UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

ESTUDIO HIDROTECNICO DEL CAUCE LA SARDINERA- NANDASMO-MASAYA

Para optar al título de Ingeniero Civil.

Elaborado por

Br. Danny Francisco Toledo Arias.

Br. Ramón Enrique Alemán Alvarado.

Tutor

Dr. Néstor Lanzas Mejía.

Dedicatorias

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre y padre, **Francisco Toledo** y **Margarita Arias**, que me han acompañado durante todo este trayecto y que con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mi hermana, **Teresita Toledo**, quien ha velado por mí durante este arduo camino para convertirme en un profesional.

A mi tía **Aurora Arias** por los consejos y apoyo que nunca me han faltado.

A mi novia, **Aura Vega**, porque formas parte importante de mi vida, por tu paciencia, por regalarme palabras de alegría en momentos de cansancio.

A mi sobrina, **Saskia Talavera Toledo**, para que veas en mí un ejemplo a seguir.

A mis amigos por su apoyo y por compartir los buenos y malos momentos.

Y a todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

Br. Danny Francisco Toledo Arias.

i

Dedicatorias

Dedico este Trabajo monográfico especialmente a Dios, quien me ha dado la, sabiduría, perseverancia y sobre todo fortaleza para seguir adelante durante mis años de estudios.

A mis abuelos: **Elba María Mora**, **Mercedes Ramos** y **Moisés Romero** por darme su Amor y apoyo incondicional.

A mis tías: **Ericka Romero** e **Ivis Hernández** por brindarme su apoyo incondicional durante los años de estudio en la universidad.

Br. Ramón Enrique Alemán Alvarado.

Agradecimientos

El haber concluido esta meta no fue algo fácil, por eso ante todo queremos agradecer a **Dios** por darnos la vida, la Fortaleza, salud, sabiduría y perseverancia para poder concluir este trabajo monográfico, y también porque nos obsequió manos amigas que nos apoyaron.

A nuestros Padres y familiares por todo el apoyo moral, espiritual y económico que nos brindaron.

Al **Dr. Néstor Lanzas Mejía** por habernos apoyado como tutor, con sus consejos y recomendaciones para desarrollar y finalizar este documento, y sobre todo por su disponibilidad y atención.

A los docentes de nuestra Alma Mater (UNI RUPAP), por haber compartido sus conocimientos, sabiduría y profesionalidad, guiándonos hacia un futuro lleno de prosperidad, en especial a la **Ing. Mayra Toruño Villavicencio** por su apoyo, confianza y amistad. Y su capacidad para guiar nuestras ideas y motivarnos a realizar un trabajo de calidad, que ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta monografía, sino también en nuestra formación como Ingenieros.

INDICE

D	edicat	oria	S	i
Αį	grade	cimi	entos	iii
1	Gei	nera	lidades	2
	1.1	Intr	oducción	2
	1.2	Ant	ecedentes	3
	1.3	Jus	tificación	4
	1.4	Ob	etivos	5
	1.5	Ob	etivo General	5
	1.6	Ob	etivos Específicos	5
2	Car	acte	erización del Área de Estudio	7
	2.1	Loc	alización	7
	2.2	Clir	ma	9
	2.3	Rel	ieve	9
	2.4	Soc	cial	10
3	Ma	rco ⁻	Teórico	12
	3.1	Est	udio Hidrológico	12
	3.1	.1	Características de una Cuenca.	12
	3.1	.2	Evaluación de información hidrológica	25
	3.1	.3	Metodología del cálculo hidrológico.	28
	3.1	.4	Secuencia Lógica En La Aplicación Del Método	35
	3.2	Est	udio Hidráulico	36
	3.2	.1	Canales Abiertos.	36
	3.2	.2	Clasificación de Canales Abiertos.	36
	3.2	.3	Principio de la continuidad	37
	3.2	.4	Estimación del coeficiente n de Manning	38
	3.2	.5	Modelación hidráulica con Hec-Ras	43
	3.2	.6	Componente de Datos Geométricos.	44
	3.2	.7	Componentes de datos hidráulicos	47
	3.2	.8	Diseño Geométrico	48
4	Mai	rco I	Metodológico	55

5	Aná	álisis	y Resultados	61
	5.1	Pro	blemas Detectados	61
	5.2	Est	udio Hidrológico Del Área Del Proyecto	61
	5.3	Loc	alización De La Cuenca	62
	5.3	.1	Características de La Cuenca Hidrográfica	62
	5.3	.2	Suelos.	66
	5.3	.3	Topografía	69
	5.3	.4	Análisis Hidrológico De La Cuenca En Estudio	70
	5.4	Est	udio Hidráulico	88
	5.4	.1	Modelación del cauce natural La Sardinera, mediante HEC-R	AS 88
	5.4	.2	Simulación en HEC-RAS	88
	5.4	.3	Evaluación de alternativas	95
	5.4	.4	Estimación de costo base de alternativas	107
	5.5	Dis	eño Geométrico	112
	5.5	.1	Parámetros Considerados en el Diseño Vial	112
	5.5	.2	Sección Típica	112
	5.5	.3	Cálculo de movimiento de tierra	113
	5.5	.4	Estimación de cantidades de obras y presupuesto de costo	118
С	onclus	sione	es	122
In	nágen	es y	figuras	II
Ta	ablas	y Gr	áficos	VIII
Ы	lanos			XXXII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la Cuenca según su tamaño	. 13
Tabla 2. Forma de la Cuenca según coeficiente de Gravelius	. 14
Tabla 3. Clases de Densidad de Drenaje en una Cuenca	. 19
Tabla 4. Clasificación del cauce principal de acuerdo a su longitud	. 22
Tabla 5.Tipo de material de suelo según tamaño	. 24
Tabla 6.Precipitacion máxima en 24 horas (Datos obtenidos de INETER)	. 26
Tabla 7. Periodos de retorno recomendados para diseño de obras Hidráulicas	. 28
Tabla 8. Obtención de n de Manning	
Tabla 9. Grado de irregularidad (n1)	. 41
Tabla 10. Variación en la sección transversal del cauce (n2)	. 42
Tabla 11.Efecto de obstrucciones (n3)	. 42
Tabla 12 Cantidad de vegetación (n4)	. 42
Tabla 13. Grado de sinuosidad (m)	. 42
Tabla 14. Normas de Diseño.	. 49
Tabla 15. Áreas de las sub cuencas.	. 63
Tabla 16. Áreas entre curvas de nivel	. 64
Tabla 17. Resumen Características morfométricas Cuenca La Sardinera	. 65
Tabla 18. Resultados de análisis granulométrico	. 67
Tabla 19.Coeficiente de Manning para el lecho del cauce natural	
Tabla 20.Coeficiente de escorrentía	. 71
Tabla 21.Intensidad-Duracion-Frecuencia	
Tabla 22. Calculo de caudales por el método Racional	. 73
Tabla 23. Hidrograma VA-1 Tabla 24. Hidrograma VA-2	. 73
Tabla 25. Calculo de los parámetros del tránsito.	
Tabla 26.Hidrograma corregido a transitar A-1	
Tabla 27.Tránsito desde punto de control 1 al 2	
Tabla 28.Hidrogramas triangulares para un Tr=25 años	
Tabla 29.Hidrogramas triangulares para un Tr=100 años	
Tabla 30. Tránsito desde punto de control 1 al 2 para un TR=25 años	. 81
Tabla 31.Hidrograma suma para un TR=25 años	
Tabla 32.Tránsito desde punto de control 1 al 2 para un TR=100 años	
Tabla 33.Hidrograma suma para un TR=100 años	. 86
Tabla 34. Resumen de resultados de simulación hidráulica del Cauce La	
Sardinera.	. 93
Tabla 35, Datos de: precipitación máxima en 24 hrs. (mm)	
Tabla 36.Cálculo de las láminas para distintas frecuencias	VIII
Tabla 37. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de	
lluvias.	
Tabla 38. Intensidades de lluvia para diferentes tiempos de duración	IX

Capítulo 1 Generalidades.

1 Generalidades

1.1 Introducción.

En Nicaragua través de los años se ha conseguido el acceso y conexión entre sus departamentos y sus municipios, así como entre sus diferentes comunidades, tomando en cuenta a las obras de cruce como elementos de conexión entre las diferentes vías debido a que el país presenta características topográficas variadas.

Entre la comarca Vista Alegre y el casco urbano de Nandásmo existen dos vías de acceso que las une, sin embargo unas de ellas queda incomunicada en épocas lluviosas por el desbordamiento de cauce Natural, cabe destacar que esta es la ruta más corta.

Respecto a las aguas superficiales, estas poseen una dirección de escurrimiento hacia la laguna de Masaya por los arroyos La Sardinera y La Poma, siendo estos los más grandes y más importantes del municipio, teniendo así que, la *micro cuenca* del arroyo La Sardinera representa el 60.44% (9.38 km2) del territorio y sobre esta se asienta el área urbana de Nandásmo, cuyo desarrollo se ha dado en sentido lineal paralelo a la misma, por su condiciones topográficas.

Este documento consta de dos partes:

Estudio Hidrológico: El cual establece las características morfométricas de la cuenca, así como los regímenes de avenidas máximas.

Estudio Hidráulico: Análisis del flujo en las secciones del cauce natural y dimensionamiento de obra de cruce en el punto de estudio.

1.2 Antecedentes.

Uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la economía de un país es su infraestructura vial. En Nicaragua, gran parte de la producción agrícola está localizada en áreas rurales, cuyas carreteras constituyen la única vía para el transporte de productos y movilización de la población en general. Al no existir carreteras, es más difícil la distribución de la producción nacional lo que conlleva a la ralentización de la economía rural, es decir su movimiento económico.

Un estudio realizado en el año 2016 contempla el diagnóstico de la situación actual del municipio de Nandásmo el cual reflejas las diversas problemáticas y necesidades de esta comunidad. Dicho estudio, indica que desde hace varios años hay un problema de comunicación vial entre la comunidad Vista Alegre y el casco urbano de Nandásmo.

El Cauce La sardinera, no ha contado por el momento con ninguna clase de estudio Hidrotécnico que evalúe un acceso permanente que permita la circulación de sus pobladores atreves del cauce en la zona de la comunidad vista alegre, esta situación empeora en época de invierno por la crecida del mismo, por este motivo los pobladores hacen uso de otras alternativas afectando su situación económica ya que les resulta de mayor costo y tiempo.

1.3 Justificación

En la zona afectada (comunidad vista alegre), se tiende a quedar incomunicada del casco urbano en época de invierno debido al desborde del cauce natural La Sardinera, de esta manera a los pobladores de la zona se les dificulta sacar a venta sus productos agrícolas y artesanos;

Un factor que agrava más esta condición del punto de cruce es que el sitio queda entre una pendiente que ayuda a que el nivel de agua aumente por las escorrentías que corren pendiente abajo y por las particularidades del cauce natural.

Al solucionarse esta problemática se estará contribuyendo al desarrollo económico de este municipio ya que se facilitaran las actividades económicas principales, como son: cultivo de granos básicos, artesanía y panadería.

El beneficio que brinda una obra de cruce para conectar una vía de circulación, en este caso en especial permitirá un tránsito continuo entre Nandásmo y la comarca Vista Alegre, brindando mayor facilidad para el comercio de sus productos agrícolas y artesanales y a su vez mayor facilidad a otros que ellos necesiten, de igual forma garantizar un acceso continuo ininterrumpido a la salud y la educación.

Con la obra se garantizara que la comunidad no se vea afectada por el desborde del cauce natural que atraviesa la vía de acceso en caso de una emergencia

1.4 Objetivos

1.5 Objetivo General.

Realizar estudio Hidrotécnico en el cauce La Sardinera entre el casco urbano de Nandásmo y la comarca Vista Alegre.

1.6 Objetivos Específicos.

- Caracterizar físicamente la cuenca La Sardinera Mediante ARCGIS 10.3.
- Realizar análisis hidrológico y estimación de caudales extremos mediante el método de Transito de Avenidas.
- Diseñar la obra de cruce óptima en torno a caudales y características topográficas pertinentes mediante el software HecRas 4.1.0.
- Elaborar planos de la obra de cruce propuesta.

Capítulo 2 Caracterización del Área de Estudio.

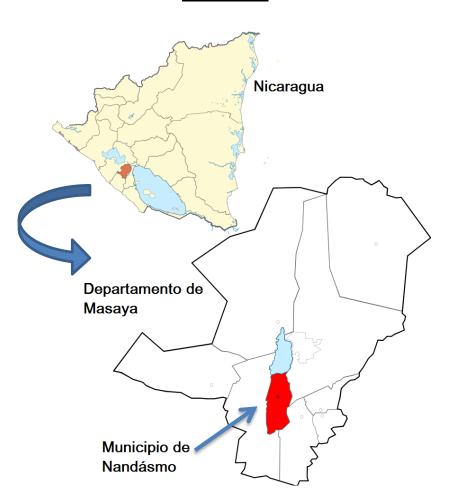
2 Caracterización del Área de Estudio.

2.1 Localización.

Nandásmo, está ubicado a 58 km de Managua, entre las coordenadas 11°55' de latitud Norte y 86°07' de longitud Oeste. Su cabecera municipal se encuentra a 2.5 Km de la carretera regional, Las Esquinas-Catarina.

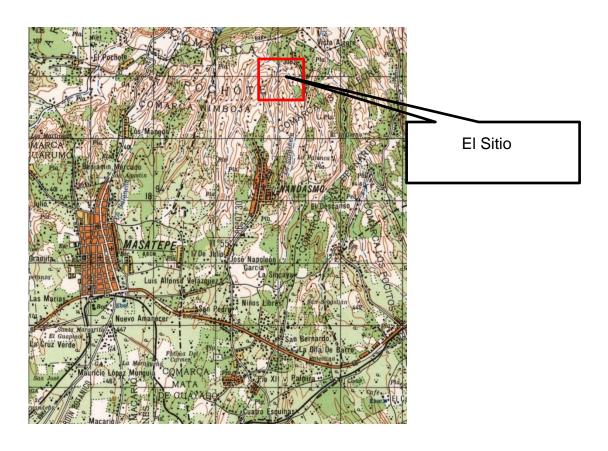
El municipio se encuentra a 400 msnm, posee una extensión territorial de 17.5Km2 y una densidad poblacional de 689.5 habitantes/Km2. Es el segundo municipio con menor extensión territorial en el Departamento.

<u>Ilustración 1</u>



El área de estudio posee un área inmediata que se extiende hasta la micro cuenca La Sardinera, cuyos límites responden a la forma natural de drenaje de las aguas superficiales, que van desde las zonas más altas al sur del territorio en la comarca Pio XII distribuyéndose a 4 derivaciones del arroyo La Sardinera hacia la laguna de Masaya. En la zona afectada (comunidad vista alegre), se tiende a quedar incomunicada del casco urbano en época de invierno debido al desborde del cauce natural "La Sardinera", de esta manera a los pobladores de la zona se les dificulta sacar a venta sus productos agrícolas y artesanos; además el sitio queda entre una pendiente que ayuda a que el nivel de agua aumente por las escorrentías que corren pendiente abajo.

<u>Ilustración 2</u>



El Cauce la sardinera, se encuentra ubicado en el costado Sureste del Municipio de Nandásmo, cuyo tramo de descarga final corresponde al tramo rumbo a la laguna, sin embargo nuestro punto de interés del proyecto está ubicado en el lugar donde se une el camino que une a la comarca vista alegre con el casco urbano de Nandásmo el punto de cierre en estudio se localiza en las coordenadas: X= 595920 Y= 1320428

Ubicación del Cauce La Sardinera Venecia Venecia Vista Alegre Cauce La Sardinera Elemento 1 Polyline (17DB):0 Vista Alegre Cauce La Sardinera Vista Alegre Comarca Vista Alegre

<u>Ilustración 3</u>

2.2 Clima.

La precipitación pluvial promedio anual oscila entre los 1,200 y 1,400 mm., la temperatura varía entre los 23º y 24º c lo que define al clima como seco (Sabana Tropical).

2.3 Relieve.

De acuerdo a su posición topográfica se sitúa casi al fondo de una cañada con notables desnivel es en su planta. El municipio no posee fenómenos hidrográficos ni orográficos de gran significación. Sin embargo tiene costas en la Laguna de Masaya, ubicada al pie del Volcán Santiago. También posee un manto friático a una profundidad de 1000 pies.

2.4 Social

Según la municipalidad, Nandásmo cuenta con un total de 10,000 habitantes, distribuidos de la siguiente manera:

- Población urbana 3,000 habitantes.
- Población rural 7,000 habitantes.

La estructura socio-productiva del Departamento de Masaya es similar en términos básicos, habiendo particularidades en cada uno de los municipios en cuanto al giro económico, basado en la producción agropecuaria en mayor o menor medida y en la producción artesanal, los cuales han impulsado el desarrollo de las actividades comercial y de servicio en los últimos años, llegando a convertirse en la principal rama económica, representando el 54.2% de la actividad productiva total a nivel departamental, en comparación al 46.9% en el nivel nacional.

Los municipios con mayor porcentaje de población económicamente activa son San Juan de Oriente, Nandásmo y Masaya, con el 57%, 52,9% y 51.3% respectivamente.

Dedicándose el municipio de Nandásmo principalmente a la pequeña industria de la madera, panaderías, producción a mediana escala de granos básicos como: maíz, frijol, musáceas y pequeñas fincas de café y plátano.

Capítulo 3 Marco Teórico.

3 Marco Teórico.

3.1 Estudio Hidrológico.

El estudio hidrológico de cuencas está orientado a determinar sus características hídricas y geomorfológicas respecto a su aporte y el comportamiento hidrológico. El mayor conocimiento de la dinámica de las cuencas permitirá tomar mejores decisiones respecto al establecimiento de las obras hidráulicas.

3.1.1 Características de una Cuenca.

Las características Físicas corresponden a la aplicación de procedimientos que a través del estudio de la morfología y geomorfología caracterizan de manera cuantitativa los rasgos propios de la superficie terrestre en valores numéricos los cuales permiten comparar en forma exacta una parte de la superficie terrestre con otra.

Tiene estrecha relación con el régimen hidrológico de una cuenca o micro cuenca ya que es una función compleja de numerosos factores, entre los que predomina el clima y la configuración del territorio en el cual se desarrolla el fenómeno. Las formas de la superficie terrestre, y en particular su situación en altitud, tienen influencia decisiva sobre los más importantes factores condicionantes del régimen hidrológico, como precipitación, escorrentía, infiltración y formación de aluviones y sedimentos.

Los valores morfométricos son fundamentales para documentar la analogía territorial y establecer relaciones hidrológicas de generalización territorial y expresan en valores simples las características de paisajes complejos.

Aunque las relaciones establecidas entre las variables morfométricas y el carácter hidrológico, son más de tipo cualitativo que cuantitativo, tienen gran influencia en el comportamiento hidrológico de las corrientes.

Las características físicas-morfométricas tales como: el área, forma, sistema de drenaje y suelos de la cuenca etc. dependen de la morfología, los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc.

Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico. A continuación se describen las principales variables morfométricas de una cuenca:

Área de la cuenca.

El área de drenaje de la cuenca se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por parteaguas. Toda cuenca de drenaje está rodeada prácticamente por una divisoria o parteaguas, así llamada porque se trata de una línea de separación, que divide la lluvia que cae sobre dos cuencas adyacentes, y dirige el consiguiente flujo superficial y subterráneo hacia una u otra red fluvial.

En la actualidad, en base a la tecnología, existen herramientas para la facilidad en la delimitación de la cuenca con respecto a su punto de cierre, tales como Arcgis, Arview y AutoCAD.

El conocimiento del parámetro A (área de una cuenca) nos permite, además del cálculo de otras variables morfométricas, establecer una primera clasificación entre diversas cuencas en orden a su tamaño, a la vez conocer su valor nos permitirá escoger de antemano la escala del mapa más idónea según sea el tipo de estudio que se quiera realizar (Montserrat, 1985).

Tabla 1. Clasificación de la Cuenca según su tamaño.

Carácter	Área (Km2)					
Pequeñas	< de 50					
Medianas	De 50 a 150					
Grandes	> de 150					

Fuente: Texto básico de Hidrología (Gámez Morales, 2010)

Perímetro de la cuenca de drenaje.

El perímetro de la cuenca de drenaje (P) corresponde a la longitud medida sobre los límites de la cuenca. Al igual que en el caso de la superficie y de todas las medidas lineales que se puedan medir sobre la representación en un mapa topográfico, al calcular la longitud de la línea del perímetro lo que realmente estaremos midiendo será la de la proyección en el plano horizontal, medida que diferirá de la real, dependiendo del relieve o inclinación de dicha línea. De todas formas, el error que se comete es de una magnitud muy inferior a la de la medida en sí y, por tanto, es totalmente despreciable (Montserrat, 1985).

Forma de la cuenca

Para (Llamas, 1993), la forma de una cuenca es la configuración geométrica tal y como está proyectada sobre el plano horizontal. Esta forma, de acuerdo con (Guilarte, 1978), gobierna la tasa a la cual se suministra el agua al cauce principal, desde su nacimiento hasta su desembocadura.

La forma de una cuenca tiene una estrecha relación con su comportamiento hidrológico. Según (Guilarte, 1978) dos cuencas de igual área pero con forma diferente no se comportan igual. Por ejemplo, en una cuenca rectangular alargada con el cauce principal a lo largo del eje mayor del rectángulo, las distancias por recorrer son mucho mayores que en una cuenca de igual área pero con forma cuadrada.

Tabla 2. Forma de la Cuenca según coeficiente de Gravelius.

	o la cucinca cogair cocinciente de cravonaci			
Valores de "K"	Tipos o clases de Formas			
de 1 a 1.25	De casi redonda a oval Redonda			
de 1.26 a 1.5	de oval redonda a oval oblongada			
de 1.51 a 1.75	de oval oblongada a rectangular oblongada			

Fuente: Texto básico de Hidrología (Gámez Morales, 2010)

La forma se considera una característica morfométricas, cuyo concepto es complejo con muchos atributos específicos. Por esta razón, es difícil caracterizar satisfactoriamente la forma de una cuenca mediante un simple valor numérico, sin embargo existen métodos para determinar la forma en la cuenca muy empleados, A continuación se detallaran los más aplicados:

a) Índice de Graveluis o de compacidad

El coeficiente de compacidad, o índice de la forma de la cuenca de drenaje, sugerido por Gravelius, constituye la relación entre el perímetro de una cuenca con la longitud de la circunferencia de un circulo de área igual al de la cuenca (A cuenca = A circulo). Su fórmula corresponde:

$$I_c = 0.28 \frac{P_{cuenca}}{A}$$

Cuando más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el índice de compacidad mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad. Este valor puede alcanzar hasta el valor de 3, en el caso de cuencas muy alargadas.

b) Factor de forma

El factor de forma (adimensional), es otro índice numérico con el que se puede expresar la forma y la mayor o menor tendencia a crecientes de una cuenca, en tanto la forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo.

El factor de forma se define entonces como la relación entre el ancho promedio de la cuenca (Am) y la Longitud del curso de agua más largo (L). Su expresión es:

 $K_{f=\frac{B}{L}=\frac{A}{L^2}}$

Dónde:

K_f: Factor de forma, adimensional.

A: Ancho promedio de la cuenca, en km.

L: Longitud del curso más largo; en km.

El factor forma ofrece algún indicio de la tendencia a las avenidas, porque una cuenca, cuyo factor de forma es bajo, esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma (Caso inverso al presentado para el coeficiente de compacidad o índice de Gravelius).

Se ha encontrado que la forma, en cuanto afecta a las características del escurrimiento de una cuenca, se relaciona con la distancia a lo largo de la corriente principal, que existe desde la boca, a un punto adyacente al centro geográfico de la cuenca.

C) Índice de alargamiento

Este índice propuesto por Horton (Horton, 1945), relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$I_a = \frac{L_m}{l}$$

Dónde:

la: Índice de alargamiento,

Lm: Longitud máxima de la cuenca,

L: Ancho máximo de la cuenca.

Sistema de drenaje

El sistema de drenaje se relaciona a la cuenca según el grado de bifurcación de sus corrientes, mientras mayor afluente tenga la cuenca hidrográfica, más rápida es su respuesta a la precipitación. De tal forma, el tipo y distribución de los cauces naturales es una característica importante de toda cuenca de drenaje (Aparicio Mijares, 1992).

La eficiencia del sistema de drenaje depende de las características del hidrograma, por ejemplo, si la cuenca esta drenada, la longitud y duración del flujo sobre tierra son cortas, el escurrimiento superficial se concentra rápidamente, los picos de avenidas son altos, y con toda probabilidad, el caudal mínimo es consecuentemente bajo. Dicho de otro modo, cuanto más eficiente es el drenaje, tanto más torrencial es el caudal y viceversa.

Otro factor importante es la naturaleza del suelo y las condiciones de la superficie de la cuenca que es llevado a cabo por la naturaleza mediante el proceso de erosión.

Con la finalidad de determinar las características del sistema o red de drenaje, se definen los siguientes índices: grado de ramificación, densidad de drenaje.

a) Grado de ramificación

Para definir el grado de ramificación (G.R.) que refleja el grado de ramificación o bifurcación de la corriente de un curso de agua principal, se considera el número de bifurcaciones que presentan sus tributarios, asignándoles un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde el inicio en la divisoria hasta llegar al curso principal, de manera que el orden atribuido a éste nos indique en forma directa el grado de ramificación del sistema de drenaje.

b) Densidad de drenaje

La densidad de drenaje, indica la relación entre la longitud total de los cursos de

agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca (Li) y el área total de la

misma (A). Un Valor alto de densidad refleja una cuenca muy bien drenada que

debería responder de una manera relativamente rápida al influjo de la

precipitación, es decir que las precipitaciones influirán inmediatamente sobre las

descargas de los ríos (Tiempos de concentración cortos).

Una cuenca con baja densidad de drenaje refleja un área pobremente drenada

con respuesta hidrológica muy lenta. Una baja densidad de drenaje es favorecida

en regiones donde el material del subsuelo es altamente resistente, con cubierta

de vegetación muy densa y de relieve plano.

La densidad de drenaje tiende a uno en ciertas regiones desérticas de topografía

plana y terrenos arenosos, y a un valor alto en regiones húmedas, montañosas y

de terrenos impermeables.

La expresión de la densidad de drenaje, es como sigue:

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

Dónde:

Dd: Densidad de drenaje, en km/km²;

Li: Longitud total de los cursos de agua, en km;

A: Área de la Cuenca, en km²

18

Tabla 3. Clases de Densidad de Drenaje en una Cuenca.

Rangos de Densidad	Clases
0.1-1.8	Baja
1.9-3.6	Moderada
3.7-5.6	Alta

Fuente: Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (CORRASCO 2008)

Características del relieve

El área de estudio se caracterizada por presentar gran cantidad de vegetación. La zona presenta una baja intervención antrópica, siendo la mayor intervención la vía existe, en la zona de influencia de la locación no se presenta un control hidráulico lo cual implica el bloqueo de la vía entre vista alegre y el casco urbano de Nandásmo por el paso del agua de escorrentía.

El relieve es otra característica fundamental que influye en el comportamiento del escurrimiento superficial dado en una cuenca hidrográfica, a continuación se describen las principales variables que determinan esta característica morfométrica:

a) Pendiente de la cuenca

Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial en cada subcuenca, la cual se logra mediante un mapeo de pendiente del drenaje no canalizado y afecta, por lo tanto, el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los canales fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas. Este valor influye en la determinación del coeficiente de escorrentía de cada subcuenca (Montserrat, 1985).

b) Curva hipsométrica

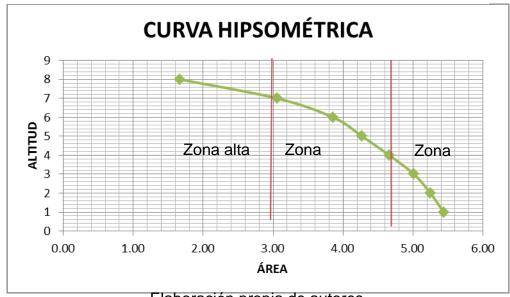
Es la representación gráfica de relieve de una cuenca (Aparicio Mijares, 1992), o sea, es el estudio de la variación de la elevación de los varios terrenos de la cuenca con referencia al nivel medio del mar (msnm). Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones. Dicho gráfico se puede determinar por el método de la cuadricula o planimetrando las áreas entre curvas de nivel.

La curva hipsométrica relaciona el valor de la cota, en las ordenadas, con el porcentaje del área acumulada, en las abscisas. Para su construcción se grafican, con excepción de los valores máximos y mínimos de cotas hallados, los valores menores de cota de cada intervalo de clase contra su correspondiente área acumulada.

Al valor de la cota mayor encontrada corresponde el cero por ciento del porcentaje de área acumulada y el valor de la cota mínima encontrada corresponde el ciento por ciento del porcentaje de área acumulada o sea el área total de la cuenca.

La moda de una curva hipsométrica es el valor más frecuente (mayor área) del intervalo de clase de cota que se encuentra en una cuenca hidrográfica, o sea, que con la curva hipsométrica se puede determinar la elevación media de la cuenca. Además sirven para definir características fisiográficas de las cuencas hidrográficas, tales como definir las zonas alta, media y baja con respecto a su punto de cierre.

Ilustración 4



Elaboración propia de autores

c) Elevación media de la cuenca

La elevación media de una cuenca, es importante en relación con la temperatura y la lluvia. Por elevación media de la cuenca se toma:

$$E_m = \frac{i^n = 1(H_i A_{i)}}{A}$$

Dónde:

Hi: Altura media entre cada dos curvas de nivel consecutivas

Ai: Superficie entre dos curvas de nivel consecutivas.

Se debe tomar en cuenta que la altitud y la elevación media de una cuenca son también importantes por la influencia que ejercen sobre la precipitación, por diferencias de temperatura resultantes, ejerce efecto sobre las pérdidas de agua, todas ellas de naturaleza evaporativa y de transpiración y, consecuentemente, sobre el caudal medio.

d) Pendiente de la corriente principal o del cauce

Es uno de los indicadores más importante del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta. Dado que está pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir, una pendiente media para lo cual existen varios métodos, según la información obtenida se puede utilizar el método siguiente:

$$S_{cauce} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_c}$$

La pendiente del cauce principal de la cuenca y la pendiente media, suelen indicar la edad y la relación de alturas. Una pendiente de forma cóncava implica madurez de la cuenca, una convexa o plana significaría en desarrollo o joven. Estas relaciones se pueden apreciar mejor en cuencas con marcadas diferencias de nivel entre las partes más altas y las partes más bajas.

e) Longitud del cauce principal

Esta corresponde a la suma total de los "n" tramos del cauce principal considerado, su medida se obtiene directamente de los levantamientos planimétricos. Determinando la longitud del cauce esta se puede clasificar como:

Tabla 4. Clasificación del cauce principal de acuerdo a su longitud.

Clases de valores de longitudes del cauce principal.							
Rangos de longitud en Km.	Clases de longitud del cauce						
6.9-10.9	Corto						
11-15	Mediano						
15.1-19.1	Largo						

Fuente: Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (CORRASCO 2008)

Tipo de suelos

Así como la precipitación depende de las condiciones climatológicas de la cuenca, la escorrentía y las pérdidas de precipitación dependen de las características físicas de la cuenca, entre las cuales los suelos desempeñan un papel muy importante.

El tipo de suelo puede tener efecto considerable en las tasas de descarga del hidrograma de escorrentía; El tipo de suelo afecta directamente la permeabilidad del suelo y así la tasa de infiltración de lluvia. Entre más impermeable sea el suelo más rápida será la escorrentía.

Los suelos cambian mucho de un lugar a otro. La composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado, están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas.

Textura del suelo

Con respecto a su textura, el suelo no es totalmente homogéneo, sino que se encuentra mezclado, lo que da lugar a su curva granulométrica.

Según la clasificación del sistema internacional de Atterberg, las fracciones del suelo se clasifican según sus diámetros.

<u>Tabla 5.Tipo de material de suelo según tamaño.</u>

3						
	Tipo de material.	Diámetro (mm)				
	Gravas	2≤ø				
	Arena Gruesa	0.2≤ø≤2				
	Arena Fina	0.02≤ø≤0.2				
	Limo	0.002≤ø≤0.02				
	Arcilla	ø≤0.002				

Fuente sistema internacional de Atterberg

La textura de un suelo afecta en gran medida el proceso de infiltración en el suelo. Los suelos con un porcentaje elevado de arena suelen ser incapaces de almacenar agua suficiente, debido a que tienen velocidades de infiltración rápidas, en cambio los suelos que contienen una proporción mayor de partículas pequeñas, por ejemplo las arcillas y los limos, son considerados excelentes depósitos de agua, de tal forma este tipo de texturas originan más encharcamientos en las cuencas.

Uso de suelos

El uso de suelo del área de estudio, se analiza en base a levantamiento de campo, realizado, con método de observación, en el cual se identificados un total de 1,344 lotes, de los cuales el 69.87% de los usos corresponde a vivienda, encontrándose un total de 1216 viviendas.

El municipio posee 7 usos potenciales predominantes:

Uso potencial de Café con sombra que cubre el 70% del territorio, se localiza en el centro y Sur del municipio; uso de bosque de conservación posee 8% del territorio, ubicado principalmente en el borde de los arroyos; uso potencial de Bosque de Protección en el 10% del territorio, localizado en el borde de la laguna de Masaya y el uso potencial de Pasto y Bosque 12%, localizado al Norte del municipio

En la actualidad el municipio de Nandásmo se encuentra cubierto por pocas plantaciones de café con sombra al Sur del municipio, al igual que musáceas (plantaciones de plátanos), hortalizas, granos básicos y viveros, en el área rural, principalmente en Pio XII y San Bernardo. Los suelos más productivos se encuentran en el sector de Pio XII y Norte de San Bernardo

Topografía

La topografía mayoritariamente afecta la tasa a la cual ocurre la escorrentía. La tasa de escorrentía incrementa con el incremento de la pendiente.

Además, las tasas de escorrentía disminuyen con el incremento de depresiones de almacenaje y volúmenes de almacenaje de detención. Muchos métodos incorporan un factor de pendiente en la cuenca, pero pocos métodos permiten al diseñador considerar los efectos de almacenaje o escorrentía.

Respecto a las aguas superficiales, estas poseen una dirección de escurrimiento hacia la laguna de Masaya por los arroyos La Sardinera y La Poma, siendo estos los más grandes y más importantes del municipio, cuyo desarrollo se ha dado en sentido lineal paralelo a la misma, por su condiciones topográficas.

3.1.2 Evaluación de información hidrológica

Los datos empleados en el presente estudio son el registro de las precipitaciones máximas suministradas por el INETER, se utilizó el mapa de ubicación de las estaciones pluviométricas para determinar la estación que muestra los datos más representativos de la precipitación de la zona, este análisis llevo a tomar los datos de la estación campos azules del municipio de Masatepe del departamento de Masaya como base para el estudio hidrológico del área de la locación proyectada y el cálculo del caudal de diseño.

De acuerdo a la información hidrológica disponible se elige el método más adecuado para obtener estimaciones de la magnitud del caudal, el cual es verificado con las observaciones directas realizadas en el punto de interés, tales como medidas de marcas de agua de crecidas importantes y análisis del comportamiento de obras existentes.

Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia.

La generación de las curvas IDF (intensidad-frecuencia-duración) inició con la obtención de datos de las estaciones meteorológicas ubicadas cerca al área de estudio. Debido a la falta de pluviógrafos en las estaciones próximas al sitio de proyecto, que permitan una determinación directa de las curvas de intensidad - duración - frecuencia, se trabajó sobre la base de registros de máximas precipitaciones diarias.

Se obtuvieron datos de las estaciones San Dionisio, Masaya y Campos Azules en **Masatepe.**

Con base en los registros de precipitación máxima en 24 horas de la estación Campos Azules de Masatepe se presenta la siguiente tabla:

Tabla 6. Precipitacion máxima en 24 horas (Datos obtenidos de INETER).

	DATOS DE : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2004	5.8	2	6.9	5.4	71.8	25.8	16.8	13.2	82.9	77.5	28.6	3.1	82.9
2005	0	0.5	26.5	56.7	98.3	80.5	36.9	45.8	53.6	61.5	24.7	2	98.3
2006	6.8	5.6	6.7	0.1	45.6	45.5	60	9.2	26.4	48.7	23.1	6.2	60.0
2007	1	5.1	0.8	36.4	88	9.9	26.5	42.8	111	56.5	28.2	9	111.0
2008	5.8	0.1	1.2	121.7	142.4	14.5	55.6	54.8	79	85.3	23.4	3.7	142.4
2009	2	0.6	0	1.4	94.9	43.7	31.4	25.5	45.8	71.6	17.9	3.5	94.9
2010	1.8	0	3.6	17.1	117.2	74.4	45	46.2	95.9	28.2	25.7	1.2	117.2
2011	4.2	0.4	0.4	5.7	33.4	39.2	52.2	32.3	62.6	80.2	10.2	9.8	80.2
2012	7.2	4.2	0.5	5.3	41.4	47.9	18.7	52.6	59.8	16.7	9.7	7.4	59.8
2013	3.6	2.5	1.2	0	74.6	17.4	41.3	54	68.6	36.8	27	10	74.6
2014	3.5	1	2.5	0.7	37.3	29.2	10.6	43.8	62.8	125.1	19.2	0.7	125.1
MAX	7.2	5.6	26.5	121.7	142.4	80.5	60.0	54.8	111.0	125.1	28.6	10.0	142.4

Elaboración Propia de Autores

Estimación De La Precipitación Máxima Probable.

La precipitación máxima probable es aquella magnitud de lluvia que ocurre sobre una cuenca particular, en la cual generará un gasto de avenida, para el que virtualmente no existe riesgo de ser excedido.

Los diversos procedimientos de estimación de la precipitación máxima probable no están normalizados, ya que varían principalmente con la cantidad y calidad de los datos disponibles; además, cambian con el tamaño de la cuenca, su emplazamiento y su topografía, con los tipos de temporales que producen las precipitaciones extremas y con el clima. Los métodos de estimación de fácil y rápida aplicación son los empíricos y el estadístico.

Aunque existe un número importante de distribuciones de probabilidad empleadas en hidrología, son sólo unas cuantas las comúnmente utilizadas, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos han probado en repetidas ocasiones ajustarse satisfactoriamente a un cierto modelo teórico. Las lluvias máximas horarias o diarias por lo común se ajustan bien a la distribución de valores extremos tipo I o Gumbel, a la Log-Pearson tipo III y a la gamma incompleta. En este proyecto se empleó la distribución Gumbel.

Selección Del Periodo De Retorno.

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada "T" años, se le denomina Período de Retorno "T". Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

Se consultó el reglamento de drenaje para Nicaragua y mediante la siguiente tabla se adoptó un periodo de retorno de 50 años.

Tabla 7. Periodos de retorno recomendados para diseño de obras Hidráulicas

Obra Hidráulica	Periodo de Retorno (años)	
Caja puente y alcantarillas	25	
Cauces principales naturales o artificiales	50 a 100	
Cauces secundarios naturales o artificiales, en caso de no exceder su caudal de 10 m3/s	10	
Cauces secundarios naturales o artificiales, en caso de exceder su caudal de 10 m3/s	25	
Micro presas	50 a 100	
Drenajes longitudinales, cunetas y contra cunetas.	5 a 10	

Fuente: reglamento de drenaje pluvial de Managua (Alma, 2012)

3.1.3 Metodología del cálculo hidrológico.

3.1.3.1 Estimación de caudales por el Método Racional.

Es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento, su origen se remonta a 1851 o 1889, de acuerdo con diversos autores (Aparicio

Mijares, 1992). Este método está basado en la determinación del coeficiente de escorrentía, mediante la precipitación pluvial caída en determinada área.

Es una herramienta muy utilizada para medir descargas de pequeños drenajes, puesto a obtener mejores resultados para cuencas no mayores de 500 hectáreas (5 Km2), pero puede utilizarse para estimar cuencas grandes, con menos precisión, si otros métodos no son aplicables o disponibles. Se asume que la intensidad de lluvia es uniforme sobre el área de drenaje para un tiempo considerado. La fórmula para el método racional es la siguiente:

$$Q = 0.2778 CIA$$

Dónde:

Q: La cantidad de escorrentía en metros cúbicos por segundo (m3/s).

C: El coeficiente de escorrentía, refleja las características de la cuenca como topografía, tipo de suelo, vegetación y uso de la tierra.

I: Intensidad promedio de lluvia para la frecuencia seleccionada y para la duración igual al tiempo de concentración, en milímetros por hora (mm/hora);

A: El área de la cuenca en Km².

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente C es una medida de la proporción de la lluvia que se convierte en escorrentía y depende de las características de drenaje de la cuenca tales como superficie, uso y tipo de suelo predominante. En caso de tener cuencas complejas puede usarse un promedio ponderado de las diferentes áreas con sus correspondientes valores de C y posterior determinar un valor completo de C. Para el cálculo de los coeficientes de escorrentía se adopta como uso de suelo oficial, el vigente contenido en el reglamento de zonificación y uso del suelo clasificado por la dirección general de urbanismo de la Alcaldía de Managua (ALMA, 2012)

Intensidad de la lluvia (I)

La intensidad de la Iluvia es función de la frecuencia del aguacero de diseño seleccionado previamente en dependencia del tipo e importancia de la obra así como del tiempo de concentración (Duarte Sarría, 1993).

La intensidad de la precipitación de la lluvia puede ser tomada directamente de la curva Intensidad-Duración-Frecuencia de las estaciones meteorológicas representativas ubicadas cerca de la cuenca del proyecto y calculadas para diferentes periodos de retorno.

Período de retorno o frecuencia del aguacero de diseño (TR)

El período de retorno en el diseño es el intervalo en años que se establece como

nivel de protección para las estructuras a construir, y será de un valor mayor

cuanto más importante y de mayor repercusión social, ecológica y económica

tenga la obra dentro del municipio (ALMA, 2012)

Tiempo de concentración

Se visualiza este como el tiempo requerido para que la escorrentía superficial se

traslade desde la parte más remota de la cuenca de drenaje hasta el punto de

cierre o de consideración de la cuenca (Lanza Mejía, Septiembre 2008).

Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico

Centroamericano:

 $Tc = 0.0041 \frac{3.28 \, L^{0.77}}{\overline{Sc}}$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración,

L: la longitud del cauce principal,

Sc corresponde a la pendiente del cauce.

Hidrograma triangular sintético.

Se genera a partir de los datos del tiempo de concentración (tc) o tiempo pico (tp)

y el caudal pico obtenidos por el método antes descrito. Se establece el criterio

30

que la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración de la cuenca o subcuenca, que a la vez es el tiempo pico del Hidrograma.

Gráfico del Hidrograma triangular sintético

Se grafican los datos en papel milimétrico (milimetrado) o mediante herramientas de computación, utilizando la ordenada para los valores de caudal y la abscisa para el tiempo.

3.1.3.2 Método del Tránsito de Avenidas

El cálculo del caudal máximo probable que pueda suceder en el punto de cierre de la cuenca, es imprescindible para la toma de decisión en lo referente a la construcción de estructuras hidráulicas para determinar niveles de inundación producidos por avenidas que pueden causar daños materiales o pérdida de vidas humanas (Duarte Sarría, 1993).

Generalmente los métodos para predecir el tiempo y la magnitud de una avenida están asociados a los que se denomina tránsito de avenidas o crecidas.

De ahí se puede definir el tránsito de avenida como todos los procedimientos con los cuales se pueden determinar el tiempo y la magnitud de una avenida en un punto del cauce, basándose en datos conocidos o supuestos en uno o más puntos aguas arriba del sitio de interés.

Este método se aplica para transitar el Hidrograma obtenido en el punto de control de una subcuenca, hacia el próximo punto de control sobre el cauce principal y en sentido aguas abajo. El tránsito permite amortiguar los caudales a través del tiempo con el propósito de simular la condición del flujo en el cauce.

3.1.3.3 Bases del método Tránsito de Avenidas

- 1.- Se origina de las fórmulas de Saint Venant
- 2.- No se consideran las fuerzas de tracción en el cauce.
- 3.- No se puede aplicar cuando hay remansos
- 4.- No se debe aplicar cuando el agua del río ocupa un cauce irregular.

3.1.3.4 Variante de Muskingum

El método tránsito de avenidas en la variante de Muskingum fue desarrollado por G. T. McCarthy en 1938 para el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica y aplicado con fines experimentales en el río al que debe su nombre, este método relaciona el almacenamiento en un cauce, mediante la combinación de dos tipos de almacenamientos: Un almacenamiento prismático, formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo del cauce prismático; y un almacenamiento formado por la diferencia entre los caudales de entrada y de salida, o bien por la pendiente de la lámina de agua en el tramo considerado (Linsley Kohler, Agosto 1988).

El volumen almacenado puede relacionarse linealmente con el flujo de salida cuando las afluencias y las efluencias son iguales, es decir cuando existe un flujo permanente. Sin embargo, durante el paso de una crecida en un tramo de un río o cauce se produce cuñas de almacenamiento que pueden ser positivas (si el caudal afluente es mayor que el efluente) y negativas (si el caudal efluente es mayor que el afluente), de ahí que el almacenamiento total es la suma de los almacenamientos debido al prisma y a las cuñas de almacenamiento.

La aplicación del método tránsito de avenidas en la variante de Muskingum se realiza de la siguiente forma:

Con un valor asumido de X; un valor calculado de K y un valor de t igual al tiempo medio de concentración mayor de las microcuencas incluidas en un tramo

en particular, se obtienen los valores C_0 , C_1 y C_2 ; los valores de I que se usan se tabulan y los productos C_0I_2 y C_1I_1 se calculan.

Con un valor inicial dado de 0 ó estimado, se realiza el producto C2O1, luego los tres productos se suman para obtener O_2 . El valor calculado de O_2 se transforma en O_1 para el siguiente periodo de análisis y puede determinarse otro valor de O_2 . Este proceso continua hasta obtener todos los valores de I para cada punto de cierre.

La Ecuación del Muskingum es la siguiente:

$$O_2 = C_0 * I_2 + C_1 * I_1 + C_2 * O_1$$

Dónde:

O₂: Caudal de salida al momento del tránsito (m3/s)

I₂: Caudal de entrada al momento del tránsito (m3/s)

O₁: Caudal de salida un instante antes del tránsito (m3/s)

I₁: Caudal de entrada un instante antes del tránsito (m3/s)

Co, C1, C2: coeficientes de rugosidad del cauce

3.1.3.5 Cálculo De Los Parámetros Para El Tránsito.

Velocidad De Tránsito (Vt)

Para el primer tránsito es la velocidad del flujo en la primera subcuenca. Esta se calcula con la fórmula de la velocidad:

$$V = \frac{L_c}{T_c}$$

Dónde:

V: Velocidad del flujo en m/min

Lc: Longitud del cauce de la subcuenca en metro

Tc: Tiempo de concentración en la subcuenca en minutos

Longitud De Tránsito (Lt)

Es la distancia entre dos puntos de control consecutivos, medidos sobre el cauce principal.

Tiempo De Retardo (K)

Representa el desfase entre el tiempo pico del Hidrograma a transitar y el tiempo pico del Hidrograma que se transita.

$$K = \frac{L_t}{V_t}$$

Dónde: K corresponde al tiempo de retardo en minutos.

Tiempo Del Hidrograma A Transitar (t)

Es el cociente que resulta al dividir por 2 el tiempo al pico del Hidrograma a transitar.

Coeficientes de rugosidad.

$$C_0 = -\frac{(KX - 0.5t)}{K - KX + 0.5t}$$
 $C_1 = \frac{(KX + 0.5t)}{K - KX + 0.5t}$ $C_2 = \frac{(K - KX - 0.5t)}{K - KX + 0.5t}$

Dónde:

K: Tiempo de retardo en minutos

t: Tiempo del Hidrograma a transitar en minutos

X: Expresa la importancia relativa de las entradas y salidas del flujo al tramo en el almacenamiento del mismo. Su valor se obtiene por el método de las Lasadas y oscila entre 0.10 y 0.30. Para cauces naturales o cauces revestidos se utiliza el valor promedio de 0.2.

Los coeficientes de rugosidad deben de cumplir: C0 +C1 +C2 = 1

3.1.4 Secuencia Lógica En La Aplicación Del Método

3.1.4.1 Tránsito Del Hidrograma Del Primero Al Segundo Punto

El procedimiento se realiza de aguas arriba hacia aguas abajo, partiendo del primer punto de control y utilizando el Hidrograma triangular sintético en este punto. Si dos o más subcuencas convergen en dicho punto, se hará una suma de Hidrogramas triangulares y el Hidrograma resultante se transita hacia el segundo punto de control (Lanza Mejía, Septiembre 2008).

El tránsito se concluye cuando el caudal de salida (O2) alcanza el valor cero en un tiempo total acumulado que resulta de sumar consecutivamente el intervalo de tiempo (t) del Hidrograma a transitar, hasta el valor del caudal antes mencionado.

3.1.4.2 Suma de hidrogramas en el segundo punto

Se suma el Hidrograma transitado y el hidrograma triangular sintético de la o las subcuencas que convergen hacia el segundo punto. El hidrograma suma se obtiene colocando los tiempos de los hidrogramas a sumar en orden cronológico ascendente con su respectivo caudal. Los caudales faltantes se leen del gráfico correspondiente o interpolando.

Se prosigue la secuencia lógica del método hasta finalizar los cálculos en el punto de interés de la cuenca. Del hidrograma suma o hidrograma resultante en este punto se lee el caudal máximo que corresponde al caudal de diseño para el periodo de retorno (TR) previamente seleccionado.

3.2 Estudio Hidráulico

3.2.1 Canales Abiertos.

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial.

3.2.2 Clasificación de Canales Abiertos.

A. Canales naturales

Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la Tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes y estuarios de mareas.

Las propiedades hidráulicas de un canal natural por lo general son muy irregulares. En algunos casos pueden hacerse suposiciones empíricas razonablemente consistentes con las observaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujo en estos canales se vuelvan manejables mediante el tratamiento analítico de la hidráulica teórica. Un estudio completo sobre el comportamiento del flujo en canales naturales requiere el conocimiento de otros campos, como hidrología, geomorfología, transporte de sedimentos, etc. Éste constituye, de hecho, un tema de estudio por sí mismo, conocido como hidráulica fluvial.

B. Canales artificiales

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje (Imagen 6), vertederos, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras, etc. así como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales.

Las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirá, por lo tanto, resultados bastante similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseño.

3.2.3 Principio de la continuidad

El principio de la continuidad se refiere a un fluido que hace su recorrido por un ducto de diámetro variable, su velocidad cambia debido a que la sección transversal varía de una sección del conducto a otra.

Se puede decir que todo fluido incompresible, con flujo estacionario (en régimen laminar), la velocidad de un punto cualquiera de un conducto es inversamente proporcional a la superficie, en ese punto, de la sección transversal de la misma.

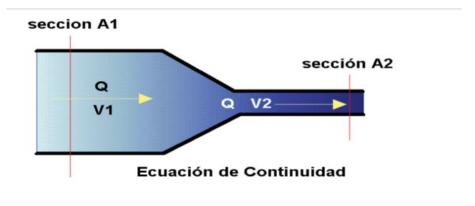
La ecuación de continuidad es el caso particular del principio de conservación de la masa. En el cual el caudal del fluido ha de permanecer constante a lo largo de toda la conducción.

Dado que el caudal es la cantidad de líquido que circula en un tiempo determinado por la velocidad con que fluye el fluido.

Dado que:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ilustración 5



Fuente: Hidráulica canales abiertos (Mejía, octubre 2011)

3.2.4 Estimación del coeficiente n de Manning.

Los modelos hidráulicos en general, incluido el HEC-RAS, incluyen dentro de sus formulaciones numéricas un término que representa la resistencia al flujo en canales. Este término incluye a su vez un coeficiente de rugosidad, el cual representa el efecto de resistencia al flujo de las superficies del fondo y de las paredes del canal. Una de las ecuaciones de resistencia más utilizadas en la hidráulica fluvial es la ecuación de Manning, la cual se puede escribir como:

$$V = \frac{1}{n} \sqrt{s} R_h^{2/3}$$

Dónde:

v: es la velocidad media en la sección transversal

n: es el coeficiente de rugosidad de Manning

s: es la pendiente de la línea de energía del flujo

RH: es el radio hidráulico de la sección transversal de flujo

En el caso de la ecuación de Manning, el parámetro n (llamado comúnmente "n de Manning") es el coeficiente de rugosidad utilizado, el cual representa las condiciones imperantes en la sección transversal y el cual depende de una cantidad de factores, como la rugosidad absoluta de los materiales en el lecho y

los bancos del cauce, de las irregularidades del mismo, de la presencia de obstrucciones y vegetación, del régimen de transporte de sedimentos y del régimen de flujo.

Existen diversas metodologías para estimar el coeficiente de Manning en un cauce natural. Estas metodologías tienen en común el cálculo de un valor base de *n* en función de la rugosidad absoluta o de la granulometría de los materiales del lecho. Para ello existen metodologías empíricas y fórmulas analíticas.

Algunas de las fórmulas analíticas más comunes utilizadas para este fin tienen la forma y concepto de las ecuaciones de Strickler, Hey y Limerinos (Chang 1992, USACE 1994, USACE 2010, García 2007, entre otros):

Strickler:

$$n = 0.0474 K_s^{1/6}$$

Donde kS (en mm) está correlacionado con el tamaño de la partícula, usualmente con el d50. Supone condiciones de lecho rígido y una variación de *n* sólo con la rugosidad absoluta del lecho.

Hey:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.03 \log(\frac{11.75R_H}{3.5d_{84}})$$

$$n = \frac{R_H^{1/6} \sqrt{f}}{8.86}$$

Donde RH es el radio hidráulico del flujo, d84 es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino) y f el factor de fricción de Darcy-Weisbach. Esta ecuación es del tipo Keulegan para lecho rígido, ecuaciones semi-logarítmicas que se basan en la ecuación de Prandtl-von Karman ya que la fricción en la frontera del canal crea una capa de cortante similar a la capa límite

en tuberías. Estas ecuaciones demuestran que la resistencia al flujo aumenta para tirantes bajos.

Limerinos:

$$n = \frac{0.0926R_H^{1/6}}{1.16 + 2\log(\frac{R_H}{d_{84}})}$$

Donde RH es el radio hidráulico del flujo y d84 es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino). Esta ecuación está derivada para fondos móviles y materiales relativamente gruesos (arenas gruesas y gravas) y es aplicable sólo en la ausencia de formas de fondo (e.g. dunas) y en el régimen alto de transporte de sedimentos.

Existen asimismo otro tipo de metodologías, en donde el *n* base para un cauce se escoge empíricamente a través de tablas y fotografías que describen y muestran las características más relevantes de los cauces. Esta es una metodología muy generalizada y práctica, desarrollada inicialmente por Chow en 1959 y posteriormente desarrollada por Arcement y Schneider en su texto "Guide for selecting Manning's Roughness Coefficients for natural Channels and Flood Plains" (1989). Según estos autores, el valor de n de Manning para el cauce principal se obtiene de la siguiente fórmula, propuesta originalmente por Cowan (Chow, 1994):

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m$$

Dónde:

nb: es el valor de base para un canal recto, uniforme y liso conformado por materiales naturales

n1: factor de corrección por irregularidades presentes en la superficie

n2: valor para variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal

n3: valor para obstrucciones presentes

n4: valor para presencia de vegetación y condiciones de flujo

m: factor de corrección por el efecto de la sinuosidad a lo largo del cauce.

Los autores recomiendan obtener los valores de *nb* de una tabla que proponen, o realizar estimaciones con las ecuaciones analíticas como las referidas anteriormente:

Tabla 8. Obtención de n de Manning.

Material del fondo	Tamaño medio del material (mm)	Valor base de n	
Canal recto y		Canal Recto	Canal
uniforme		y uniforme	liso
Concreto		0,012 - 0,018	0,011
Roca			0,025
Suelo firme		0,025 - 0,032	0,020
Arena gruesa	1-2	0,026 - 0,035	
Gravas finas			0,024
Gravas	2-64	0,028 - 0,035	
Gravas gruesas			0,026
Pequeños cantos rodados	64-256	0,030 - 0,050	
Cantos rodados	>256	0,040 – 0,070	

Los coeficientes de ajuste n1, n2, n3, n4 y m, se obtienen de tablas que los autores ofrecen para tal fin.

Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning (según Arcement y Schneider, 1989)

Tabla 9. Grado de irregularidad (n1)

Grado de irregularidad	Valor de ajuste n1
Liso	0,000
Menor	0,001 - 0,005
Moderada	0,006 - 0,010
Severa	0,011 - 0,020

Tabla 10. Variación en la sección transversal del cauce (n2)

Variación en la sección transversal del cauce	Valor de ajuste n2
Gradual	0,000
Alternan ocasionalmente	0,001 - 0,005
Alternan frecuentemente	0,010 - 0,015

Tabla 11.Efecto de obstrucciones (n3)

Efecto de obstrucciones	Valor de ajuste n3
Despreciable (ocupa menos	
del 5% del área de la sección	0,000 - 0,004
transversal)	
Menor (ocupa menos del 15%	
del área de la sección	0,005 — 0,015
transversal)	
Apreciable (ocupa entre el	
15% y el 50% del área de la	0,020 - 0,030
sección transversal)	
Severo (ocupa más del 50%	
del área de la sección	0,040 - 0,050
transversal)	

Tabla 12 Cantidad de vegetación (n4)

Cantidad de vegetación	Valor de ajuste n4
Pequeña	0,002 - 0,010
Mediana	0,010 - 0,025
Grande	0,025 - 0,050
Muy grande	0,050 - 0,100

Tabla 13. Grado de sinuosidad (m)

Grado de sinuosidad	Valor de ajuste m	
Menor (Relación entre longitud		
real del cauce y longitud en	1	
línea recta entre 1 y 1,2)		
Apreciable (Relación entre		
longitud real del cauce y	1,15	
longitud en línea recta entre 1,2	1,13	
y 1,5)		
Severo (Relación entre longitud		
real del cauce y longitud en	1,3	
línea recta mayor a 1,5)		

3.2.5 Modelación hidráulica con Hec-Ras

HEC-RAS ayuda a modelar una variedad de puentes con diferentes formas de pilas y estribos, y a calcular parámetros hidráulicos tales como: niveles de agua, velocidades y áreas mojadas para diferentes caudales en el sitio de cierre. El programa modela flujos bajos y altos. De acuerdo al caudal de escorrentía estimado para el diseño, se puede determinar la estructura del puente más eficiente en cuanto a capacidad hidráulica, así como también controlar algunos parámetros de diseño hidráulico. HEC RAS la información geométrica necesaria para llevar a cabo una simulación (cauce, secciones, etc.) (Lanza Mejía, 2012)

Para la modelación hidráulica de un cauce con una alcantarilla o puente se deberá tener lo siguiente consideraciones:

- Levantamiento de las secciones transversales, aguas arriba como aguas abajo.
- Determinación del coeficiente de rugosidad del cauce según el método de

Cowan.

- Definir los periodos de retorno en que se desea analizar el comportamiento del cauce para un flujo permanente subcrítico, supercrítico o ambos.
- Definir el estacionamiento donde se ubicara la alcantarilla o puente.

El principal objetivo de HEC-RAS es el cálculo de los perfiles de flujo en todos los puntos de interés para obtener un conjunto de datos (simulación del flujo uniforme), o por una metodología hidrológica a través de un sistema de flujo no uniforme.

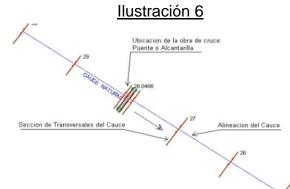
Los datos necesarios para los cálculos son divididos en las siguientes componentes:

3.2.6 Componente de Datos Geométricos.

Los datos geométricos consisten de establecer una conectividad del sistema de ríos (esquema del sistema de ríos); datos de la sección transversal, la longitud del tramo, los coeficientes de energía de pérdidas (perdidas por fricción, perdidas por contracción y expansión) y la información de las conexiones de flujo en los tramos del rio o cauce. Datos de la estructura de hidráulica (puentes, alcantarillas, caídas hidráulicas, presa, etc.) que estén localizados en el tramo del rio o cauce.

a) Sistema esquemático del rio o Cauce

El sistema esquemático del rio es requerido para cualquier conjunto de datos geométricos con el sistema de HEC-RAS. El sistema esquemático del rio es desarrollado por un dibujo y conectados por varios tramos. Para comenzar a trabajar con en HEC – RAS es necesario crear una ventana el esquema del rio o cauce de tramo a tramo, para definir el extremo de aguas arriba como el extremo de aguas debajo de esta forma introducir los datos geométricos de las secciones que conforman el cauce o el rio. La conectividad de los tramos es muy importante en el orden para el modelo comprenda el sistema de drenaje, así como los cálculos de un tramo a otro. Es necesario que el dibujo del tramo sea de aguas arribas hacia aguas abajo, dando así la dirección del flujo. La conexión de los tramos se hace a través de una unión, esta solamente establece un punto localizado, donde uno más flujo convergen o se dividen. (Lanza Mejía, 2012)



Sistema esquemático del cauce con ubicación de la obra de cruce Fuente: Manual de Hec Ras (Nestor, 2012)

b) Secciones Transversales del Cauce

Las condiciones geométricas para el análisis de flujo en corrientes naturales son especificadas en términos de la superficie del terreno de la sección transversal y las distancia entre ellas. Las secciones transversales son localizadas a intervalos largos en dependencia de la caracterización de la corriente (perfiles de flujo), tomando en cuenta el flujo central del cauce y las planicies de inundación.

c) Secciones transversales con Flujo Inefectivo

Esta definición permite determinar áreas de la sección transversal con elevaciones más bajas que las bancas del cauce o rio, que no contribuyen efectivamente a transportar el agua en la sección transversal del cauce o rio, es decir, zonas de la sección donde el agua se estanca, esto ocurre donde la elevación de la banca es mayor que el nivel del agua en el cauce adyacente o poza como se muestra en la Figura.



Fuente: Manual de Hec Ras (Lanza Mejía, 2012)

d) Coeficientes de Contracción y Expansión

HEC-RAS, asume que la contracción ocurre cuando la carga de velocidad aguas abajo es grande con respecto a la carga de velocidad aguas arriba, por lo contrario asume una expansión. Cuando el cambio de sección en cauce es pequeño y el flujo es subcritico los coeficientes de contracción y de expansión pueden andar en el orden de 0.1 y 0.3 respectivamente. Cuando el cambio es

abrupto como el caso de los puentes, los coeficientes de contracción y de expansión con frecuencia se usan de 0.3 y 0.5. En ocasión, los coeficientes de contracción y expansión respecto a los puentes y alcantarillas puede ser más alto, como 0.6 y 0.8 respectivamente. Estos valores pueden ser cambiados en cualquier sección.

e) Longitudes entre las secciones relativas

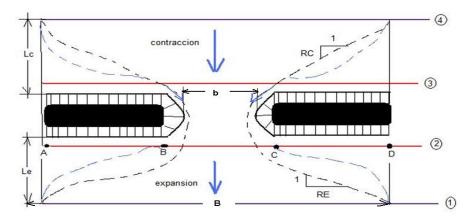
<u>Sección 4-4:</u> Sección aguas arriba hasta donde influye el remanso y posiblemente termina el flujo uniforme en el cauce de aproximación y comienza un flujo gradualmente variado, donde se inicia la contracción del flujo. Es la sección que representa la contracción del flujo; está situada a una distancia de una vez de la longitud de la obstrucción que provoca la alcantarilla.

<u>Sección 3-3:</u> Sección de ancho mínimo del flujo. El flujo se separa de las fronteras solidas siendo la contracción del flujo mayor que el ancho de la abertura. Esta sección puede estar separa de la sección aguas arriba de la alcantarilla, a una distancia de 3 m.

<u>Sección 2-2:</u> Sección con menor profundidad de flujo. Es donde empieza ocurrir el retardo del flujo. Aguas debajo de esta sección se presentan remolinos de agua entre las fronteras solidas del terraplén y las laderas. Esta sección se puede ubicar de la sección aguas debajo de la alcantarilla a unos 2 m.

<u>Sección 1-1:</u> Sección aguas abajo donde se inicia la expansión del flujo con un régimen gradualmente o rápidamente variado retardado y a partir de esta sección se restablecen las condiciones de flujo uniforme. Debe ser colocada suficientemente aguas abajo del tablero de la alcantarilla, para que el flujo no sea afectado. En forma práctica se valora como 3 veces de la longitud de obstrucción

Ilustración 8



3.2.7 Componentes de datos hidráulicos

Para la realización de la modelación del cauce se necesitará información de los caudales que correspondan a los perfiles de flujo a calcular y las condiciones de contorno para cada tramo correspondiente.

A. Perfiles de flujo en función de los caudales

El software (Hec Ras) está diseñado para evaluar hasta 25000 perfiles de flujo correspondientes a caudales hidrológicos con diferentes periodos de retorno. El dato de los caudales ingresados es para cada periodo de retorno desde aguas arriba hasta aguas abajo.

B. Condiciones de control para perfiles de flujo

Para obtener la correspondiente información de las condiciones de contorno en un perfil del flujo es necesaria establecerla en cada tramo para indicar los niveles de agua inicial para cada tramo del cauce aguas arribas y aguas abajo.

Para pendientes pequeñas las condiciones de contorno solo es necesario en el extremo de aguas abajo del tramo inferior del cauce natural, en pendientes considerables de régimen supercrítico se necesita el régimen aguas arribas y se calculara un régimen mixto del cual también tendrá los dos extremos necesarios.

C. Profundidad Normal (Norma Depth)

Este es para condiciones donde el flujo se aproxime al flujo uniforme .para este caso hay que introducir la pendiente del tramo de influencia, en decimales.

D. Curva del caudal (Rating Curve)

Se refiere a la curva del caudal Cuando existe alguna sección de control con relación entre el tirante y el caudal.

3.2.8 Diseño Geométrico.

Cuando se realiza un proyecto de carretera, tiene que tomarse en cuenta la vialidad urbana, pues tanto ésta como la carretera son parte del mismo sistema de circulación, y la fluidez dependerá de los libramientos y vías de distribución.

Aun cuando los proyectos urbanos son mucho menos uniformes y fijos que los proyectos en zonas rurales, los trabajos de reconocimiento, localización, trazo definitivo se realizan en la misma forma. El trabajo se facilita cuando existen estudios y mapas anteriores hechos para la localización de la propiedad, para el mejoramiento o ampliación de calles o para otros fines y que puedan proporcionar la información acumulada por medio del reconocimiento y la localización. De ser así el trazo definitivo puede realizarse casi totalmente a partir de la información anterior.

3.2.8.1 Definición de línea central de camino

El Diseño o definición de línea central tanto horizontal como vertical se basa fundamentalmente en los criterios de ajustarse lo más posible a la rasante de la vía y toma en consideración las obras ya realizadas y adelantadas como los cortes y rellenos realizados, esto significa de manera más sencilla: buscar la economía en los trabajos posteriores de mejoramiento de la calle.

Con la información registrada en campo y posteriormente transferida a un procesador de datos se procedió bajo el programa AutoCAD Civil 3D a representar el terreno con las coordenadas recopiladas.

Bajo este programa que trabaja en ambiente de AutoCad, el usuario diseñador puede visualizar de una manera más global donde es más factible tanto ingenieril como económicamente trazar la línea central del camino. La información que se le introduce referente a los datos de curva, ángulos, subtangentes o cualquier otra información son actualizadas en el cálculo automáticamente en el procesador de datos sin tener la necesidad de establecer "ecuaciones de línea", lo que era un inconveniente muy dado en el método convencional cuando en campo existía un cambio de datos en alguna curva u otro elemento que alterara el estacionamiento de la longitud del camino.

Los principales elementos de las normas de diseño aplicadas de forma general son las siguientes:

Tabla 14. Normas de Diseño.

CONC	EPTO	ESPECIFICACION	
Tipo de Vía :		Calle Urbana	
×	Derecho de Vía	14.00 m – 16.00 m	
×	Ancho de Rodamiento	6.00 m	
Veloci	dad		
×	Terreno de Lomerío	15.00 Kph	
×	Terreno Montañoso	10 Kph	
Pendientes Máximas			
×	Terreno Plano	12 % en 50m.	
×	Terreno de Lomerío	15 % en 50m.	
×	Terreno Montañoso	30 % en 40m.	
Visibilidad de Parada			
×	Terreno Plano	40.0 m.	
×	Terreno de Lomerío	30.0 m.	
×	Terreno Montañoso	25.0 m.	
Bomb	eo		

×	Bombeo	3%
×	Carga de Diseño.	HS -20-44
×	Material de la Superficie de Rodamiento	Adoquines sobre material selecto
×	Intensidad de Transito	250 vdp

3.2.8.2 Cálculo de movimiento de tierra Línea Sub-Rasante

El costo de construcción de un camino o carretera está regido por el movimiento de tierra que comprende una serie de estudios que dan la seguridad de que el movimiento a realizar es el más económico dentro de las especificaciones que el proyecto requiere.

Sub rasante Económica

La sub-rasante a la que corresponden los movimientos de tierra más económicos se le llama sub-rasante económica, y para esto se debe tomar en consideración los siguientes aspectos:

Cumplir con las especificaciones nacionales.

Estudiar el alineamiento horizontal (en la mayoría de los casos el alineamiento horizontal es definitivo, pero existen casos en los que habrá que modificarlos).

La sub-rasante debe permitir alojar las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel y su elevación debe ser suficiente para evitar humedades perjudiciales a las terracerías o al pavimento, causadas por zonas de inundación o humedad excesiva en el terreno natural.

Sub-rasante Mínima

La sub-rasante económica debe sujetarse a ciertos elementos del camino que definen su elevación mínima y que son fundamentalmente los siguientes:

a. Puentes

La elevación definitiva de la sub-rasante puede saberse hasta que se proyecta la estructura de un puente, es necesario tomar en consideración los elementos que intervienen para definir la elevación mínima debiéndose contar con los siguientes datos:

- 1) Elevación del nivel de aguas máximas extraordinarias. NAME.
- 2) Sobre-elevación de las aguas ocasionada por el estrechamiento que origina el puente en el cauce.
- 3) Espacio libre vertical necesario para dar paso a cuerpos flotantes.
- 4) Peralte de la superestructura.

En caminos de poco tránsito, localizados en zonas en donde las avenidas máximas extraordinarias se representan con poca frecuencia y duración, el proyecto de vados puede suplir al de puentes.

b. Zonas de Inundación.

El paso de un camino por zonas de inundación obliga a guardar cierta elevación de la sub-rasante que se fija de acuerdo al nivel de aguas máximas extraordinarias, con la sobre-elevación de las aguas producidas por el obstáculo que a su paso presentará el camino y con la necesidad de asegurar la estabilidad de las terracerías y del pavimento. Se recomienda que la elevación de la subrasante sea como mínimo un metro arriba del nivel de aguas extraordinarias.

c. Intersecciones.

El proyecto de la sub-rasante económica debe tomar en cuenta las vías terrestres que se crucen. En las intersecciones a desnivel debe realizarse un estudio económico para determinar si conviene que el paso del camino en proyecto sea inferior o superior.

d. Alcantarillas y Obras Menores.

Es necesario que el estudio de la sub-rasante respete la elevación mínima que requiere el proyecto de las alcantarillas lo cual es determinante en terrenos planos.

La elevación a la que debe sujetarse la sub-rasante está en función de las características de la sección de construcción principalmente en lo relativo a la elevación del desplante, la pendiente según el eje de la obra, el colchón mínimo, el ángulo de esviajamiento, al altura de la obra hasta su coronamiento, el ancho de la semi-corona y las pendientes longitudinales y transversales de la obra.

Área de las Secciones

Deben calcularse los volúmenes de tierra, tanto de relleno como de corte para fines de costos y presupuesto. Para esto se calculan las áreas de las secciones de construcción con tres métodos que se presentan a continuación:

a. Método analítico.

En este método la sección se descompone en figuras regulares, trazando líneas verticales por los puntos de quiebre del terreno y de la sección de construcción.

Resulta muy útil cuando se cuenta con una computadora para calcular las áreas de las secciones.

b. Método gráfico.

Este método consiste en acumular distancias, marcándolas en una tira de papel; cuando se realizó la operación en toda la sección, se multiplica la distancia contenida entre las marcas extremas de la tira de papel por la equidistancia y resulta el área total de la sección.

c. Método del planímetro.

El planímetro proporciona rapidez en su operación y precisión en los resultados, por esto es el instrumento que más se utiliza para la determinación de las áreas.

3.2.8.3 Volumen de Tierra

Una vez que se han determinado las áreas de las secciones de construcción se procede al cálculo de los volúmenes de tierras, suponiendo que el camino está formado por una serie de prismoides tanto en corte como en relleno. Cada uno de estos prismoides está limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales representadas por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes, de la sub-corona y del terreno natural.

Capítulo 4 Marco Metodológico.

4 Marco Metodológico.

1. Trabajo De Campo.

Se realizó un primer reconocimiento de campo, haciendo un recorrido con el fin de conocer la ruta para acceder al punto de interés, así como para hacer contacto con autoridades de la alcaldía de Nandásmo.

Posteriormente se realizó una segunda visita al lugar con el fin definir los alcances del levantamiento topográfico además se hizo una observación del suelo predominante en el sitio de interés.

Para el levantamiento topográfico del cauce, se usaron equipos electrónicos conocidos como estación total y prismas, obteniendo una mayor precisión en los datos.

Se contó con el levantamiento topográfico del cauce la sardinera, de un tramo de 250 m, que cubre 150 m aguas arriba y 100 m aguas abajo a partir del sitio de la obra de cruce. La longitud del tramo fue definida en función de las características físicas del terreno que nos impidió seguir con el levantamiento aguas arriba para completar los 200 m que se tenían planteados llevara a cabo en el levantamiento.

En cuanto al camino Vista Alegre- Mirador de Nandásmo, que se intersecta con el cauce en estudio, se realizó un levantamiento de 720m.

Ilustración 9





Actividad De Levantamiento Topográfico

Para la caracterización de los suelos en el tramo del proyecto se hizo un análisis y comparación del tipo de suelo observado durante las visitas de campo mediante un muestreo atreves de sondeos de 1m de profundidad, con los estudios realizados en los laboratorios de la UNI-RUPAP de la FTC. Se obtuvo una caracterización de los suelos predominantes en el sitio del proyecto.

Ilustración 10



Toma De Muestras De Suelos

2. Recopilación y análisis de información existente.

Dentro de esta etapa se llevó a cabo la recopilación de diversos informes técnicos proporcionados por la alcaldía del Municipio de Nandásmo,

Los informes consultados fueron los correspondientes al proyecto: "Construcción De 1 Km De Adoquinado Hacia Proyecto Estratégico Mirador Turístico Nandásmo" Municipio Nandásmo-Departamento De Masaya, para el cual se elaboraron investigaciones de carácter geológico e Hidrotécnicos así como un análisis ambiental para el diseño de diversas obras de drenaje pluvial.

Para la caracterización de los suelos en el tramo del proyecto se hizo un análisis y comparación del tipo de suelo observado durante las visitas de campo, y los estudios de suelos elaborados por la alcaldía de Nandásmo para el informe final de estudios geotécnicos del proyecto antes mencionado.

Para la determinación de la zonificación y uso de suelo de la cuenca del proyecto se consultó el mapa de usos de suelo lámina 7 y 10 correspondiente al La Realización de Temas Cartográficos a Partir de La Interpretación de imágenes LANDSAT, este material fue proporcionado por el INETER.

3. Estudio Hidrológico.

El Estudio Hidrológico consistió en el cálculo del caudal máximo probable a presentarse en el sitio. Primeramente se procedió a definir los límites de la cuenca hidrográfica del cauce natural "La Sardinera"

Para el trazado de la cuenca hidrográfica y subcuencas se siguió el siguiente procedimiento:

-Se introdujo un archivo dem en el programa ARCGIS correspondiente a la zona de Nandásmo, se realizó el procedimiento correspondiente y se delimitaron los parte aguas y huellas de las corrientes a fin de definir la cuenca hidrográfica perteneciente al cauce "La Sardinera" una vez definido los límites de la cuenca hidrográfica se obtuvieron los siguientes datos: área y perímetro de las cuenca,

longitudes del cauce principal y cauces secundarios, además de las diferencias de elevación entre el punto más alto del cauce y el más bajo. Se hizo un análisis de estas características morfométricas con el fin de evaluar el comportamiento del escurrimiento a presentarse dentro de la cuenca hidrográfica.

Una vez definida la cuenca en estudio se procedió a determinar el caudal de diseño aplicando el método racional y la metodología del tránsito de avenidas con la variante de Muskingum. Para la elaboración de este estudio hidrológico se hizo uso de las curvas IDF de precipitación correspondiente a la estación con ubicación más cercana al sitio de interés cuyo dato de precipitaciones máximas en 24 horas fue proporcionado por la dirección general de meteorología del instituto INETER. Se procedió a realizar un ajuste de los datos de intensidad de lluvia para el período de retorno de 50 años seleccionado este como el periodo de diseño del proyecto, además también se realizó este ajuste para periodos de 25 y 100 años como parte de evaluación del régimen hidrológico de la cuenca.

4. Estudio Hidráulico.

Una vez obtenido el caudal de diseño se realizó la modelación del cauce mediante el programa HEC-RAS v 4.1.0, analizando el comportamiento de las diferentes obras de drenaje durante el período de retorno previamente seleccionado para el proyecto y también se hizo una evaluación del comportamiento del flujo del agua para el periodo de 25 y 100 años.

Estimación de costos.

Se elaboró una estimación de costos global del proyecto.

Dentro de esta etapa, también se incluye la elaboración de planos de las obras propuestas, cuyo conjunto contempla: Planta, Perfil y sección de entrada y salida.

6. Diseño Geométrico.

Una vez obtenida la nube de puntos resultado del levantamiento topográfico, se procedió a hacer el respectivo análisis del camino mediante el software Civil3D, basándonos en información previa obtenida de los informes del proyecto: "Construcción De 1 Km De Adoquinado Hacia Proyecto Estratégico Mirador Turístico Nandásmo" Municipio Nandásmo-Departamento De Masaya.

7. Presentación de conclusiones y Recomendaciones.

Capítulo 5 Análisis y Resultados.

5 Análisis y Resultados.

5.1 Problemas Detectados.

En la actualidad el tramo a analizar se considera como uno de los puntos críticos en época lluviosa, debido a que este en estado natural no cuenta con un diseño hidráulico que propicie un adecuado drenaje de las aguas pluviales de la zona. La falta de un diseño de una obra de cruce, hace que el lugar sea más vulnerable a inundaciones del paso, y aumenten los problemas tránsito de las personas, afectando principalmente a las personas que habitan en las áreas cercanas del cauce (Comarca Vista Alegre).

5.2 Estudio Hidrológico Del Área Del Proyecto.

El estudio hidrológico consistió en estimar el caudal de diseño en el punto de cierre o descarga en la intersección del camino que une a la comunidad Vista alegre con el casco urbano de Nandásmo.

A partir de un análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas se obtuvieron las curvas IDF para Nandásmo, las cuales se ajustaron mediante la función de distribución de Gumbel para los períodos de retorno de 25, 50 y 100 años. El caudal pico se obtuvo aplicando el método racional y la metodología del tránsito de avenidas con la variante de Muskingum en cada una de las subcuencas dentro de la cuenca.

En esta sección de hidrología se pretende brindar la información precisa sobre el comportamiento y características de la cuenca hidrológica en estudio. Por tanto, este subcapítulo comprende el análisis, recopilación y procesamiento de la información de precipitación, la estimación del caudal pico en el punto de la salida de agua de toda la cuenca.

A continuación se describen la localización y características morfométricas de la cuenca en estudio, también se detallara más adelante los cálculos hidrológicos realizados con los respectivos análisis.

5.3 Localización De La Cuenca.

Eje de Nandásmo, entre los arroyos "La Sardinera" y la "La Poma" Se puede decir que este sector es el más importante para este estudio, ya que en él se encuentran ubicadas las áreas mayormente humanizadas del municipio, incluyendo es casco urbano actual. A continuación se describe:

Esta franja de terreno con forma de "S", de 3500m de largo y ancho variable de los 100m hasta los 300m, comprende gran parte del área de estudio. El rango de pendiente predominante es del 5% al 15%, con pendientes del 15% al 30% hacia el mirador a la Laguna de Masaya. En el extremo Norte se encuentra la ciudad de Nandásmo la cual ha tenido un crecimiento sinuoso alargado, debido a las características de esta franja.

Al Suroeste de la ciudad de Nandásmo, se encuentra una área relativamente uniforme, de aproximadamente 1500m de extensión y de entre 250m y 300m de ancho, con pendientes de entre el 5% y el 15%, aptas para actividades humanas, hacia la cual se puede extender la ciudad.

La *micro cuenca* del arroyo La Sardinera representa el 60.44% (9.38 km2) del territorio y sobre esta se asienta el área urbana de Nandásmo

Sin embargo se está trabajando de acuerdo al área correspondiente al punto de cierre en la zona de interés con un área total de: 5.439876 Km^{2,} a su vez esta se dividió en 2 subcuencas con áreas menores de 5 km². (Ver anexos página IV)

5.3.1 Características de La Cuenca Hidrográfica.

Se ha considerado importante caracterizar la cuenca hidrológica, ya que de las particularidades de sus patrones de drenaje se obtuvo una idea del comportamiento de la escorrentía superficial actuante en la misma.

Las principales características que se analizaron se describen a continuación:

5.3.1.1 Área De Drenaje

La cuenca abarca un área de drenaje de 5.439876 km², dentro de un perímetro de 15.46686km. Valores obtenidos mediante la caracterización atreves de ARCGIS. También se tomaron los valores de: alturas máximas, alturas mínimas, longitud, y área de cada una de las subcuencas, valores que se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 15. Áreas de las sub cuencas.

SUB CUENCA	ÁREA	LONG	Hmax	Hmin
	km2	m	m	m
VA-1	3.669	4,270.00	473.00	385.00
VA-2	1.771	2,598.00	385.00	246.00
SUMA	5.440	6,868.00		

5.3.1.2 Densidad De Drenaje

Densidad de drenaje (Dd): $\frac{17.013704 \text{ Km}}{5.439876 \text{Km}^2} = 3.1276$

Con el valor obtenido de 3.1276, se clasifica la cuenca como: Bien Drenada.

5.3.1.3 Forma De La Cuenca

a) Factor de forma.

$$F = \frac{A}{L^2} = \frac{5.439876 \, Km^2}{(6.3868 \, Km)^2} = 0.1334$$

b) Índice de compacidad

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28 \frac{15.46686 \, Km}{\sqrt{5.439876 \, Km^2}} = 1.8568$$

Kc=1 Cuenca de forma circular

Kc~1.1228 cuenca de forma cuadrada

Kc~3 cuenca de forma muy alargada

c) Relación de circularidad.

$$Rc = \frac{4A\pi}{P^2} = 0.2858$$

Rc=1 cuenca de forma circular

Rc~0.785 cuenca de forma cuadrada.

d) Longitud del cauce.

De acuerdo a la longitud del cauce cuyo valor es 6.868Km se puede clasificar como un cauce de longitud corta.

e) Histograma de frecuencia de área de la cuenca.

Para la realización del histograma de frecuencia se estimó el porcentaje del área comprendida entre las curvas en estudio respecto a la superficie de la cuenca.

Tabla 16. Áreas entre curvas de nivel.

Nº ORDEN	COTA MIN	COTA MAX	Área Parcial (km²)	Área Acumulada (km²)	Área que queda sobre la superficie (km²)	Porcentaje de area entre C.N.
1	234	279	0.190141	0.19	5.44	3.50%
2	280	314	0.234382	0.42	5.25	4.31%
3	315	347	0.353927	0.78	5.01	6.51%
4	348	379	0.387813	1.17	4.66	7.13%
5	380	411	0.414169	1.58	4.27	7.62%
6	412	440	0.800100	2.38	3.86	14.71%
7	441	462	1.389350	3.77	3.06	25.55%
8	463	495	1.667973	5.44	1.67	30.67%
			5.44			100%

Ilustración 11

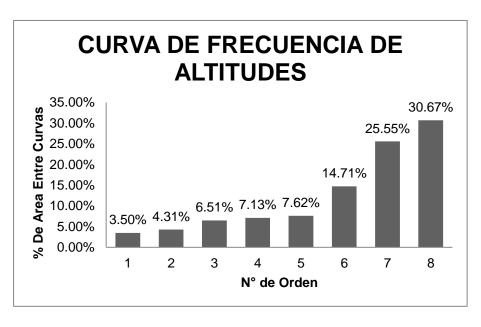
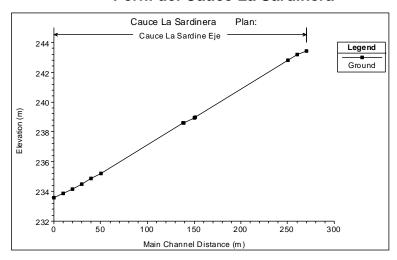


Ilustración 12

Perfil del Cauce La Sardinera



Esta imagen fue extraída del análisis de HecRas, tomando como el estacionamiento mayor la sección ubicada aguas arriba.

Tabla 17. Resumen Características morfométricas Cuenca La Sardinera.

Morfometría	Valores	Clasificación
Perímetro (Km)	15.46686	-
Long. Del Cauce Principal (Km)	6.3868	Corto
Área De La Cuenca (Km²)	5.439876	Pequeña
F	0.1334	Poco achatada
К	1.8568	Cuenca alargada
Rc	0.2858	-
Densidad de Drenaje	3.1276	Bien Drenada

F: Factor de forma; K:Índice de compacidad; Rc: Relación de circularidad

5.3.2 Suelos.

En este sub capitulo se describen las características de los suelos predominantes en la zona:

1. Uso de suelos:

Como se mencionó anteriormente, el uso predomínate es el de vivienda, sin embargo, el uso mixto de vivienda taller, es significativo respecto a la cantidad de lotes, en su mayoría, se encuentran concentrados en la área urbana de Nandásmo (centro de ciudad), siendo esta actividad la más representativa del municipio, considerándose como uno de los principales patrimonios de Nandásmo por la diversidad de talleres artesanales que existen, posee un total de 106 lotes con usos mixtos de vivienda/taller de los cuales 4 corresponden a vivienda taller –comercio, 2 vivienda taller-finca y 1 vivienda taller- servicio, representando en total el 9.01% de los lotes del total.

Otro uso representativo en el área de estudio es el de comercio, los cuales en su mayoría corresponde a pulperías y venta de muebles de madera, en total representa el 7.49% de los lotes, este último localizado principalmente a orillas de la carretera regional Las esquinas – Catarina.

Otros usos no muy representativos en porcentaje, pero si en espacio ocupado, son los de finca, cultivos, baldío y viveros, en su mayoría estos usos se encuentran ubicados en la comarca San Bernardo y Pio XII, siendo más representativo los usos de viveros en este último, ocupan el 18.94%, 18.09%, 5.12% y 1.79% del territorio respectivamente, representando en total el 43.94% del área urbana.

2. Textura de los suelos:

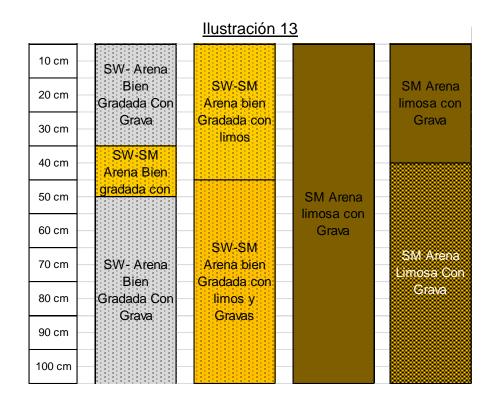
Se realizó un análisis granulométrico en base a muestras tomadas en el cauce la Sardinera. Presentándose los siguientes resultados.

Tabla 18. Resultados de análisis granulométrico.

Sond	Profund.	Muest			F	orcent	aje qu	e pasa	por Ta	amiz				G (%)	S (%)	F (%)	Clasificación (SUCS)
eo Nº	(cm)	ra Nº	1½"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	pasa 4	#10	#40	#200	%p2 00				Ciasilicación (3003)
			0	20	36	70	63	190	1934	18.4	67.7	30	3.9				
1	0 a 30	1	100%	99%	98%	95%	92%	84%		71%	24%	3%		16%	81%	3%	SW Arena Bien Gradada Con Grava
			0	0	17	85	43	224	1759	29.6	56.3	26.3	7.8				
1	30 a 55	2	100%	100%	99%	95%	93%	83%		62%	24%	5%		17%	77%	5%	SW-SM Arena Bien Gradada Con Limos Y Gravas
	***************************************		0	115	82	170	115	290	1569	12.4	59	43.6	5				
1	55 a 100	3	100%	95%	92%	84%	79%	67%		60%	27%	3%		33%	64%	3%	SW Arena Bien Gradada
			0	0	0	15	22	85	1725	17	70.2	23.9	8.9				
2	0 a 40	1	100%	100%	100%	99%	98%	93%		80%	26%	7%		7%	87%	7%	SW-SM Arena Bien Gradada Con Limos
			0	32.1	0	4.3	24	131	1738	15.7	58.8	40.6	4.9				
2	40 a 100	2	100%	98%	98%	98%	97%	90%		78%	34%	4%		10%	86%	4%	SW-SM Arena Bien Gradada Con Limos Y Gravas
			0	0	23	0	65	101	1289	10.4	31.9	40.7	37				
3	0 a 100	1	100%	100%	98%	98%	94%	87%		80%	57%	27%		13%	60%	27%	SM Arena Limosa Con Grava
			0	0	0	0	10	58	1349	8.9	32.2	38	40.9				
4	0 a 45	1	100%	100%	100%	100%	99%	95%		88%	63%	32%		5%	63%	32%	SM Arena Limosa Con Grava
			0	36	107	89	68	167	1120	25	36.7	29.7	28.6				
4	45 a 100	2	100%	98%	91%	85%	81%	71%		56%	34%	17%		29%	54%	17%	SM Arena Limosa Con Grava

Un gran número de ecuaciones han sido obtenidas experimentalmente para estimar el coeficiente de Manning. Quizás la que más se utiliza es la propuesta por Strickler, aunque no se conoce con precisión la manera con que efectuó sus experimentos ni las dimensiones que tuvo la rugosidad equivalente en el canal, por consecuencia tampoco el valor del coeficiente que obtuvo en su ecuación.

El método de ecuaciones empíricas tiene mayor utilidad en canales naturales y artificiales sin recubrimiento donde la rugosidad equivalente se sustituye por el diámetro de las partículas que constituye su lecho, después de hacer un análisis granulométrico de dicho material.



Formula de Strickler: $n = 0.047 d^{\frac{1}{6}}$

Donde d es el diámetro (mm) de la arena uniforme adherida al lecho y fondo del canal, medido bajo régimen critico en un modelo experimental.

Subramanya en 1982 propuso la fórmula de Strickler en la forma:

 $n = 0.047 d_{50}^{-\frac{1}{6}}$ Tabla 19.Coeficiente de Manning para el lecho del cauce natural.

Sondeo 1	Coef n
M1	0.0478
M2	0.0491
М3	0.0484
promedio	0.0484

Sondeo 3	Coef n
M1	0.0382

Coef n					
0.0461					
0.0448					
0.0455					
Coef n					
0.0365					
0.0497					
0.0431					

Elaboración Propia de Autores

68

5.3.3 Topografía.

Topográficamente, se puede dividir el área de estudio en tres grandes sectores. A continuación se describen.

1. "Meseta de Los Pueblos": Es un territorio con topografía uniforme a ambos lados de la Carretera Regional Las Esquinas – Catarina, atravesado por el inicio de los arroyos La Sardinera y El Ojoche. Es la parte más alta del área de estudio y se encuentra a más de 1000m de la ciudad de Nandásmo.

Cuenta con rangos de pendientes predominantes que varían del 2% al 5% y diferencia de altura de los 440m.s.n.m a los 500m.s.n.m. estos rangos de pendientes se encuentran al Sur y Oeste de Pio XII y al Oeste de la comarca San Bernardo y son aptas para desarrollo de actividades humanas.

Las pendientes con rangos superiores al 30%, se encuentran en Pio XII y San Bernardo, como parte del origen de los arroyos La Sardinera y El Ojoche y no son adecuadas para actividades humanas. (Ver anexos página VII)

En el extremo Sur de este sector se encuentra la divisoria o parte aguas entre la Sub Cuenca de la Laguna de Masaya y la Sub cuenca del Río El Pital. Estas Sub Cuencas coinciden con el área de recarga del acuífero No 5 Nandaime Rivas y el acuífero No 10 Meseta de Los Pueblos. Esto implica que aunque las pendientes sean adecuadas para las actividades humanas, el suelo debe ser protegido de la impermeabilización y la contaminación, para prevenir las escorrentías en Pio XII y Nandásmo y favorecer la infiltración de agua libre de contaminación a los acuíferos.

2. **Sector "Entre arroyos":** Área intermedia entre la Meseta de Los Pueblos y la ladera de la Laguna de Masaya. Es también la parte del territorio en la que los arroyos tienen cauce definido, lo que ha formado franjas de hasta 3500m de largo y a veces de menos de 100m de ancho. Las alturas varían de los 340m.s.n.m a los 440m.s.n.m.

Las pendientes predominantes en las partes planas son del 5% al 15% y del 15% al 30% en su extremo Norte y en los cauces de los arroyos son mayores al 30%. La forma alargada y la presencia de los arroyos limitan la accesibilidad y aprovechamiento en actividades humanas.

3. Sector "Ladera de la Laguna de Masaya": Corresponde al Borde Sur de la laguna de Masaya, hacia el cual drenan los arroyos que rodean a la ciudad de Nandásmo. Las alturas del terreno varían entre los 100m.s.n.m y los 340m.s.n.m, con pendientes de 15% a más del 30%, las cuales no son adecuadas para actividades humanas. Sus suelos deben ser protegidos con usos forestales para evitar la erosión y proteger el área de descarga del acuífero. (Ver anexos página V)

Esta cuenca se caracteriza por ser bastante accidentada. Razón por la cual se ven muchos cauces naturales los cuales drenan las precipitaciones de la zona.

5.3.4 Análisis Hidrológico De La Cuenca En Estudio.

5.3.4.1 Evaluación De Información Hidrológica

Para realizar el estudio hidrológico del proyecto fue necesario recolectar la información pluviométrica local, en este caso se utilizaron las curvas IDF de precipitación de la estación más cercana ubicada en el municipio de Masatepe. A partir de estas se proyectó la intensidad de lluvia para un periodo de retorno de 25 años. También se hizo un ajuste para evaluar periodos de 50 y 100 años.

5.3.4.2 Determinación Del Caudal Por El Método Racional.

Coeficiente de escorrentía.

Para determinar los valores del coeficiente de escorrentía se hizo uso de la tabla presentada en el reglamento de drenaje pluvial para el área del municipio de Managua elaborado por el departamento de drenaje pluvial de la Alcaldía de Managua, seleccionando los coeficientes que estuvieran acorde a las características de cada subcuenca analizada.

Para definir las características de cada subcuenca y escoger el coeficiente de escorrentía acorde, se llevó a cabo una metodología de análisis basada en verificación de campo e interpretación de planos. Para determinar el coeficiente de escorrentía se evaluaron principalmente los usos y tipos de suelo dentro de la zona del proyecto. En este caso, se utilizó al mapa de Realización De Temas Cartográficos. A Partir De La Interpretación De Imágenes Landsat, proporcionado por el INETER.

Tabla 20. Coeficiente de escorrentía

Uso del Suelo	Us	%	Valor
Vegetación densa, bosque, cafetal con sombra, pastos	0.04	1.26%	
	0.04	4.31%	
2) Maleza, arbustos, (solar baldío), cultivos perennes, parques, cementerios.			
3) Sin vegetación o cultivos anuales	0.1	0.00%	
4) Zonas Suburbanas (viviendas, negocios)	0.2	26.34%	
5) Casco Urbano y zonas industriales	0.4	0.00%	0
Valor para el uso del suelo			0.05577
Factores de Ajuste			
Tipo de suelo	Ts		
1) Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1	0	0
2) Semipermeable (terreno arcilloso - arenoso)	1.25	0	0
3) Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.5	0	0
Valor para el tipo de suelo			1-1.25
Pendiente del terreno (%)	Pt		
de 0.0 a 3.0	1	0.00%	0
de 3.1 a 5.0	1.5		0
de 5.0 a 10.0	2	60.35%	1.207
de 10.1 a 20	2.5		0
de 20.1 y más	3	39.64%	1.1892
Valor para la pendiente del terreno			2.396200
La presente tabla es basada en el			
Plan Maestro de Drenaje Pluvial Superficial de la Ciudad de Managua			
C = Us * Ts * Pt			
C=			

Intensidad de la lluvia.

Este parámetro se determinó en función de las precipitaciones máximas en 24 hrs. Se estimó la intensidad máxima de precipitación para el periodo de retorno de 50 años mediante el uso de las curvas de intensidad duración frecuencia (IDF). Sin embargo como estas curvas no determinan en que parte del desarrollo total de la lluvia se produce la intensidad máxima, se establecieron los valores

máximos anuales de intensidad de lluvia para tiempos de duración de 5, 10,15, 20, 25, 30, 35,40, 45, 50, 55, 60 y 75 minutos. Para hallar la frecuencia de cada precipitación se asumió como representativa de la distribución de las precipitaciones máximas, la distribución Gumbel, recomendada para ajustar valores extremos. La distribución permitió estimar las intensidades máximas esperadas para el periodo de recurrencia propuesto. Este mismo procedimiento se realizó para periodos de 25 y 100 años como parte de la evaluación del comportamiento hidrológico de la cuenca.

Se trabajó con la serie anual de máximos correspondiente a la estación de Masatepe por la cercanía a la cuenca obteniendo como resultado la tabla con Intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno que se muestra a continuación.

Tabla 21.Intensidad-Duracion-Frecuencia

		Tabla de inten	sidad - Tiem	po de dura	ción - Period	o de retorno			
Frecuencia		Duración en minutos							
años	5	10	15	20	25	30			
2	155.53	101.45	79.02	66.18	57.67	51.54			
5	178.71	116.57	90.80	76.04	66.27	59.23			
10	198.52	129.49	100.86	84.47	73.61	65.79			
25	228.10	148.79	115.89	97.06	84.59	75.59			
50	253.38	165.28	128.73	107.81	93.96	83.97			
75	269.45	175.76	136.89	114.65	99.92	89.30			
100	281.46	183.60	143.00	119.76	104.37	93.28			
500	359.25	234.34	182.52	152.86	133.22	119.06			

	Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno (continuación)										
Frecuencia		Duración en minutos									
años	35	40	45	50	55	60	75				
2	46.87	43.17	40.15	37.62	35.47	33.62	29.30				
5	53.86	49.60	46.13	43.23	40.76	38.63	33.67				
10	59.83	55.10	51.24	48.02	45.28	42.91	37.40				
25	68.74	63.31	58.88	55.18	52.03	49.31	42.97				
50	76.36	70.33	65.40	61.29	57.79	54.78	47.74				
75	81.20	74.79	69.55	65.18	61.46	58.25	50.76				
100	84.82	78.12	72.65	68.08	64.20	60.85	53.03				
500	108.27	99.71	92.73	86.90	81.94	77.66	67.68				

Elaboración Propia de Autores

Para el cálculo de los caudales en cada una de las subcuencas se utilizó el método racional, tomando en cuenta las restricciones supuestas en cuanto al área de cada una de las subcuencas.(ver anexos página VI) El cálculo así dispuesto con llevo a los resultados reflejados en la tabla.

Tabla 22. Calculo de caudales por el método Racional.

SUB	ÁREA	LONG	Hmax	Hmin	S	С	tc	lag time	I	_		iente d rrentía		Caudal
CUENCA	km2	m	m	m	m/m	%	min	min	mm/h	Us	Ts	Pt	С	m3/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VA-1	3.67	4270	473	385	0.021	2.1%	28.48	17.09	83.97	0.0031	1	1.207	0.0037	0.319
VA-2	1.77	2598	385	246	0.054	5.4%	13.45	8.07	128.73	0.0526	1.25	1.189	0.0783	4.959
SUMA	5.44	6868												

Elaboración propia de Autores

Generación de los hidrogramas triangulares sintéticos para las dos subcuencas de la cuenca del cauce La Sardinera en la comunidad Vista Alegre del Municipio de Nandásmo.

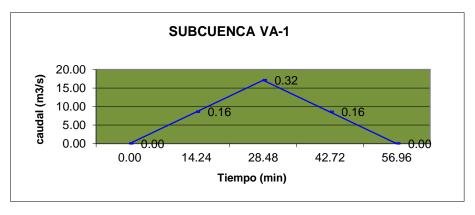
De los resultados obtenidos de la tabla de cálculo de caudales se generaron los hidrogramas triangulares sintéticos, a partir del tiempo de concentración y el caudal de diseño determinando el intervalo de tiempo a dividir únicamente por dos el tiempo concentración al que sumado consecutivamente y en orden cronológico ascendente permitió completar los tiempos del hidrograma. De esta forma se obtuvieron dos hidrogramas triangulares sintéticos mostrados a continuación:

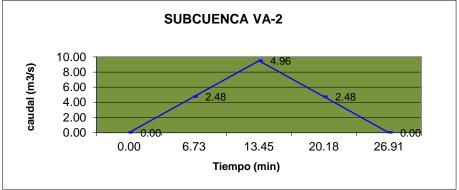
Tabla 23. Hidrograma VA-1

t=tc/2=	14.24
t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00
14.24	0.16
28.48	0.32
42.72	0.16
56.96	0.00

Tabla 24. Hidrograma VA-2

t=tc/2=	6.73
t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00
6.73	2.48
13.45	4.96
20.18	2.48
26.91	0.00





5.3.4.3 Resultados Parámetros Del Tránsito.

Se determinaron cada uno de los parámetros para la determinación del caudal de diseño aplicando el método racional y tránsito de avenidas, a continuación se presentan un resumen de los cálculos y resultados:

Velocidad de Tránsito (Vt):

La subcuenca VA-1 fue la primera a transitar, debido a que en su límite se encuentra el punto de control 1 a partir del cual dio inicio el tránsito, debido a esto la velocidad de tránsito en esta subcuenca dio igual a la velocidad de flujo de la misma: $Vcuenca = \frac{L}{Tc} = \frac{4270m}{28.4790min} = 149.93 \, m/min$

Se corrigieron los parámetros del tránsito para adoptar tiempos regulares los cuales serán empleados en el cálculo del caudal en el punto de control 2.

Tabla 25. Calculo de los parámetros del tránsito.

SUB	Vcuenca	Vtransito	Ltransito	ŀ	<	tp	t >	2XK	Х	C0	C1	C2	SUMA
CUENCA	m/min	m/min	m	min	horas	min	min	min					Ì
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Paráme	tro de tran	sito de	l punto	de con	trol 1 a	l punt	o de c	ontrol 2			
VA-1	149.93	149.93	2,598	17.33	0.29	28.48	14.24	6.93	0.20	0.1742	0.5045	0.3213	1
	Parámetro de transito corregidos												
VA-1	149.93	149.93	2,598	17.33	0.29	28.48	15.00	6.93	0.20	0.1889	0.5133	0.2978	1

Elaboración propia de Autores

Si el tiempo de transito se cambió, hay que corregir el Hidrograma sintético triangular a transitar conservando los tres puntos que forman el Hidrograma sintético triangular determinado en el cálculo del caudal racional; los caudales generados por el tiempo de transito se deberán que interpolar, o sea:

Tabla 26. Hidrograma corregido a transitar A-1

a zon narograma con	ogiao a transito
t=	15.00
t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00
15.00	0.17
28.48	0.32
30.00	0.30
45.00	0.13
56.96	0.00

A continuación se presenta la gráfica del Hidrograma sintético a transitar:

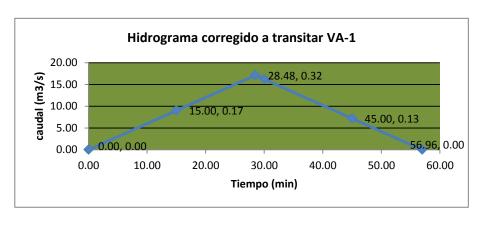


Ilustración 14

Secuencia Del Método Tránsito De Avenidas.

El procedimiento se realizó de aguas arriba hacia aguas abajo partiendo del primer punto de control y utilizando el hidrograma triangular sintético en este punto. Se determinaron los caudales de entrada y salida en un instante antes del tránsito y al momento del tránsito.

Luego se sumó el hidrograma transitado y el hidrograma triangular sintético de la subcuenca VA-1 hacia el segundo punto. Los hidrogramas suma se obtuvieron colocando los tiempos de los hidrogramas a sumar en orden cronológico ascendente con su respectivo caudal.

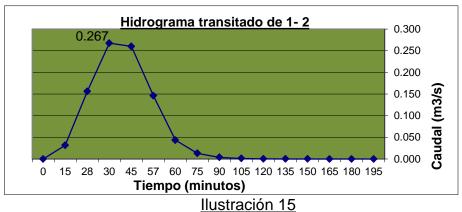
Transito del Hidrograma.

En la columna 7, caudal de entrada al momento del tránsito (I2), se pone los caudales con su correspondiente tiempo del Hidrograma a transitar. En las columnas 5 y 6, caudal de entrada un instante antes del tránsito (I1) y caudal de salida un instante antes del tránsito (O1), se ubican los caudales de las columnas 7 y 8, caudal de entrada al momento del tránsito (I2) y caudal de salida al momento del tránsito (O2), pero en un tiempo correspondiente anterior. Para el cálculo del caudal de salida al momento del tránsito (O2) se aplica la ecuación del tránsito, o sea: O2= C0 I2 + C1 I1 + C2 O1. El transito del Hidrograma a transitar se termina cuando el caudal de salida al momento del tránsito (O2) sea cero, o sea que todo el caudal producido por la cuenca VA-1 ha pasado por el punto de control 2.

Tabla 27. Tránsito desde punto de control 1 al 2

	Hidrograma VA-1 en el punto 1 transitado al 2										
K=	17.33		t=	15.00							
C0=	0.1889	C1=	0.5133	C2=	0.2978						
t				antes de	el transito	momento	del transito				
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	01	12	02				
1	2	3	4	5	6	7	8				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
15.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.032				
28.48	0.06	0.09	0.01	0.17	0.03	0.32	0.156				
30.00	0.06	0.16	0.05	0.32	0.16	0.30	0.267				
45.00	0.03	0.16	0.08	0.30	0.27	0.13	0.260				
56.96	0.00	0.07	0.08	0.13	0.26	0.00	0.146				
60.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.15	0.00	0.044				
75.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.013				
90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.004				
105.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001				
120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
135.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
165.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				

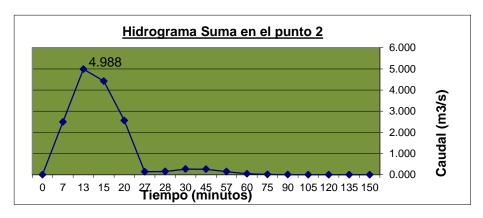
En la tabla anterior se presentó el hidrograma transitado del punto de control 1 al punto de control 2, a continuación se presenta la gráfica de este hidrograma transitado, en el cual se puede observar el comportamiento de los caudales transitado vs el tiempo de concentración. En este tránsito se obtuvo un caudal máximo de 0.267 m3/s en un tiempo de 30 minutos.



Se procedió la suma del hidrograma transitado anterior con el hidrograma de la subcuenca VA-2, Para obtener el Hidrograma resultante en el punto de control 2 o punto de cierre de la cuenca se deberán de sumar los caudales del Hidrograma transitado y el Hidrograma de aporte de la subcuenca VA-2 con un tiempo de llegada igual, o sea sumar caudales con tiempos iguales. Por lo tanto se deberá ordenar los tiempos de forma descendente (columna 1). Los caudales generados por el tiempo que no corresponda a su Hidrograma se deberán que interpolar, o

sea:

Hidrogi	rama Suma: Transitado d	el 1 al 2 y Hidrogram	a VA-2
t	Hidrograma Transitado	Hidrograma de A-2	Suma
min	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	2	3	4
0.00	0.00	0.00	0.000
6.73	0.01	2.48	2.494
13.45	0.03	4.96	4.988
15.00	0.03	4.39	4.421
20.18	0.08	2.48	2.559
26.91	0.14	0.00	0.142
28.48	0.16		0.156
30.00	0.27		0.267
45.00	0.26		0.260
56.96	0.15		0.146
60.00	0.04		0.044
75.00	0.01		0.013
90.00	0.00		0.004
105.00	0.00		0.001
120.00	0.00		0.000
135.00	0.00		0.000
150.00	0.00		0.000



<u>Ilustración 166</u>

En el gráfico del hidrograma suma, se observa el comportamiento de los caudales en el punto de control 2, obteniendo un caudal máximo probable de tránsito de 4.988 m3/s en un tiempo de 30 minutos. Este sería el caudal de diseño para una obra de cruce ubicada en el punto de control 2.

Los cálculos anteriormente presentados corresponden al comportamiento del régimen hidrológico de la cuenca para un periodo de retorno de 50 años correspondiente al periodo de retorno de diseño que se seleccionó para este proyecto, de lo cual se hizo mención con anterioridad. Todo este procedimiento efectuado en el estudio hidrológico también se realizó para periodos de 25 y 100 años para evaluar mediante el caudal obtenido el comportamiento del flujo del agua en el canal durante condiciones mínimas y eventos mayores.

<u>Tabla 28.Hidrogramas triangulares</u> para un Tr=25 años

<u>para un 11–23 anos</u>									
HIDROGRAMA TRIANGULAR									
SINTÉTICO									
Hidrogr	Hidrograma VA- Hidrograma VA-								
	1		2						
t=tc/2=	14.24	t=tc/2=	6.73						
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)						
0.00	0.00	0.00	0.00						
14.24	0.14	6.73	2.23						
28.48	0.29	13.45	4.46						
42.72	0.14	20.18	2.23						
56.96	0.00	26.91	0.00						

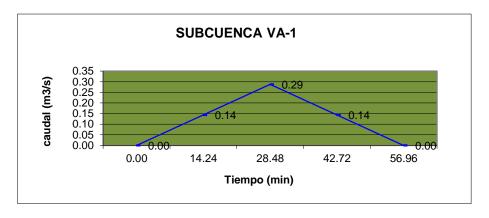
Tabla 29.Hidrogramas triangulares
para un Tr=100 años

<u>para un 11=100 anos</u>									
HIDROGRAMA TRIANGULAR									
SINTÉTICO									
Hidrogr	ama VA-	Hidrogr	ama VA-						
	1		2						
t=tc/2=	14.24	t=tc/2=	6.73						
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)						
0.00	0.00	0.00	0.00						
14.24	0.18	6.73	2.75						
28.48	0.35	13.45	5.51						
42.72	0.18	20.18	2.75						
56.96	0.00	26.91	0.00						

Elaboración Propia de Autores

A continuación se presentan los resultados después de aplicar el tránsito de avenida con la variante de Muskingum para determinar caudales para periodos de retorno de 25 y 100 años. Es importante destacar que los parámetros del tránsito para ambos periodos de retorno fueron los mismos utilizados para el periodo de diseño de 50 años, puesto a no variar las características físicas de la cuenca.

Hidrograma Triangular sintético Tr= 25 años



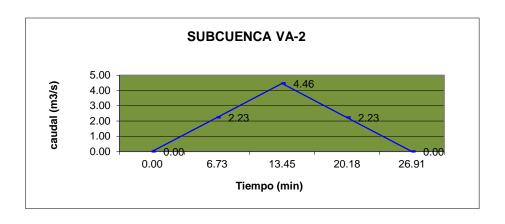


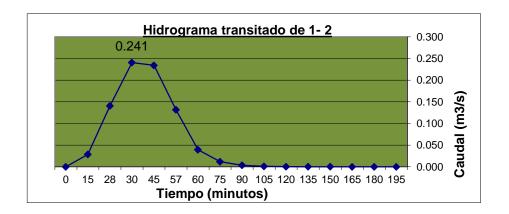
Tabla 30.Tránsito desde punto de control 1 al 2 para un TR=25 años

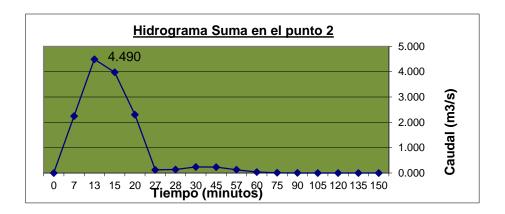
	Hidrograma A-1 en el punto 1 transitado al 2										
K=	17.33		t=	15.00							
C0=	0.1889	C1=	0.5133	C2=	0.2978						
t				antes de	el transito	momento	del transito				
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I 1	01	12	02				
1	2	3	4	5	6	7	8				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
15.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.029				
28.48	0.05	0.08	0.01	0.15	0.03	0.29	0.140				
30.00	0.05	0.15	0.04	0.29	0.14	0.27	0.241				
45.00	0.02	0.14	0.07	0.27	0.24	0.12	0.234				
56.96	0.00	0.06	0.07	0.12	0.23	0.00	0.132				
60.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.13	0.00	0.039				
75.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.012				
90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.003				
105.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001				
120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
135.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
165.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				
195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000				

Tabla 31.Hidrograma suma para un TR=25 años

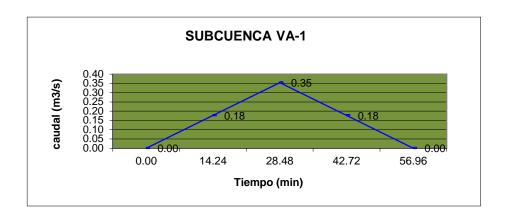
Hidrog	Hidrograma Suma: Transitado del 1 al 2 y Hidrograma VA-2									
t	Hidrograma Transitado	Hidrograma de A-2	Suma							
min	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)							
1	2	3	4							
0.00	0.00	0.00	0.000							
6.73	0.01	2.23	2.245							
13.45	0.03	4.46	4.490							
15.00	0.03	3.95	3.980							
20.18	0.07	2.23	2.304							
26.91	0.13	0.00	0.127							
28.48	0.14		0.140							
30.00	0.24		0.241							
45.00	0.23		0.234							
56.96	0.13		0.132							
60.00	0.04		0.039							
75.00	0.01		0.012							
90.00	0.00		0.003							
105.00	0.00		0.001							
120.00	0.00		0.000							
135.00	0.00		0.000							
150.00	0.00		0.000							

Hidrograma Transitado Y Suma De Hidrogramas Tr= 25 Años





Hidrograma Triangular sintético Tr= 100 años



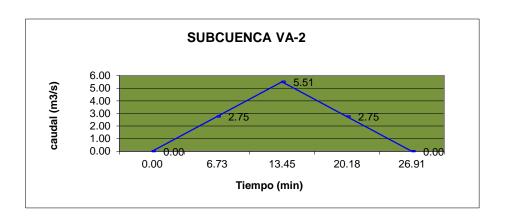


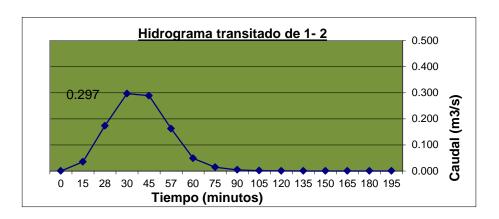
Tabla 32.Tránsito desde punto de control 1 al 2 para un TR=100 años

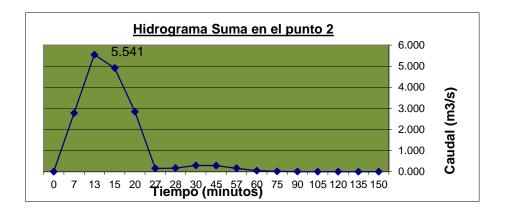
Hidrograma A-1 en el punto 1 transitado al 2										
K=	17.33		t=	15.00						
C0=	0.1889	C1=	0.5133	C2=	0.2978					
t				antes o	del trans	moment	o del trans			
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	01	12	02			
1	2	3	4	5	6	7	8			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000			
15.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.035			
28.48	0.07	0.10	0.01	0.19	0.04	0.35	0.173			
30.00	0.06	0.18	0.05	0.35	0.17	0.34	0.297			
45.00	0.03	0.17	0.09	0.34	0.30	0.15	0.289			
56.96	0.00	0.08	0.09	0.15	0.29	0.00	0.162			
60.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.16	0.00	0.048			
75.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.014			
90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.004			
105.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001			
120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000			
135.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000			
150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000			
165.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000			
180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000			
195.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000			

Tabla 33.Hidrograma suma para un TR=100 años.

Hidrog	rama Suma: Transitado d	el 1 al 2 y Hidrogram	a VA-2
t	Hidrograma Transitado		
min	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	2	3	4
0.00	0.00	0.00	0.000
6.73	0.02	2.75	2.770
13.45	0.03	5.51	5.541
15.00	0.04	4.88	4.911
20.18	0.09	2.75	2.843
26.91	0.16	0.00	0.157
28.48	0.17		0.173
30.00	0.30		0.297
45.00	0.29		0.289
56.96	0.16		0.162
60.00	0.05		0.048
75.00	0.01		0.014
90.00	0.00		0.004
105.00	0.00		0.001
120.00	0.00		0.000
135.00	0.00		0.000
150.00	0.00		0.000

Hidrograma transitado y suma de hidrogramas Tr= 100 años





5.4 Estudio Hidráulico.

5.4.1 Modelación del cauce natural La Sardinera, mediante HEC-RAS. Características geométricas e hidráulicas del modelo.

Para construir el modelo del Cauce La Sardinera en el programa HEC-RAS se contó con el levantamiento topográfico de un tramo de 276 m, que cubre 136 m aguas arriba y 140 m aguas abajo a partir del punto de cierre considerado para el estudio. La longitud del tramo fue definida en función de las características hidráulicas del cauce y resultó suficiente para el modelado hidráulico. La corta extensión del tramo tanto aguas abajo como aguas arriba del punto de cierre responde a lo inaccesible de la sección del cauce. A partir del levantamiento topográfico, realizado mediante una combinación de perfiles perpendiculares al cauce y el levantamiento de una nube puntos en las inmediaciones del río, se elaboró un plano topográfico detallado con curvas de nivel y se generó una superficie tridimensional del cauce.

A partir de la superficie tridimensional digital se generaron secciones transversales que conformaron el modelo hidráulico final del cauce La Sardinera.

5.4.2 Simulación en HEC-RAS

Para realizar la simulación hidráulica del cauce las Américas IV mediante el programa HEC-RAS se ingresaron en el sistema los datos geométricos de las secciones transversales así como los datos del flujo en el cauce desde aguas arriba hacia aguas abajo. Además se evaluó el comportamiento del flujo a partir de los caudales obtenidos para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

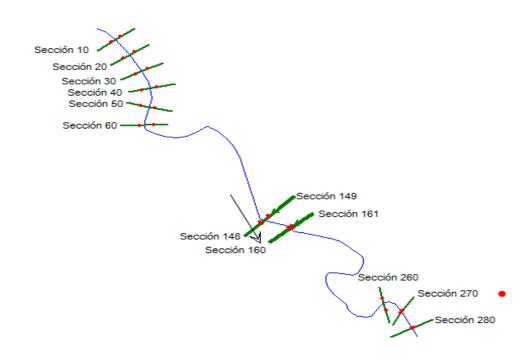
En el sistema se definió simular el flujo en condición permanente puesto a ser el caudal máximo constante a través del tramo del canal en consideración con un régimen subcrítico, lo cual estuvo en dependencia de las pendientes del cauce. Los datos geométricos del canal fueron levantados directamente del campo (Ver anexos planos de planimetría, perfiles y secciones del cauce natural).

Características del Cauce								
Estación aguas abajo	0+010							
Estación de obra de cruce	0+154.5							
Estación aguas arriba	0+280							
Coeficientes de ru	gosidad (Manning)							
Fondo del Cauce	0,04695							
Bordes del Cauce	0,0431							
Condicione	s de caudal							
Q25años	4.490 m3/s							
Q50años	4.988 m3/s							
Q100años	5.541 m3/s							

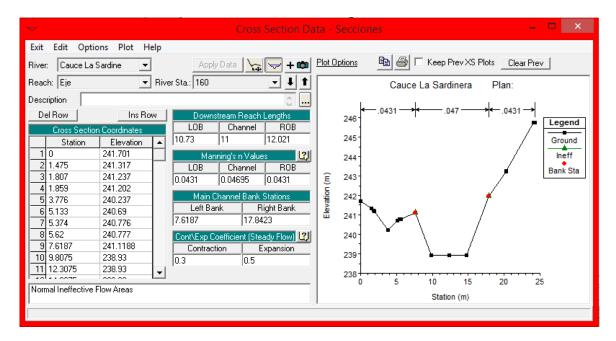
1. Ingreso de Datos Geométricos.

Para ingresar los datos geométricos del canal se hizo la exportación de las secciones del cauce natural realizadas mediante el programa Civil 3D (ver plano 01 y 02)

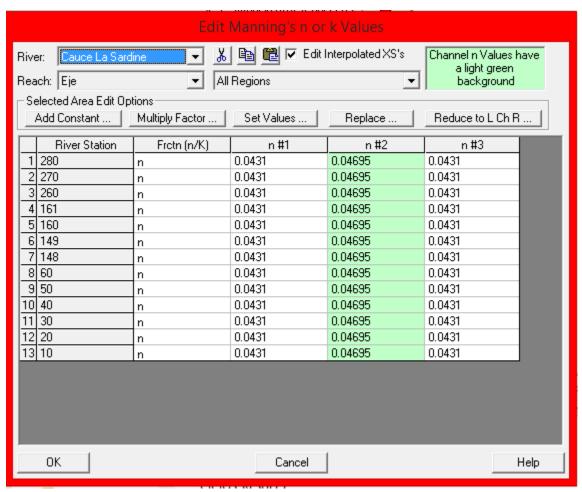
Secciones a lo largo del cauce



Sección 160

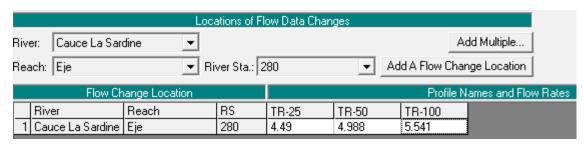


2. Ingreso de coeficientes de manning:



3. Ingreso de condiciones del flujo:

Se realizó el análisis del flujo para condición subcrítica en el extremo aguas abajo (Downstream), se evaluó para un régimen subcrítico por presentar una pendiente suave, esta condición de flujo se adoptó para los caudales de los tres periodos de retorno 25 y 100 años como parte de evaluación y el periodo de 50 años para diseño. En la figura se observan los valores que se ingresaron para este contorno del flujo. Es importante destacar los valores S corresponden a la pendiente del primer tramo aguas arriba del cauce.



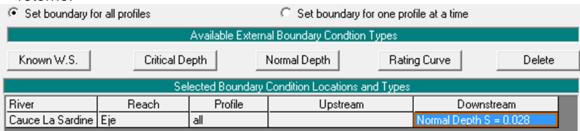
Definiendo la pendiente del tramo el programa calcula la profundidad normal del flujo. El valor de S correspondiente a la pendiente de la sección aguas abajo (Downstream) se estimó conociendo las cotas mínimas de las secciones en el fondo de cauce y la distancia entre los tramos.

Último tramo aguas Abajo:

$$S = \frac{\cot a \min secci\'on 20 - \cot a \min secci\'on 10}{dist \ entre \ secci\'ones}$$

$$S = \frac{233.85m - 233.57m}{10m} = 0.028$$

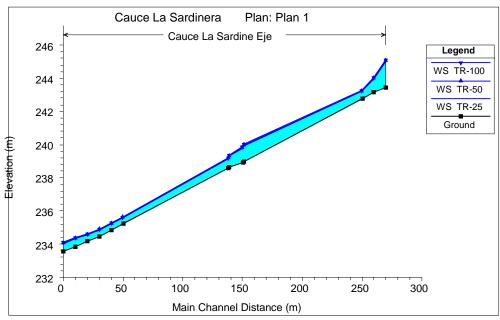
Luego se procedió a ingresar los caudales obtenidos en diferentes periodos de retorno:



4. Ejecución de modelo hidráulico:

Una vez creado el plan en HEC-RAS con las condiciones elegidas para efectuar el análisis se ejecutó la simulación a continuación se muestran el comportamiento del flujo de agua en el Cauce La Sardinera durante los periodos de retorno de 25, 50 y 100 años:

(Ver Secciones en Anexos)
Resultado gráfico del perfil de agua en Cauce La Sardinera.



Perspectiva en 3D Cauce La Sardinera.

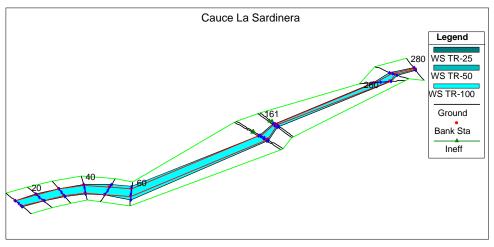


Tabla 34. Resumen de resultados de simulación hidráulica del Cauce La Sardinera.

Tabla 34. Nesumen de resultados de simulación midradica del Cade La Saldinera.											
Estación	Perfil	Q Total	Min Elev.	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Pendiente	Vel en canal	Área hidráulica	Ancho Superior	Froude # Canal
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0+280	TR-25	4.49	243.45	244.97	244.97	245.41	0.04082	2.99	1.59	1.92	0.93
0+280	TR-50	4.99	243.45	245.05	245.05	245.51	0.039181	3.07	1.74	2.01	0.92
0+280	TR-100	5.54	243.45	245.13	245.13	245.61	0.037705	3.15	1.9	2.1	0.91
0+270	TR-25	4.49	243.16	243.94	243.94	244.23	0.021684	2.61	2.03	3.65	0.96
0+270	TR-50	4.99	243.16	243.98	243.98	244.29	0.021252	2.69	2.2	3.77	0.96
0+270	TR-100	5.54	243.16	244.03	244.03	244.35	0.020819	2.77	2.39	3.9	0.96
0+260	TR-25	4.49	242.79	243.21	243.21	243.38	0.030514	1.86	2.48	7.45	1
0+260	TR-50	4.99	242.79	243.24	243.24	243.42	0.029722	1.92	2.67	7.52	1
0+260	TR-100	5.54	242.79	243.27	243.27	243.46	0.028667	1.98	2.89	7.59	0.99
0+161	TR-25	4.49	238.97	239.93	239.93	240.28	0.020224	2.89	1.9	2.84	0.95
0+161	TR-50	4.99	238.97	239.99	239.99	240.36	0.019788	2.97	2.07	2.95	0.95
0+161	TR-100	5.54	238.97	240.05	240.05	240.44	0.019403	3.06	2.26	3.06	0.95
0+160	TR-25	4.49	238.93	239.77	239.77	240.09	0.020723	2.73	1.97	3.17	0.95
0+160	TR-50	4.99	238.93	239.82	239.82	240.15	0.020422	2.82	2.13	3.25	0.95
0+160	TR-100	5.54	238.93	239.87	239.87	240.23	0.020249	2.91	2.3	3.33	0.96
0+149	TR-25	4.49	238.61	239.29	239.12	239.4	0.009546	1.52	3.1	5.51	0.61
0+149	TR-50	4.99	238.61	239.33	239.16	239.45	0.009504	1.58	3.32	5.58	0.62
0+149	TR-100	5.54	238.61	239.37	239.19	239.5	0.009658	1.65	3.53	5.65	0.63
0+148	TR-25	4.49	238.59	239.14	239.14	239.36	0.028239	2.09	2.22	5.34	0.99
0+148	TR-50	4.99	238.59	239.17	239.17	239.4	0.027479	2.16	2.4	5.4	0.99
0+148	TR-100	5.54	238.59	239.21	239.21	239.45	0.026149	2.22	2.6	5.46	0.98

Estación	Perfil	Q Total	Min Elev.	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Pendiente	Vel en canal	Área hidráulica	Ancho Superior	Froude # Canal
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0+060	TR-25	4.49	235.23	235.58	235.58	235.72	0.028409	1.73	2.8	10.34	0.95
0+060	TR-50	4.99	235.23	235.6	235.6	235.75	0.028124	1.79	3.02	10.58	0.96
0+060	TR-100	5.54	235.23	235.62	235.62	235.78	0.027753	1.85	3.26	10.85	0.96
0+050	TR-25	4.49	234.87	235.23	235.23	235.39	0.029266	1.79	2.65	8.94	0.97
0+050	TR-50	4.99	234.87	235.26	235.26	235.42	0.028561	1.85	2.86	9.11	0.97
0+050	TR-100	5.54	234.87	235.28	235.28	235.45	0.02773	1.91	3.1	9.29	0.97
0+040	TR-25	4.49	234.48	234.86	234.86	235.04	0.029924	1.87	2.46	7.17	0.99
0+040	TR-50	4.99	234.48	234.89	234.89	235.07	0.029249	1.93	2.64	7.22	0.99
0+040	TR-100	5.54	234.48	234.91	234.91	235.12	0.028763	2.01	2.84	7.28	1
0+030	TR-25	4.49	234.16	234.55	234.55	234.74	0.02944	1.93	2.39	6.63	0.99
0+030	TR-50	4.99	234.16	234.58	234.58	234.78	0.02852	1.99	2.58	6.69	0.99
0+030	TR-100	5.54	234.16	234.61	234.61	234.82	0.028015	2.07	2.77	6.75	0.99
0+020	TR-25	4.49	233.85	234.33		234.46	0.016139	1.63	2.86	6.59	0.76
0+020	TR-50	4.99	233.85	234.36		234.5	0.015905	1.69	3.07	6.65	0.76
0+020	TR-100	5.54	233.85	234.39		234.54	0.015629	1.75	3.3	6.72	0.77
0+010	TR-25	4.49	233.57	234.03	234.03	234.24	0.028004	2.06	2.27	5.6	0.99
0+010	TR-50	4.99	233.57	234.06	234.06	234.29	0.027363	2.13	2.44	5.66	0.99
0+010	TR-100	5.54	233.57	234.1	234.1	234.33	0.026747	2.2	2.63	5.73	0.99

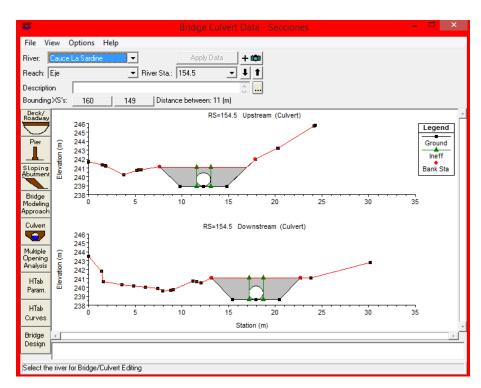
5.4.3 Evaluación de alternativas

En base a los resultados obtenidos de la simulación de HEC-RAS, procedemos a realizar la propuesta de posibles soluciones. A continuación se presentan los resultados y análisis de alternativas evaluadas.

5.4.3.1 Alternativa 1: Alcantarilla Circular de Ø 60"

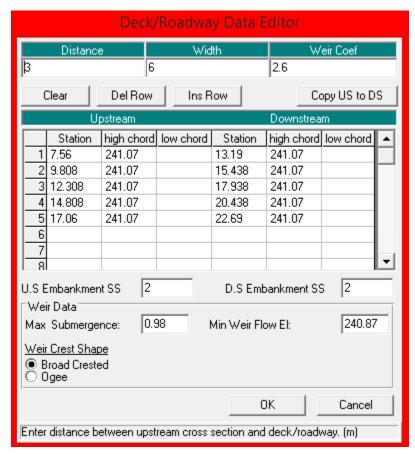
En esta primera alternativa se propone colocar una alcantarilla circular de diámetro 60" para ver si al paso de agua esta no se desborda y logra soportar el caudal de diseño calculado anteriormente.

Se realizó una nueva simulación de las condiciones del cauce ahora tomando en cuenta esta alternativa donde se obtuvieron los siguientes resultados.

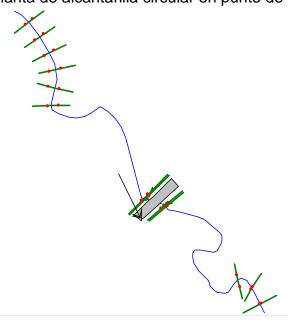


Introducción de alcantarilla.

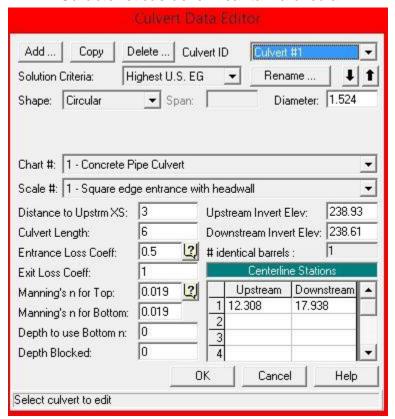
Tablero de la alcantarilla y Geometría de la Vía.



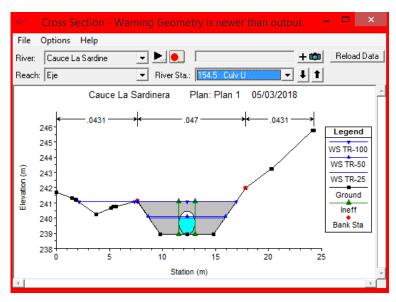
Vista en planta de alcantarilla circular en punto de interés



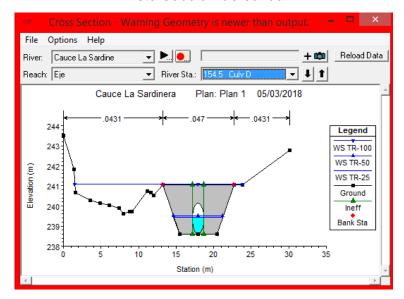
Características de la Alcantarilla circular



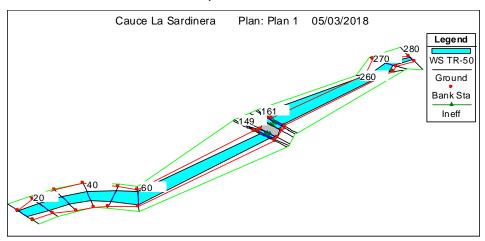
Vista sección de entrada



Vista sección de salida



Modelo después de la simulación



Al analizar esta propuesta, se observa que el caudal hidrológico de diseño es menor que el caudal que soporta la alcantarilla circular, por lo cual es suficiente con una alcantarilla. Se puede concluir que el caudal hidrológico de 4.988 m3/s en una sección de la obra de cruce se puede instalar una alcantarilla de 60 pulgadas de diámetro. Sin embargo cabe destacar que para el caudal correspondiente al periodo de retorno de 100 años no es suficiente provocándose desbordamientos.

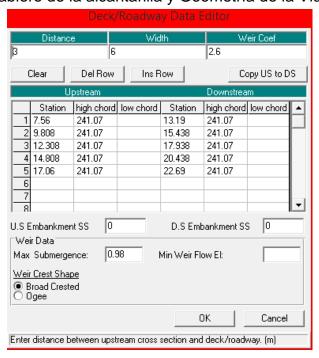
5.4.3.2 Alternativa 2: Alcantarilla Cuadrada de 60"x60"

En esta segunda alternativa se propone colocar una alcantarilla cuadrada de 60"x60" para ver si al paso de agua esta no se desborda y logra soportar el caudal de diseño calculado anteriormente.

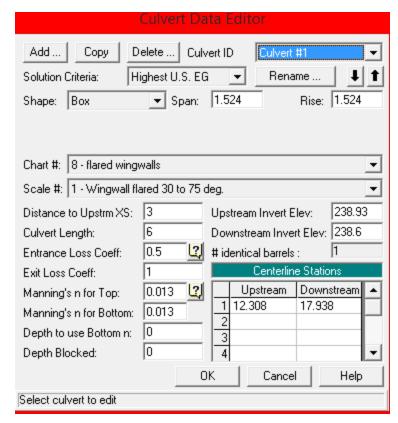
View Options Help River: Reach: Eje ▼ River Sta.: 154.5 Description Bounding XS's: 149 Distance betw RS=154.5 Upstream (Culvert) Ground Ineff Bank Sta 246 245 244 243 242 241 240 239 238 RS=154.5 Downstream (Culvert) 246 245 244 243 242 HTab Param 241 240 HTab 20 Station (m) Select the river for Bridge/Culvert Editing

Introducción de alcantarilla.

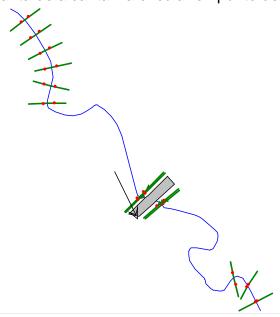
Tablero de la alcantarilla y Geometría de la Vía.



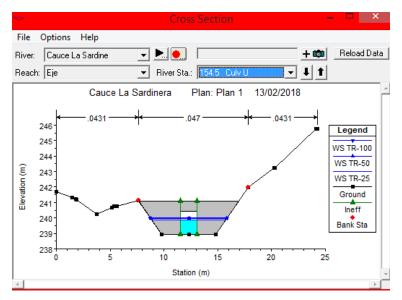
Características de la Alcantarilla Cuadrada.



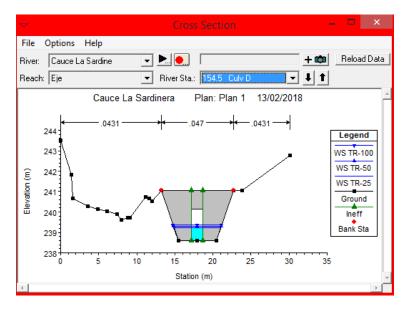
Vista en planta de alcantarilla circular en punto de interés



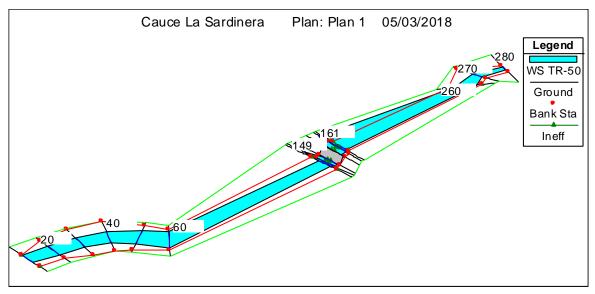
Vista sección de entrada



Vista sección de salida



Modelo después de la simulación

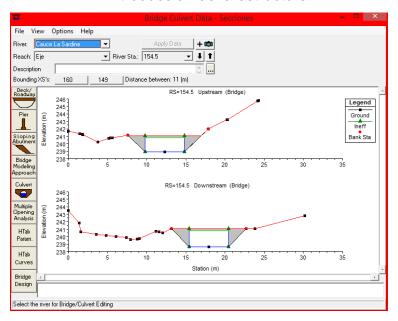


Se realizó una nueva simulación de las condiciones del cauce ahora tomando en cuenta esta nueva alternativa donde se obtuvieron los siguientes resultados. Al analizar esta nueva propuesta, se observa que el caudal de diseño es menor que el caudal que soporta la alcantarilla cuadrada, por lo tanto se considera eficiente colocar una alcantarilla de este tipo. Se puede concluir que en la obra de cruce se puede instalar una alcantarilla de 60x60 pulgadas.

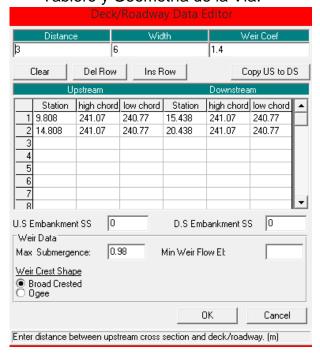
5.4.3.3 Alternativa 3: Puente Losa.

En esta tercera alternativa se propone colocar un puente losa.

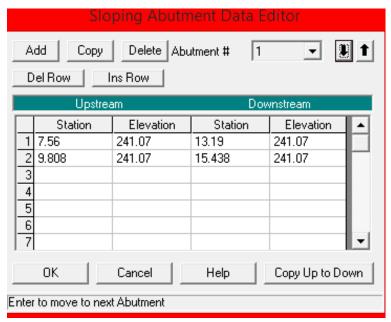
Se realizó una nueva simulación donde se obtuvieron los siguientes resultados Introducción de la estructura.

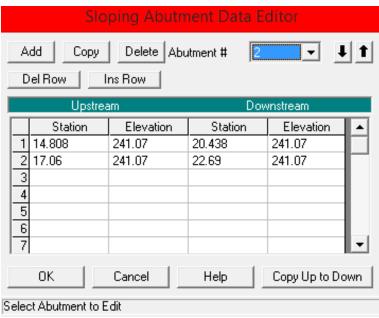


Tablero y Geometría de la Vía.

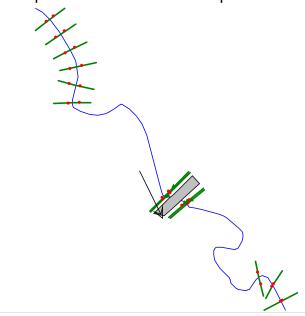


Características de Estribos.

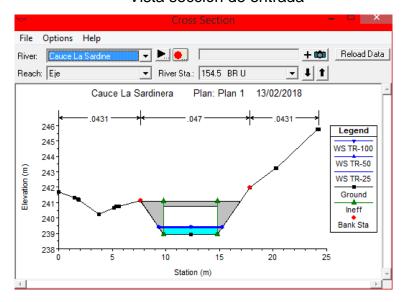




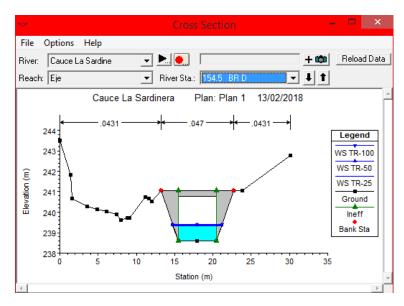
Vista en planta de la estructura en punto de interés



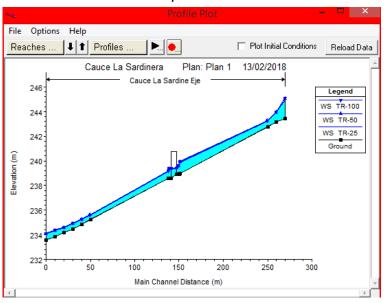
Vista sección de entrada



Vista sección de salida



Modelo después de la simulación



Se observa que el caudal hidrológico en ninguno de los periodos de retorno desborda la alternativa planteada en este caso.

Debido a que las tres alternativas cumplen hidráulicamente drenando satisfactoriamente el caudal de diseño calculado, se procederá a elegir la obra que sea más aceptable desde el punto de vista más económico.

5.4.4 Estimación de costo base de alternativas.

Una vez elaborados los estudios y los diseños de las propuestas de obra de cruce, se procedió a estimar los volúmenes o cantidades de obras y el presupuesto de costo de los mismos.

Para elaborar este presupuesto las cantidades de obra fueron tomadas en base al manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor del MTI, tomando en cuenta los detalles típicos constructivos de las alcantarillas, los resultados fueron obtenidos con el software Excel, para el costo de los materiales y transporte se realizaron cotizaciones con CONCRENIC, Concretera Total y diferentes ferreterías, para los costos de mano de obra utilizamos la guía de costos unitarios primarios y complejos del FISE 2017.

5.4.4.1 Alternativa 1: Alcantarilla Circular de Ø 60"

			C	OSTOS U	NITARIOS (C\$)		COSTO	S TOTALES (C	5)
Concepto	U/m	Cant.	Material es	Mano de Obra	Transporte	Costo Unitario	Materiales	Mano de Obra	Transporte	Costo Total
PRELIMINARES							171.864	221.76	133.98	527.604
LIMPIEZA INICIAL	M^2	46.2	1.80	2.35	0.55	4.70	83.16	108.57	25.41	217.14
TRAZO Y NIVELACIÓN	M^2	46.2	1.92	2.45	2.35	6.72	88.70	113.19	108.57	310.46
MOVIMIENTO DE TIERRA							9,748.25	23,730.88	978.79	34,457.92
CORTE DE TERRENO NATURAL	M^3	87.99	45.00	93.91	3.38	142.29	3,959.55	8,263.15	297.41	12,520.11
MEJORAMIENTO CON MATERIAL SELECTO	M^3	35.703	50.00	250.41	3.45	303.86	1,785.15	8,940.28	123.18	10,848.61
BOTAR MATERIAL DE EXCAVACIÓN	M^3	114.387	35.00	57.06	4.88	96.94	4,003.55	6,527.45	558.21	11,089.20
CONCRETO							50,821.10	94,937.73	244.93	146,003.76
CABEZALES (ENTRADA Y SALIDA)	M ³	10.696	1,318.60	2,688.60	6.78	4,013.98	14,103.75	28,757.30	72.52	42,933.56
ALETONES (ENTRADA Y SALIDA)	M ³	14.713	1,334.26	3,306.38	6.78	4,647.42	19,630.97	48,646.83	99.75	68,377.55
LOSA-CORTINA (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	5.277	1,599.20	2,500.61	6.78	4,106.59	8,438.98	13,195.72	35.78	21,670.47
DIENTE CORTINA (ENTRADA Y SALIDA)	M ³	5.439	1,589.89	797.55	6.78	2,394.22	8,647.41	4,337.88	36.88	13,022.17
TUBERÍA							27,268.35	19,248.42	11,000.00	57,516.77
TUBERÍA DE Ø 60" (LONGITUD DE 000 M)	UND.	5	5,453.67	3,849.68	2,200.00	11,503.35	27,268.35	,	11,000.00	57,516.77
	Costo Directo (C\$)							238,506.05		
									ndirectos 3%	7,155.18
									ıb total A 15%	245,661.23 36,849.18
									Municipal 1%	2,456.61
									TOTAL (C\$)	284,967.03

5.4.4.2 Alternativa 2: Alcantarilla Cuadrada de 60"x60"

			C	OSTOS UNIT	TARIOS (C\$)		COSTOS TOTALES (C\$)				
Concepto	U/m	Cant.	Materiales	Mano de Obra	Transporte	Costo Unitario	Materiale s	Mano de Obra	Transport e	Costo Total	
PRELIMINARES							171.864	221.76	133.98	527.604	
LIMPIEZA INICIAL	M^2	46.2	1.8	2.35	0.55	4.7	83.16	108.57	25.41	217.14	
TRAZO Y NIVELACIÓN	M^2	46.2	1.92	2.45	2.35	6.72	88.70	113.19	108.57	310.46	
MOVIMIENTO DE TIERRA							9,471.00	22,342.38	959.66	32,773.03	
CORTE DE TERRENO NATURAL	M^3	87.99	45	93.91	3.38	142.2901	3,959.55	8,263.15	297.41	12,520.11	
MEJORAMIENTO CON MATERIAL SELECTO	M^3	30.158	50	250.41	3.45	303.8571	1,507.90	7,551.78	104.05	9,163.72	
BOTAR MATERIAL DE EXCAVACIÓN	M^3	114.387	35	57.06	4.88	96.9446	4,003.55	6,527.45	558.21	11,089.20	
CONCRETO							50,821.10	94,937.73	244.93	146,003.76	
CABEZALES (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	10.696	1318.6	2688.60	6.78	4,013.98	14,103.75	28,757.30	72.52	42,933.56	
ALETONES (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	14.713	1334.26	3306.38	6.78	4,647.42	19,630.97	48,646.83	99.75	68,377.55	
LOSA-CORTINA (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	5.277	1599.2	2500.61	6.78	4,106.59	8,438.98	13,195.72	35.78	21,670.47	
DIENTE CORTINA (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	5.439	1589.89	797.55	6.78	2,394.22	8,647.41	4,337.88	36.88	13,022.17	
TUBERÍA							81,043.50	11,549.05	11,000.00	103,592.55	
TUBERÍA DE 60"X60" (LONGITUD DE 6 M)	UND.	3.00	27,014.50	3,849.68	3,666.67	34,530.85	810,43.50	11,549.05	11,000.00	103,592.55	

Costo Directo (C\$)	282,896.95
Costos Indirectos 3%	8,486.91
Sub total	291,383.85
IVA 15%	43,707.58
Impuesto Municipal 1%	2,913.84
COSTO TOTAL (C\$)	338,005.27

5.4.4.3 Alternativa 3: Puente Losa.

Concento	U/m	Cont	COS	STOS UNI	TARIOS	(C\$)	COSTOS TOTALES (C\$)				
Concepto	U/III	Cant.	Mat.	M/O	Transp.	C.Unit.	Mat.	M/O	Transp.	C. Total	
PRELIMINARES							290.16	374.4	226.2	890.76	
LIMPIEZA INICIAL	M^2	78.00	1.80	2.35	0.55	4.70	140.40	183.30	42.90	366.60	
TRAZO Y NIVELACIÓN	M^2	78.00	1.92	2.45	2.35	6.72	149.76	191.10	183.30	524.16	
MOVIMIENTO DE TIERRA							35,173.99	80,652.60	3,592.40	119,419.00	
CORTE DE TERRENO NATURAL	M^3	334.93	45.00	93.91	3.38	142.29	15,071.99	31,453.59	1,132.07	47,657.65	
MEJORAMIENTO CON MAT. SELECTO	M^3	97.25	50.00	250.41	3.45	303.86	4,862.55	24,352.34	335.52	29,550.41	
BOTAR MATERIAL DE EXCAVACIÓN	M^3	435.41	35.00	57.06	4.88	96.94	15,239.46	24,846.67	2,124.82	42,210.94	
CONCRETO							63,941.21	108,698.38	300.97	192,661.76	
CABEZALES (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	10.91	1,318.60	2,688.60	6.78	4,013.98	14,389.88	29,340.73	73.99	43,804.60	
ALETONES (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	14.71	1,334.26	3,306.38	6.78	4,647.42	19,630.97	48,646.83	99.75	68,377.55	
LOSA-CORTINA (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	9.25	1,599.20	2,500.61	6.78	4,106.59	14,784.60	23,118.14	62.68	37,965.42	
DIENTE CORTINA (ENTRADA Y SALIDA)	M^3	8.24	1,589.89	797.55	6.78	2,394.22	13,095.92	6,569.43	55.85	19,721.20	
VIGA CORONA	M^3	2.52	1,589.89	797.55	6.78	2,394.22	4,006.52	2,009.83	17.09	6,033.44	
LOSA	M^3	7.00	1,589.89	797.55	6.78	2,394.22	11,129.23	5,582.86	47.46	16,759.55	
ACERO							23,180.34	3,211.12	2,583.60	28,975.06	
ACERO CORONA VARILLAS 1/2"	QQ	2.61	708.70	501.56	120.00	1,330.26	1,849.71	1,309.07	313.20	3,471.98	
ACERO ESTRIBOS DE CORONA VAR.3/8"	QQ	4.00	604.35	238.80	120.00	963.15	2,417.40	955.20	480.00	3,852.60	
ACERO LONGITUDINAL LOSA VAR 1/2"	QQ	4.47	708.70	50.16	120.00	878.86	3,167.89	224.20	536.40	3,928.49	
ACERO TRANSVERSAL LOSA VAR 1/2"	QQ	4.20	708.70	50.16	120.00	878.86	2,976.54	210.66	504.00	3,691.20	
ACERO BARANDA TUBO 2"	C/U	4.00	1,214.30		75.00	1,340.50		204.80	300.00	5,362.00	
ACERO BARANDA TUBO 2 1/2"	C/U	6.00	1,318.60	51.20	75.00	1,444.80	7,911.60	307.20	450.00	8,668.80	

 Costo Directo (C\$)
 341,946.57

 Costos Indirectos 3%
 10,258.40

 Sub total
 352,204.97

 IVA 15%
 52,830.75

 Impuesto Municipal 1%
 3,522.05

 COSTO TOTAL (C\$)
 408,557.77

Anteriormente se muestra la estimación de costos de las diferentes alternativas, por lo cual la propuesta de una alcantarilla de 60" de diámetro sería la más aceptable desde el punto de vista económico.

Con el debido mantenimiento de esta propuesta, se asume que la problemática será eliminada.

Dicha estimación de costos incluye: cantidades de materiales, equipos, mano de obra calificada y transporte para su realización.

5.5 Diseño Geométrico.

5.5.1 Parámetros Considerados en el Diseño Vial.

Vida del Proyecto:	Tanto las obras de drenaje como la de revestimiento con un debido mantenimiento del mismo se estima en 20 años. Algunos elementos como las construcciones de concreto pueden estimarse de manera aislada en 50 años de vida útil.
Velocidad de Diseño:	La velocidad de diseño para calles es de 10 - 20 Km./hora.
Vehículo de Diseño:	El vehículo de diseño del proyecto es el HS-20-44 cual tiene un peso de 5 toneladas por eje trasero, estimando esta carga y relacionándola con las capacidades deformación de las capas que conformarían la capa de rodamiento se definen los espesores requeridos en la misma.
Tránsito:	Para efectos de diseño se ha estimado un tránsito promedio diario de 250 vehículos comerciales.

5.5.2 Sección Típica

La sección típica de calle estará conformada por los siguientes elementos:

Derecho de vía, Carril, Calzada, andén, espesores de la capa estructural, Bordillo, Caite estos dos últimos conforman lo que es la cuneta.

Las dimensiones de cada uno de estos elementos se determinaron en cada estudio:

En el estudio topográfico se determinó el ancho del derecho de vía y el tipo de terreno.

Derecho de vía= 15 metros

En el estudio de transito se determinó el ancho de carril

Ancho de carril= 3.05 metros

En el diseño de pavimento se determinó los espesores de la estructura de pavimento

Adoquín= 10 centímetros

Cama de arena= 5 centímetros

Base= 11 centímetros

Sub-base= 14 centímetros

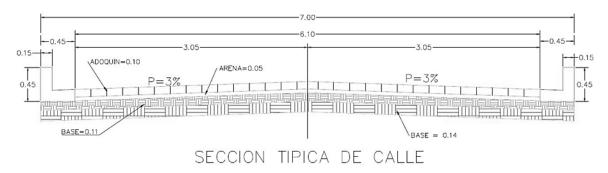
En el diseño hidráulico se determinaron las dimensiones de la cuneta

Bordillo + caite = 45 centímetros

Espalda de bordillo= 30 centímetros

Ancho de bordillo= 15 centímetros

Con todos estos datos se dibujó la sección típica de calle quedando de la siguiente manera mostrada en la figura:



5.5.3 Cálculo de movimiento de tierra

El cálculo de movimiento de tierra fue desarrollado en base a la información de la modulación digital del terreno natural y los nuevos niveles de acuerdo a los diseños de la vía.

La información que se procesa en la computadora para definir trazados en ambiente de AutoCAD Civil 3D también puede generar archivos que perfectamente pueden trabajar en las hojas de cálculo electrónico EXCEL.

Para el cálculo de los volúmenes se basa en la información que se registra en cada sección transversal donde se generan áreas positivas y negativas donde por efecto de convención son las de corte y relleno respectivamente. De aquí resultan las estimaciones de los volúmenes totales de corte y de relleno en la subrasante que se muestran a continuación.

<u>Estación</u>	Area Corte (m2)	Volumen Corte (m3)	Vol. Reusable de corte (m3)	Area de relleno (m2)	Vol. de relleno (m3)	Volu. Acum. de corte (m3)	vol. reusable de corte acum(m3)	Vol Acum. de relleno(m3)	Vol. Net. Acum. (m3)
0+020.000	0.6	0	0	0.57	0	0	0	0	0
0+030.000	0.17	3.89	3.89	2.51	15.31	3.89	3.89	15.31	-11.42
0+040.000	1.37	8.12	8.12	3.06	27.34	12.01	12.01	42.65	-30.65
0+050.000	0.64	10.57	10.57	2.13	25.31	22.58	22.58	67.97	-45.39
0+060.000	2.91	18.21	18.21	0.46	12.48	40.78	40.78	80.45	-39.66
0+080.000	6	89.2	89.2	0	4.49	129.98	129.98	84.93	45.05
0+100.000	11.41	174.13	174.13	0	0	304.11	304.11	84.93	219.18
0+120.000	6.92	183.34	183.34	0.06	0.63	487.45	487.45	85.56	401.89
0+140.000	5.34	125.95	125.95	0	0.71	613.41	613.41	86.27	527.13
0+150.000	3.67	45	45	1.65	8.24	658.41	658.41	94.51	563.9
0+160.000	1.29	22.14	22.14	1.43	15.28	680.54	680.54	109.79	570.75
0+180.000	7.93	94.38	94.38	0.02	14.46	774.93	774.93	124.25	650.67
0+200.000	5.75	136.8	136.8	0	0.2	911.73	911.73	124.45	787.28
0+210.000	6.18	59.88	59.88	0	0	971.61	971.61	124.45	847.16

<u>Estación</u>	Area Corte (m2)	Volumen Corte (m3)	Vol. Reusable de corte (m3)	Area de relleno (m2)	Vol. de relleno (m3)	Volu. Acum. de corte (m3)	vol. reusable de corte acum(m3)	Vol Acum. de relleno(m3)	Vol. <u>Net.</u> <u>Acum.</u> (m3)
0+220.000	11.1	90.84	90.84	0	0	1062.45	1062.45	124.45	938
0+240.000	5.1	160.79	160.79	0.05	0.63	1223.23	1223.23	125.08	1098.16
0+250.000	0.39	27.9	27.9	1.44	7.38	1251.13	1251.13	132.46	1118.67
0+260.000	0	2.02	2.02	8.31	46.95	1253.15	1253.15	179.41	1073.74
0+270.000	4.2	19.18	19.18	2.61	54.09	1272.33	1272.33	233.49	1038.84
0+280.000	14.19	85.5	85.5	0.18	15.05	1357.83	1357.83	248.54	1109.29
0+300.000	10.03	238.01	238.01	0	1.89	1595.84	1595.84	250.43	1345.41
0+320.000	0	100.34	100.34	10.64	106.44	1696.18	1696.18	356.87	1339.31
0+340.000	0	0	0	14.93	255.69	1696.18	1696.18	612.56	1083.62
0+360.000	0	0	0	15.53	304.54	1696.18	1696.18	917.09	779.09
0+380.000	0.76	7.55	7.55	3.04	185.68	1703.73	1703.73	1102.77	600.96
0+400.000	0	7.55	7.55	1.98	50.2	1711.28	1711.28	1152.98	558.31
0+420.000	0	0	0	1.06	30.37	1711.28	1711.28	1183.35	527.94
0+440.000	0	0	0	1.01	20.67	1711.28	1711.28	1204.01	507.27

<u>Estación</u>	Area Corte (m2)	Volumen Corte (m3)	Vol. Reusable de corte (m3)	Area de relleno (m2)	Vol. de relleno (m3)	Volu. Acum. de corte (m3)	vol. reusable de corte acum(m3)	Vol Acum. de relleno(m3)	Vol. Net. Acum. (m3)
0+460.000	0.16	1.55	1.55	0.11	11.21	1712.84	1712.84	1215.22	497.62
0+480.000	0.88	10.35	10.35	0.04	1.53	1723.19	1723.19	1216.75	506.43
0+500.000	2.45	33.33	33.33	0.09	1.33	1756.51	1756.51	1218.09	538.43
0+520.000	7.39	98.41	98.41	0	0.9	1854.92	1854.92	1218.99	635.94
0+540.000	6.62	139.99	139.99	0	0	1994.91	1994.91	1218.99	775.93
0+550.000	2.75	46.44	46.44	0.3	1.56	2041.35	2041.35	1220.54	820.81
0+560.000	0.18	14.47	14.47	3.46	19.08	2055.83	2055.83	1239.62	816.2
0+570.000	0	0.9	0.9	7.71	56.33	2056.73	2056.73	1295.96	760.77
0+580.000	0	0	0	10.89	93.57	2056.73	2056.73	1389.52	667.21
0+590.000	0	0	0	11.4	112.09	2056.73	2056.73	1501.61	555.12
0+600.000	0	0	0	9.96	107.31	2056.73	2056.73	1608.92	447.81
0+610.000	0	0	0	8.49	92.69	2056.73	2056.73	1701.61	355.12
0+620.000	0	0	0	10.94	97.37	2056.73	2056.73	1798.99	257.74

<u>Estación</u>	Area Corte (m2)	Volumen Corte (m3)	<u>Vol.</u> Reusable de corte (m3)	Area de relleno (m2)	Vol. de relleno (m3)	Volu. Acum. de corte (m3)	vol. reusable de corte acum(m3)	Vol Acum. de relleno(m3)	Vol. Net. Acum. (m3)
0+640.000	1.9	18.97	18.97	0.97	119.05	2075.7	2075.7	1918.03	157.67
0+660.000	2.49	43.9	43.9	0	9.71	2119.6	2119.6	1927.74	191.85
0+680.000	0	24.93	24.93	3.1	31.04	2144.53	2144.53	1958.79	185.74
0+700.000	0	0	0	2.33	54.36	2144.53	2144.53	2013.15	131.38
0+720.000	0.31	3.08	3.08	0.45	27.79	2147.61	2147.61	2040.94	106.67

5.5.4 Estimación de cantidades de obras y presupuesto de costo.

Una vez elaborados los estudios y los diseños de las obras requeridas para la rehabilitación y mejoramiento de calle, se procedió a estimar los volúmenes o cantidades de obras y el presupuesto de costo de los mismos.

Para elaborar este presupuesto las cantidades de obra fueron tomadas en base a los resultados obtenidos con el software Civil 3D, para el costo de los materiales y transporte se realizaron cotizaciones con diferentes ferreterías mayoristas, para los costos de mano de obra utilizamos la guía de costos unitarios primarios y complejos del FISE 2017.

Estimación de Costo Base de 720m de Adoquinado

			С	ostos	UNITARIOS	(C\$)	(COSTOS TOTALES (C\$)			
CONCEPTO	U/m	Cantidad	Mat.	M/O	Transp. y Equipo	Total	Materiales	M/Obra	Trans. y Equip	Total	
PRELIMINARES	GBL	9,360.00					1	30,415.60	17,014.62	47,430.22	
TRAZO Y NIVELACIÓN	M2	5,040.00	-	1.92	2.35	4.27	1	9,679.60	11,830.62	21,510.22	
TRAZO PARA ADOQUINES	M2	4,320.00	-	4.80	1.20	6.00	ı	20,736.00	5,184.00	25,920.00	
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACIÓN	GBL	1.00					•	1	30,000.00	30,000.00	
MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	GBL	1.00	-	ı	30,000.00	30000.00	•	1	30,000.00	30,000.00	
MOVIMIENTO DE TIERRA	M2	1,335.00					448,398.78	147,029.02	47,648.38	643,076.18	
CORTE Y/O EXCAVACIÓN CON EQUIPO 0.50 MTS	M3	2,147.61	45.00	12.00	3.38	60.38	96,642.45	25,771.32	7,258.92	129,672.69	
RELLENO Y COMPACTACIÓN CON EQUIPO	М3	2,040.94	50.00	15.00	5.34	70.34	102,047.00	30,614.10	10,898.62	143,559.72	
SUB BASE DE BALASTRE 20 CM DE ESPESOR	М3	864.00	25.00	12.00	2.88	39.88	21,600.00	10,368.00	2,488.32	34,456.32	
BASE DE MATERIAL SELECTO 15 CM DE ESPESOR	М3	648.00	25.00	12.00	3.45	40.45	16,200.00	7,776.00	2,235.60	26,211.60	
BOTAR TIERRA SOBRANTE DE EXCAVACIÓN	М3	2,147.61	35.00	10.00	4.88	49.88	75,166.35	21,476.10	10,480.34	107,122.79	
CARPETA DE RODAMIENTO	M2	1,134.00					1447,346.40	116,134.56	247,419.27	1810,900.23	
COMPRA DE ADOQUINES TIPO TRÁFICO	UNID.	91,174.00	15.00	ı	-	15.00	1367,610.00	-	-	1367,610.00	
TRANSPORTE DE ADOQUINES	UNID.	91,174.00	-	ı	2.70	2.70	-	-	246,169.80	246,169.80	
COLOCACIÓN DE ADOQUINES	C/U	4,320.00	-	26.88		26.88	1	116,134.56	-	116,134.56	
CAMA DE MATERIAL CERO ESPESOR DE 5 CM	M2	216.00	345.00	-	5.38	350.38	74,520.00	-	1,162.08	75,682.08	
SELLO CON MATERIAL CERO DE ADOQUINES	М3	15.12	345.00	-	5.78	350.78	5,216.40	-	87.39	5,303.79	

			COS	TOS UNIT	ARIOS	(C\$)		COSTOS TO	OTALES (C\$)
CONCEPTO	U/m	Cant.	Mat.	M/Obra	Trans. y Equip	Total	Materiales	M/Obra	Trans. y Equip	Total
CUNETAS	ML	-					576,000.00	108,000.00	16,272.00	700,272.00
CUNETAS DE CONCRETO 3000 PSI	ML	1,440.00	400.00	75.00	11.30	486.30	576,000.00	108,000.00	16,272.00	700,272.00
VIGAS Y VADOS DE CONCRETO	GLB	-					223,128.00	104,121.50	29,894.54	357,144.05
VIGA TRANSVERSALES	ML	43.20	165.00	40.00	10.67	215.67	7,128.00	1,728.00	460.94	9,316.94
VIGA LONGITUDINAL	ML	1,440.00	150.00	71.11	20.44	241.55	216,000.00	102,393.50	29,433.60	347,827.10
SEÑALIZACIÒN HORIZONTAL Y VERTICAL	GLB	-					31,680.00	11,520.00	3,686.40	46,886.40
PINTURA SOBRE CUNETAS	ML	1,440.00	22.00	8.00	2.56	32.56	31,680.00	11,520.00	3,686.40	46,886.40
LIMPIEZA Y ENTREGA	GLB	-					50,400.00	60,191.21	12,297.60	122,888.81
LIMPIEZA FINAL	M2	5,040.00	10.00	11.94	2.44	24.38	50,400.00	60,191.21	12,297.60	122,888.81
								COSTO	DIRECTO	3758,597.88
								COSTOS IN	DIRECTOS	112,757.94
								SUB T	OTAL	3871,355.82
								I.V	580,703.37	
								IMPUESTO	38,713.56	
								COSTO T CÓRD	4,490,772.75	

Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones.

Se utilizó el software Arcgis para identificar las principales características de la cuenca La Sardinera, del Municipio de Nandásmo del departamento de Masaya.

La recopilación y el procesamiento de antecedentes en la cuenca, la toma de datos de información secundaria e información cartográfica suministrados por el INETER permitieron elaborar una base de datos cartográficos caracterizando el área.

La cuenca del cauce natural La Sardinera por su superficie (5.44km²) corresponde a una cuenca pequeña y posee una forma alargada.

Mediante el método del tránsito de avenidas se logró obtener los hidrogramas triangulares, caudales pico y Caudal de diseño para la condición actual.

Así, el caudal de diseño estimado resulto 4.988 m3/s en un tiempo de concentración de 30 minutos para un periodo de retorno de 50 años, con el cual fue proyectada la obra de cruce propuesta. Además de los caudales para periodos de retorno de 25 y 100 años, siendo estos 4.49 m3/s y 5.54 m3/s respectivamente.

Para estimar los niveles del Cauce asociados a los caudales de diseño se elaboró un modelo hidráulico en el programa HEC-RAS. Dicho modelo abarcó un tramo de 276 m en el cual se definieron las secciones transversales más representativas del cauce y donde además se estimaron las condiciones de rugosidad y de control hidráulico.

Se comprobó que existe un problema en la intersección del cauce natural y el alineamiento actual del camino que une la comunidad vista alegre y el casco urbano de Nandásmo.

Se analizaron varias alternativas a la problemática presentada de las cuales se escogió colocar una alcantarilla de 60"de diámetro, por ser esta la más económica de las propuestas, a fin de mejorar el acceso entre la Comarca Vista Alegre y el casco urbano de Nandásmo.

La estimación de costos de la obra propuesta y la complementación del adoquinado se realizó basada en los precios de mano de obra al destajo del FISE 2017 así como de cotizaciones, de esta forma se determinó que el costo de la obra de cruce es de C\$284,967.03 y del adoquinado C\$ 4,490,772.75 resultando un total de C\$4,775,739.78.

Recomendaciones.

Dentro de las recomendaciones cabe destacar:

Que las autoridades correspondientes implementen y desarrollen un programa constante de educación ambiental a la población para evitar estos sigan utilizando este cauce como depósito de basura, para reducir el aumento de procesos erosivos y evitar la contaminación de la laguna de Masaya.

Se recomienda realizar un estudio de suelo más preciso para obtener una estratigrafía del lugar más detallada y así conocer las propiedades mecánicas del mismo.

En caso de tomar este diseño como solución final a la problemática, se recomienda realizar un análisis estructural de la alcantarilla propuesta.

Bibliografía.

- ALMA. (2012). Reglamento de drenaje pluvial para el municipio de Managua. Actualización de documento Agosto 2012.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie:
 Limusa. Grupo Noriega Editores.
- Chow, V. T. (1959). Open-Channel hydraulics. New York: McGraw-Hill.
- CORASCO. (2008). Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor. Managua: Ministerio de Transporte e Infraestructura División General de Planificación.
- Datos de precipitación diaria Estación Campos azules, Masatepe.
- Duarte Sarriá, F. (1993) Calculo del caudal para diseño por el método tránsito de avenida en la variante de Muskingum. Folleto.
- Estudio hidrológico preliminar de las cuencas hidrográficas de la provincia de valle grande 1989.
- Gámez Morales, W. R. (2010). TEXTO BÁSICO DE HIDROLOGÍA (Primera ed.). Managua: UNA
- Guilarte, R. (1978). Hidrología básica. Facultad de Ingeniería, UCV.
 Caracas- Venezuela. 667 p.
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach toquantitative morphology. Geol. Soc. America Bull.
- Informe Hidrotécnico Proyecto: Adoquinado Nandasmo, Nandasmo, Masaya octubre 2009.
- Lanzas Mejia, N. (2010). Maestría Capitulo 2, Análisis Hidrológico.
- Lanzas Mejia, N. (2012) Método del tránsito de avenidas. ejercicios resueltos de hidráulica.
- Maestro de Costos Primarios y complejos, Nuevo FISE, 2017
- Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor, MTI 2008

- Montserrat, J. (1985) Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. Revista geográfica Barcelona, Vol. XIX
- Moreno, S. Apuntes de Hidrología de Superficie
- Silva, G. Hidrología en cuencas con información escaza, Bogotá-Colombia.

Anexos.

Anexos.

Imágenes y figuras.

Vista Satelital Del Sito De Interés





Vista hacia aguas arriba.



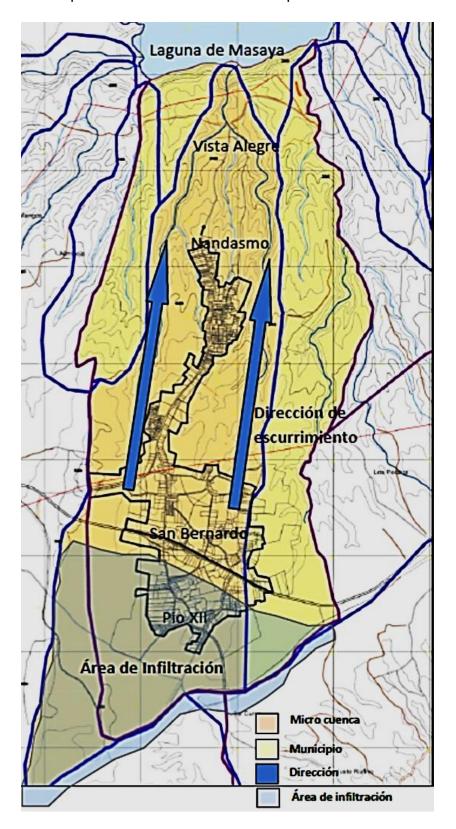
Vista hacia aguas abajo.



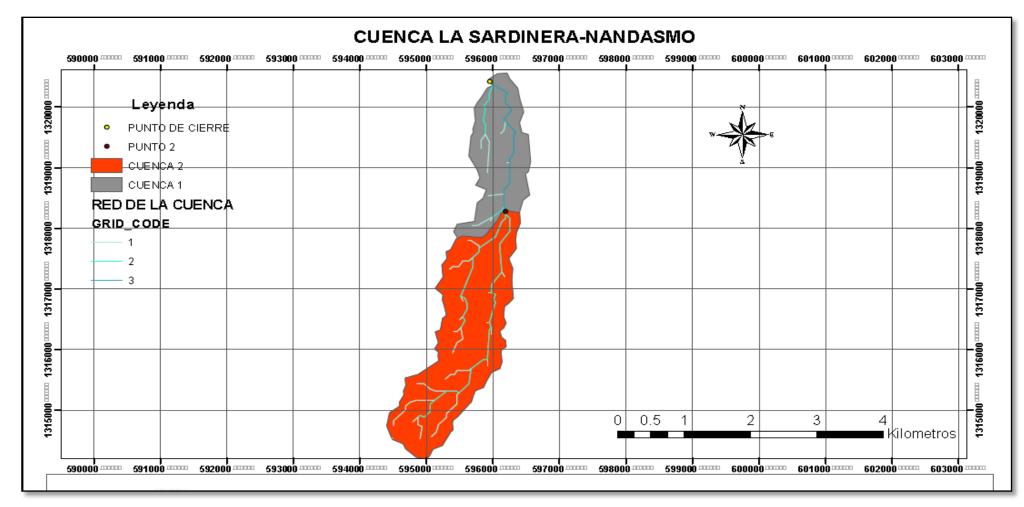
Ubicación De La Cuenca



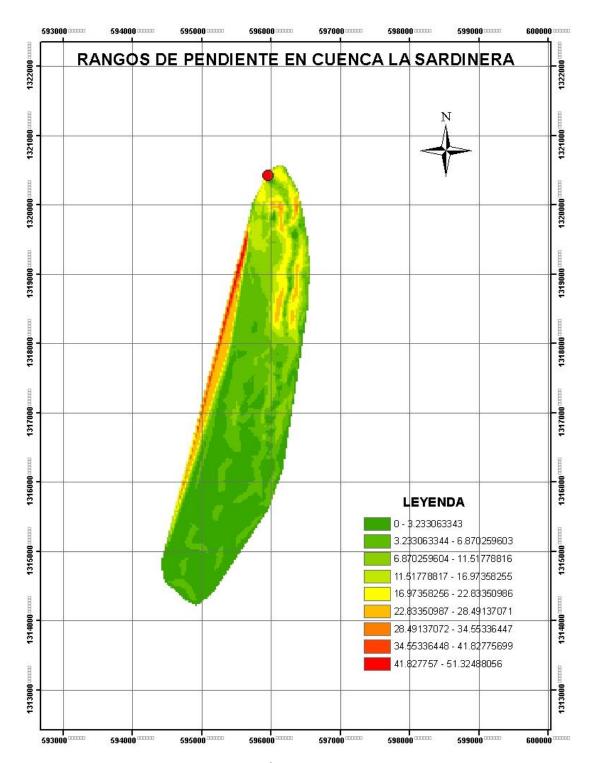
Mapa De Infiltración De Las Precipitaciones



Delimitación de cuenca La Sardinera y sub cuencas Para aplicación del método del tránsito de avenidas



Elaboración Propia de Autores



Elaboración Propia de Autores

Tablas y Gráficos

Tabla 35, Datos de: precipitación máxima en 24 hrs. (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ОСТ	NOV	DIC	ANUAL
2004	5.8	2	6.9	5.4	71.8	25.8	16.8	13.2	82.9	77.5	28.6	3.1	82.9
2005	0	0.5	26.5	56.7	98.3	80.5	36.9	45.8	53.6	61.5	24.7	2	98.3
2006	6.8	5.6	6.7	0.1	45.6	45.5	60	9.2	26.4	48.7	23.1	6.2	60.0
2007	1	5.1	0.8	36.4	88	9.9	26.5	42.8	111	56.5	28.2	9	111.0
2008	5.8	0.1	1.2	121.7	142.4	14.5	55.6	54.8	79	85.3	23.4	3.7	142.4
2009	2	0.6	0	1.4	94.9	43.7	31.4	25.5	45.8	71.6	17.9	3.5	94.9
2010	1.8	0	3.6	17.1	117.2	74.4	45	46.2	95.9	28.2	25.7	1.2	117.2
2011	4.2	0.4	0.4	5.7	33.4	39.2	52.2	32.3	62.6	80.2	10.2	9.8	80.2
2012	7.2	4.2	0.5	5.3	41.4	47.9	18.7	52.6	59.8	16.7	9.7	7.4	59.8
2013	3.6	2.5	1.2	0	74.6	17.4	41.3	54	68.6	36.8	27	10	74.6
2014	3.5	1	2.5	0.7	37.3	29.2	10.6	43.8	62.8	125.1	19.2	0.7	125.1
MAX	7.2	5.6	26.5	121.7	142.4	80.5	60.0	54.8	111.0	125.1	28.6	10.0	142.4

Tabla 36.Cálculo de las láminas para distintas frecuencias.

Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
Retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
Años	ΥT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	90.7323	0.5000	102.5275
5	1.4999	114.3759	0.8000	129.2448
10	2.2504	130.0301	0.9000	146.9340
25	3.1985	149.8092	0.9600	169.2843
50	3.9019	164.4824	0.9800	185.8651
75	4.3108	173.0110	0.9867	195.5025
100	4.6001	179.0473	0.9900	202.3234
500	6.2136	212.7046	0.9980	240.3561

Elaboración Propia de Autores

Tabla 37. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de <u>lluvias.</u>

Tiempo de	Cociente	P.M.P.	P.M.P. (mm) para diferentes tiempos de duración Sg. Periodo de Retorno									
Duración		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años			
24 hr	X24	102.52	129.24	146.93	169.28	185.86	195.50	202.32	240.35			
24 111	724	75	48	40	43	51	25	34	61			
18 hr	X18 =	93.300	117.61	133.70	154.04	169.13	177.90	184.11	218.72			
10 111	91%	0	28	99	88	72	73	43	41			
12 hr	X12 =	82.022	103.39	117.54	135.42	148.69	156.40	161.85	192.28			
12 hr	80%	0	58	72	75	21	20	88	49			
8 hr	X8 =	69.718	87.886	99.915	115.11	126.38	132.94	137.57	163.44			
0 111	68%	7	5	1	34	83	17	99	22			
6 br	X6 =	62.541	78.839	89.629	103.26	113.37	119.25	123.41	146.61			
6 hr	61%	8	3	7	35	77	65	73	72			
5 hr	X5 =	58.440	73.669	83.752	96.492	105.94	111.43	115.32	137.00			
5111	57%	7	5	4	1	31	64	44	30			
4 hr	X4 =	53.314	67.207	76.405	88.027	96.649	101.66	105.20	124.98			
4111	52%	3	3	7	9	9	13	82	52			
3 hr	X3 =	47.162	59.452	67.589	77.870	85.498	89.931	93.068	110.56			
3111	46%	6	6	6	8	0	1	8	38			
2 hr	X2 =	39.985	50.405	57.304	66.020	72.487	76.246	78.906	93.738			
Z III	39%	7	5	3	9	4	0	1	9			
1 hr	X1 =	30.758	38.773	44.080	50.785	55.759	58.650	60.697	72.106			
1 111	30%	2	4	2	3	5	7	0	8			

Tabla 38.Intensidades de lluvia para diferentes tiempos de duración.

Tiempo de duración Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el F						jún el Perio	do de Reto	rno
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años
24 hr	1440	4.2720	5.3852	6.1222	7.0535	7.7444	8.1459	8.4301
18 hr	1080	5.1833	6.5340	7.4283	8.5583	9.3965	9.8837	10.2286
12 hr	720	6.8352	8.6163	9.7956	11.2856	12.3910	13.0335	13.4882
8 hr	480	8.7148	10.9858	12.4894	14.3892	15.7985	16.6177	17.1975
6 hr	360	10.4236	13.1399	14.9383	17.2106	18.8963	19.8761	20.5696
5 hr	300	11.6881	14.7339	16.7505	19.2984	21.1886	22.2873	23.0649
4 hr	240	13.3286	16.8018	19.1014	22.0070	24.1625	25.4153	26.3020
3 hr	180	15.7209	19.8175	22.5299	25.9569	28.4993	29.9770	31.0229
2 hr	120	19.9929	25.2027	28.6521	33.0104	36.2437	38.1230	39.4531
1 hr	60	30.7582	38.7734	44.0802	50.7853	55.7595	58.6507	60.6970

Periodo	de	retorno	para	T =	25 años
---------	----	---------	------	-----	---------

Nº	X	У	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7.0535	7.2724	1.9535	14.2068	52.8878
2	1080	8.5583	6.9847	2.1469	14.9955	48.7863
3	720	11.2856	6.5793	2.4235	15.9450	43.2865
4	480	14.3892	6.1738	2.6665	16.4623	38.1156
5	360	17.2106	5.8861	2.8455	16.7491	34.6462
6	300	19.2984	5.7038	2.9600	16.8833	32.5331
7	240	22.0070	5.4806	3.0914	16.9426	30.0374
8	180	25.9569	5.1930	3.2564	16.9105	26.9668
9	120	33.0104	4.7875	3.4968	16.7410	22.9201
10	60	50.7853	4.0943	3.9276	16.0810	16.7637
10	4980	209.5552	58.1555	28.7682	161.9171	346.9435

Ln(A) = 6.4614 A = 639.9837 B = -0.6164

Periodo de retorno para T = 50 años

Nο	Х	У	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7.7444	7.2724	2.0470	14.8864	52.8878
2	1080	9.3965	6.9847	2.2403	15.6481	48.7863
3	720	12.3910	6.5793	2.5170	16.5598	43.2865
4	480	15.7985	6.1738	2.7599	17.0391	38.1156
5	360	18.8963	5.8861	2.9390	17.2991	34.6462
6	300	21.1886	5.7038	3.0535	17.4163	32.5331
7	240	24.1625	5.4806	3.1848	17.4547	30.0374
8	180	28.4993	5.1930	3.3499	17.3958	26.9668
9	120	36.2437	4.7875	3.5903	17.1884	22.9201
10	60	55.7595	4.0943	4.0210	16.4636	16.7637
10	4980	230.0804	58.1555	29.7026	167.3512	346.9435

Ln(A) = 6.5549 A = 702.6677 B = -0.6164

Periodo de retorno para T = 100 años

			,			
Nº	Х	у	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	8.4301	7.2724	2.1318	15.5034	52.8878
2	1080	10.2286	6.9847	2.3252	16.2408	48.7863
3	720	13.4882	6.5793	2.6018	17.1180	43.2865
4	480	17.1975	6.1738	2.8448	17.5630	38.1156
5	360	20.5696	5.8861	3.0238	17.7985	34.6462
6	300	23.0649	5.7038	3.1383	17.9002	32.5331
7	240	26.3020	5.4806	3.2696	17.9198	30.0374
8	180	31.0229	5.1930	3.4347	17.8364	26.9668
9	120	39.4531	4.7875	3.6751	17.5946	22.9201
10	60	60.6970	4.0943	4.1059	16.8109	16.7637
10	4980	250.4539	58.1555	30.5511	172.2855	346.9435
Ln (A) =	6.6397	<i>A</i> =	764.8889	B =	-0.6164	

Regresión potencial

			- 9			
N°	Х	у	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	387.6077	0.6931	5.9600	4.1312	0.4805
2	5	488.6132	1.6094	6.1916	9.9649	2.5903
3	10	555.4877	2.3026	6.3198	14.5520	5.3019
4	25	639.9837	3.2189	6.4614	20.7986	10.3612
5	50	702.6677	3.9120	6.5549	25.6429	15.3039
6	75	739.1021	4.3175	6.6054	28.5189	18.6407
7	100	764.8889	4.6052	6.6397	30.5771	21.2076
8	500	908.6725	6.2146	6.8120	42.3338	38.6214
8	767	5187.0235	26.8733	51.5449	176.5193	112.5074
Ln (A) =	5.9338	<i>A</i> =	377.5783	B =	0.1516	

$$I = \frac{377.5783 * T^{0.151625}}{t^{0.61639}}$$

Dónde:

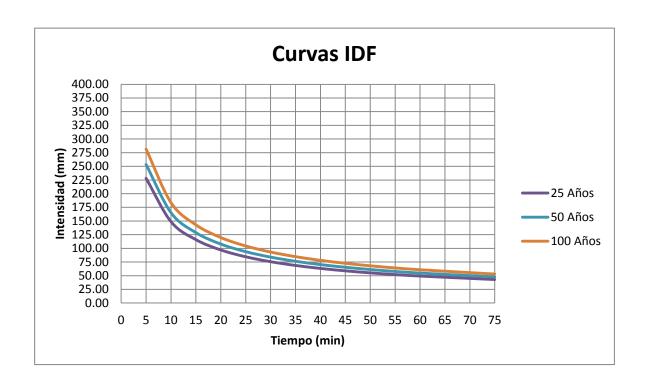
I: intensidad de precipitación (mm/hr)

T: Periodo de Retorno (años)

T: Tiempo de duración de precipitación (min)

	Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorn												
Frecuencia		Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30							
2	155.53	101.45	79.02	66.18	57.67	51.54							
5	178.71	116.57	90.80	76.04	66.27	59.23							
10	198.52	129.49	100.86	84.47	73.61	65.79							
25	228.10	148.79	115.89	97.06	84.59	75.59							
50	253.38	165.28	128.73	107.81	93.96	83.97							
75	269.45	175.76	136.89	114.65	99.92	89.30							
100	281.46	183.60	143.00	119.76	104.37	93.28							
500	359.25	234.34	182.52	152.86	133.22	119.06							

	Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno (continuación)												
Frecuencia		Duración en minutos											
años	35	40	50	55	60	75							
2	46.87	43.17	40.15	37.62	35.47	33.62	29.30						
5	53.86	49.60	46.13	43.23	40.76	38.63	33.67						
10	59.83	55.10	51.24	48.02	45.28	42.91	37.40						
25	68.74	63.31	58.88	55.18	52.03	49.31	42.97						
50	76.36	70.33	65.40	61.29	57.79	54.78	47.74						
75	81.20	74.79	69.55	65.18	61.46	58.25	50.76						
100	84.82	78.12	72.65	68.08	64.20	60.85	53.03						
500	108.27	99.71	92.73	86.90	81.94	77.66	67.68						



PROYECTO: "ESTUDIO HIDROTECNICO DE LA CUENCA DE LA SARDINERA-NANDASMO" MUNICIPIO NANDASMODEPARTAMENTO DE MASAYA

		Sondeo Nº	1
Operador	Danny Toledo & Ramón Alemán	Muestra N⁰	1
Fecha	22-nov-16	Profundidad (cm)	0-30

Composición Granulométrica del Material retenido en la malla Nº 4

Malla	Peso Retenido Parcial grs	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa la malla
2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	20	0.9%	0.9%	99.1%
3/4"	36	1.6%	2.4%	97.6%
1/2"	70	3.0%	5.4%	94.6%
3/8"	63	2.7%	8.2%	91.8%
Nº 4	190	8.2%	16.4%	83.6%
Pasa № 4	1934	83.6%	100.0%	
Suma	2313.0	100.0%		

Composición Granulométrica del Material Tamizado por la malla N° 4 (Por Lavado)

Malla N ^o	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
10	18.4	12.8%	29.2%	70.8%
40	67.7	47.2%	76.4%	23.6%
200	30	20.9%	97.3%	2.7%
Pasa № 200	3.9	2.7%	100.0%	
Suma	120.0	83.6%		

Lavado

Tara		H-K
Peso Seco (grs)	(1)	120
Peso Seco Lavado (gr	(2)	116.1
Diferencias (grs)	(1)-(2)=(3)	3.9
Pasa Nº 200 (grs)	(4)	
Suma	(3)+(4)=(5)	3.9

Gravas	16.40%
Arenas	80.90%
Limos y/o Arcillas	2.70%
suma	100.00%

SW	Arena	Rien	Gradada	Con	Grava

OBSERVACIONES:		

PROYECTO: "ESTUDIO HIDROTECNICO DE LA CUENCA DE LA SARDINERA-NANDASMO" MUNICIPIO NANDASMODEPARTAMENTO DE MASAYA

		Sondeo Nº	1
Operador	Danny Toledo & Ramón Alemán	Muestra N⁰	2
Fecha	22-nov-16	Profundidad (cm)	30-55

Composición Granulométrica del Material retenido en la malla Nº 4

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	0	0.0%	0.0%	100.0%
3/4"	17	0.8%	0.8%	99.2%
1/2"	85	4.0%	4.8%	95.2%
3/8"	43	2.0%	6.8%	93.2%
Nº 4	224	10.5%	17.3%	82.7%
Pasa Nº 4	1759	82.7%	100.0%	
Suma	2128.0	100.0%		

Composición Granulométrica del Material Tamizado por la malla N° 4 (Por Lavado)

Malla Nº	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
10	29.6	20.4%	37.7%	62.3%
40	56.3	38.8%	76.5%	23.5%
200	26.3	18.1%	94.7%	5.4%
Pasa № 200	7.8	5.4%	100.0%	
Suma	120.0	82.7%		

Lavado

Tara		A-18
Peso Seco (grs)	(1)	120
Peso Seco Lavado (gr	(2)	112.2
Diferencias (grs)	(1)-(2)=(3)	7.8
Pasa Nº 200 (grs)	(4)	
Suma	(3)+(4)=(5)	7.8

Gravas	17.30%
Arenas	77.30%
Limos y/o Arcillas	5.40%
suma	100.00%

SW-SM Arena Bien Gradada Con Limos Y Gravas

OBSERVACIONES:			

PROYECTO: "ESTUDIO HIDROTECNICO DE LA CUENCA DE LA SARDINERA-NANDASMO" MUNICIPIO NANDASMODEPARTAMENTO DE MASAYA

		Sondeo Nº	1
Operador	Danny Toledo & Ramón Alemán	Muestra N⁰	3
Fecha	22-nov-16	Profundidad (cm)	55-100

Composición Granulométrica del Material retenido en la malla Nº 4

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	115	4.9%	4.9%	95.1%
3/4"	82	3.5%	8.4%	91.6%
1/2"	170	7.3%	15.7%	84.3%
3/8"	115	4.9%	20.6%	79.4%
Nº 4	290	12.4%	33.0%	67.0%
Pasa Nº 4	1569	67.0%	100.0%	
Suma	2341.0	100.0%		

Composición Granulométrica del Material Tamizado por la malla N° 4 (Por Lavado)

Malla Nº	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
10	12.4	6.9%	39.9%	60.1%
40	59	32.9%	72.8%	27.2%
200	43.6	24.3%	97.2%	2.8%
Pasa № 200	5	2.8%	100.0%	
Suma	120.0	67.0%		

Lavado

Tara		A-54
Peso Seco (grs)	(1)	120
Peso Seco Lavado (gr	(2)	115
Diferencias (grs)	(1)-(2)=(3)	5
Pasa Nº 200 (grs)	(4)	
Suma	(3)+(4)=(5)	5

Gravas	33%
Arenas	64.20%
Limos y/o Arcillas	2.80%
suma	100%

SW Arena Bien Gradada

OBSERVACIONES:			

PROYECTO: "ESTUDIO HIDROTECNICO DE LA CUENCA DE LA SARDINERA-NANDASMO" MUNICIPIO NANDASMODEPARTAMENTO DE MASAYA

		Sondeo Nº	2
Operador	Danny Toledo & Ramón Alemán	Muestra N⁰	1
Fecha	22-nov-16	Profundidad (cm)	0 a 40

Composición Granulométrica del Material retenido en la malla Nº 4

Malla	Peso Retenido Parcial grs	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa la malla
2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	0	0.0%	0.0%	100.0%
3/4"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1/2"	15	0.8%	0.8%	99.2%
3/8"	22	1.2%	2.0%	98.0%
Nº 4	85	4.6%	6.6%	93.4%
Pasa Nº 4	1725	93.4%	100.0%	
Suma	1847.0	100.0%		

Composición Granulométrica del Material Tamizado por la malla N° 4 (Por Lavado)

Malla Nº	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
10	17	13.2%	19.8%	80.2%
40	70.2	54.6%	74.5%	25.5%
200	23.9	18.6%	93.1%	6.9%
Pasa № 200	8.9	6.9%	100.0%	
Suma	120.0	93.4%		

Lavado

Tara		A-05
Peso Seco (grs)	(1)	120
Peso Seco Lavado (gr	(2)	111.1
Diferencias (grs)	(1)-(2)=(3)	8.9
Pasa Nº 200 (grs)	(4)	
Suma	(3)+(4)=(5)	8.9

Gravas	6.6%
Arenas	86.5%
Limos y/o Arcillas	6.9%
suma	100.0%

SW-SM Arena Bien Gradada Con Limos

OBSERVACIONES:		

PROYECTO: "ESTUDIO HIDROTECNICO DE LA CUENCA DE LA SARDINERA-NANDASMO" MUNICIPIO NANDASMODEPARTAMENTO DE MASAYA

		Sondeo Nº	2
Operador	Danny Toledo & Ramón Alemán	Muestra N⁰	2
Fecha	22-nov-16	Profundidad (cm)	40 a 100

Composición Granulométrica del Material retenido en la malla Nº 4

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	32.1	1.7%	1.7%	98.3%
3/4"	0	0.0%	1.7%	98.3%
1/2"	4.3	0.2%	1.9%	98.1%
3/8"	24	1.2%	3.1%	96.9%
Nº 4	131	6.8%	9.9%	90.1%
Pasa Nº 4	1738	90.1%	100.0%	
Suma	1929.4	100.0%		

Composición Granulométrica del Material Tamizado por la malla N° 4 (Por Lavado)

Malla N⁰	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
10	15.7	11.8%	21.7%	78.3%
40	58.8	44.1%	65.9%	34.1%
200	40.6	30.5%	96.3%	3.7%
Pasa № 200	4.9	3.7%	100.0%	
Suma	120.0	90.1%		

Lavado

Tara		A-17
Peso Seco (grs)	(1)	120
Peso Seco Lavado (gr	(2)	115.1
Diferencias (grs)	(1)-(2)=(3)	4.9
Pasa Nº 200 (grs)	(4)	
Suma	(3)+(4)=(5)	4.9

Gravas	9.90%
Arenas	86.40%
Limos y/o Arcillas	3.70%
suma	100.00%

M2-W2	Arona	Rion	Gradada	Can	limae \	/ Gravae

OBSERVACIONES:		

PROYECTO: "ESTUDIO HIDROTECNICO DE LA CUENCA DE LA SARDINERA-NANDASMO" MUNICIPIO NANDASMODE PARTAMENTO DE MASAYA

		Sondeo N⁰	3
Operador	Danny Toledo & Ramón Alemán	Muestra N ^o	1
Fecha	22-nov-16	Profundidad (cm)	0 a 100

Composición Granulométrica del Material retenido en la malla Nº 4

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	0	0.0%	0.0%	100.0%
3/4"	23	1.6%	1.6%	98.4%
1/2"	0	0.0%	1.6%	98.4%
3/8"	65	4.4%	6.0%	94.0%
Nº 4	101	6.8%	12.8%	87.2%
Pasa Nº 4	1289	87.2%	100.0%	
Suma	1478.0	100.0%		

Composición Granulométrica del Material Tamizado por la malla N° 4 (Por Lavado)

Malla Nº	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
10	10.4	7.6%	20.3%	79.7%
40	31.9	23.2%	43.5%	56.5%
200	40.7	29.6%	73.1%	26.9%
Pasa № 200	37	26.9%	100.0%	
Suma	120.0	87.2%		

Lavado

Tara		LMC-4
Peso Seco (grs)	(1)	120
Peso Seco Lavado (gr	(2)	83
Diferencias (grs)	(1)-(2)=(3)	37
Pasa Nº 200 (grs)	(4)	
Suma	(3)+(4)=(5)	37

Gravas	12.80%
Arenas	60.30%
Limos y/o A	26.90%
suma	100.00%

SM Arena Limosa Con Grava

OBSERVACIONES:		
_	 	

PROYECTO: "ESTUDIO HIDROTECNICO DE LA CUENCA DE LA SARDINERA-NANDASMO" MUNICIPIO NANDASMO-DEPARTAMENTO DE MASAYA

		Sondeo Nº	4
Operador	Danny Toledo & Ramón Alemán	Muestra Nº	1
Fecha	22-nov-16	Profundidad (cm)	0 a 45

Composición Granulométrica del Material retenido en la malla Nº 4

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	0	0.0%	0.0%	100.0%
3/4"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
3/8"	10	0.7%	0.7%	99.3%
Nº 4	58	4.1%	4.8%	95.2%
Pasa Nº 4	1349	95.2%	100.0%	
Suma	1417.0	100.0%		

Composición Granulométrica del Material Tamizado por la malla N° 4 (Por Lavado)

Malla Nº	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
10	8.9	7.1%	11.9%	88.1%
40	32.2	25.5%	37.4%	62.6%
200	38	30.1%	67.6%	32.4%
Pasa № 200	40.9	32.4%	100.0%	
Suma	120.0	95.2%		

Lavado

Tara		A-70
Peso Seco (grs)	(1)	120
Peso Seco Lavado (gr	(2)	79.1
Diferencias (grs)	(1)-(2)=(3)	40.9
Pasa Nº 200 (grs)	(4)	
Suma	(3)+(4)=(5)	40.9

Gravas	4.80%
Arenas	62.80%
Limos y/o Arcillas	32.40%
suma	100.00%

SM	Arena	Limosa	Con	Grava	

OBSERVACIONES:		
		_

PROYECTO: "ESTUDIO HIDROTECNICO DE LA CUENCA DE LA SARDINERA-NANDASMO" MUNICIPIO NANDASMODEPARTAMENTO DE MASAYA

		Sondeo Nº	4
Operador	Danny Toledo & Ramón Alemán	Muestra N⁰	2
Fecha	22-nov-16	Profundidad (cm)	45 a 100

Composición Granulométrica del Material retenido en la malla Nº 4

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	36	2.3%	2.3%	97.7%
3/4"	107	6.7%	9.0%	91.0%
1/2"	89	5.6%	14.6%	85.4%
3/8"	68	4.3%	18.9%	81.1%
Nº 4	167	10.5%	29.4%	70.6%
Pasa Nº 4	1120	70.6%	100.0%	
Suma	1587.0	100.0%		

Composición Granulométrica del Material Tamizado por la malla N° 4 (Por Lavado)

Malla Nº	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
	Parcial grs	Parcial	Acumulado	la malla
10	25	14.7%	44.1%	55.9%
40	36.7	21.6%	65.7%	34.3%
200	29.7	17.5%	83.2%	16.8%
Pasa Nº 200	28.6	16.8%	100.0%	
Suma	120.0	70.6%		

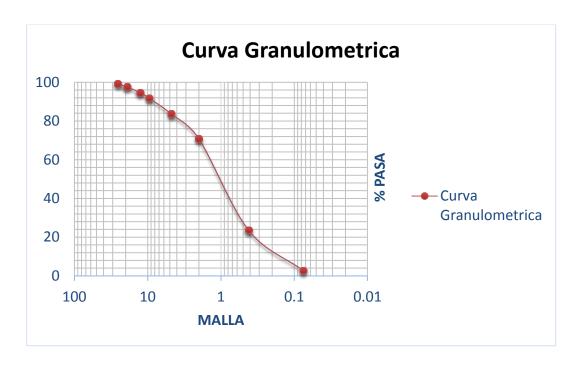
Lavado

Tara		A-178
Peso Seco (grs)	(1)	120
Peso Seco Lavado (gr	(2)	91.4
Diferencias (grs)	(1)-(2)=(3)	28.6
Pasa Nº 200 (grs)	(4)	
Suma	(3)+(4)=(5)	28.6

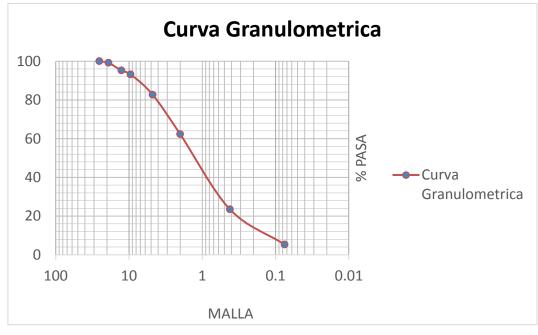
Gravas	29.40%
Arenas	53.80%
Limos y/o Arcillas	16.80%
suma	100.00%

SM Arena Limosa Con Grava

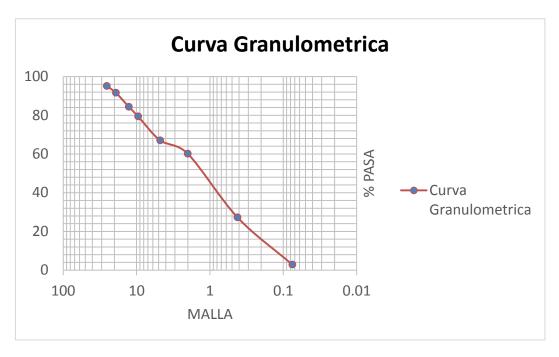
OBSERVACIONES:		



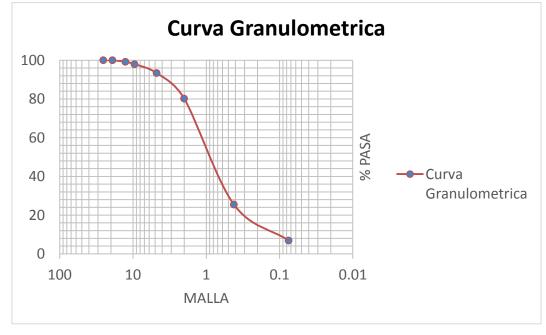
Sondeo N ^o	1
Muestra No	1
Profundidad (cm)	0-30



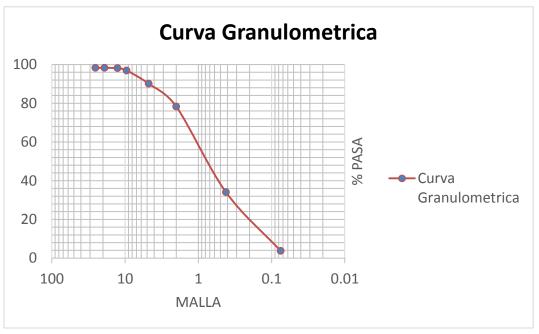
Sondeo Nº	1
Muestra No	2
Profundidad	
(cm)	30-55



Sondeo Nº	1
Muestra Nº	3
Profundidad (cm)	55-100



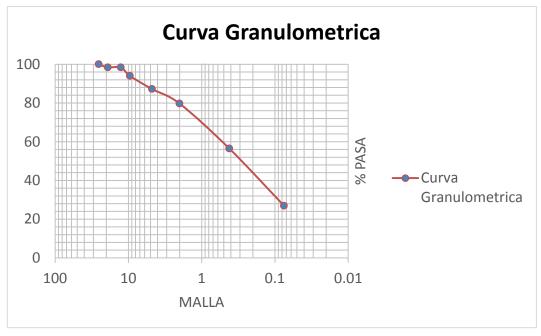
Sondeo N ^o	2
Muestra Nº	1
Profundidad (cm)	0 a 40



 Sondeo N°
 2

 Muestra N°
 2

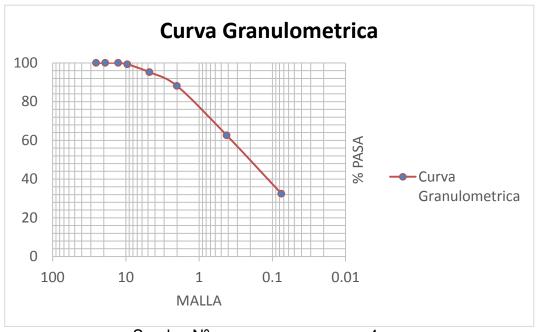
 Profundidad (cm)
 40 a 100



 Sondeo Nº
 3

 Muestra Nº
 1

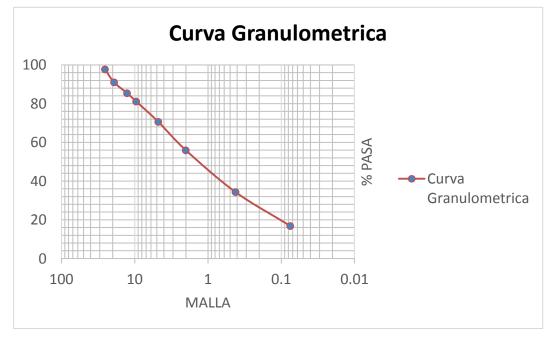
 Profundidad (cm)
 0 a 100



 Sondeo Nº
 4

 Muestra Nº
 1

 Profundidad (cm)
 0 a 45



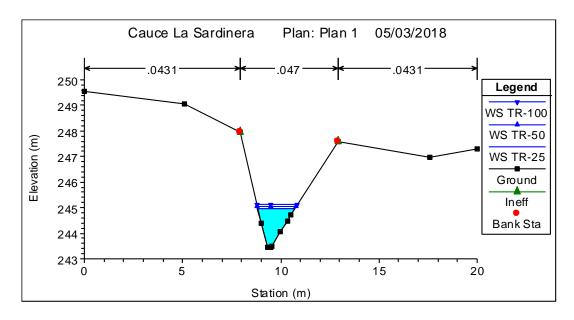
 Sondeo Nº
 4

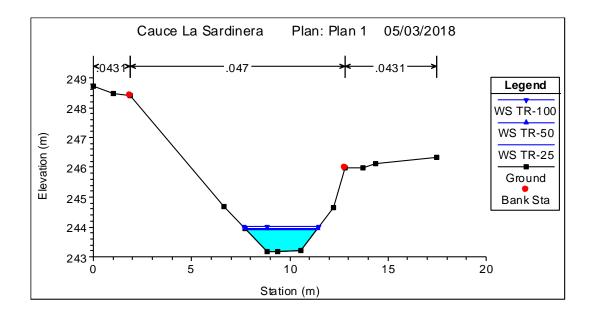
 Muestra Nº
 2

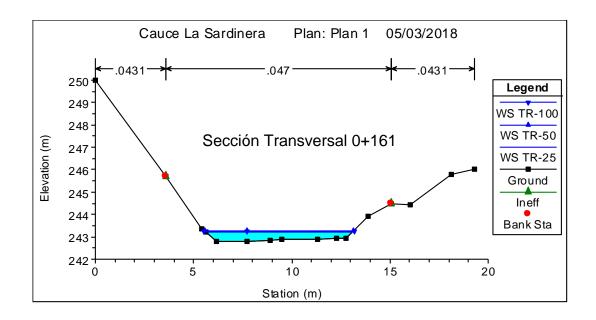
 Profundidad (cm)
 45 a 100

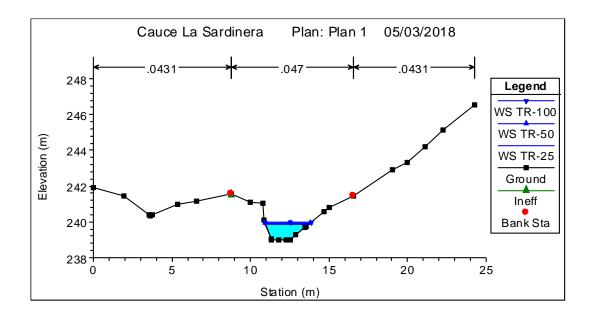
Secciones del Cauce La Sardinera durante los periodos de retorno de 25, 50 y 100 años

Sección Transversal 0+280

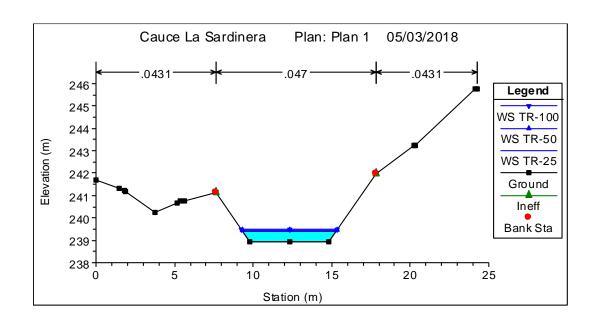


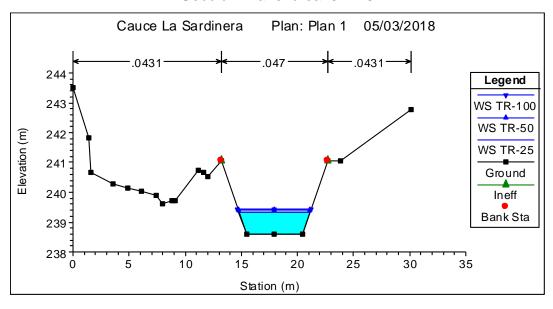


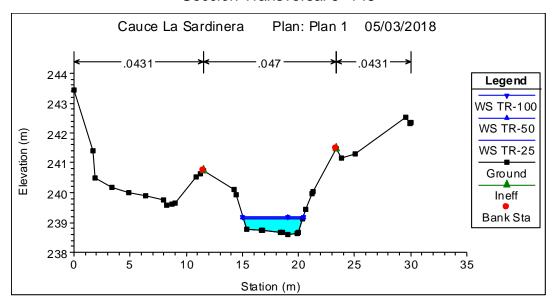


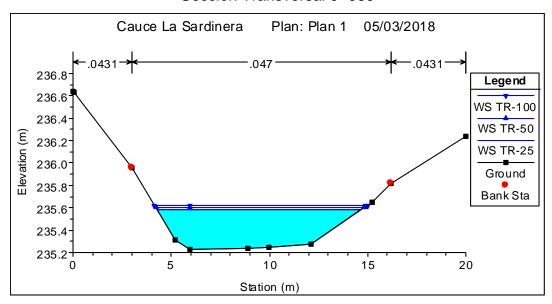


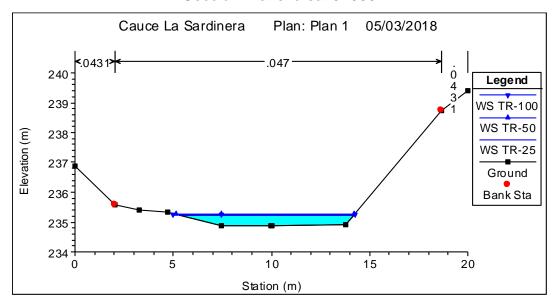
Sección Transversal 0+160

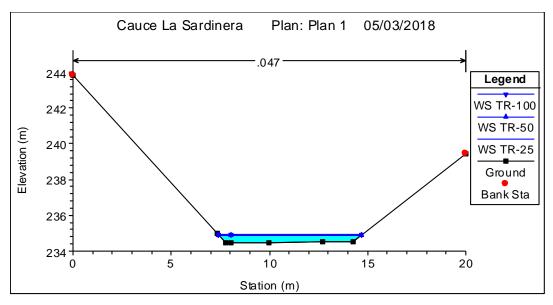


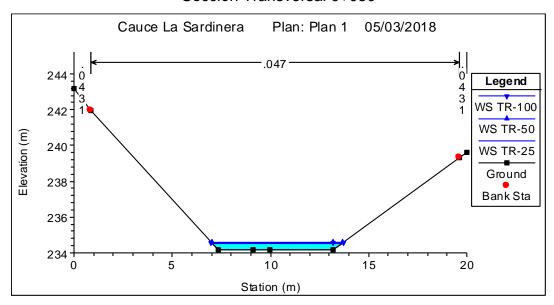


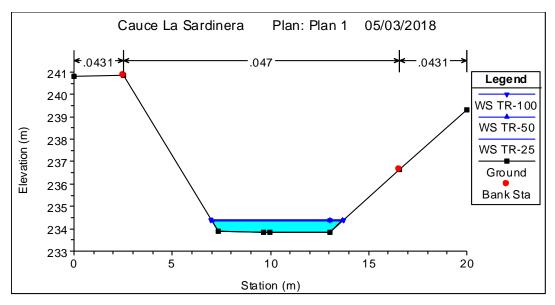


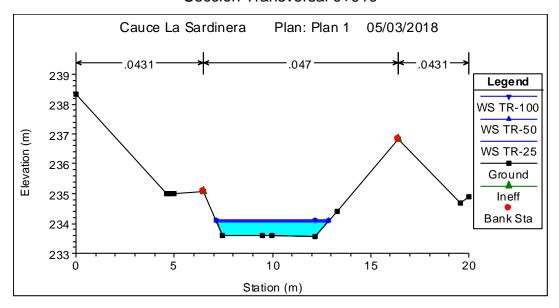












Elaboración Propia de Autores

Planos.