

**REPÚBLICA DE PANAMÁ
PROVINCIA DE HERRERA**

ESTUDIO HIDROLÓGICO

**“SOLICITUD PARA LA AUTORIZACIÓN DE OBRAS EN
CAUCES NATURALES”**

UBICACIÓN REGIONAL: FOLIO REAL 2360 COD. 6301;
QDA. DE LOS REMEDIOS EN EL PASO N° 2, LUGAR LOS
REMEDIOS, CORREGIMIENTO CABECERA, DISTRITO DE
OCÚ, PROVINCIA DE HERRERA.

SOLICITANTE:
ERLIS ADALIS GONZALEZ MARIN
CED. 6-702 - 360

ELABORADO POR:

**ING. FRANKLIN VEGA PERALTA
CÉDULA N°: 9 - 127 - 064
LICENCIA: 94 - 005 - 003
Licencia: 3,277- 95**

FECHA: NOVIEMBRE DE 2019.

ÍNDICE

Contenido	Página
Introducción	4
Descripción general para la solicitud de construcción de la obra.	5
I. Tipo de obra	5
II. Ubicación Política del Proyecto	6
III. Ubicación Cartográfica del Proyecto	6
IV. Nombre del Solicitante	
V. Identificación de la Propiedad donde se construirá la obra.	
VI. Identificación del Profesional Responsable	
VII. Aspectos Legales para la Solicitud	
VIII. Estudio Hidrológico	
8.1. Datos Climáticos Predominantes en la Región	
8.2. Caudales de la quebrada De Los Remedios, según Estación Hidrológica más próxima	
8.3. Usuarios que utilizan la Fuente Estudiada	
8.4. Análisis hidráulico de la quebrada estudiada (Quebrada De Los Remedios).	
IX. Anexos	

ANEXOS

- ✓ Localización Regional del Proyecto.
- ✓ Mapa topográfico y Altura del Sitio a Escala de 1: 50,000 y coordenada UTM de punto estudiado.
- ✓ Definición y calculo área del drenaje (AD).
- ✓ Tabla N° 1, del estimaciones de cálculo de alcantarillas.
- ✓ Plano demostrativo de la obra a construir.

INTRODUCCIÓN

El presente Estudio Hidrológico tiene como objetivo fundamental estimar los caudales máximos que escurren a través de quebrada De Los Remedios en el Paso N° 2, ubicada dentro del perímetro donde se desarrolla proyecto de camino de acceso, específicamente dentro del **Folio Real 2360 Cod. 6301**, propiedad de **Erlis Adalis Gonzalez Marín**. En este proyecto se colocarán alcantarillas para evacuar y drenar el agua que drena en la quebrada debido a su pequeña cuenca. El mismo será financiado por el solicitante propietario de la Finca, dentro del concepto de inversión privada en esta zona considerada como de uso y desarrollo agropecuario. La fuente estudiada, se ubica a unos 3.7 Km de la carretera Nacional en el trayecto Carretera Panamericana – Ocú, sector Los Remedios, corregimiento Ocú, distrito de Ocú, correspondiendo a quebrada De Los Remedios, de pequeño caudal en la época seca y que capta y aumenta su escorrentía en la época de invierno, debido a la precipitación. El proyecto prevé colocar tubos de hormigón para paso de vehículos según el caudal máximo que se puede esperar con las precipitaciones en la época de invierno esta fuente hídrica. Sobre esta quebrada no existen registros de caudales, ni existen antecedentes de caudales mínimos mensuales; en consecuencia no se puede presentar información que haya sido registrada. Las características e información aquí desarrollada, se fundamentan en lo estudiado en el sitio donde se realizará el proyecto y los procesos de cálculos respectivos para presentar el comportamiento hidrológico de la pequeña micro- cuenca.

DESCRIPCIÓN GENERAL PARA LA SOLICITUD DE CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA.

- I. **Tipo de Obra:** La obra corresponde a la colocación de alcantarillas, sobre el drenaje de agua producido por la quebrada De Los Remedios durante sus máximas crecidas. El ancho y la longitud de alcantarillas sobre el drenaje estará en función de diseño y el respectivo relleno. Este estudio proporcionará parámetros, para el flujo adecuado del agua sin que a futuro

puedan existir afectaciones de inundaciones o el colapso de las mismas. En la actualidad el agua drena por el cauce natural en dirección Norte - Este, específicamente dentro del sitio donde se desarrollará el Proyecto. Las actividades propias del proyecto no son de alta magnitud, destacándose las siguientes:

- I.1. Limpieza de materiales y sedimentos que existan en el cauce (muy pequeña cantidad).
 - I.2. Colocación de grava para base de tubos.
 - I.3. Colocación de tubos de hormigón reforzado, según diseño.
 - I.4. Construcción de cabezales de hormigón reforzado, con acero corrugado.
 - I.5. Relleno con tosca sobre el paso de alcantarillas.
 - I.6. Colocación y compactación de material selecto sobre los tubos en la vía habilitada para paso de vehículos.
 - I.7. Adecuación con relleno de tosca en el acceso al paso sobre las alcantarillas.
- II. **Ubicación Política del Proyecto:** El punto estudiado se ubica a unos 3.7 Km de la carretera Nacional CPA – Ocú, específicamente dentro del **Folio Real 2360 Cod. 6301**, corregimiento Ocú, distrito de Ocú, provincia de Herrera.
- III. **Ubicación Cartográfica del Proyecto:** Mediante sistema de posicionamiento global (GPS) y verificado en mapa cartográfico a escala de 1: 50,000 (Hoja 4039 IV – SERIES – 762 – Ocú), compilado por el Instituto Geográfico Tommy Guardia – Panamá, la ubicación de colocación de alcantarillas, basados en el Datum UTM WGS 84, es la siguiente:

Punto de Estudio Paso N° 2(Alcantarillas):

Este: 520146.00

Norte: 879954.00

Elevación: H: 135 m snm

IV. Nombre del Solicitante:

- **Erlis Adalis Gonzalez Marín.**
- CED. 6-702-360
- Propietario del Folio Real 2360 Cod. 6301
- Residente: Provincia de Herrera

V. Identificación de la Propiedad donde se construirá la obra:

- La obra se ubica dentro del Folio Real 2360 Cod. 6301, dentro del Folio Real 2360 Cod. 6301, corregimiento Ocú, distrito de Ocú, provincia de Herrera.

VI. Identificación del Profesional Responsable:

Nombre: Ingeniero Franklin Vega Peralta

Cédula: 9 – 127 -064

Licencia: 94 - 005 -003

Licencia: 3,277 - 95.

VII. Aspectos Legales para la Solicitud.**7.1. Decreto Ley Nº 35 de 22 de septiembre de 1966; sobre el Uso de Las Aguas.**

“Establece la reglamentación para la explotación de las aguas del Estado cuyo aprovechamiento debe ser de interés social, procurando su racionalización, conservación y la administración eficiente de las mismas. El agua es a la vez, un bien de dominio público, de aprovechamiento libre, con sujeción a lo dispuesto por la Ley de Aguas. Por tal Razón las aguas fluviales, lacustres, marítimas, subterráneas y atmosféricas, dentro del territorio Nacional Continental e Insular; el subsuelo, la Plataforma Continental Submarina y el espacio aéreo de la República, están sujetas a dicha normativa Legal “Decreto-Ley Nº 35 de 1966”.

7.2. Decreto Ejecutivo Nº 70 de 27 de julio de 1973.

Reglamenta el Decreto Ley Nº 35 de 1966, normando el otorgamiento de permisos o concesiones para uso de las Aguas y se determina la

integración y funcionamiento del Consejo consultivo de Recursos Hidráulicos.

7.3. Decreto Nº 55 de 13 de junio de 1973; sobre Servidumbres de Aguas.

Reglamenta las servidumbres de agua, estableciendo las servidumbres naturales, las servidumbres de acueducto, las servidumbres de estribo de presa y de parada y las servidumbres de abrevadero. Norma los procedimientos para obtener la autorización de servidumbres de aguas, define los gravámenes o impuestos a pagar por el usufructo en diferentes predios; el que sufre gravamen se denomina sirviente y el que recibe el beneficio se denomina, predio dominante.

7.4. Resolución AG – 0342-2005, para la autorización de obra en cauce.

7.5. Reglamentaciones vigentes sobre obras en servidumbres pluviales establecidas por el Ministerio de Obras Públicas y El Ministerio de Vivienda.

7.6. Ley General de Ambiente de la República de Panamá.

Creada en el año 1998, establece que la administración del ambiente es un deber del Estado, por lo tanto crea las normas básicas para la Protección, Conservación, y Recuperación del Ambiente, promoviendo el uso sostenible de los Recursos Naturales.

Artículo 80: Se podrán realizar actividades que varíen el régimen, la Naturaleza o la calidad de las aguas o que alteren los cauces, con la Autorización de la Autoridad Nacional del Ambiente, según concordancia con otros artículos de la presente Ley.

Artículo 81: El Agua es un bien de dominio Público en todos sus estados. Su conservación o uso es de interés social y su uso se encuentra condicionado a la disponibilidad del, Recurso y las necesidades reales del objeto a que se destinan.

Artículo 82: Los Usuarios que aprovechen los Recursos Hídricos están obligados a realizar obras necesarias para su conservación de conformidad con el Plan de Manejo Ambiental y el Contrato de Concesión Respectivo.

Artículo 83: La Autoridad Nacional del Ambiente creara programas especiales de manejo de cuencas, y su manejo estará en función de el nivel de su deterioro o por situaciones de estrategias de conservación.

VIII. ESTUDIO HIDROLÓGICO

8.1. Datos Climáticos Predominantes en la Región:

8.1.1. Comportamiento Climático General Para la Región Estudiada:

Según la clasificación Köppen, el Clima predominante para la región donde se desarrollará el proyecto es Tropical de Sabana (Aw), con temperaturas máximas que llega a los 33°C, siendo el mes de marzo el más caluroso, coincidiendo con la inversión de los movimientos de las masas de aire y el cambio de estación climática. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área del proyecto se clasifica como Bosque Seco tropical.

La temporada seca se da entre finales de noviembre e inicios de mayo y la temporada lluviosa se extiende el resto del año. Al estar localizada en la zona tropical, la diferenciación entre estaciones puede ser incierta, con temperaturas que varían entre los 23 °C y los 32 °C.

8.1.2. Datos de estaciones meteorológicas más cercanas.

Se tomó información de las estaciones meteorológicas más cercanas, correspondiendo a la Estación Tipo B - Divisa, Herrera. Como soporte se tomó también la Estación Principal Tipo A, ubicada en el aeropuerto de Santiago de Veraguas. Estas tienen los siguientes registros:

Estación Tipo B, Divisa:

Nº de Cuenca: 132: Río Santa María.
Latitud: N 08° 06'; Longitud: W 80° 41'
Elevación: 12 metros snm.
Estación: Secundaria Tipo B.

Promedio de Temperaturas en Grados Centígrados; Años 2008 - 2010.

Meses	Anual	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Máxima	32.8	33.0	34.3	35.4	35.7	33.4	32.0	33.3	31.3	32.1	31.4	31.1	32.5
Mínima	22.0	19.7	19.6	20.6	22.4	22.9	23.7	23.1	22.8	22.8	23.0	22.9	22.9
Media	27.4	26.4	27.0	28.0	29.1	28.2	27.9	27.2	27.1	27.5	27.2	27.0	26.7

Fuente: Situación Física de Panamá, Contraloría General.

Precipitación Pluvial em Milímetros (mm); Registros: Período 2001 - 2010

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1,641.5	1,131.4	2,872.1	1,509.6	1,705.8	1,711.9	2,044.4	2,057.9	1,235.9	1,961.5

Promedio de Precipitación Pluvial: 1,787.2 mm

Fuente: Situación física de Panamá-Contraloría General, 2010.

Humedad Relativa en %.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H.R (%)	74.0	71.0	68.0	68.0	77.0	84.0	85.0	85.0	83.0	86.0	88.0	78.0

Promedio Anual: 78.9. Fuente: Situación Física de Panamá, Contraloría General.

Estación Tipo A, Aeropuerto de Santiago:

Nº de Cuenca: 120: Río San Pedro.

Latitud: N 08° 05'; Longitud: W 80° 58'

Elevación: 88 metros snm.

Estación: Principal Tipo A.

Precipitación Pluvial em Milímetros (mm); Registros: Período 2001 - 2010

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2,443.7	1,660.7	2,497.7	1,946.2	2,349.2	2,232.5	3,001.9	2,456.7	2,535.8	2,700.7

Promedio de Precipitación Pluvial: 2,607.13 mm

Fuente: Situación física de Panamá-Contraloría General, 2010.

Promedio de Temperaturas en Grados Centígrados.

Meses	Anual	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Máxima	33.2	32.6	33.8	35.2	35.4	33.9	32.0	33.1	33.4	32.1	31.7	31.5	---
Mínima	22.1	20.0	21.0	20.9	21.3	23.1	23.0	23.2	22.7	22.6	23.0	22.5	---
Media	27.6	26.3	27.4	28.1	28.4	28.5	27.5	28.2	28.1	27.4	27.4	27.0	23.6

Fuente: Situación Física de Panamá, Contraloría General.

Radiación: Se registra una Radiación Promedio de 17.5MJ/M²/día, con los siguientes datos mensuales: Radiación en MJ/M²/día.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Radiación	18.8	21.4	22.5	19.6	16.9	15.4	15.5	16.2	16.0	15.3	15.8	16.0

Fuente: Extraída a Través del programa CROPWAT

Insolación en Porcentaje (%).

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolación	63.0	60.0	63.0	60.0	47.0	42.0	38.0	37.0	30.0	30.0	46.0	57.0

Fuente: Situación Física de Panamá, Contraloría General.

Evaporación en Milímetros (mm)- Año 2008 - 2010

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evaporación	170.6	152.3	248.9	188.9	127.3	90.4	99.6	123.1	105.5	94.1	96.1	141.1

Fuente: Situación Física de Panamá, Contraloría General.

Humedad Relativa en %.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H.R (%)	67.2	63.4	63.4	65.4	80.6	54.5	83.6	84.3	85.6	84.7	86.0	74.3

Fuente: Situación Física de Panamá, Contraloría General.

Velocidad del Viento en m/s (metros sobre segundos)- Fuente: Contraloría General.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Velocidad	1.2	1.6	1.6	1.4	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9	0.7	0.7	0.8

Fuente: Situación Física de Panamá, Contraloría General.

8.1.3. Fisiografía: El terreno donde se ubica la quebrada posee topografía semi-ondulada a plana, con alturas en las inmediaciones que en lo general no superan los 150 metros sobre el nivel medio del mar; los suelos moderadamente profundos, con una profundidad cercana a 0.92 metros como promedio; la textura es arcillosa, color chocolate claro, con buen drenaje. Según el Atlas Nacional de la República de Panamá (1998), estos suelos son catalogados como ácidos, en el cual la reacción (pH), oscila entre 5.5 y 6.0. En general, el suelo puede clasificarse

como "Suelo Clase IV". Este es no arable, con limitaciones en su uso, sobre pendientes moderadamente planas, fertilidad baja, moderada profundidad y pueden ser mejorados con medidas agronómicas exigentes.

8.2. Caudales de la quebrada De Los Remedios, según Estación Meteorológica más próxima:

8.2.1. Caudales Promedios Mensuales: No existe reporte de caudales promedios de la fuente donde se hará la obra. La Estación hidrológica más cercana se ubica a algunos kilómetros de distancia. La quebrada por su bajo caudal no ha sido objeto de registros de caudales históricos, mediante aforos u otros cálculos análogos.

8.2.2. Caudales Mínimos Mensuales: No existen reportes de caudales mínimos de la fuente donde se construirá la obra. La fuente no ha sido objeto de aforos permanentes o periódicos que determinen su caudal.

8.2.3. Aforos Esporádicos para la estación seca: La Fuente estudiada no tiene reportes de aforos esporádicos realizados a la misma, ni en época seca ni en época de invierno. Esto se debe que es una quebrada muy pequeña la cual pierde casi todo su caudal en verano. Adicional, por tratarse el estudio de diseñar e instalar alcantarillas con diámetro adecuado, lo más sensato y técnicamente viable es el calcular las máximas crecidas para la pequeña cuenca, del tal forma que se cumpla con el drenaje efectivo del caudal con las alcantarillas que se coloquen según la obra en cauce. Ese es el objetivo del presente estudio.

8.3. Usuarios que utilizan la Fuente Estudiada.

Mediante inspección realizada, a está micro cuenca se comprobó que no existen personas naturales o jurídicas que estén usufructuando mediante captación este recurso hídrico. Esto se debe a que la cuenca de la quebrada es pequeña y solo sirve para consumo animal, por ejemplo de hatos de reses o ganado caballar. Tampoco existen otras obras que estén construidas sobre el cauce de la fuente hídrica estudiada. Debe señalarse que ni aguas arriba ni aguas abajo hay viviendas en densidades altas, por lo que se intuye que no hay uso de domésticos de las mismas. Como se dijo el único uso que puede existir es consumo para

ganado vacuno o caballar, aguas abajo o arriba, por donde escurre la pequeña fuente hídrica.

8.4. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA QUEBRADA ESTUDIADA (QUEBRADA DE LOS REMEDIOS).

8.4.1. Definición General de la Cuenca Hidrográfica donde se desarrollara el Proyecto.

El proyecto se desarrollará en la cuenca Nº 132 - Río Santa María el cual pertenece a la vertiente del Pacífico. El área de drenaje total de esta cuenca es de aproximadamente 3,326 Kilómetros cuadrados y desde su nacimiento hasta su desembocadura al mar tiene una longitud en su cauce principal de 168 Kilómetros. La elevación media de la cuenca es de 200 metros sobre el nivel del mar y el punto más alto se encuentra en la cordillera central a 1,528 metros sobre el nivel del mar. Esta cuenca tiene una distribución de la precipitación no uniforme a lo largo de su trayecto, no obstante la distribución de caudales es más uniforme en la parte alta. Esta cuenca está dividida en cuenca en la parte alta, cuenca en la parte media y cuenca en la parte baja. Las dos primeras están más documentadas que la tercera, ya que existen más estaciones meteorológicas en las mismas (alta y media). La fuente hídrica estudiada es la quebrada De Los Remedios, que se ubica en la cuenca Baja del Río Santa María. Esta pequeña quebrada vierte sus aguas al Río Yaré; esté al río Conacá y este después las vierte al Río Santa María.

8.4.2. Descripción del cauce: El cauce en estudio se compone de una corriente de agua que recoge las gotas de lluvias más alejadas a unos 590 metros (0.590Kms.), aguas arriba. Su cauce, aguas arriba del sitio de la obra, escurre en un solo ramal principal, el cual en ciertos tramos posee cubierta vegetal de rastrojos y en su mayor parte pastos e hierbas. La cuenca no está influenciada por la construcción de viviendas o caminos de acceso de poblados (en la parte Este del punto donde se realiza el estudio hay viviendas pero fuera de la micro cuenca). Por tanto las infraestructuras más cercanas como se dijo, son las pocas viviendas ubicada en la parte Este, del punto donde se ubicaran las alcantarillas.

Esta se constituye en parte de la línea divisoria de agua en ciertos puntos de la pequeña hoya hidrográfica.

Para la delimitación de la cuenca de esta fuente hídrica (Área de Drenaje: AD), además de apoyarnos con la información contenida en el mosaico topográfico suministrado por Tommy Guardia Hoja 4039 – IV - Serie 762–Ocú, que cubre el área en estudio, se realizó un reconocimiento en campo y tomando en cuenta los drenajes existentes en el mapa cartográfico. En anexos se presenta la ubicación, longitud del drenaje, área de drenaje y la fisiografía en mapa a escala 1: 50,000.

8.4.3. Consideraciones Hidrológicas: En la actualidad, el área tributaria de esta micro cuenca tiene superficie de escorrentía en un 80% homogénea dado el carácter vegetal de pastos, rastrojos y arboles dentro de la misma. No obstante hay un 10% donde se ubican viviendas y caminos debido a la una reducida expansión antropológica. Por lo anterior el 90 por ciento del suelo está al natural, principalmente con suelo descubierto, áreas verdes de árboles, matorrales y pastos sembrados. El siguiente análisis se hará con el propósito de demostrar, que las mayores intensidades de lluvias, no afectaran a las área circundantes; en consecuencia los cálculos se realizaran en base a la sección natural de cauce y la superficie de drenaje que esta compuesto en este caso por 95% de superficies cubierto con pastos, arbustos, árboles y un 10% con infraestructuras de uso humano, que incluye el futuro potencial de proyectos de uso agropecuario y un pequeño crecimiento del asentamiento humano.

8.4.4. Variables para el Cálculo Hidrológico: Para la obtención del caudal real máximo que puede generarse hasta el sitio de obra hidráulica, se levantó una sección transversal en el punto donde se colocaran las alcantarillas. Para tal efecto, el cálculo se efectúo en las coordenadas Este: 520146.00 y Norte: 879954.00 (Z = H: 135 m snm), que corresponde a la ubicación del punto donde se ubicará la obra hidráulica, especificado en el Mapa Cartográfico 1:50,000, anexo.

A continuación las variables:

✓ **Área de Drenaje:** El área de la micro cuenca tiene una superficie aproximada estimada de 29 hectáreas (290000 m^2) y la longitud que debe recorrer la gota más lejana es de aproximadamente 590 metros (0.590 kms.). El desnivel medio total de la micro - cuenca (pendiente media= S) desde a gota más lejana al punto donde se construirá la obra, es de 0.03 metro por metro (m/m), como se muestra en la sección del plano topográfico donde se define y calcula el área de drenaje (ver anexos).

✓ **Estimación de caudal:**

Como el área de drenaje de la cuenca en estudio es menor de 250 Hectáreas, utilizaremos en método racional para la estimación de caudales.

$$Q = (C \times i \times A) / 360 \quad \text{donde:}$$

Q : Caudal Máximo en m^3/s

C : Coeficiente de escorrentía

I : intensidad de lluvia en mm/hora

A : Área de drenaje de la cuenca en Hectáreas.

Las suposiciones incluidas en la formula racional son:

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

✓ **Coeficiente de Escorrentía:** Es porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo. En el recorrido por la cuenca se pudo comprobar que el suelo del área de drenaje está cubierta por pastos, rastrojos, árboles dispersos, como también un área cubierta por infraestructura (Esto incluye las viviendas de la zona). En consecuencia, tomaremos un coeficiente de escorrentía que se recomienda para diseños pluviales en áreas cubiertas de pastizales, con pendiente entre 2% y 7% y para una taza de retorno de cincuenta años. Este valor recomendado es $C=0.45$, para un periodo de retorno de 50 años.

✓ **Intensidad de la Lluvia:** Utilizaremos ecuaciones recomendadas por el MOP para la vertiente del pacífico:

$$i_{50} = 370 / (t_c + 33); \text{ periodo de retorno de 50 años.}$$

Donde:

i: Intensidad de lluvia en pulgada/hora

t_c : Tiempo de concentración en minutos

✓ **Tiempo de concentración:** Se define como el tiempo requerido para que escurra el agua desde el punto más distante de una cuenca hasta el punto de medición de flujo o caudal. Existen varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración, utilizaremos la ecuación de Kirpich:

$$T_c = 3.7688 * (L / \sqrt{p})^{0.77}, \text{ Donde:}$$

T_c : tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud de la cuenca en Kms.

p: Pendiente media de la cuenca en m/m

Cálculo del tiempo de concentración:

Sección	Altura	Longitud	Pendiente	t_c
	Desnivel (m)	Km	m/m	min
Hasta el Punto de Obra	18.0	0.590	0.03	9.70

✓ **Cálculo de la Intensidad de Lluvia: Utilizaremos un periodo de retorno de 1 en 50 años:**

$$i_{50} = 370 / (tc + 33) = 370 / (9.7 + 33) = 8.66 \text{ pulg./hr.}$$

tc	i	i
min	Pulg / hr	mm / hr
9.70	8.66	220.09

✓ **Cálculo del caudal:**

$$Q = (C \times i \times A) / 360$$

C	i	AD	Qr
Adimensional	mm / hr	Hectáreas	$\text{m}^3 / \text{seg.}$
0.45	220.09	29.0	7.99

Qr máx (caudal real máximo) = **7.99 m³/seg o 271.48 pie³/seg.**

REVISEMOS: El caudal Q real máximo calculado (**7.99 m³/seg. o 271.48 pie³/s**), es el que puede drenar y concentrarse en el punto de las alcantarillas a colocar en la quebrada, según los cálculos hidrológicos para un **periodo de retorno de 50 años**. En esa perspectiva es fundamental asegurar que los tubos que se colocarán tengan capacidad para evacuar este caudal aún con las más fuertes intensidades de lluvia para esta región de la comunidad de Los Canelos. De esta forma no vamos a los cálculos hidráulicos de la **Tabla Nº 1 – Calculo de Diámetro de Alcantarillas**, en la sección de anexos. En ella se muestra que con las especificaciones de **dos tuberías de 1.20 metros de diámetro** y la pendiente estimada, se drena perfectamente un caudal de **8.59 m³ / seg o 303.32 pie³/s**, con un margen de seguridad del 20% más. Así al ser el caudal real máximo calculado en la cuenca (**Qr max = 7.99 m³/seg. o 271.48 pie³/s**), menor a el caudal de diseño (**Qd = 8.59 m³ / seg o 303.32 pie³/s**), estimado para los **dos tubos de 1.20 m de Ø, de hormigón, se cumple con los requisitos hidráulicos de drenaje**. Por tanto no deben existir problemas de inundaciones o afectaciones por la colocación de las dos líneas de tubos de 1.20 m de diámetro que se instalarán. **Nótese que el diseño tiene un margen o factor de seguridad de 20%, según se muestra en la Tabla 1. Ver en anexos; Tabla Nº 1 de cálculo y verificación de capacidad de Tuberías.**