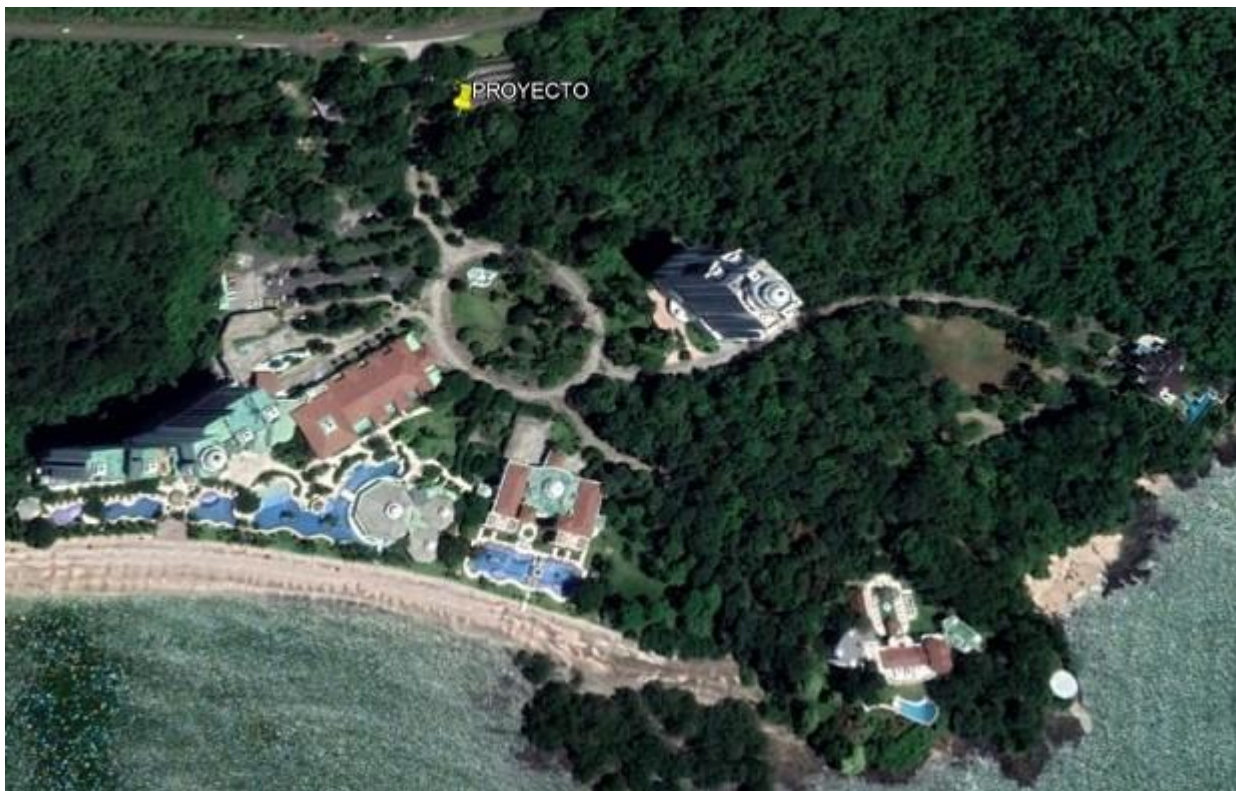


## HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO



**PROYECTO: REALINEAMIENTO DEL CAUCE DE LA QUEBRADA DEJAL**

**PROPIEDAD DE: PLAYA BONITA APARTA HOTEL PALMA BONITA**

**UBICACIÓN: KOBEE, CORREGIMIENTO DE VERACRUZ, DISTRITO DE  
ARRAIJÁN, PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE.**



**AGOSTO, 2021**

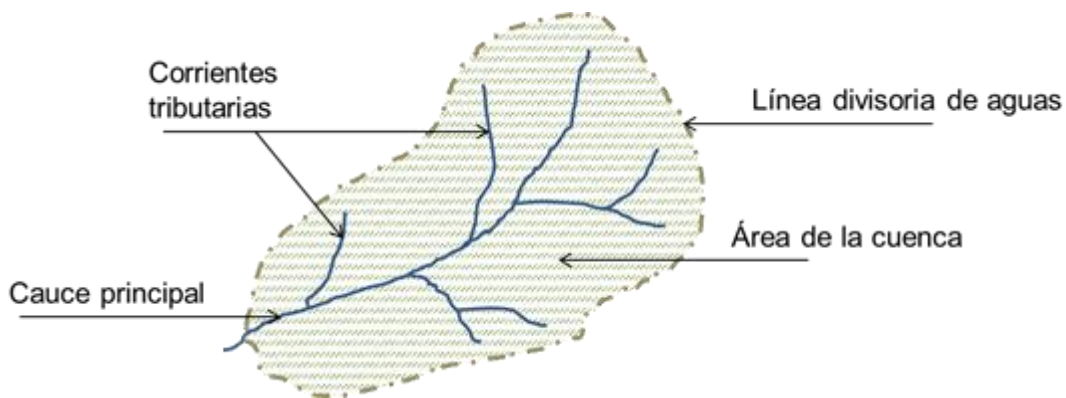
## INDICE

A. Cálculos Hidrológicos	3-10
B. Cálculos Hidráulicos	11-20
C. Conclusiones	21
D. Recomendaciones	22
E. Cuenca de la quebrada Dejal	23-24
F. Fotos del área en estudio	25-30

## **A- CÁLCULOS HIDROLÓGICOS**

## DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA DEJAL:

La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a través de una línea imaginaria, denominada divisora de agua, que separa las pendientes opuestas de las cumbres, fluyendo las aguas de las precipitaciones a ambos lados de la línea imaginaria hacia los cauces de las cuencas continuas. A continuación, se muestran los componentes en una cuenca (ver Figura 1).



**Figura 1:** Componentes en una cuenca

Hasta el punto de control, calle de acceso a THE WESTIN PLAYA BONITA PANAMÁ, la cuenca de la quebrada Dejal, tiene un área de drenaje de 30.00 Ha. Tiene una longitud de 1,354 metros y un desnivel de 73 metros. Por lo tanto, su pendiente promedio es de 5.40%.

La cuenca se demarcó en los mosaicos topográficos 4242 I (Panamá) del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia a escala 1: 50,000 (ver cuenca demarcada en el Anexo).

## DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA:

Es uno de los parámetros que explica la elongación de una cuenca. Se expresa como la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma. El parámetro está definido por la siguiente expresión:

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Es un parámetro adimensional y la longitud de la cuenca puede considerarse según tres criterios diferentes: la longitud del cauce principal considerando su sinuosidad, la longitud del cauce principal considerando el eje del mismo, o la distancia entre el punto de control de la cuenca y el punto más alejado de este (longitud promedio).

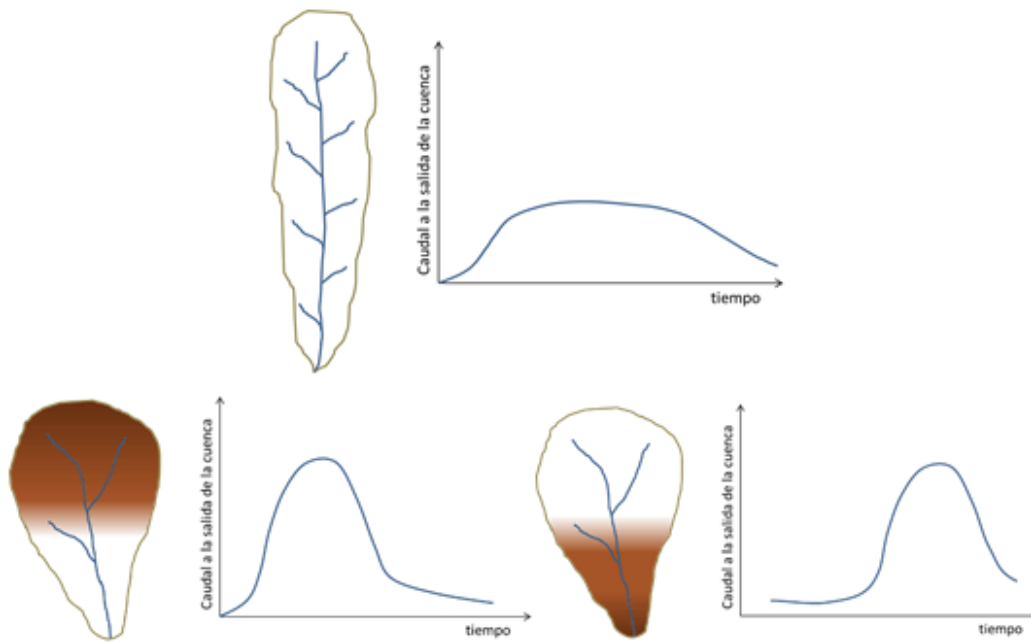
Si la forma de la cuenca es aproximadamente circular, entonces el valor de Ff se acercará a uno. Mientras que, las cuencas más alargadas, tendrán un Ff menor. En las cuencas alargadas, las descargas son de menor volumen debido a que el cauce de agua principal es más largo que los cauces secundarios y los tiempos de concentración para eventos de precipitación son distintos, como se muestra en la Figura 1. Este caso es inverso a lo que ocurre con el coeficiente de compacidad de Gravelius.

A continuación, calcularemos el factor de forma, el cual nos permitirá determinar la forma de la cuenca.

$$Ff = \frac{30(10,000)}{1354^2}$$

$$Ff = 0.16 \text{ (factor de forma)}$$

Con el factor de forma calculado, de la Tabla 1 obtenemos que la forma de la cuenca de la quebrada Dejal es **muy alargada**.



**Figura 2:** Influencia de la configuración de la red hidrológica en las descargas

**Tabla 1:** Rangos aproximados del factor de forma

Factor de forma (Ff)	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Rodeando el desagüe

**Fuente:** Fundamentos del ciclo hidrológico / Universidad Central de Venezuela

## ESTIMACIÓN DE CAUDALES

### Método Racional

$$Q = CiA / 360$$

#### **En donde:**

- Q = Caudal máximo en m<sup>3</sup>/s
- C = Coeficiente de escorrentía
- i = Intensidad de lluvia en mm/hora
- A = Área de drenaje en Ha.

#### **Las suposiciones incluidas en la Fórmula Racional son:**

1. El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad particular de lluvia ocurre si la duración de misma es igual o mayor que el tiempo de concentración.
2. El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad específica de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia.
3. La frecuencia de ocurrencia del escurrimiento máximo es la misma que la de la intensidad de la lluvia con la cual se calculó.
4. El escurrimiento máximo por área unitaria disminuye conforme aumenta el área de drenaje y la intensidad de la lluvia disminuye conforme aumenta su duración.
5. El coeficiente de escorrentía permanece constante para todas las tormentas en una cuenca.

### **Coeficiente de Escorrentía**

Se denomina escorrentía a la cantidad de agua que no es absorbida por el suelo, que en cambio se escurre por la superficie. El coeficiente de escorrentía adopta un valor que depende de la naturaleza de la superficie, de los usos del suelo y las pendientes del terreno, vegetación, permeabilidad, inclinación, humedad inicial del suelo, etc. como se muestra a continuación:

**Tabla 1: Valores de coeficientes de escorrentía**

<b>Material</b>	<b>C</b>
Pavimentos de hormigón o aglomerados	0.75 a 0.95
Tratamientos superficiales	0.60 a 0.80
Firmes no revestidos	0.40 a 0.60
Bosques	0.10 a 0.20
Zonas con vegetación densa	0.05 a 0.50
Zonas con vegetación media	0.10 a 0.75
Zonas sin vegetación	0.20 a 0.80
Zonas cultivadas	0.20 a 0.40
Terreno llano, permeable y boscoso	0.15
Terreno ondulado con pasto y cultivo	0.50

**Fuente:** Manual del Ingeniero Civil – Tercera Edición

Según esta Tabla, para el área en estudio el valor de C varía de 0.10 a 0.75. Tomaremos para el estudio un valor de 0.75 (mayor valor). Este valor de coeficiente de escorrentía es el que el MOP recomienda para diseños pluviales en áreas sub-urbanas y en rápido crecimiento (ver Manual de Requisitos para Revisión de Planos).

### **Intensidad de Lluvia**

Las curvas IDF son las que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978). Son la representación gráfica de la relación existente entre la intensidad, la duración y la frecuencia o período de retorno de la precipitación (Benitez, 2002). Para el cálculo de la intensidad de la lluvia, utilizaremos las ecuaciones de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) para la Vertiente del Pacífico, recomendadas por el MOP.



$$i = \frac{k}{t_c + b}$$

**En donde:**

- i = Intensidad de lluvia en pulg./hora
- t<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en minutos
- k y b = Constantes (dependen del período de retorno)

**Tiempo de Concentración**

Se define como el tiempo que pasa desde el final de la lluvia neta hasta el final de la escorrentía directa. Representa el tiempo que tarda, en llegar al punto de control, la última gota de lluvia que cae en el extremo más alejado de la cuenca y que circula por escorrentía directa. Por lo tanto, el tiempo de concentración sería el tiempo de equilibrio o duración necesaria para que con una intensidad de escorrentía constante se alcance el caudal máximo. Existen varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración. Utilizaremos la de Kirpich.

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.77}$$

**En donde:**

- t<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en minutos
- L = Longitud de la cuenca en metros
- P = Pendiente de la cuenca en m/m

$$T_c = 0.0195 \left( \frac{1354}{\sqrt{0.054}} \right)^{0.77} = 15.47 \text{ minutos}$$

T<sub>c</sub> = 16 minutos a usar

## Período de Retorno

El período de retorno, generalmente se expresa en años y se define como el intervalo de tiempo promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica. Es uno de los parámetros más significativos a considerar en el momento de dimensionar una estructura hidráulica q va a ser destinada a soportar crecidas. Utilizaremos para el cálculo un período de retorno de 1:50 años (valor recomendado por el MOP para entubamientos y canalizaciones).

$$i = \frac{370}{tc + 33} \underline{d} \text{ pulg. / hora}$$

### **En donde:**

i = Intensidad de lluvia en pulg./hora

tc = Tiempo de concentración en minutos

$$i = \frac{370}{16+33} \times 25.40 = 191.80 \text{ mm/hora}$$

$$Q = CiA / 360$$

$$Q = 0.75 \times 191.80 \times 30 / 360 = 11.99 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 12.00 \text{ m}^3/\text{s} \text{ a usar}$$

### **Nota:**

*Para el cálculo hidráulico se utilizará el caudal estimado para una Lluvia con una recurrencia de 1:50 años, ya que es el que el Ministerio de Obras Públicas recomienda para las canalizaciones de ríos y quebradas (ver Manual de Requisitos de Revisión de Planos).*

## **B- CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

## Metodología a utilizar para el cálculo hidráulico

El realineamiento de la quebrada Dejal, dentro de la propiedad es de 152.236 metros. De la estación 0K+152.236 hasta la estación 0K+083.886, se proyecta un cajón pluvial (L=68.35m) y de esta estación hasta la estación 0K+000.00, se proyecta un canal pluvial (ver alineamiento en el plano).

### 1- CAJÓN PLUVIAL (DE 0K+152.236 A 0K+085.847):

Para el cálculo, tomaremos un ancho de 2.44 metros

$Q = 12.00 \text{ m}^3/\text{s}$  (ver cálculos hidrológicos)

$S = 0.0050 \text{ m/m}$  (ver perfil longitudinal)

$A = 2.44 (Y_n)$

$P = 2.44 + 2 (Y_n)$

Utilizando la ecuación de Manning para canales abiertos, tenemos:

$$12 = \frac{1}{0.013} \left( \frac{2.44 Y_n}{2.44 + 2 Y_n} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.0050} \times (2.44 Y_n)$$

Como puede verse esta es una ecuación, cuya solución requiere de un programa de computadora para resolverlo. En este caso utilizaremos el programa de Newton Raphsom:

$I = f(y)$

**En donde:**

$I$  = representa la ecuación igualada a cero

$f(y)$  = la ecuación en función de la incógnita (y)

Introduciendo la ecuación en el programa, obtenemos el valor de  $Y_n = 1.25 \text{ m}$

$Y_n / H = 0.80$  (AASHTO)

$H = 1.25 / 0.80 = 1.56 \text{ m}$

$H = 1.83 \text{ m}$  a usar

$v = Q/A$

$$v = 12 / (2.44 \times 1.25) = 3.93 \text{ m/s}$$

**Nota:**

- *Usar cajón pluvial de 2.44m x 1.83m (medidas internas) con una pendiente longitudinal de 0.0050m/m (ver detalle constructivo en planos).*
- *Para la construcción del cajón pluvial se excavará el fondo de la quebrada aproximadamente 0.70 metros (ver estación 0K+152.236). Esto será necesario para garantizar que los niveles de crecida se mantengan dentro del cajón. De esta manera se evita que se produzcan inundaciones en las áreas adyacentes a la quebrada.*

## 2- CANAL PLUVIAL (DE 0K+085.847 A 0K+000.000):

Método de Manning:

$$Q = c / n RH^{2/3} S^{1/2} A$$

**En donde:**

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

c = Coeficiente (depende del sistema de unidades)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (depende del tipo de superficie en contacto con el agua)

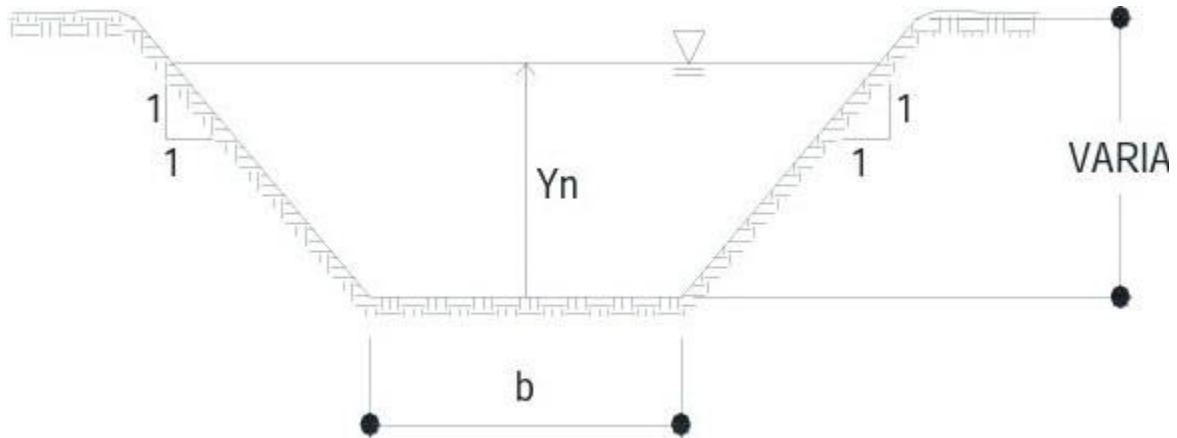
RH = Radio hidráulico en metros

S = Pendiente longitudinal del cauce en m/m

A = Área de la sección transversal en m<sup>2</sup>

c = 1.00 (sistema métrico)

RH = Área / Perímetro mojado



**SECCIÓN DE CANAL A UTILIZAR**

Para el cálculo, tomaremos un ancho de 2.00 metros

$Q = 12.00 \text{ m}^3/\text{s}$  (ver cálculos hidrológicos)

$S = 0.0050 \text{ m/m}$  (ver perfil longitudinal)

$n = 0.013$  (taludes y fondo revestidos con zampeado de hormigón armado)

$$A = 2 Y_n + Y_n^2$$

$$P = 2 + 2 Y_n \sqrt{2}$$

$$12 = 1/0.013 \left( \frac{2Y_n + Y_n^2}{2 + 2Y_n\sqrt{2}} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.0050} \times (2Y_n + Y_n^2)$$

Como puede verse esta es una ecuación, cuya solución requiere de un programa de computadora para resolverlo. En este caso utilizaremos el programa de Newton Raphsom:

$$I = f(y)$$

**En donde:**

$I =$  representa la ecuación igualada a cero

$f(y) =$  la ecuación en función de la incógnita ( $y$ )

Introduciendo la ecuación en el programa, obtenemos el valor de  $Y_n = 1.01\text{m}$

$$Y_n / H \leq 0.80 \text{ (AASHTO)}$$

$$H \text{ (mínimo)} = 1.01 / 0.80 = 1.26\text{m}$$

$$H = 1.25\text{m} \text{ (altura a revestir = } Y_n \text{ del cajón pluvial)}$$

$$v = Q/A$$

$$v = 12 / (2 \times 1.01 + 1.01^2)$$

$$v = 3.95 \text{ m/s}$$

**Nota:**

- Usar canal trapezoidal con zampeado de hormigón armado de 2.00m de base, taludes 1:1, con una altura de 1.25m y pendiente longitudinal de 0.0050m/m (ver detalle constructivo en planos).
- Para la construcción del canal pluvial se excavará una profundidad aproximada de 2.80 metros (ver estación 0K+083.886). Esto será necesario para garantizar que los niveles de crecida se mantengan dentro del canal. De esta manera se evita que se produzcan inundaciones en las áreas adyacentes a la quebrada.

**3- VERIFICACIÓN DEL CRUCE PLUVIAL EXISTENTE:**

El cruce pluvial existente, al cual nos vamos a empalmar, consta de dos líneas de tuberías de hormigón de 1.05 metros (42”) de diámetro, con una pendiente longitudinal de 0.02595 m/m (ver información en el plano).

El diámetro mínimo requerido para conducir un caudal, considerando el tubo como un canal abierto, es decir, cuando el flujo posee una superficie libre, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

**3.1 Cálculo del diámetro requerido:**

Q = 12.00 m<sup>3</sup>/s (ver cálculos hidrológicos)

S = 0.02595 m/m (ver perfil longitudinal)

n = 0.013 (tuberías de hormigón reforzado)

$$Dt = \left( \frac{Q \times n}{0.32 \times \sqrt{So}} \right)^{3/8}$$

**En donde:**

Dt = Diámetro mínimo en metros

Q = Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s

n = Coeficiente de Manning

So = Pendiente longitudinal del tubo en m/m



$Q = 6.00\text{m}^3/\text{s}$  (para cada línea)

$$Dt = \left( \frac{6 \times 0.013}{0.32 \times \sqrt{0.02595}} \right)^{3/8}$$

$Dt = 1.168\text{m} > 1.05\text{m}$

**Nota:**

*Como puede verse del cálculo, el diámetro requerido para conducir el caudal producido en la cuenca de la quebrada para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años, es mayor que el existente.*

**3.2 Cálculo del caudal a tubo lleno:**

$$Q = 1/n(D/4)^{2/3} \times \sqrt{S_0} \times \pi/4(D^2)$$

$$Q = \frac{1}{0.013} \left( \frac{1.05}{4} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.02595} \times \pi/4(1.05^2)$$

$Q = 4.399\text{m}^3/\text{s}$  (una línea)

$Q = 4.40 (2) = 8.798\text{m}^3/\text{s}$  (caudal que conducen las dos líneas existentes)

**3.3 Cálculo del diferencial de caudal:**

$$\Delta Q = 12 - 8.80 = 3.20\text{m}^3/\text{s}$$

**Nota:**

*Con el caudal de  $3.20\text{m}^3/\text{s}$  se dimensionará la tubería que se necesita en el cruce para conducir el caudal de la cuenca.*

#### 4- CRUCE PLUVIAL A ADICIONAR:

El diámetro mínimo requerido para conducir un caudal, considerando el tubo como un canal abierto, es decir, cuando el flujo posee una superficie libre, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Dt = \left( \frac{Q \times n}{0.32 \times \sqrt{So}} \right)^{3/8}$$

#### **En donde:**

- Dt = Diámetro mínimo en metros
- Q = Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s
- n = Coeficiente de Manning
- So = Pendiente longitudinal del tubo en m/m

Las relaciones hidráulicas para conductos circulares, las calcularemos utilizando las siguientes ecuaciones:

1.  $Q = 1/n(D/4)^{2/3} \times \sqrt{So} \times \pi/4 (D^2)$        $\underline{d}$  m<sup>3</sup>/s      Q(tubo lleno)

2.  $V = 1/n(D/4)^{2/3} \times \sqrt{So}$        $\underline{d}$  m/s      V(tubo lleno)

3.  $q / Q = \left( \frac{\theta}{360} - \frac{\text{sen}\theta}{2\pi} \right) \left( 1 - \frac{180}{\pi\theta} \times \text{sen}\theta \right)^{2/3}$

4.  $v / V = \left( 1 - \frac{180}{\pi\theta} \times \text{sen}\theta \right)^{2/3}$

$v = (v / V) * V$       (3 p/s ≤ v ≤ 12 p/s)

5.  $d/D = 1/2 \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) < 0.80$  (AASHTO)

La velocidad (v) deberá ser mayor de 3 p/s para evitar la sedimentación excesiva (autolimpiante) y menor de 12 p/s para evitar la erosión en las descargas pluviales.

La Relación Hidráulica (d/D) deberá ser menor o igual a 0.80, es decir, que las estructuras pluviales deberán ser diseñadas para trabajar a un 80% de su capacidad.

Utilizando una línea de tubería de hormigón reforzado con  $\Delta Q = 3.20\text{m}^3/\text{s}$  y una pendiente de  $0.02595\text{m}/\text{m}$ , tenemos:

$$Dt = \left( \frac{3.20 \times 0.013}{0.32 \times \sqrt{0.02595}} \right)^{3/8}$$

$$Dt = 0.923\text{m} \text{ ó } 36.33''$$

$$Dr = 42'' \text{ (1.05m) a usar}$$

$$Q = \frac{1}{0.013} \left( \frac{1.05}{4} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.02595} \times \pi/4 (1.05^2)$$

$$Q = 4.40\text{m}^3/\text{s}$$

$$3.20 / 4.40 = \left( \frac{\theta}{360} - \frac{\text{sen } \theta}{2\pi} \right) \left( 1 - \frac{180}{\pi\theta} \times \text{sen } \theta \right)^{2/3}$$

Resolviendo, obtenemos  $\theta = 210.7595^\circ$

$$d/D = 1/2 \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right)$$

Con  $\theta = 210.7595^\circ$ , obtenemos  $d/D = 0.6326$ . Por lo tanto,

$$d = 0.6326 (1.05) = 0.66\text{m}$$

$$V = \frac{1}{0.01} \left( \frac{1.05}{4} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.02595}$$

$$V = 5.081\text{m}/\text{s}$$

$$v / V = \left( 1 - \frac{180}{\pi\theta} \times \text{sen}\theta \right)^{2/3}$$

Con  $\theta = 210.7595^\circ$ , obtenemos  $v/V = 1.0907$ . Por lo tanto,

$v = 1.0907 (5.081) = 5.542 \text{ m/s}$  ó  $18.18 \text{ p/s} < 12 \text{ p/s}$  (se tendrá que revestir la descarga)

**Nota:**

- *Para el cruce pluvial utilizar una línea de tubería de hormigón reforzado, Tabla III, de 42 pulgadas de diámetro (1.05m), con pendiente longitudinal de 0.02595m/m (ver detalle constructivo en planos).*
- *Con la adición de la línea de 1.05 m de diámetro se desalojará el caudal que se produce en la cuenca de la quebrada Dejal sin que se produzcan inundaciones en el acceso a Westin Playa Bonita Panamá.*

## CONCLUSIONES

El realineamiento de la quebrada Dejal, dentro de la propiedad es de 152.236 metros. De la estación 0K+152.236 hasta la estación 0K+083.886, se proyecta un cajón pluvial y de esta estación hasta la estación 0K+000.00, se proyecta un canal pluvial.

- El cajón pluvial a construir es de 2.44m x 1.83m (medidas internas) con una pendiente longitudinal de 0.0050m/m. Para la construcción del cajón pluvial se excavará el fondo de la quebrada aproximadamente 0.70 metros (ver estación 0K+152.236). *Esto será necesario para garantizar que los niveles de crecida se mantengan dentro del cajón. De esta manera se evita que se produzcan inundaciones en las áreas adyacentes a la quebrada.*
- El canal trapezoidal a construir es con zampeado de hormigón armado de 2.00m de base, taludes 1:1, con una altura de 1.25m y pendiente longitudinal de 0.0050m/m. Para la construcción del canal pluvial se excavará una profundidad aproximada de 2.80 metros (ver estación 0K+083.886). *Esto será necesario para garantizar que los niveles de crecida se mantengan dentro del canal. De esta manera se evita que se produzcan inundaciones en las áreas adyacentes a la quebrada.*
- *Para el cruce pluvial a instalar en el acceso a Westin Playa Bonita Panamá, se utilizará una línea de tubería de hormigón reforzado, Tabla III, de 42 pulgadas de diámetro (1.05m), con pendiente longitudinal de 0.02595m/m. Con la adición de la línea de 1.05 m de diámetro se desalojará el caudal que se produce en la cuenca de la quebrada Dejal sin que se produzcan inundaciones en el acceso a Westin Playa Bonita Panamá.*
- *Con el realineamiento de la quebrada Dejal se hará más expedito el desalojo del caudal que se produce en la cuenca. sin que se produzcan inundaciones en las áreas adyacentes a la quebrada.*

## RECOMENDACIONES

- La construcción de las obras indicadas en el plano para el realineamiento de la quebrada Dejal (cajón, canal y tubería de hormigón reforzado), deberán realizarse según la mejor práctica del oficio.
- Realizar limpieza del cauce, aguas arriba de la propiedad, para recoger los restos vegetales, ya que los mismos pueden acumularse en la entrada del cajón pluvial a construir.

**ANEXO**  
**CUENCA DE LA QUEBRADA DEJAL**