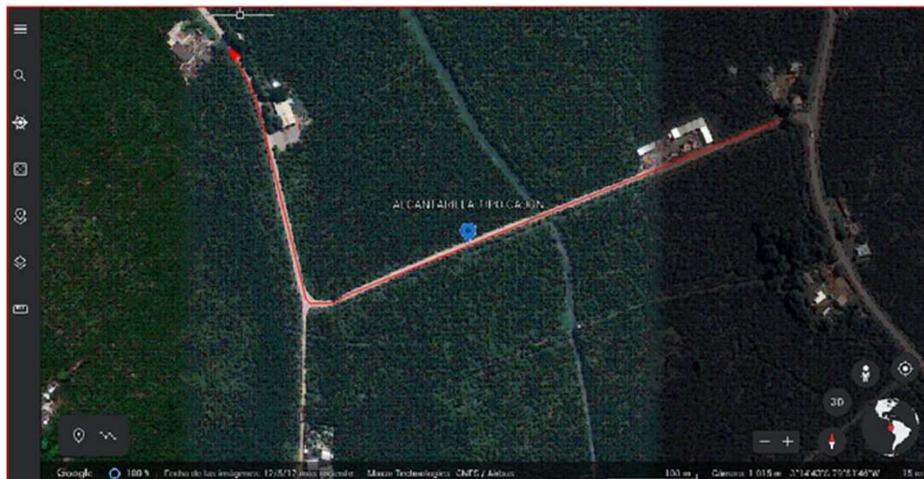


Figura 1: Ubicación Georreferenciada por Google Earth Pro

A continuación, en la tabla 1 se muestran las coordenadas de la alcantarilla a analizar, las cuales fueron tomadas con la ayuda de un GPS al momento de la visita en el sitio de estudio:

Tabla 1: Coordenadas del GPS

VÍA TÍLLALES A LA PALESTINA	
COORDENADAS TOMADAS MEDIANTE GPS	
Norte	Este
9641171	626257

La figura 2 muestra el trazado de la carretera por Medio de AutoCAD

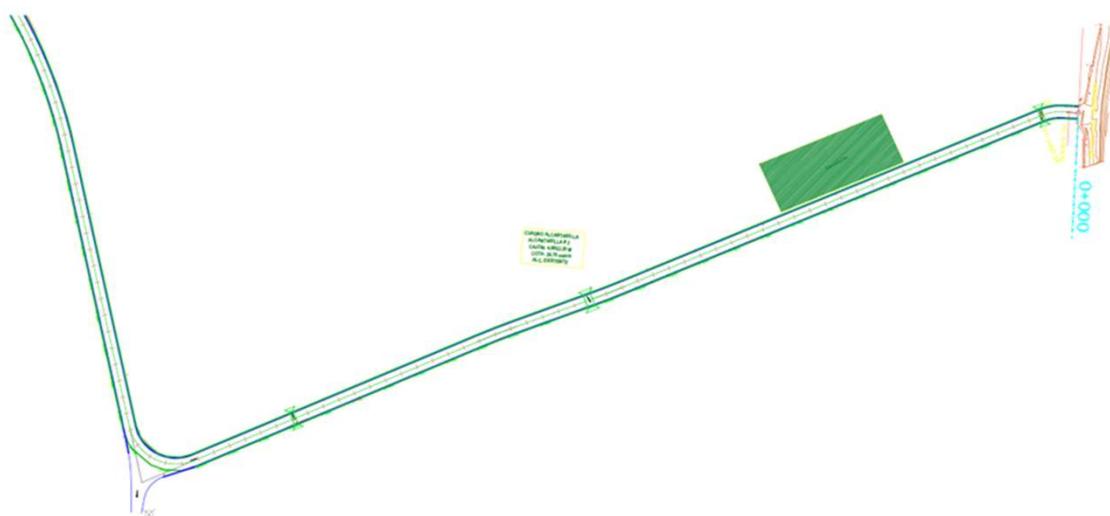


Figura 2: Dibujo vía TÍLLALES - LA PALESTINA

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Canales Hidráulicos

Es una obra civil destinada a transportar fluidos, principalmente agua, estos pueden ser naturales o artificiales. Existen dos tipos de canales, abiertos o cerrados, y su diferencia es que en los abiertos su superficie tiene contacto con la atmósfera y en los cerrados pueden estar llenos o parcialmente llenos [6].

Drenaje Transversal en vías

Para el drenaje superficial se debe garantizar la existencia de una pendiente longitudinal en la vía, para su funcionamiento, aprovechando las condiciones dadas naturalmente, esto va dado también con la excavación de la cuneta en lugares donde el agua no pueda fluir naturalmente, siempre si fuera necesario, también se va a tomar en cuenta la pendiente transversal mediante el factor de bombeo [7]. El problema que tienen las redes de drenaje se da cuando las aguas de lluvias aumentan su volumen, provocando un exceso de demanda en estas [8]. Siempre se debe tener en cuenta a la hora de construir carreteras el correcto flujo del agua y en el menor tiempo posible fuera de la superficie de rodamiento, para que no tenga riesgo la obra [9].

Tipos de drenaje transversal

El drenaje es fundamental para asegurar la vida útil de las carreteras [10].

- *Alcantarilla:* Son obras de drenaje menor ya que estas son las encargadas de dar paso a las aguas producidas por las lluvias o de pequeñas cuencas, arroyos. Las alcantarillas de sección cuadrada o rectangular se fabrican de concreto armado, las de forma circular se hacen con tubos de concreto o de acero corrugado. El ancho del ducto del drenaje que pasa transversalmente bajo una vía, debe ser menor a seis metros para poder ser considerado y diseñado como alcantarilla [11].
- *Puente:* Se define como puente a las estructuras que tienen una abertura o luz mayor a seis metros y que estén sobre o debajo de una vía formando parte de ella. Son llamadas obras de arte mayor, ya que estas van a hacer las encargadas de dar paso a grandes cuencas hidrológicas, como los ríos, lagos y valles.

Estudio de campo

Estos se van a dar para obtener y poder evaluar toda la información requerida para el estudio, como son el estado actual de la alcantarilla, su topografía e hidrología del sitio.

En la figura 3 se observa el estado actual de la alcantarilla de estudio:



Figura 3: Estado actual de la alcantarilla

2.3. METODOLOGÍA

El siguiente trabajo consiste en realizar un estudio técnico – práctico de una alcantarilla tipo cajón en la vía Tillales a La Palestina, mediante un levantamiento topográfico para sacar los datos en el sitio y así poder trabajar con exactitud, también se utiliza un software llamado Hydraflow que es una extensión de Civil Cad la cual permite ingresar nuestros datos y así poder calcular si la alcantarilla in situ cumple con las normativas y exigencia por la cual fue construida. Este programa posibilita además calcular el caudal máximo en un periodo de tiempo y así analizar si el agua no rebasará la alcantarilla lo cual haría que esta sobrepase la carretera.

En la figura 4 se observan las dimensiones que cuenta la alcantarilla de estudio.

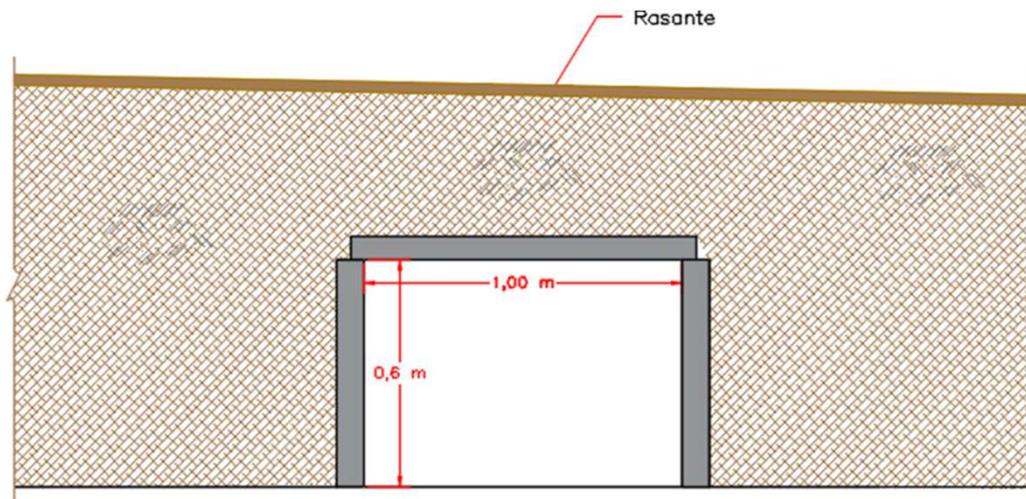


Figura 4: Dimensión actual de la alcantarilla

La figura 5 muestra el ancho y berma que cuenta la carretera por donde pasara el drenaje transversal:

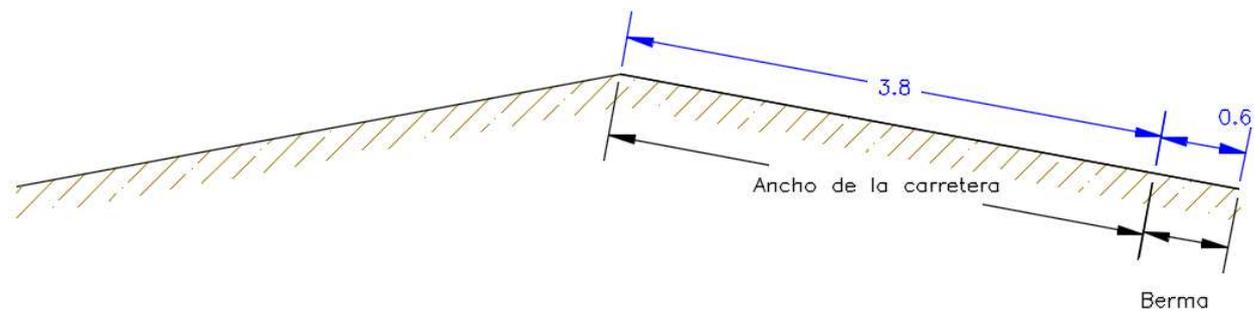


Figura 5: Dimensiones de la carretera

2.3.1. TOPOGRAFÍA

Es la ciencia encargada de estudiar los objetivos con sus detalles y formas, ya sean naturales o artificiales que existen en la superficie de la tierra [12], esto quiere decir que es donde comienza el estudio descriptivo y técnico de una superficie geográfica [13].

➤ Nivelación Geométrica

Esta técnica no es considerada moderna, pero sin embargo es la más factible, rentable y con una buena precisión aunque con incertidumbres pero con resultados aceptables [14].

Para trabajar con el nivel y lograr hacer un levantamiento topográfico, se lo debe colocar en un punto de referencia A y luego otra persona se coloca en otro punto B con el estadal topográfico, se deberán leer las estadias superior e inferior para poder determinar el número generador [15].

En la figura 6 se muestra el trabajo en campo por medio de la Nivelación Geométrica:



Figura 6: Nivelación Geométrica

2. RESULTADOS DE LA TOPOGRAFÍA

Con el levantamiento topográfico, se realiza el perfil transversal y longitudinal de la alcantarilla, el cual arrojó los siguientes datos:

• PERFIL TRANSVERSAL

El perfil transversal se calcula mediante un BM (Punto de referencia dado) obtenido de acuerdo al terreno y el nivel que se esté trabajando. Estos datos son tomados aguas arriba y aguas abajo del drenaje transversal [16]. Con los datos obtenidos, en el programa AutoCAD se procede a sacar las dimensiones que faltan, arrojando como resultado la alcantarilla de estudio, como se observa en la figura 7:

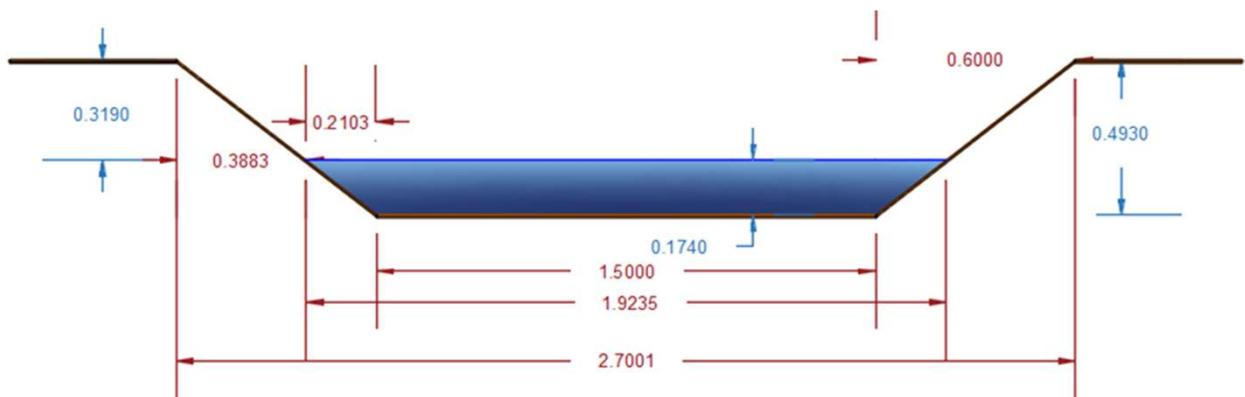


Figura 7: Perfil Transversal

H = Profundidad total del canal = 0,493 m

H-y = Borde libre = 0,319 m

Y = Tirante de agua = 0,174 m

b = base del canal = 1,5 m

T = espejo de agua = 1,9235 m

Mediante el uso del programa excel se calcula el perfil transversal, como se muestra en la figura 8:

NIVELACIÓN PERFIL TRANSVERSAL CANAL								
PUNTO EST.	PUNTO OBS.	LECTURAS			H + I	COTA	OBSERVACIONES	DISTANCIAS
		ATRÁS	INTERMEDIA	ADELANTE				
	A	1.713			22.413	20.70		
E1	1	1.713				20.700	BM (GPS)	0.000
	2		2.032			20.381	espejo agua	0.387
	3		2.206			20.207	rasante canal	0.600
	4		2.206			20.207	rasante canal	2.100
	5		2.032			20.381	espejo agua	2.312
	6							
	B				1.713	COTA FINAL	20.700	borde canal
		1.713		1.713				

Figura 8: Nivelación - Perfil Transversal

En la figura 9 se muestra el perfil actual de la alcantarilla mediante el programa Excel:

DESNIVEL A-B			
Σ Lect. Atrás	-	Σ Lect. Adel.=	1.713 - 1.713 = 0.000
H + I = COTA partida + lect. Atrás			20.70 + 1.713 = 22.413
COTA siguiente = H + I - (Lecturas intermedias ó lect. Adel.)			= 20.381
COMPROBACIÓN			
Σ Lect. Adel. -	Σ Lect. Atrás =	COTA inic. -	COTA final
1.713	-	1.713	= 20.70 - 20.700
0.000		=	0.000 OK

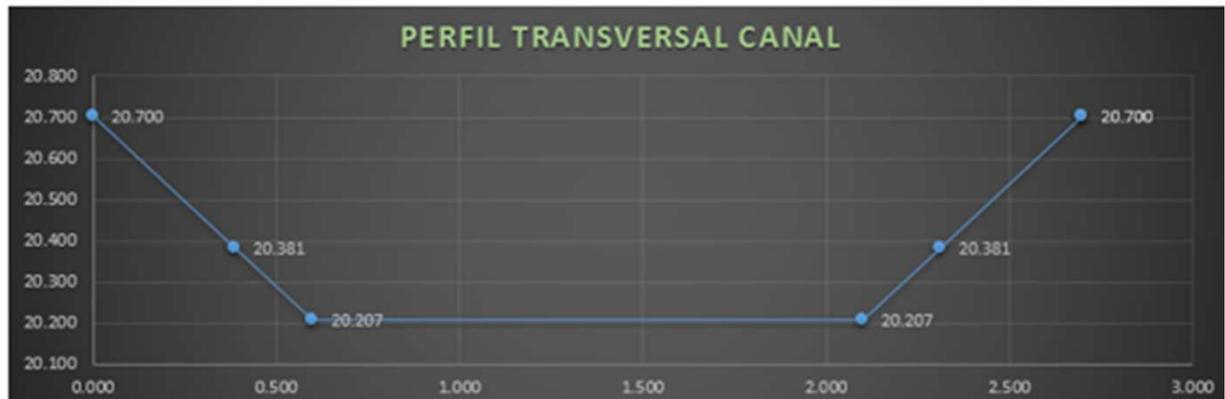


Figura 9: Perfil transversal

• **PERFIL LONGITUDINAL**

“Son las variaciones de altitud respecto a la distancia horizontal a lo largo del cauce” [17].

Con los datos de la topografía, se procede a sacar el perfil longitudinal:

BM = 20,7 msnm ; D = 20 m ; t_{prom} = 57,27 seg

Lectura inicial = 1,713 m ; Lectura espejo de agua = 1,923 m

Lectura rasante del canal = 2,523 m ; lectura rasante = 2,363 m

Lectura de vía = 1,564 m

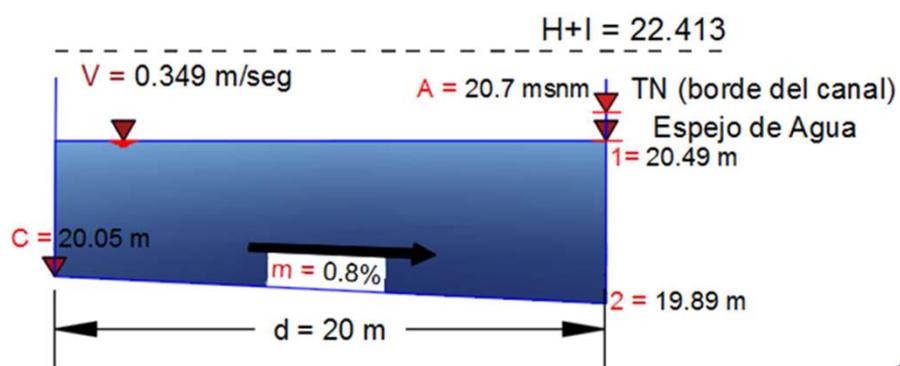


Figura 10: Perfil longitudinal

En la figura 11 se observa la nivelación perfil longitudinal del canal mediante Excel:

NIVELACIÓN PERFIL LONGITUDINAL CANAL								
PUNTO	PUNTO	LECTURAS			H + I	COTA	OBSERVACIONES	DISTANCIAS
EST.	OBS.	ATRÁS	INTERMEDIA	ADELANTE				
E1	2	2.523			22.413	19.890	rasante canal	0.000
	C			2.363	COTA FINAL	20.050	rasante canal	20.000
		2.523		2.363				

Figura 11: Nivelación perfil Longitudinal

En la figura 12 se muestra el perfil longitudinal actual del canal mediante el programa Excel:

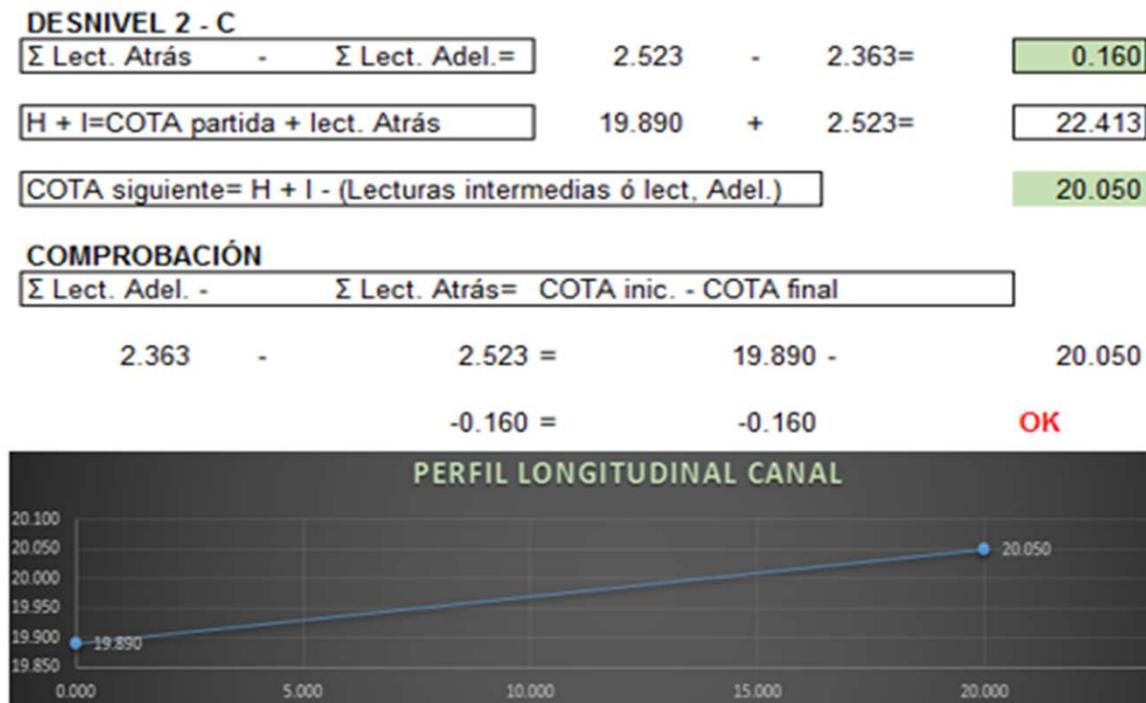


Figura 12: Nivel - perfil longitudinal del canal

3.1. PROCEDIMIENTO DE LOS CÁLCULOS

➤ **Velocidad del agua**

Para el cálculo de la velocidad del agua, se debe conocer el tiempo que demora el flujo en recorrer toda la distancia, por lo cual se calcula el tiempo mediante una prueba sencilla de colocar un balón de pluma fon con un contrapeso, este procedimiento se realiza diez veces, al final arrojó un tiempo promedio que será el dato a tomar y este fue de 57,27 seg. Ya con el tiempo se procederá a calcular la velocidad:

$$V = \frac{\text{Distancia}}{\text{tiempo}} = \frac{20 \text{ m}}{57,27 \text{ seg}} = 0,349 \text{ m/seg} \quad (1)$$

En el trabajo en campo se hizo el procedimiento del cálculo de la velocidad como se observa en la figura 13 y figura 14:



Figura 13: Toma de la distancia de estudio



Figura 14: Cálculo del Tiempo promedio

➤ **Cálculo de la pendiente**

“El conocimiento de la pendiente del cauce principal de una cuenca, es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento del recurso hídrico” [18]. Para el cálculo de la pendiente (Ecuación de Taylor y Schwartz) [19] vamos a necesitar los siguientes datos:

$$m = \frac{\text{rasante} - \text{rasante del canal}}{\text{Distancia}} = \frac{C - 2}{d} = \frac{20,05 - 19,89}{20} = 0,008 = \mathbf{0,8\%} \quad (2)$$

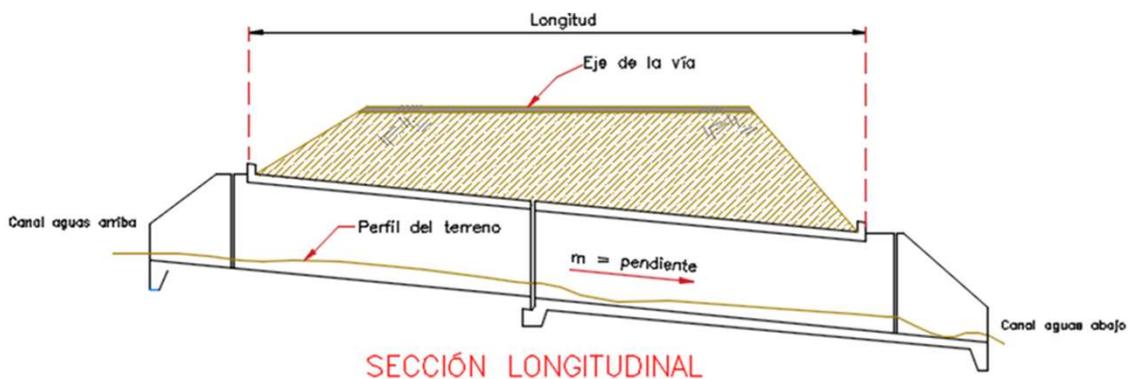


Figura 15: Pendiente - PERFIL LONGITUDINAL

➤ **Cálculo de las áreas**

✓ **Área mayor**

Aquí se calcula el área total de la alcantarilla estudiada, mediante la siguiente fórmula:

$$A_2 = (b + Z_2 Y_2) * Y_2 = [1,5 + (0,6 * 0,493)] * 0,493 = 0,885 m^2 \quad (3)$$

✓ **Área menor**

El área menor es toda el área mojada, esto quiere decir que es por dónde pasa normalmente el agua, viene dada con la fórmula:

$$A_1 = (b + Z_1 Y_1) * Y_1 = [1,5 + (0,212 * 0,174)] * 0,174 = 0,267 m^2 \quad (4)$$

➤ **Cálculos de los caudales**

✓ **Caudal máximo**

Este es calculado para el área total de la alcantarilla:

$$Q_2 = A_2 * V = 0,885 * 0,349 = 0,309 m^3/seg \quad (5)$$

✓ **Caudal mínimo**

El caudal mínimo es el cual pasa por el área mojada de la alcantarilla:

$$Q_1 = A_1 * V = 0,267 * 0,349 = 0,093 m^3/seg \quad (6)$$

3.2. PROGRAMACIÓN EN HYDRAFLOW EXPRESS EXTENSIÓN FOR CIVIL 3D

Hydraflow Express Extensión se utiliza para controlar el drenaje y la salida de agua en cualquier modo de flujo: parcial o a toda profundidad, con sobrecargas y desbordamientos hasta perfiles de flujo supercríticos con impulso hidráulico [20]. Para la modelación con todos los datos obtenidos se procede a colocarlos en el programa, para visualizar los resultados calculados por este.

Para acceder a la extensión Hydraflow en el programa Civil 3D, se coloca en la pestaña ANALYZE, y luego se dirige a DESIGN, la cual dará varias opciones y escogemos la opción LAUNCH EXPRESS y esta nos abrirá la aplicación HYDRAFLOW EXPRESS, en donde procederemos a ingresar los datos en la opción CULVERT.

➤ **En la sección de la TUBERÍA**

En la Tabla 2 se muestran los datos que se requieren para poder hacer uso del programa:

Tabla 2 Sección TUBERÍA

Cota final longitudinal C- Inv Elv Dn	20,05
Longitud (m) - Length (m)	20
Pendiente (%) – Slope (%)	0,8
Extremo aguas arriba alcantarilla – Inv Elev Up	20,21
Altura (mm) - Rise (mm)	600
Forma – Shape	Box
No. Tubos - No Barrels	1
Coefficiente de Manning – n-value	0,013
Forma geométrica de la alcantarilla–CulvertType	Rectangular Concrete
Entrada a la alcantarilla – Culvert Entrance	Slope tapered, less favorable edges

“La n de Manning es una de las formas de expresar la cantidad de resistencia al movimiento del agua en cauces, naturales o artificiales” [21]

➤ **En la sección del TERRAPLÉN**

En la tabla 3 se introducen los datos del terraplén:

Tabla 3 Sección **TERRAPLÉN**

Cota superior terraplén (rasante) – Top Elv	20,849
Ancho carriles (3.8)*2 + Berna (0.5)*2 - Top Width (m)	8,8
Longitud de la cresta vertedero – Crest Len	2,7

➤ **En la sección de CAUDALES**

En la tabla 4 se muestran los datos de los caudales

Tabla 4 Sección **CAUDALES**

Caudal mínimo (m3) – Qmin (cms)	0,0930
Caudal máximo (m3) -Qmax (cms)	0,3090
Incremento del caudal – Qincr(cms)	0,050
Nivel hidráulico – Taiwater (m)	Critical

El programa calcula automáticamente el Extremo aguas arriba de la alcantarilla arrojando el valor de 20,21 msnm, el RISE o altura del tubo (diámetro nominal) es de 600 mm, para un solo tubo, que tiene la alcantarilla tipo cajón. El coeficiente de rugosidad de Manning para hormigón es de 0,013. En la parte del TERRAPLÉN se tiene la cota superior del terraplén que se la calcula mediante la operación de H+I – Lect. de la vía que es igual a 20,849, para el Top width se suma el ancho de la carretera por dos y las bermas por dos, con valor de 8,8m, en los siguientes incisos se colocan los datos ya calculados, el incremento se calcula de 0,05 y el nivel hidráulico será el más crítico.

3.3. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA HYDRAFLOW

Una vez colocados todos los datos se da clic en RUN para que el programa corra y podemos observar los siguientes resultados. Para el caudal mínimo se obtuvo el gráfico de la figura 16:

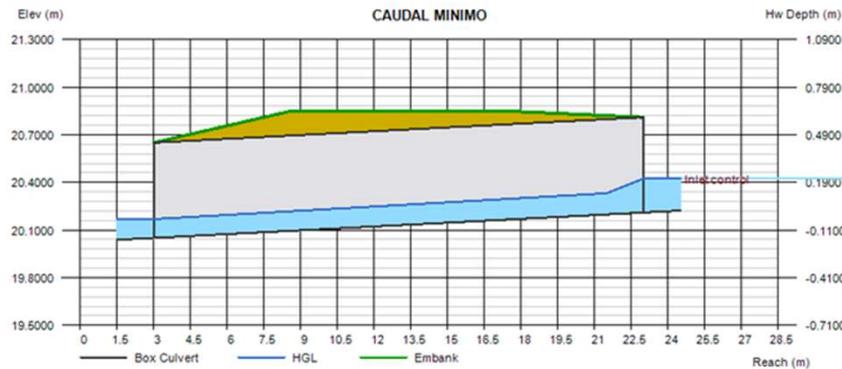


Figura 16: Caudal mínimo

Como se observa, las dimensiones de la alcantarilla para un caudal mínimo son las adecuadas.

Para el caudal máximo se obtuvo el gráfico de la figura 17:

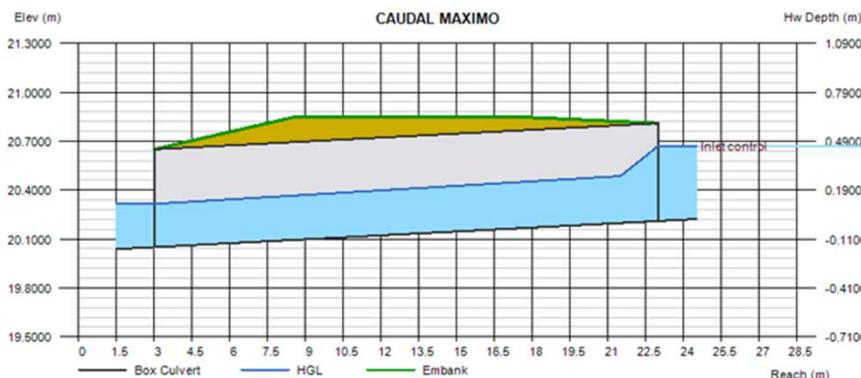


Figura 17: Con caudal máximo

Como se observa en el máximo caudal calculado la alcantarilla cumplirá correctamente para lo cual fue diseñada.

En la figura 18 se exponen los resultados lanzados por el programa Hydraflow Express:

Culvert Report

Hydraflow Express Extension for Autodesk® AutoCAD® Civil 3D® by Autodesk, Inc.

jueves, ago 4 2022

Box Culvert

Invert Elev Dn (m)	= 20.0500	Calculations	
Pipe Length (m)	= 20.0000	Qmin (cms)	= 0.0930
Slope (%)	= 0.8000	Qmax (cms)	= 0.3090
Invert Elev Up (m)	= 20.2100	Tailwater Elev (m)	= Critical
Rise (mm)	= 600.0	Highlighted	
Shape	= Box	Qttotal (cms)	= 0.0930
Span (mm)	= 1000.0	Qpipe (cms)	= 0.0930
No. Barrels	= 1	Qovertop (cms)	= 0.0000
n-Value	= 0.013	Veloc Dn (m/s)	= 1.1301
Culvert Type	= Rectagular Concrete	Veloc Up (m/s)	= 0.9685
Culvert Entrance	= Slope tapered, less favorable edges	HGL Dn (m)	= 20.1323
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.5, 0.667, 0.0446, 0.65, 0.5	HGL Up (m)	= 20.3060
Embankment		Hw Elev (m)	= 20.3625
Top Elevation (m)	= 20.8490	Hw/D (m)	= 0.2541
Top Width (m)	= 8.8000	Flow Regime	= Inlet Control
Crest Width (m)	= 2.7000		

Figura 18: Resultados de Hydraflow Express

4. CONCLUSIONES

- Se evaluó el diseño geométrico de la alcantarilla tipo cajón, lo cual permitió obtener como resultado que sus dimensiones son las correctas para los caudales que se pueden dar en la zona.
- Mediante este estudio se considerara el uso de los conocimientos de topografía, en la nivelación geométrica de la alcantarilla en el sitio como también de los programas computacionales de ubicación.
- El programa Hydraflow Express ayudó de una manera más rápida y sencilla, arrojando los datos para calcular los caudales de crecida y así verificar que la alcantarilla estudiada cumpliera sus objetivos de construcción.
- No es necesario volver a hacer el diseño geométrico de la alcantarilla, ya que esta cumple el objetivo para el cual fue construida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. J. I. Sánchez Altamirano, «Influencia de la intensidad pluvial para el diseño de un sistema de drenaje del caserío de,» de Diseño de obras hidráulicas y saneamiento, TARAPOTO – PERÚ, 2018.
2. J. Campos, J. González, S. Díaz y Á. Galán, «Metodología para la evaluación del riesgo y la priorización de inversiones en,» V Jornadas de Ingeniería del Agua, pp. 25 - 26, 2017.
3. D. A. CORREA CARVAJAL y T. D. SUAREZ RODRIGUEZ, «FORMULACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO Y USO DE PLACA-HUELLA PARA LA VÍA ALTERNA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE LA MESA Y TENA (CUNDINAMARCA),» de título de Maestría, U. S. Tomás, Ed., Bogota, 2019.
4. L. M. López López, E. D. Irigoyen Barrios y E. A. Zeledón Rivera, «Anteproyecto para el sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento para el casco urbano del Municipio de Nandaime, Departamento de Granada para el año 2017,» Managua, Nicaragua, 2017.
5. M. Nelly Polanco, V. Gutierrez y M. Matilde Moglia, «Una propuesta interdisciplinar, a través de la aplicación de Google Earth, para la formación del Profesorado en Biología,» ADBIA - Revista de Educación en Biología, vol. 3, nº Extraordinario, 2021.
6. H. E. Castellano, C. A. Collazos, J. C. Farfan y F. Meléndez Pertuz, «Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable,» Información tecnológica, vol. 28, nº 6, 2017.
7. R. A. García Depestre, A. Águila Fleites y L. E. Gálvez Herrera, «Aplicación de la gestión en terraplén de Villa Clara,» Revista de Arquitectura e Ingeniería 2022, vol. 1, p. 16, 2022.
8. E. Cárdenas Gutiérrez, Á. Albitzer Rodríguez y J. Jaimes Jaramillo, «Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua,» Ciencia Ergo Sum, vol. 24, nº 2, 2017.
9. A. Duharte González, E. O. Yero Ramírez y I. N. Vidaud Quintana, «CONSIDERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS EN UNA ZONA SÍSMICA,» Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba, vol. 1, nº 14, pp. 86-96, 2019.
10. E. Briceño Briceño, . F. Oñate Valdivieso y A. Oñate Paladines, «Evaluación de la capacidad de transporte de caudales y sedimentos del drenaje transversal en una carretera montañosa en los Andes del Ecuador,» Avances Investigación en Ingeniería, vol. 18, nº 1, 2020.
11. AASHTO, «AASHTO LRFD Bridge Design Specifications,» American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010.
12. J. C. Castro Moreira y M. A. Vélez Gilces, «La importancia de la topografía en las ingenierías y arquitectura,» Polo del Conocimiento, vol. 2, nº 17, p. 1071, 2017.
13. R. Alfonte Huallpa, Artist, COMPARACIÓN DE MEDICIONES CON EQUIPOS TOPOGRÁFICOS: ESTACIÓN TOTAL, TEODOLITO ELECTRÓNICO Y ODÓMETRO DIGITAL, EN UNA LONGITUD DE 1000 m.I. EN EL DISTRITO DE PLATERÍA, PUNO. [Art]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, 2021.
14. M. Françoso, L. Pizarro, L. de Almeida y M. da Silva, «Nivelación geométrica de precisión para el control de desplazamientos verticales en la recuperación y refuerzo de viga de concreto, un caso de estudio,» revista ingeniería de construcción, vol. 34, nº 2, 2019.
15. O. d. R. Santana , F. d. J. Gómez Córdova , N. V. López Carrillo y J. A. Saenz Esqueda, «Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones,» EMPAI Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería Matanzas, vol. 1, nº 01, pp. 2-3, 2020.
16. M. F. Villazón y G. T. F., «Modelación Numérica de la Calidad del Agua en el Rio Rocha en la Sección Comprendida entre el Puente Siles y Puente Killman,» Acta Nova, vol. 9, nº 4, 2020.
17. C. Calvo, M. Salazar, D. Alfaro, S. Fregni y G. E. Alvarado, «El altiplano de Grano de Oro (Moravia, Chirripó): una cuenca reciente de represamiento tectónico en Alta Talamanca, Costa Rica,» Revista Geológica de América Central, nº 65, pp. 321-346, 2021.
18. M. Villón Béjar, «Cálculos hidrológicos e hidráulicos en cuencas hidrográficas,» Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, p. 15, 2017.
19. L. B. VARJE ESTEBAN, «DETERMINACIÓN DE LA PENDIENTE ÓPTIMA PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLAS DE PROYECTOS VIALES EN LA REGIÓN HUANCVELICA,» Huancavelica, 2019.
20. A. A. Batmazova, E. V. Gaidukova y I. O. Vinokurov, «Sobre el tema del uso de AutoCAD para evaluar caudales (sobre el ejemplo del embalse de Kama),» Serie de conferencias IOP: Earth and Environmental Science , vol. 834, 2021.
21. M. C. J. Fernández de Córdova Webster, D. A. J. F. León Méndez, D. Y. Rodríguez López, P. G. Martínez Ramírez y D. M. Meneses Meneses, «Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales,» Ingeniería Hidráulica y Ambiental, vol. 39, nº 1, pp. 17-31, 2018.