

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL RIO CAÑAS COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE



**Corregimiento de Cañas, Distrito de Tonosi, Provincia de
Los Santos
Solicitado por**

CAÑAS HILLS, S.A.

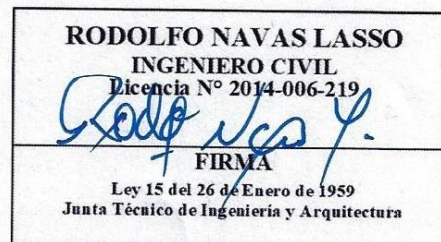
**Elaborado por:
LANDSTAR CONSULTORIA E INSPECCIÓN
Presentado por:**



MSc. Ing. Eberto E. Anguizola M.
Consultor Ambiental
IRC-015-2007



RODOLFO NAVAS LASSO
Ingeniero Civil
2014-006-219



Junio 2019

Índice General

	Pág.
1.0 Introducción.....	1
1.1 Generalidades de este Estudio.....	2
2.0 Característica de la Cuenca N°126.....	5
2.1 Demarcación de la Cuenca N°126.....	6
2.1.1 Característica de la Subcuenca del rio Cañas	7
2.2.0 Uso de la Tierra	8
2.3.0 Tipo de Suelo.....	10
2.3.1 Capacidad de los Suelos.....	11
2.4 Elevaciones.....	16
2.5 Pendiente.....	17
2.5.1 Pendientes de la Subcuenca del rio Cañas	17
2.6 Orientación.....	17
2.6.1 Orientación de la Subcuenca del rio Cañas.....	17
2.7 Red de Drenajes (Unifilar)	18
2.8 Red de Estaciones Hidrometeorológicas	19
2.8.1 Estaciones Meteorológicas Utilizadas.....	19
2.8.1 Estación Hidrológica Utilizada.....	19
2.9 Uso de Agua	20
3.0 Climatología.....	21
3.0.1 Clasificación del Clima (Según Köppen y Mckay)	21
3.0.1.1 Clasificación del Clima Según Köppen.....	22
3.0.1.2 Clasificación del Clima Según Mckay.....	23
3.0.1.3 Cambio Climático.....	25
3.1 Temperatura.....	26
3.2 Radiación Solar (Subcuenca del Rio Cañas)	29
3.3 Humedad Relativa.....	30
3.4 Análisis de los Vientos	31
3.5 Calculo de Evapotranspiración.....	3

Continuación---Índice General

Pág.

3.6 Precipitación	38
3.6.1 Determinación de las Tormentas para Diseño.....	41
3.6.1.1 Curvas de Intensidad-Duración -Frecuencia.....	41
4.0 Caudales.....	55
4.1 Metodología para el Cálculo de Caudales	56
4.2 Análisis de Caudales en el Sitio del Proyecto	58
4.2.1 Curva de Duración de Caudales.....	58
4.2.2 Caudales Promedios y Máximos.....	59
4.2.3 Caudales Mínimos.....	59
4.2.4 Análisis de Crecidas Máximas.....	61
4.2.5 Análisis de Crecidas Máximas con Lluvias Intensas.....	66
4.2.5.1 Simulación Hidrológica e Hidráulica.....	72
5.0 Balance Hídrico.....	89
5.1 Datos de Entrada para el Balance Hídrico.....	90
5.2 Balance Hídrico de la Subcuenca del Rio Cañas.....	92
6.0 Sedimentación.....	93
6.0.1 Introducción.....	93
6.1 Calculo de Sedimentos en la Subcuenca del rio Cañas.....	94
6.1.1 Metodología para el Cálculo de sedimentos.....	94
7.0 Conclusiones y Recomendaciones.....	96
8.0 Bibliografía.....	98
9.0 Anexo I Mapas.....	99
9.1 Anexo II Planos.....	100

Índice de Mapas

	Pág.
Mapa N°1 Cuencas de la República de Panamá.....	6
Mapa N°2 Demarcación de la Cuenca N°126.....	6
Mapa N°3 Demarcación de la Subcuenca del Rio Cañas.....	7
Mapa N°4 Área de Drenaje Subcuenca del Rio Cañas hasta el proyecto.....	8
Mapa N°5 Usos de los Suelos.....	9
Mapa N°6 Clases de Suelos Encontrados.....	10
Mapa N°7 Clase de Suelos Agrologicamente.....	16
Mapa N°8 Concesiones Registradas Subcuenca Rio Cañas.....	20
Mapa N°9 Clasificación del Clima Según Köppen.....	23
Mapa N°10 Clasificación del Clima Según Mckay.....	24
Mapa N°11 Regiones Hidrológicamente Homogéneas.....	61

Índice de Fotos

Foto N°1 Sitio donde se Construirá el Muro de Protección.....	3
Foto N°2 Sitio de Adecuación del Rio Cañas.....	3
Foto N°3 Inspección Realizada para el Diseño del Muro	3
Foto N°4 Seccion del Rio Cañas Q Mínimo.....	60
Foto N°5 Seccion del rio Cañas época seca.....	60
Foto N°6 Sedimentos en el cauce del rio Cañas.....	95

Índice de Cuadros

	Pág.
Cuadro N°1 Generalidades Técnicas Consideradas en este Estudio.....	2
Cuadro N°2 Pendientes Encontradas en el área de Estudio.....	17
Cuadro N°3 Concesiones de Agua Utilizadas Subcuenca Rio Cañas.....	20
Cuadro N°4 Parámetros de Cambio Climático.....	26
Cuadro N°5 Velocidades de los Vientos (Calculada).....	31
Cuadro N°6 Velocidad Media del Viento según su Dirección.....	32
Cuadro N°7 Evapotranspiración Potencial.....	37
Cuadro N°8 Precipitacion Estación 126-015.....	39
Cuadro N°9 Precipitacion Estación 126-012.....	40
Cuadro N°10 Precipitacion Estación 126-005.....	40
Cuadro N°11 Caudales Estación 124-01-03.....	56
Cuadro N°12 Caudales Máximos Mínimo y Promedio Rio Cañas.....	57
Cuadro N°13 Zonas, Ecuaciones y Tabla de Distribución.....	62
Cuadro N°14 Factores de Distribución de Frecuencia.....	63
Cuadro N°15 Ecuaciones de Cálculo de Caudales Máximos.....	63
Cuadro N°16 Factores de Distribución.....	64
Cuadro N°17 Caudales Máximos Sitio Muro de Contención.....	65
Cuadro N°18 Estaciones Utilizadas para el Balance Hídrico.....	90
Cuadro N°19 Valores de las lluvias en milímetros por temporada.....	91
Cuadro N°20 Precipitación Anual y por Temporada	91
Cuadro N°21 Láminas y volúmenes de lluvia mensual y anual.....	91
Cuadro N°22 Resumen mensual y anual de los conceptos.....	91
Cuadro N°23 Balance Hídrico de la Subcuenca del Rio Caña.....	92
Cuadro N°24 Índice de Disponibilidad Hídrica.....	92
Cuadro N°24 Sedimentos Calculados para el Rio Cañas.....	95

Índice de Gráficos

	Pág.
Gráfico N°1 Temperaturas Promedios Estación 126-010.....	27
Gráfico N°2 Temperaturas (Max, Min, Prom) Estación 124-004.....	28
Gráfico N°3 Temperaturas Máximas Estación 124-004.....	28
Gráfico N°4 Porcentaje de Brillo Solar (Calculada).....	30
Gráfico N°5 Evapotranspiración Potencial.....	37
Gráfico N°6 Precipitación Estación 126-015.....	39
Gráfico N°7 Precipitación Estación 126-012.....	39
Gráfico N°8 Precipitación Estación 126-005.....	40
Gráfico N°9 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Enero (1-15)	43
Gráfico N°10 Frecuencia de Precipitación Segunda 2 ^{da} de Enero (16-31)	44
Gráfico N°11 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Febrero (1-15)	44
Gráfico N°12 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Febrero (16-28)	45
Gráfico N°13 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Marzo (1-15)	45
Gráfico N°14 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Marzo (16-31)	46
Gráfico N°15 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Abril (1-15)	46
Gráfico N°16 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Abril (16-30)	47
Gráfico N°17 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Mayo (1-15)	47
Gráfico N°18 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Mayo (16-31)	48
Gráfico N°19 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Junio (1-15)	48
Gráfico N°20 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Junio (16-30)	49
Gráfico N°21 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Julio (1-15)	49
Gráfico N°22 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Julio (16-31)	50
Gráfico N°23 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Agosto (1-15)	50
Gráfico N°24 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Agosto (16-31)	51
Gráfico N°25 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Septiembre (1-15)	51
Gráfico N°26 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Septiembre (16-30)	52
Gráfico N°27 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Octubre (1-15)	52
Gráfico N°28 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Octubre (16-31)	53

Continuación Índice de Gráficos

	Pág.
Gráfico N°29 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Noviembre (1-15)	53
Gráfico N°30 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Noviembre (16-30)	54
Gráfico N°31 Frecuencia de Precipitación 1 ^{ra} de Diciembre (1-15)	54
Gráfico N°32 Frecuencia de Precipitación 2 ^{da} de Diciembre (16-31)	55
Gráfico N°33 Caudales de la Estación 124-01-03.....	56
Gráfico N°34 Curva de Duración de Caudales sitio proyecto	58
Gráfico N°35 Análisis de Caudales Máximos y Promedios.....	59
Gráfico N°36 Correlación de Caudales y Precipitación Enero	66
Gráfico N°37 Correlación de Caudales y Precipitación Febrero	66
Gráfico N°38 Correlación de Caudales y Precipitación Marzo	67
Gráfico N°39 Correlación de Caudales y Precipitación Abril	67
Gráfico N°40 Correlación de Caudales y Precipitación Mayo	68
Gráfico N°41 Correlación de Caudales y Precipitación Junio	68
Gráfico N°42 Correlación de Caudales y Precipitación Julio	69
Gráfico N°43 Correlación de Caudales y Precipitación Agosto	69
Gráfico N°44 Correlación de Caudales y Precipitación Septiembre	70
Gráfico N°45 Correlación de Caudales y Precipitación Octubre	70
Gráfico N°46 Correlación de Caudales y Precipitación Noviembre	71
Gráfico N°47 Correlación de Caudales y Precipitación Diciembre	71

Índice de Imágenes

	Pág.
Imagen N°1 Diseño de Muro de Protección.....	4
Imagen N°2 Vista de Planta donde se construirá el Muro de Protección.....	4
Imagen N°3 Unifilar de la Subcuenca del Rio Cañas.....	18
Imagen N°4 Estaciones Meteorológicas Utilizadas.....	19
Imagen N°5 Estación Hidrológica Utilizada.....	19
Imagen N°6 Rosa de los Vientos (Estación Seca)	32
Imagen N°7 Rosa de los Vientos (Estación Lluviosa)	33
Imagen N°8 Simulación Hidrológica e Hidráulica.....	73
Imagen N°9 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+000.....	73
Imagen N°10 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+050.....	74
Imagen N°11 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+100.....	74
Imagen N°12 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+150.....	75
Imagen N°13 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+200.....	75
Imagen N°14 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+250.....	76
Imagen N°15 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+300.....	76
Imagen N°16 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+350.....	77
Imagen N°17 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+400.....	77
Imagen N°18 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+450.....	78
Imagen N°19 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+500.....	78
Imagen N°20 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+550.....	79
Imagen N°21 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+600.....	79
Imagen N°22 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+650.....	80
Imagen N°23 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+700.....	80
Imagen N°24 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+750.....	81
Imagen N°25 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+800.....	84
Imagen N°26 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+850.....	82
Imagen N°27 Simulación Tr 1:50 años Sección 0K+900.....	82

Continuación Índice de Imágenes

Imagen N°28	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+950.....	83
Imagen N°29	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+000.....	83
Imagen N°30	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+050.....	84
Imagen N°31	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+100.....	84
Imagen N°32	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+150.....	85
Imagen N°33	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+200.....	85
Imagen N°34	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+250.....	86
Imagen N°35	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+300.....	86
Imagen N°36	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+350.....	87
Imagen N°37	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+400.....	87
Imagen N°38	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+450.....	88
Imagen N°39	Simulación Tr 1:50 años Sección 1K+500.....	88

Siglas Utilizadas Primaras

CRRH	Comité Regional de Recursos Hídricos
ETESA	Empresa de Transmision Eléctrica
ETP	Evapotranspiración Potencial
ETR	Evapotranspiración Real
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
GTZ	Cooperación Técnica Alemana.
PARCA	Plan Ambiental de la Región Centroamericana
PASOLAC	Programa de Agricultura Sostenible en Laderas de América Central
PRRD	Plan Regional de Reducción de Desastres
SIG	Sistemas de Información Geográfica

Definición de Términos

Aforo (de caudales): medición del caudal de un río o corriente.

Área (cuenca) de drenaje (hidrográfica): área que tiene una salida única para su escurrimiento superficial.

Caudal: volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río en la unidad de tiempo.

Acuífero. Material permeable a través del cual se mueve el agua del subsuelo.

Agua freática. Agua subterránea dentro de la zona de saturación.

Agua del subsuelo Agua que está bajo la superficie del terreno; también se conoce como agua subterránea.

Caudal máximo instantáneo: valor máximo de caudal registrado instantáneamente en un período determinado. Este período puede ser un mes, un año o todo el registro.

Caudal mínimo diario: caudal promedio diario más bajo registrado en un mes, un año o todo el registro.

Caudal promedio diario: volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río durante el día dividido por el número de segundos del día.

Código de la estación: número regional de las estaciones hidrológicas establecido a través del Proyecto Hidrológico Centroamericano (PHCA) de las Naciones Unidas (1968-1972)

Cuenca hidrográfica: superficie de la tierra en la que confluyen los distintos ríos y corrientes de agua en un río principal y que está limitada por un parteaguas o divisoria que coincide generalmente con la línea más alta de las montañas.

Elevación: distancia vertical entre un nivel, punto u objeto y una referencia especificada.

Escorrentía: volumen de agua que pasa por una sección de un río o corriente durante un período de tiempo. El período de tiempo generalmente usado es de un mes o un año.

Estación fluviográfica: estación para la determinación de caudales por medio del registro continuo de los niveles de agua de un río en forma digital y gráfica.

Estación hidrométrica: estación en la cual se obtienen datos del agua, en los ríos, lagos o embalses, de uno o varios de los elementos siguientes: niveles, flujos de las

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

471

corrientes, transporte y depósito de sedimentos, temperatura del agua y otras propiedades físicas y químicas del agua.

Estación limnigráfica: estación que registra continuamente los niveles de agua de un lago o embalse en forma digital y gráfica.

Estación meteorológica: Lugar en el que se efectúan observaciones meteorológicas con la aprobación del miembro o miembros interesados de la Organización Meteorológica Mundial (OMM)

Estación meteorológica principal (Tipo A): mide lluvia (cantidad, duración e intensidad), temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, vientos (velocidad y dirección), radiación solar, evaporación y temperaturas del suelo.

Estación meteorológica secundaria (Tipo B): mide lluvia (cantidad, duración e intensidad), temperaturas extremas, humedad relativa (07:00, 13:00 y 18:00 hrs)

Estación pluviográfica: estación en la que sólo se realizan observaciones continuas acerca de las precipitaciones.

Hidrograma: gráfica que muestra la variación del nivel, caudal, velocidad o de otras características de las corrientes de agua, con respecto al tiempo.

Nivel del agua: distancia de la superficie del agua de una corriente, lago o embalse con relación a un nivel de referencia determinado.

Red de estaciones hidrometeorológicas: conjunto de estaciones hidrológicas, meteorológicas y de puntos de observación situada en determinada zona (cuenca o región administrativa) que permiten estudiar el régimen hidrológico y meteorológico, en el espacio y en el tiempo.

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

472

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL RIO CAÑAS COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE

Solicitado por:
CAÑAS HILLS, S.A,

**Ubicado en el Corregimiento de Cañas, Distrito de
Tonosi, Provincia de Los Santos**

Junio 2019

1.0 Introducción

La República de Panamá, al igual que los países centroamericanos, de manera recurrente y con periodicidad inexacta, se ve afectada por anomalías climáticas de carácter inter-anual, originadas, tanto por condiciones locales, como por señales climáticas de alcance mundial, las cuales ejercen gran influencia en todas nuestras cuencas Hidrográficas. Estas condiciones climáticas inciden en el ciclo hidrológico en áreas específicas de la República de Panamá.

En este estudio hidrológico e Hidráulico, del río Cañas, con secciones colindantes con el Proyecto Venao West Primera Fase, analizamos todos los componentes climáticos por medio de datos históricos en estaciones meteorológica e hidrológicas representativa del área. Presentamos de manera categórica los escenarios ambientales dentro de la cuenca, los cuales están en directa relación con el factor hídrico, haciendo énfasis en los períodos de alta intensidad de lluvia, la cual genera un incremento súbito del caudal del río cañas, provocando la socavación de taludes en áreas vulnerables poniendo en riesgo a la población y la infraestructura pública.

El desarrollo turístico del área demanda la construcción de obras de mitigación con el fin de garantizar a Nacionales y Extranjeros, la seguridad integral, ante amenazas de indoles naturales.

Los resultados de este estudio Hidrológico e Hidráulico, servirá para la determinación de medidas de mitigación puntuales para la protección del borde del río con el proyecto en mención.

Se ha considerado además de los análisis anteriores, un componente de Cambio Climático, el cual presenta una posible variabilidad climática en los próximos 30 años.

Al finalizar este estudio, presentamos nuestras conclusiones y recomendaciones con el fin de garantizar la vida humana y la preservación de infraestructura pública y privada.

1.1 Generalidades Técnicas Consideradas para este Estudio

DATOS GENERALES		
a)	Área Total de la Cuenca N°126	2170 km ²
b)	Área de Drenaje Total de la Subcuenca del Rio Cañas	56.14 Km ²
c)	Área de Drenaje hasta el Sitio del Proyecto	44.85 Km ²
d)	Caudal Promedio Diario hasta el Proyecto	0.53 m ³ /s
e)	Caudal Máximo Histórico hasta el Proyecto	9.38 m ³ /s
f)	Caudal Mínimo Histórico	0.03m ³ /s
g)	Caudal Máximo con Tr 1:50 años	326.11 m ³ /s
H)	Coordenada UTM-WGS-84 de Inicio de Proyecto con el borde del rio Cañas	824553.45 mN, 581242.04 mE
i)	Elevación Máxima del Terreno	7.0 m nmm
j)	Elevación Mínima del terreno	5.75 metros
k)	Coordenada UTM-WGS-84 de final	824741.46 mN , 581099.71 mE
L)	Elevación Promedio del terreno	6.37 m nmm
m)	Cota Maxima de Crecida 1:50 años	4.76 m nmm @
n)	Longitud del Polígono colindante con el Rio	78.50 metros
o)	Ancho del Cauce Rio Cañas Inicial	25.00 metros
p)	Ancho del Cauce Rio Cañas Final	25.00 metros

Cuadro N°1: Generalidades Técnicas Consideradas para este estudio.



Foto N°1: Sitio colindante con el Proyecto Venao West Primera Fase



Foto N°2: Rio Cañas Caudal Promedio Multianual



Foto N°3: Rio cañas colindantes con el Proyecto Venao West Primera Fase

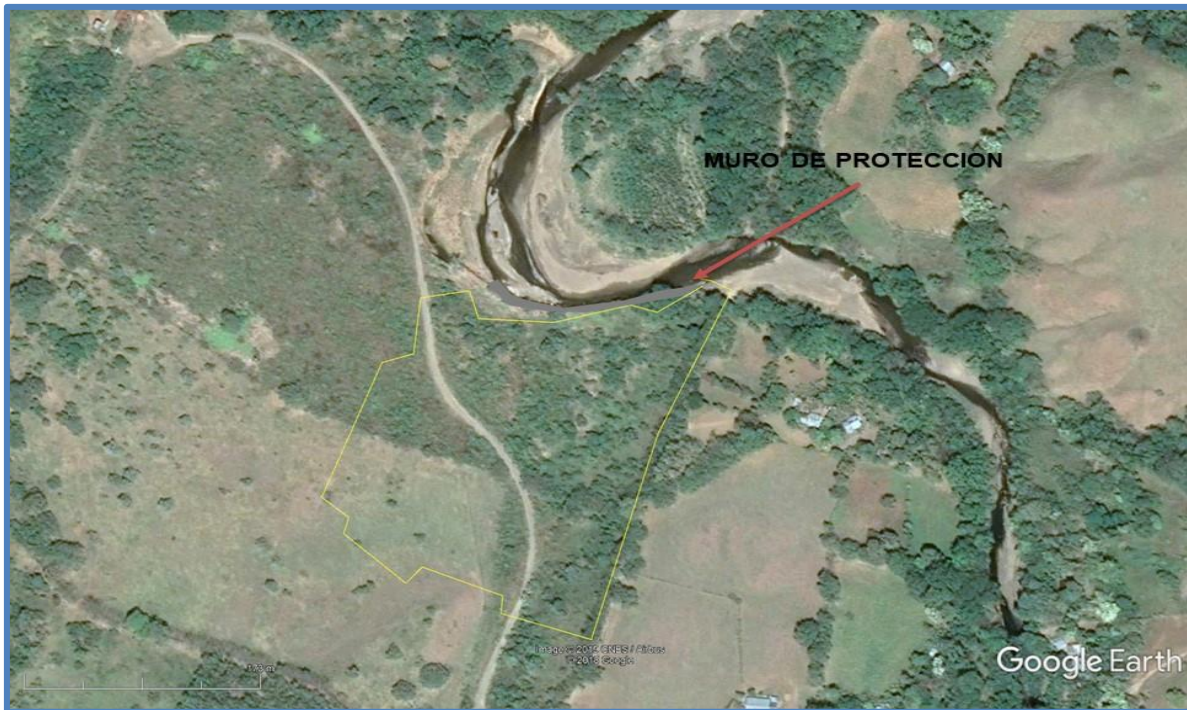


Imagen N°1: Zona de Influencia del Rio Cañas con el Proyecto Venao West Primera Fase



Imagen N°2: Área de Protección del Rio Cañas y el proyecto Venao West primera fase

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

477

2.0 Característica de la Cuenca N°126

La cuenca No 126 está formada por los ríos Guararé, Perales, Mensabé, Salado, Purio, Muñoz, Mariabé, Pedasí, Oria y Cañas. Esta cuenca se localiza en la provincia de Los Santos, entre los ríos Tonosí y la Villa. Sus coordenadas geográficas son: 7° 20' y 8° 00' de latitud norte y 80° 00' y 80° 30' de longitud oeste. El área de drenaje total de la cuenca es de **2,170 km²** hasta la desembocadura al mar y la longitud del río principal, que es el río Guararé, es de **45 km**. La elevación media de la cuenca es de **75 msnm**, y el punto más alto se encuentra en el cerro Canajagua, ubicado al oeste de la cuenca, con una elevación máxima de **830 msnm**.

La cuenca registra una precipitación media anual de **1,623 mm**. La precipitación oscila entre **1,000 y 2,400 mm/año**, se observa una disminución gradual desde el interior de la cuenca hacia el litoral. El **93 %** de la lluvia ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el **7 %** restante se registra entre los meses de diciembre a abril. La información existente de los balances hidrológicos de diferentes estaciones de aforo en la provincia muestra que el déficit hídrico durante la estación seca oscila entre los **340 y 500 mm**. Lo cual indica que para la época seca algunos ríos y quebradas quedan completamente secos

Sub Cuenca del Rio Cañas

Esta Subcuenca está conformada por una red hidrográfica bien definida. Tenemos en la parte alta y media El Rio Arriba, las quebradas Madroño, Lajosa, Calabazo, el Escobaso entre otras y en la parte baja quebrada La Mina y la Soca. El Rio Caña como eje principal de esta subcuenca drenas todas sus aguas al océano pacífico. El área de drenaje total es de **56.14 Kilómetros cuadrados**.

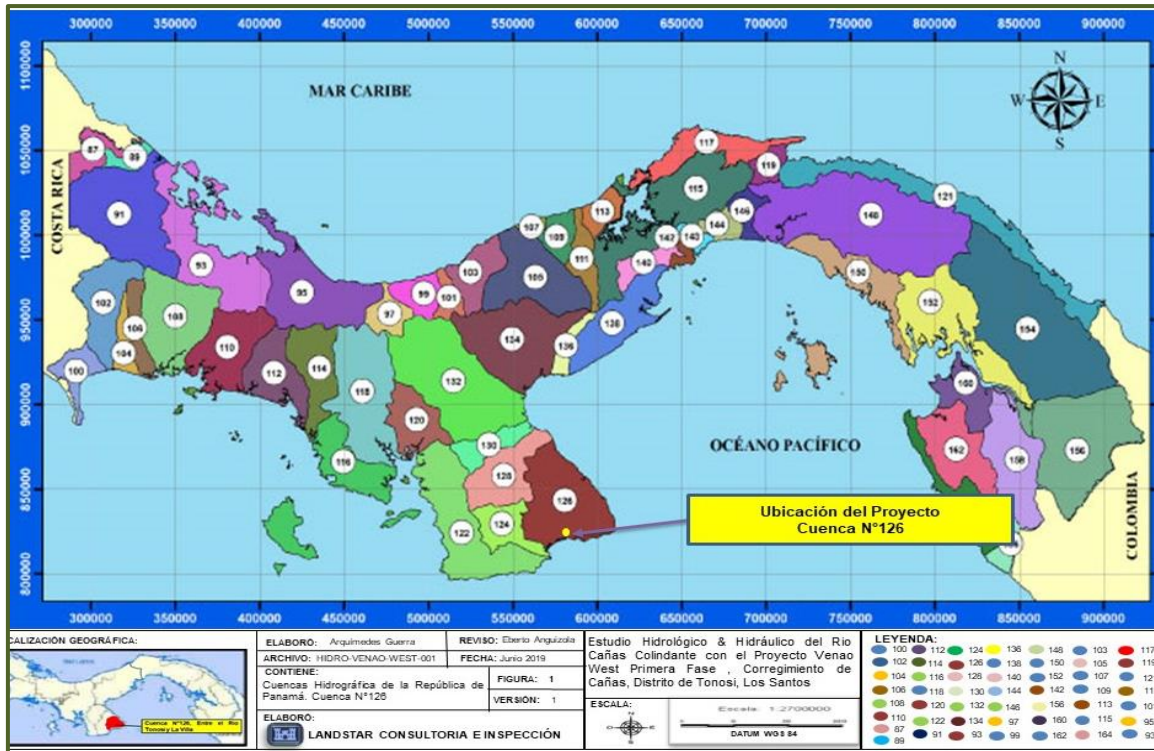
REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

478

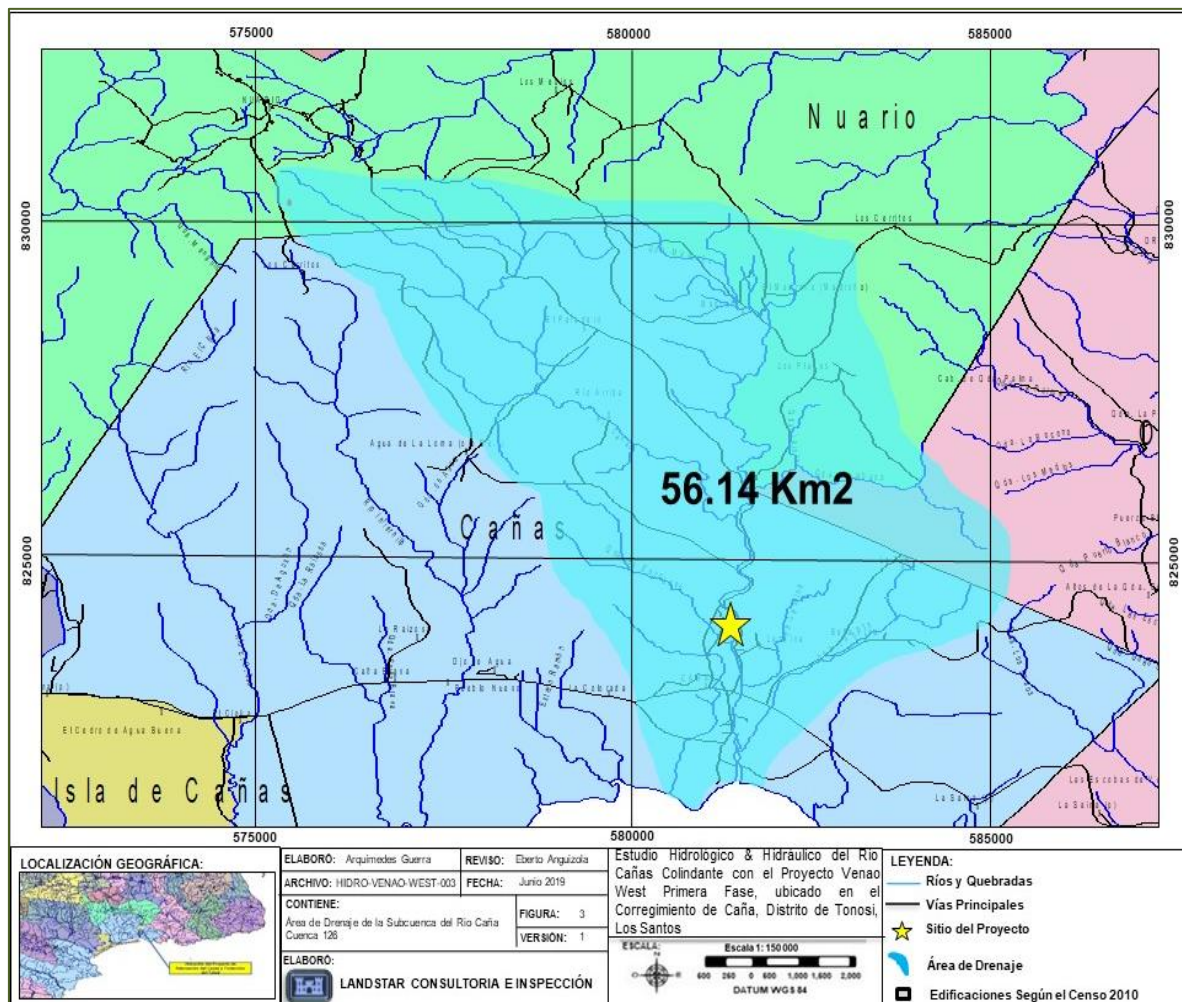
2.1 Demarcación de la Cuenca N°126 en la República de Panamá.



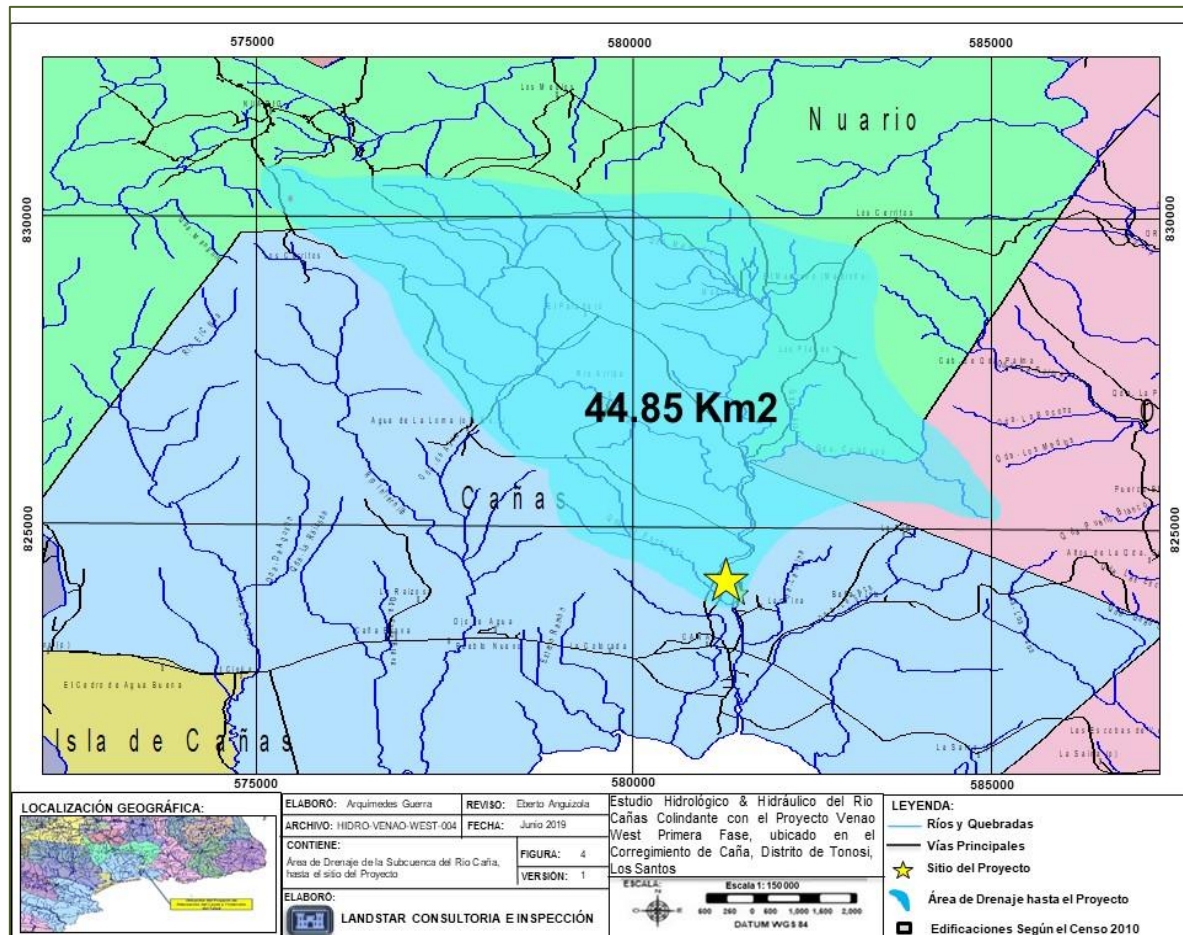
2.1.1 Características de la Subcuenca del Rio Cañas hasta el Sitio donde se desarrollará el Proyecto.

La Subcuenca del Rio Cañas, se encuentra ubicada en los Distrito de Tonosi. **Posee 56.14 Km²** hasta el área del proyecto. La topografía de la subcuenca del Río Cañas es medianamente inclinada hasta el sitio del proyecto y completamente plana hasta la desembocadura al océano pacifico.

A continuación, Presentamos el Mapa N°3, el Área de drenaje de la Subcuenca del Rio Cañas hasta su desembocadura:



Mapa N°3: Demarcación Total de La Subcuenca del Rio Cañas. Elaborado por Landstar-2019.



Mapa N°4: Área de Drenaje del río Cañas hasta el Sitio del proyecto. Elaborado por Landstar-2019

2.2.0 Uso de la Tierra

En la gira y levantamiento de campo se pudo observar que los suelos arcillosos en el sitio en el área de adecuación del cauce del río cañas y protección de talud en la margen izquierda. El reconocimiento aplicado comprende la identificación de las características físicas de los suelos, la determinación de su capacidad agrologica y la definición de los suelos frágiles en los sitios antes mencionados. Se procedió en el sitio donde se realizarán los trabajos con la interpretación de: aerofotografías, hojas topográficas a escala **1: 50 000**, la observación de color con cartas Munsell, terreno con inclinación moderada. Según el mapa de cobertura vegetal de Panamá, el área en en este estudio hidrologico presenta los siguientes usos de suelos:

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

481

✓ Uso Turístico

✓ Rastrojos

Componente vegetativo evidenciado en campo:

✓ Rastrojos

✓ Bosque Intervenido

Usos de suelos evidenciado en un radio de 5 kilometros de las colindancias con el sitio de la obra de proteccion.

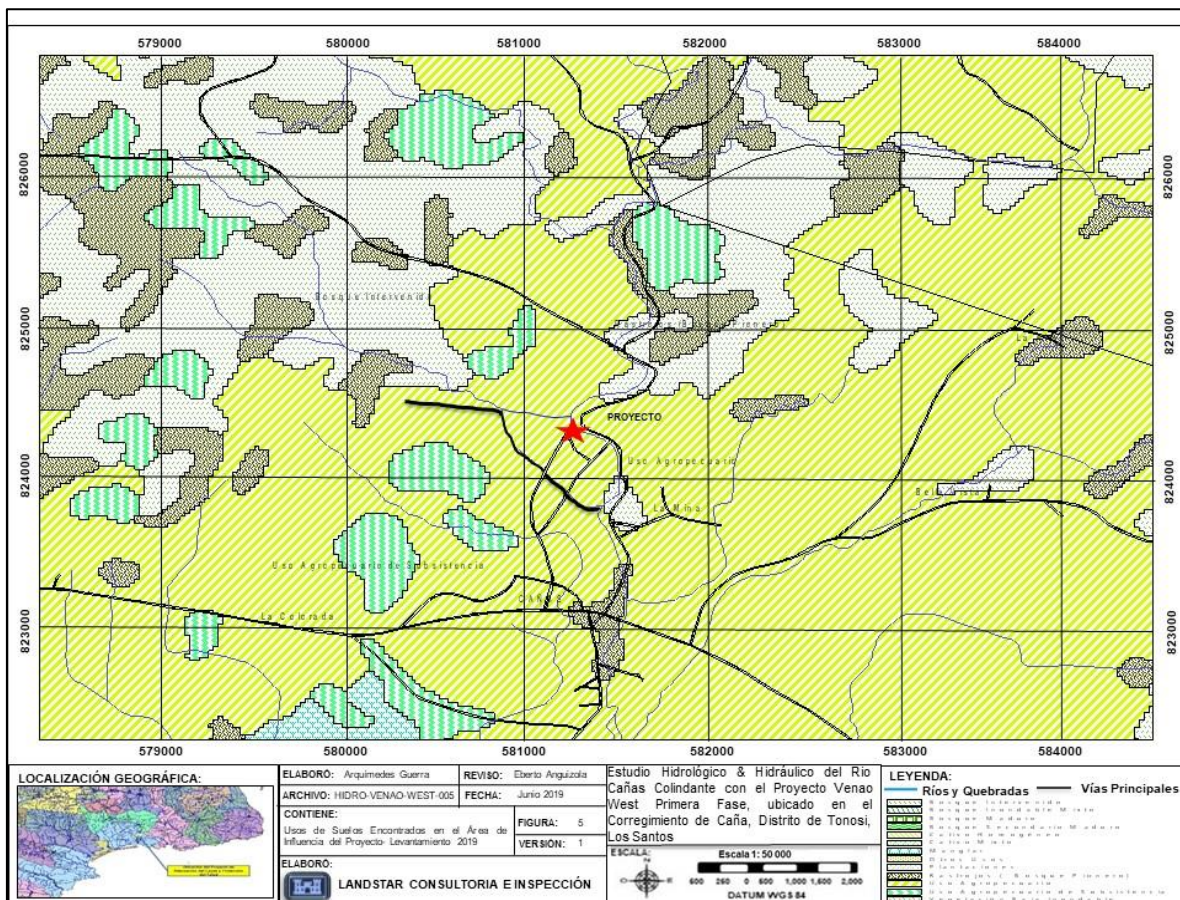
✓ Usos Agropecuario

✓ Usos Turístico

✓ Lugar Poblado

Usos de suelos evidenciado en las inmediaciones del rio caña

✓ Agrícola Agropecuario de Subsistencia



Mapa N°5: Uso de Suelos en el área donde se realizó este estudio. Landstar 2019

2.3.1 Capacidad de los Suelos en el Sitio del Proyecto

Pendiente.....	SI
Erosión sufrida	SI
Profundidad efectiva.....	NO
Textura.....	NO
Pedregosidad.....	NO
Fertilidad.....	NO
Salinidad/Toxicidad.....	SI
Drenaje.....	SI
Inundabilidad o Anegamiento	SI
Zona de vida	SI
Periodo seco	SI
Viento.....	SI

En adición a la evaluación de capacidad de los suelos en el área colindante con el río cañas, el mismo presenta moderadas a altas tasas de infiltración y alto potencial de escorrentía, erosión y socavación de los taludes en las propiedades colindantes con el mismo.

EI PROGRAMA DE CATASTRO DE TIERRAS Y AGUAS DE PANAMA (CATAPAN), realizó la clasificación de los suelos en la República de Panamá, incluyendo el área objeto de este estudio. En esta clasificación se agruparon los suelos en Clases Agrológicas o de Capacidad de Uso de acuerdo con las normas del Manual 210 de la Metodología del Departamento De Agricultura de los Estados Unidos (USDA). **En base a la utilización de esta clasificación donde se realizo es estudio, se encuentran suelos de Clases II y VII.**

Clase I

Los suelos de esta clase tienen pocas limitaciones que restringen su uso, son apropiados para una amplia variedad de plantas y pueden ser usados en una forma segura para cultivos, pastos y bosques. Son tierras casi planas, con escaso peligro de erosión. Los suelos son profundos, con buen drenaje externo e interno y fácil de trabajar. Retienen bien el agua, poseen un buen contenido de nutrientes o responden bien a los fertilizantes. El clima local debe ser favorable para sembrar muchos de los cultivos comunes. Cuando el clima es árido, se pueden colocar en Clase I las tierras bajo riego que presentan escasas limitaciones para su uso.

Clase II ***** Clasificación para este Estudio

Las tierras de la Clase II tienen algunas limitaciones que reducen la escogencia de cultivos o requieren prácticas moderadas de conservación. Bajo cultivo requieren un cuidadoso manejo del suelo, incluyendo prácticas de conservación para evitar su deterioro. Las limitaciones son pocas y las prácticas son fáciles de aplicar. Pueden utilizarse para cultivos, pastos y explotación forestal. Las limitaciones de los suelos de la Clase II pueden incluir por separado o en combinación, los efectos de: (1) pendientes suaves, (2) susceptibilidad moderada a la erosión, (3) profundidad del suelo inferior a la ideal, (4) estructura y trabajabilidad del suelo algo desfavorable, (5) presencia de salinidad o alcalinidad fácilmente corregible, (6) daños ocasionales por inundación, (7) exceso de humedad que persiste como una limitación moderada, aun cuando se corrige por medio de drenaje, y (8) ligeras limitaciones climáticas.

Clase III

Las tierras de la Clase III tienen severas limitaciones que reducen la escogencia de cultivos y y/o requieren prácticas especiales de conservación. Pueden ser usadas para cultivos, pastos y bosques.

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

485

Las limitaciones de la Clase III restringen el período de siembra, las operaciones, de labranza y cosecha, la selección de cultivos o combinaciones de estas realidades. Dichas limitaciones pueden resultar de los efectos de uno o más de los siguientes factores: (1) pendientes moderadamente fuertes, (2) alta susceptibilidad a la erosión, (3) inundaciones frecuentes acompañadas de daños a los cultivos, (4) permeabilidad muy lenta del subsuelo, (5) después de drenados mantienen cierto exceso de humedad, (6) poca profundidad del suelo, (7) baja capacidad de retención del agua, (8) baja fertilidad corregible con moderada dificultad, (9) moderada salinidad o alcalinidad, y (10) limitaciones climáticas moderadas.

Clase IV

Las tierras de la Clase IV tienen muy severas limitaciones que restringen la escogencia de los cultivos o que obligan a un manejo muy cuidadoso. Pueden ser usadas para cultivos en forma limitada, pastos y bosques. Las tierras de esta clase pueden ser apropiadas solamente para dos o tres cultivos. A largo plazo la cosecha producida puede ser baja en relación con los gastos efectuados. El uso para cultivos es limitado como resultado de los efectos de una o más características permanentes, tales como: (1) pendientes fuertes, (2) severa susceptibilidad a la erosión, (3) efectos severos de erosión anterior, (4) suelos poco profundos, (5) baja capacidad de retención de humedad, (6) frecuentes inundaciones acompañadas por daños severos a los cultivos (7) excesiva humedad con riesgos continuos de sobresaturación aún después de drenados, (8) severa salinidad o alcalinidad, (9) baja fertilidad muy difícil de corregir, o clima moderadamente adverso.

Muchas tierras sobre pendientes fuertes, incluidas en la Clase IV son apropiadas para cultivos ocasionales y especiales. Algunas tierras planas, con suelos pobremente drenados se ubican en Clase IV porque son poco apropiadas para cultivos por el tiempo que tardan en secarse.

Clase V

Las tierras de Clase V tienen poco o ningún peligro de erosión, pero tienen otras limitaciones difíciles de corregir, que las hacen apropiadas solamente para la siembra de pastos y explotación de pastizales naturales y bosques. Los suelos de la Clase V tienen limitaciones que restringen las especies de plantas que pueden ser sembradas e impiden las operaciones de labranza que comúnmente requieren los cultivos. Son tierras planas, pero pueden ser excesivamente húmedas, frecuentemente inundadas por ríos, pedregosas, afectadas por limitaciones climáticas o combinaciones de las limitaciones indicadas. Ejemplos de tierras de Clase V son: (1) tierras bajas sujetas a inundaciones frecuentes que impiden la producción normal de cultivos, (2) tierras planas con condiciones climáticas que impiden la producción de cultivos, (3) tierras planas pedregosas o rocosas y (4) áreas bajas encharcadas, donde el drenaje requerido por los cultivos no es posible, pero donde los suelos son aptos para pastos o árboles. Debido a esta limitación, las siembras de los cultivos comunes no son factibles, pero los pastos pueden ser mejorados y pueden esperarse beneficios con un manejo apropiado.

Clase VI

Las tierras de Clase VI tienen severas limitaciones que las hacen inapropiadas para cultivos. Son aptas para pastos, explotación de bosques y pastizales naturales. Las condiciones de las tierras de Clase VI son tales que es conveniente aplicar prácticas de manejo y mejoramiento de los pastos naturales y sembrados. Las tierras de esta clase tienen limitaciones permanentes que no pueden ser corregidas, tales como: (1) pendientes fuertes, (2) peligro de erosión severa, (3) efectos de erosiones pasadas, (4) pedregosidad, (5) suelos muy superficiales, (6) humedad excesiva o inundaciones, (7) capacidad de retención de humedad baja, (8) salinidad o alcalinidad y (9) clima severo.

Algunas tierras de Clase VI pueden utilizarse para cultivos si se efectúa un manejo intensivo fuera de lo común. También pueden ser aptas para cultivos en condiciones

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

487

especiales, tales como frutales con césped y café bajo sombra. Dependiendo de las características del suelo y del clima pueden ser apropiados o no para uso forestal.

Clase VII ***Clasificación para este Estudio**

Las tierras de Clase VII tienen muy severas limitaciones que las hacen aptas solamente para la explotación de pastizales naturales y bosques. Las limitaciones de la Clase VII son tan severas que no resulta práctico aplicar mejoramientos de pastizales o sembrar pastos mejorados. Las limitaciones son más severas que las de la Clase VI debido a una o más condiciones no corregibles, tales como: (1) pendientes muy fuertes, (2) erosión, (3) suelos poco profundos, (4) pedregosidad, (5) suelo excesivamente húmedo, (6) salinidad o alcalinidad y (7) clima desfavorable.

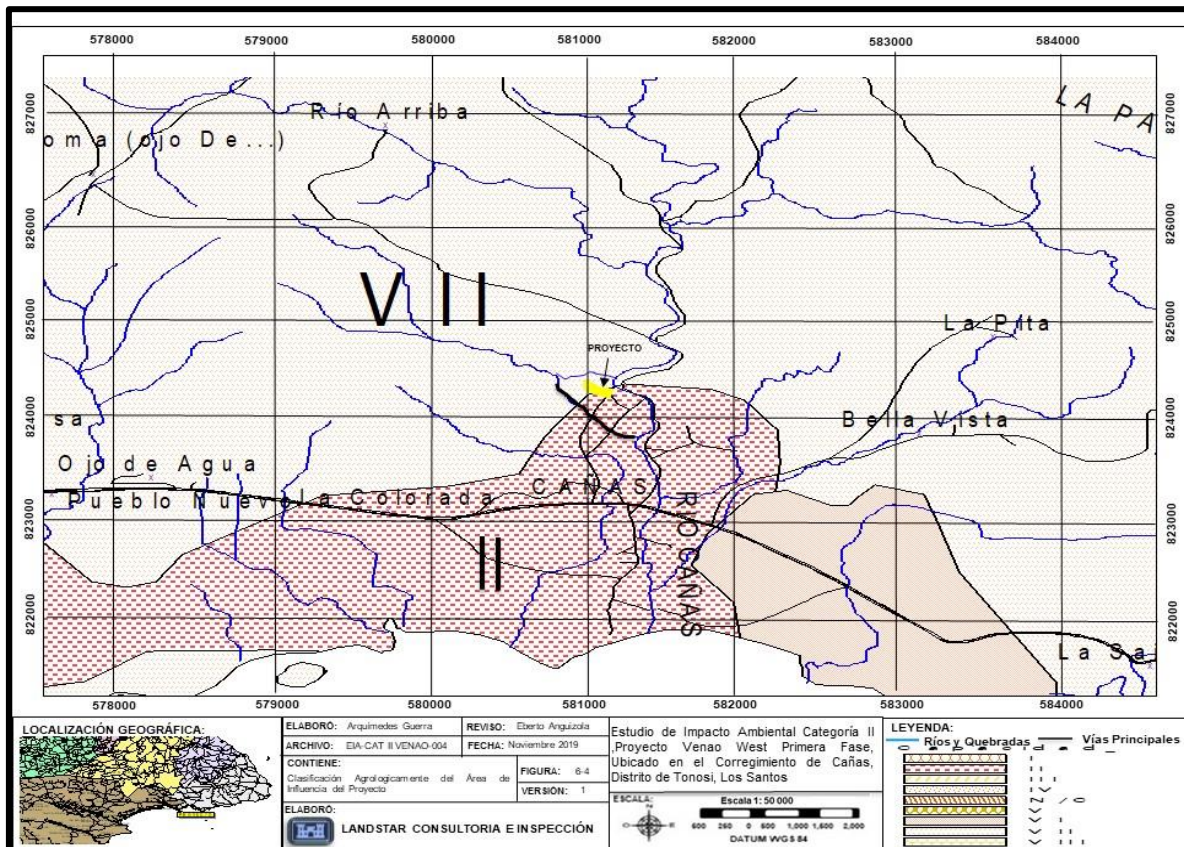
La vocación forestal de esta clase depende de las condiciones climáticas que permitan el desarrollo de árboles maderables. Algunas áreas de la Clase VII pueden requerir labores de reforestación para proteger al suelo y para prevenir daños a las áreas vecinas.

Clase VIII

Las tierras de Clase VIII tienen limitaciones que impiden su uso para la producción comercial de plantas con fines agropecuarios y forestales, y restringen su uso para recreación, vida silvestre, para suplir agua y para propósitos estéticos.

Las limitaciones pueden ser consecuencia de uno o más de los siguientes factores: (1) erosión o peligro de ella, (2) clima severo, (3) suelo muy húmedo, (4) pedregosidad, (5) baja capacidad de retención de humedad y (6) salinidad o alcalinidad. Se incluyen en la Clase VIII los afloramientos de roca, playas de arena, desechos de minas, tierras de cárcavas y tierras áridas desprovistas de vegetación. Puede ser necesario proteger a estas tierras para conservar suelos más valiosos de áreas cercanas, controlar el agua, preservar la flora y fauna, o por razones estéticas. Ciertas tierras agrupadas en las Clases V, VI, VII y VIII pueden hacerse aptas para

cultivos por medio de movimientos de tierra u otros sistemas de recuperación muy costosos. A continuación, presentamos el Mapa N°7 para el área de influencia de este estudio.



Mapa N°7: Clases de Suelos Agrologicamente encontrados en el área de influencia de este Estudio. Landstar 2019.

2.4 Elevaciones-Rio Cañas Respecto al Sitio colindante con el Proyecto

La Subcuenca del rio Cañas geocronológicamente representan las posiciones más antiguas dentro del contexto del paisaje de planicie aluvial. Fisiográficamente, corresponden a áreas planoconvexas de configuración masiva, de **2-3%** de pendiente (**sentido Norte-Sur**), cuyo desnivel con respecto a la llanura aluvial reciente puede alcanzar hasta **10 - 5.0m**; este desnivel se evidencia por la ocurrencia de un reborde de **3-5 %** de pendiente.

2.5 Pendientes

2.5.1 Pendientes de la Subcuenca del rio Cañas

A continuación, presentamos los cuadros correspondientes de los rangos en porcentajes encontrados en la Subcuenca del rio Cañas y el área de Influencia de este estudio.

Pendiente Encontradas en la Subcuenca del rio Cañas	Clase
Rango (%)	
0-3	Plana
<u>3-5</u>	<u>Ligeramente inclinada</u>
5-10	Inclinada
10-15	Fuertemente inclinada
15-25	Medianamente Quebrada
25-35	Quebrada
35-50	Fuertemente Quebrada
50-75	Escarpada
> 75	Muy escarpada

Cuadro N°2: Pendientes Encontradas en la Subcuenca del Rio Cañas-Landstar 2019

2.6 Orientación

2.6.1 Orientación de la Subcuenca del rio Caña

La Subcuenca del rio Cañas limita al **Norte** con la Subcuenca del Rio Oria Parte Alta y Tributarias, al **Sur** con el Océano Pacifico, al **Este** con la Subcuenca de Rio Tonosi y Tributarias, y al **Oeste** con la Subcuenca del Rio Oria Parte media y Tributarias.

2.7 Red de Drenajes (Unifilar)

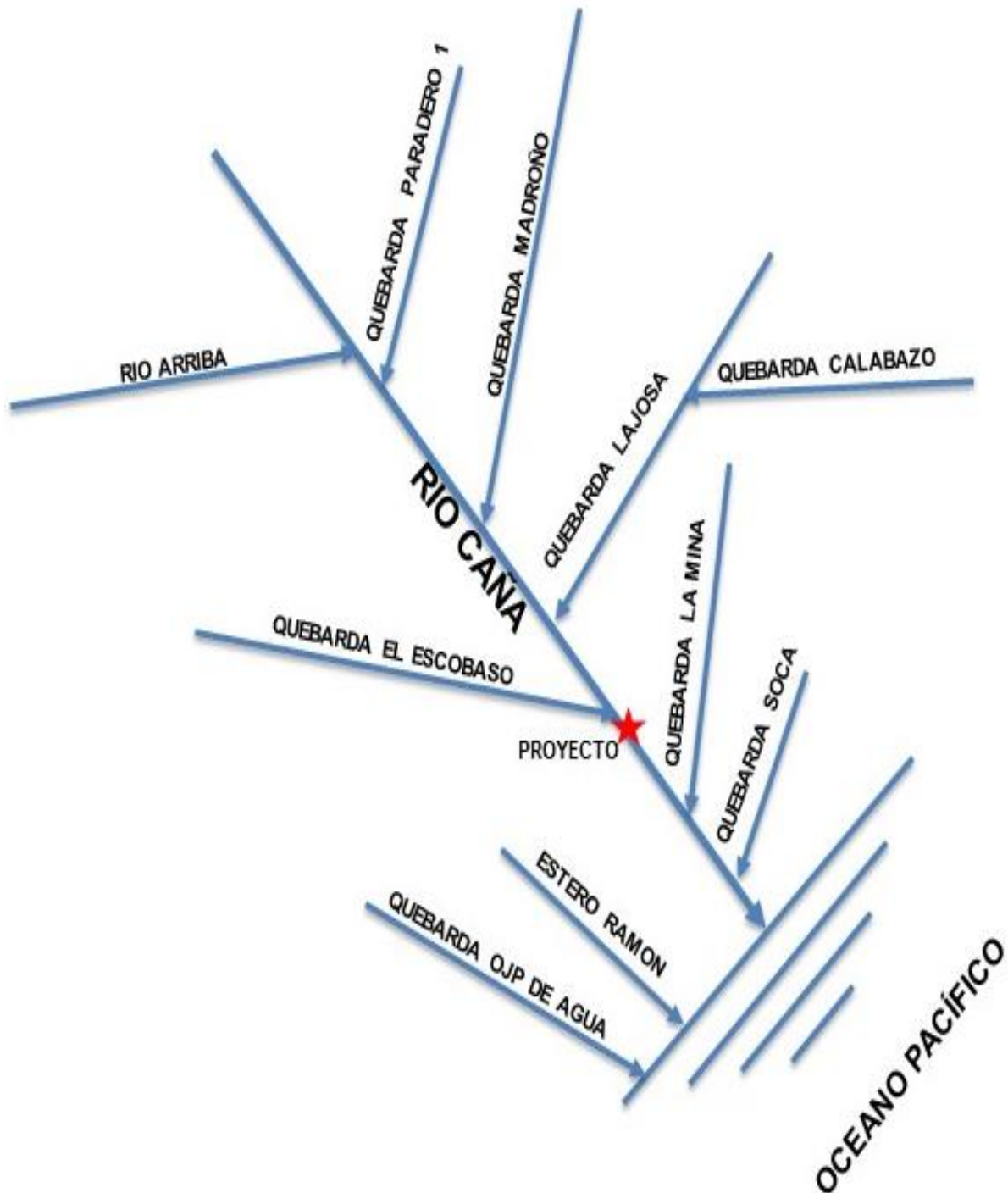


Imagen N°3: Unifilar De la Subcuenca del Río Cañas. -Elaborado LANDSTA C & I 2019.

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

491

2.8 Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas utilizadas en este Estudio

2.8.1 Estaciones Meteorológicas

Lista de Estaciones Meteorológicas

Número	Nombre	Provincia	Tipo de Estación	Elevación m	Latitud	Longitud	Fecha Inicio	Fecha Final	Operada por
126-002	POCRI	LOS SANTOS	CC	70	7° 39' 43"	80° 07' 08"	1/07/1970		E.T.E.S.A.
126-005	PEDASI	LOS SANTOS	BC	47	7° 31' 37"	80° 01' 25"	1/06/1967		E.T.E.S.A.
126-010	VALLE RICO	LOS SANTOS	BC	173	7° 37' 23"	80° 21' 11"	1/06/1972		E.T.E.S.A.
126-012	LA MIEL	LOS SANTOS	CC	220	7° 33' 00"	80° 20' 00"	1/06/1972		E.T.E.S.A.
126-013	EL CANAFISTULO	LOS SANTOS	CC	140	7° 37' 14"	80° 13' 55"	1/07/1972		E.T.E.S.A.
126-015	CANAS	LOS SANTOS	CC	8	7° 26' 55"	80° 15' 46"	1/04/1974		E.T.E.S.A.
126-019	CACAO	LOS SANTOS	AA	14	7° 26' 28"	80° 24' 35"	1/12/2011		E.T.E.S.A.-M.I.D.A.

Tipo de Estación

- AC Estacion tipo A Convencional
- AM Estacion tipo A Mixta
- BC Estacion tipo B Convencional
- BA Estacion tipo B Automatica
- BM Estacion tipo B Mixta
- CA Estacion tipo C Automatica
- CC Estacion tipo C Convencional
- CM Estacion tipo C Mixta
- TM Telemetrica
- AA Estacion tipo A Automatica
- LG Limnigrafica

Bajo ninguna circunstancia la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. - ETESA - será responsable por el contenido o las informaciones que se obtengan a través de las conexiones que se realicen desde nuestro portal. ETESA no se hace responsable de ningún error u omisión, pérdidas o daños que resulten de la utilización de la información o material contenidos en este sitio. Declaración de Privacidad © 2009 ETESA Todos los Derechos Reservados - Sitio Web Desarrollado por Pixel Media Publicidad

Imagen N°4: Estaciones Meteorologicas Activas Usadas en este Estudio.

2.8.2 Estación Hidrológica

Lista de Estaciones Hidrológicas

Número	Río	Lugar	Provincia	Tipo de Estación	Elevación m	Latitud	Longitud	Área de Drenaje	Fecha Inicio	Fecha Final	Operada por
124-01-03	TONOSI	PUENTE TONOSI	LOS SANTOS	At	10	7° 24' 10"	80° 26' 34"	671	9/04/1999		E.T.E.S.A.

Tipo de Estación

- Cv Estacion hidrologica Convencional
- At Estacion Hidrologica Automatica
- Mx Estacion Hidrologica Mixta

Bajo ninguna circunstancia la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. - ETESA - será responsable por el contenido o las informaciones que se obtengan a través de las conexiones que se realicen desde nuestro portal. ETESA no se hace responsable de ningún error u omisión, pérdidas o daños que resulten de la utilización de la información o material contenidos en este sitio. Declaración de Privacidad © 2009 ETESA Todos los Derechos Reservados - Sitio Web Desarrollado por Pixel Media Publicidad

Imagen N°5: Estacion Hidrológica Utilizada en este Estudio.

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSÍ, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

492

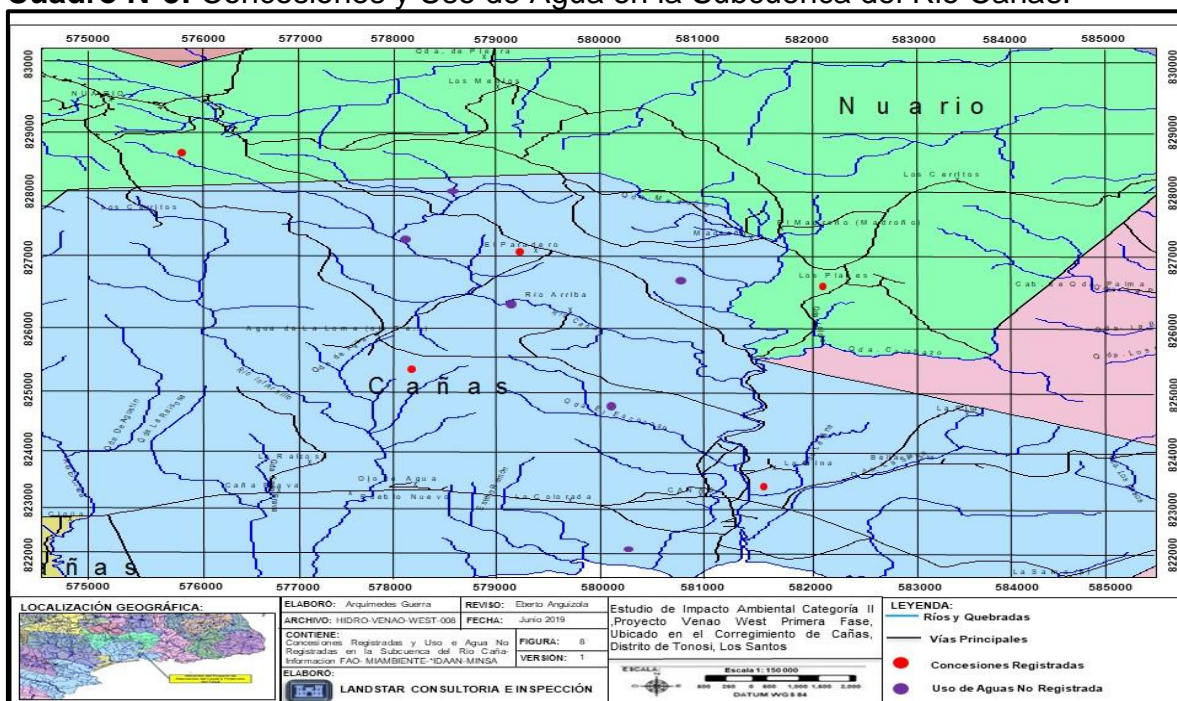
2.9 Uso de agua

La demanda formal (Concesionada) del Agua está dada por los usuarios registrados, que cuentan con un permiso o concesión para extraer y utilizar el agua, según las normas vigentes del país, ya sea por el Ministerio de Ambiente o por algunas otra de las instituciones relacionada al sector.

A continuación, presentamos las concesiones registradas en la Subcuenca del Río Cañas.

USO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ACUICOLA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
AGRICOLA	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01
AGRICOLA/DOMESTICO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
AGROINDUSTRIAL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
AGROPECUARIO	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.24
COMERCIAL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
DOMESTICO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
DOMESTICO/AGROPECUARIO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
DOMESTICO/COMERCIAL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
DOMESTICO/TURISTICO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
HIDROELECTRICO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
INDUSTRIAL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
TURISTICO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
SUMAS	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.25
													0.25
EN hm3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro N°3: Concesiones y Uso de Agua en la Subcuenca del Río Cañas.



Mapa N°8: Concesiones Registradas y Uso de Aguas No Registradas en la Subcuenca del Río Cañas.

3.0 Climatología

Panamá está ubicada en la zona intertropical próxima al Ecuador. Es una franja angosta orientada de Este a Oeste y bañada sus costas por los océanos Atlántico y Pacífico. Uno de los aspectos básicos en la definición del clima es la orografía del lugar, ya que el relieve no sólo afecta el régimen térmico, produciendo disminución de la temperatura del aire con la altura, sino que afecta la circulación atmosférica de la región y modifica el régimen pluviométrico general.

El rasgo climatológico central de la región de Panamá es la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Este rasgo tiene su influencia en la **Cuenca N°126** y la Subcuenca del río Cañas, cuando alcanza el mayor desplazamiento septentrional, entre **8° - 10° N** de Julio a septiembre donde las quebradas y ríos reciben más lluvia con la mayor descarga fluvial en octubre---noviembre. Cuando esta Zona se encuentra en su posición Sur (Sur de Colombia hasta Perú), impera la estación seca (diciembre hasta abril), en el área descrita en este estudio. En su traslado hacia el Norte, la ZCI llega a Panamá a finales de abril o principio de mayo. A su posición Norte (sobre México) corresponde el receso de julio y agosto. A los meses de septiembre a noviembre le corresponde la época más lluviosa del año mencionada anteriormente y es cuando la ZCI se traslada hacia el Sur del sistema.

En los años hidrológicos mayormente, esta zona (ZCI) se desplaza meridionalmente, activando los vientos alisios del **NE** proveniente del pacífico los cuales soplan a través del istmo de Panamá, siendo predominantes desde diciembre hasta mayo. Durante esta estación la descarga fluvial se reduce a la mitad. Sin embargo, la presencia de fuertes vientos predomina durante estos meses

3.0.1 Clasificación del Clima (Köppen y Mckay)

Para este Estudio utilizamos dos criterios de Clasificación, debido al Cambio Climático que estamos enfrentando en esta década. Los Criterios utilizados fueron los de **KÖPPEN y MACKAY**.

3.0.1.1 Clasificación del Clima según Köppen (Subcuenca del río Cañas)

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

494

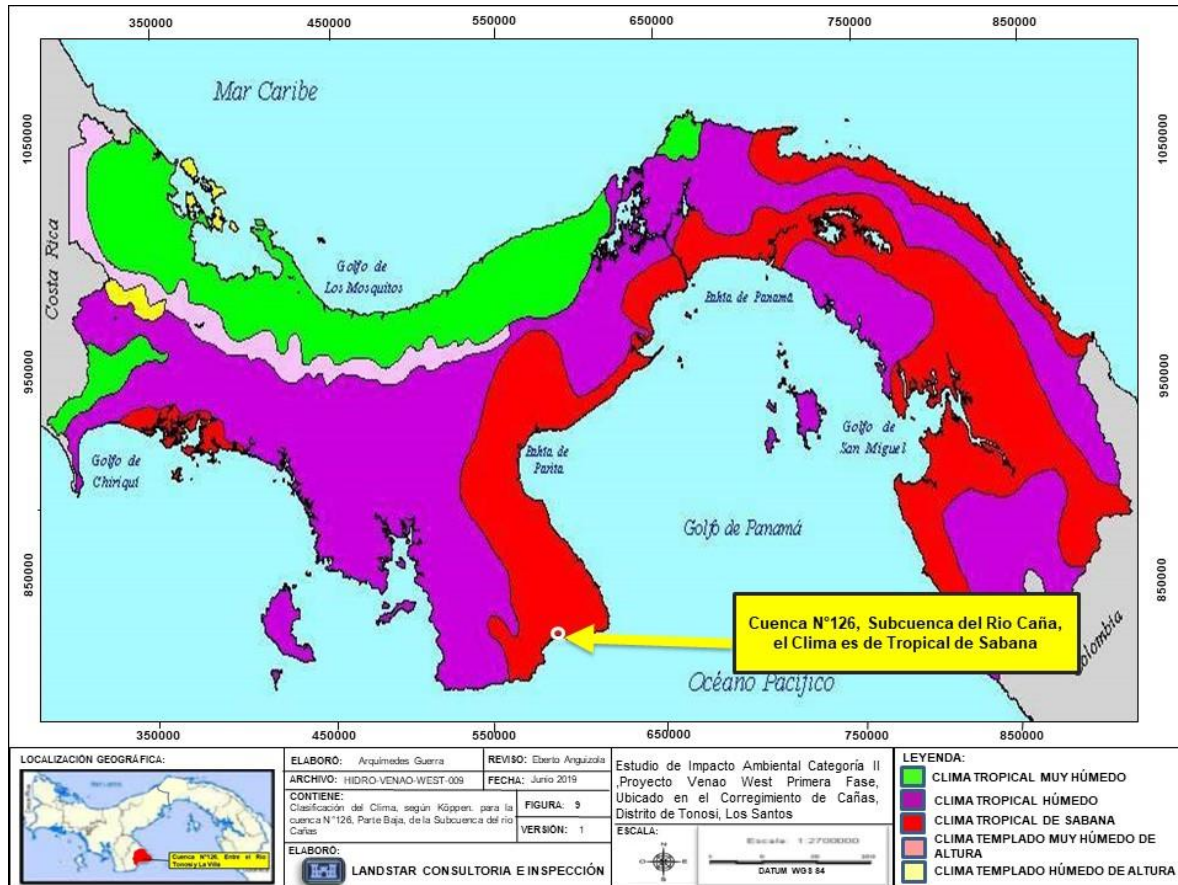
Los índices que dan los límites entre diferentes climas en el sistema de clasificación climática de **Köppen** contemplan los diferentes grupos de vegetación los cuales se basan en datos de temperaturas medias mensuales, temperatura media anual, precipitaciones media mensual y anual entre otros parámetros climatológicos.

Este tipo de sistema distingue zonas climáticas y, dentro de ellas, tipos de clima, de tal manera que resultan 3 tipos fundamentales de climas.

En la parte alta de la Subcuenca del rio Cañas, está gobernada por lluvias de alta intensidad en los meses húmedos. Entre **septiembre** a **noviembre** se registran abundantes lluvias provocadas muchas de ellas por las incursiones de los sistemas frontales del hemisferio norte hacía las latitudes tropicales; en el resto del año las lluvias están asociadas a los sistemas atmosféricos tropicales que se desplazan sobre la cuenca del Pacífico y del Atlántico, a la brisa marina y al calentamiento diurno de la superficie terrestre.

El clima para el área de influencia directa de este estudio pertenece a **Tropical de Sabana (Aw)**, el cual se caracteriza por una estación seca que se extiende desde abril y una estación lluviosa de mayo a diciembre y precipitaciones anuales menores a **2,500 mm**. La temperatura media del mes más fresco a **18 °C** con poca variación de temperatura a lo largo del año, siendo la diferencia entre la temperatura media del mes de más cálido y el mes de más fresco inferior a los **5° C**.

A continuación, presentamos el mapa correspondiente a esta clasificación; **Mapa N°9**



Mapa N°9: Clasificación del Clima según Köppen, para la cuenca N°126 y la Subcuenca del Río Cañas.

3.0.1.2 Clasificación Climática según A. McKay (2000) (Cuenca N°126 y Subcuenca del Río Cañas)

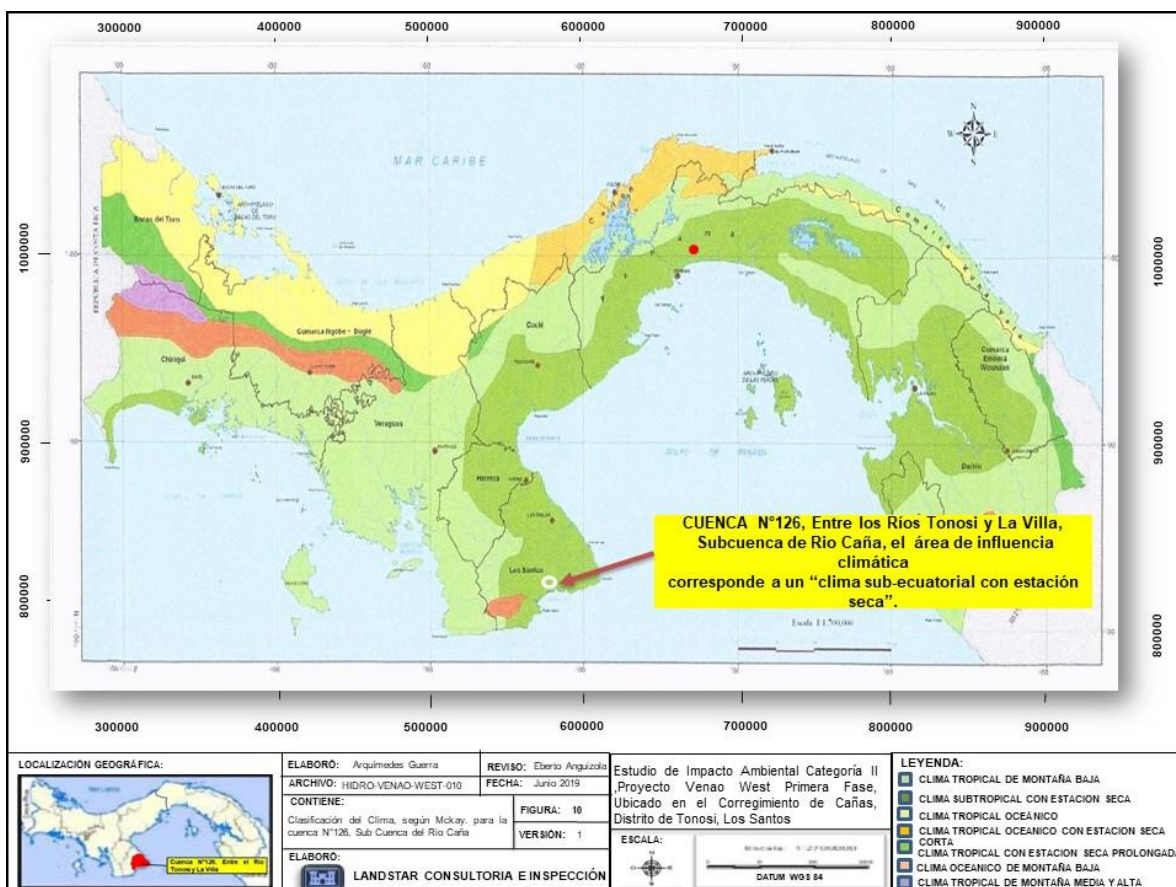
El geógrafo historiador Dr. Alberto McKay (q.e.p.d), después de una serie de extensas investigaciones de todas las tipologías climáticas propuestas para Panamá desde 1920, logró identificar que existían serias inconsistencias en los diferentes tipos de climas asignados al país, y logró una adaptación corregida con las condiciones ambientales reales de Panamá.

El resultado de estas investigaciones fue una nueva clasificación de los climas de Panamá, en el año 2000, quedando compuesta por siete tipos de clima, a saber:

- ✓ Clima Tropical de Montaña baja

- ✓ Clima Subecuatorial con estación seca
- ✓ Clima Tropical Oceánico
- ✓ Clima Tropical Oceánico con estación seca corta
- ✓ Clima Tropical con estación seca prolongada
- ✓ Clima Oceánico de Montaña Baja
- ✓ Clima Tropicales de Montaña Media y Alta

Según la clasificación de McKay (2000), el área de Influencia contenida en la Cuenca N°126, Subcuenca del Rio Caña, se ubican en la categoría de **“Clima Subecuatorial con Estación Seca”**. Este tipo de clima es cálido, con temperaturas medias de **27°C a 28°C**. Los totales pluviométricos anuales tienen una variabilidad marcada, en donde los meses lluviosos las lluvias son intensas y en los meses secos escasas.



Mapa N°10: Clasificación del Clima según McKay, para la cuenca N°126 y la Subcuenca del Rio Cañas

3.0.1.3 Cambio Climático

La importancia del cambio climático tanto para el mundo como para la región estudiada varía según los diferentes escenarios, en parte debido a las diferencias en las pautas de precipitación previstas (y especialmente su intensidad), y en parte debido a las diferencias en la evaporación proyectada.

Para este estudio hidrológico e hidráulico, se ha tomado en cuenta el efecto invernadero el cual es un fenómeno natural que permite la vida en la Tierra. Es causado por una serie de gases que se encuentran en la atmósfera, provocando que parte del calor del sol que nuestro planeta refleja quede atrapado manteniendo la temperatura media global en **+15°** centígrados, favorable a la vida, en lugar de **-18 °** centígrados, que resultarían nocivos.

Así, durante muchos millones de años, el efecto invernadero natural mantuvo el clima de la Tierra a una temperatura media relativamente estable y permitía que se desarrollase la vida. Los gases invernadero retenían el calor del sol cerca de la superficie de la tierra, ayudando a la evaporación del agua superficial para formar las nubes, las cuales devuelven el agua a la Tierra, en un ciclo vital que se había mantenido en equilibrio.

En base a lo anterior, presentamos Escenarios Climáticos con el fin de modelar el comportamiento actual del clima en la cuenca N°126 y Subcuenca del Rio Cañas. En las evaluaciones de los impactos se han empleados tres tipos distintos de escenarios climáticos: escenarios incrementales, escenarios analógicos, y escenarios del clima basados en modelos. Los escenarios incrementales son simples ajustes del clima de referencia con arreglo a cambios futuros previstos que pueda ofrecer una asistencia valiosa para ensayar la sensibilidad del sistema al clima. La representación analógica de un clima que ha cambiado a partir de registros anteriores o de otras regiones. Usaremos este último como herramienta científica para modelar y representar gráficamente el cambio climático dentro área directa e indirectas de este estudio. Se ha utilizado este concepto de cambio climático para los parámetros de **Temperatura y Precipitación** solamente.

A continuación, presentamos los parámetros utilizados para el análisis climático, para las áreas descritas en este estudio.

STATISTICAL DOWNSCALING MODEL (SDSM)	
Descripción	SDSM es un paquete de software amigable diseñado para implementar reducción de escala espacial mediante métodos estadísticos, lo que resulta en información climática mensual de alta resolución espacial a partir de información de modelos o datos con baja resolución espacial, como las de modelo de circulación general de la atmosfera. El software también permite, mediante un generador estocástico de tiempo, generar realizaciones sintéticas múltiples de eventos meteorológicos de tiempo, que ayudan a producir ensambles.
Uso Apropriado	SDSM puede ser usado por aquellos que requieren estimar impactos a partir de información de alto detalle espacial, considerando que se dispone de datos meteorológicos diarios de buena calidad y salidas diarias de GCMs con variable a gran escala
Alcance	Todos los lugares, todos los sectores
Salidas Clave	Escenario de variación meteorológica diaria (temperaturas máximas y mínimas, precipitación y humedad) para sitios específicos. Además, SDSM produce una serie de estadísticas de interés climático, con la varianza, frecuencia de eventos extremos y olas de sequias.
Entradas Claves	Se requieren datos diarios de calidad, tanto para las condiciones observadas localmente como para los datos de gran escala de reanálisis, para calibrar y validar los modelos estadísticos que genera SDSM . Por ello, se requieren los datos diarios de las salidas de los modelos con los que se alimentan las ecuaciones y se generan los escenarios de cambio climático.

Cuadro N°4: Parámetros Utilizados para el Análisis de Cambio Climático en la Cuenca N°126 y Subcuenca del Rio Cañas (Temperatura y Precipitación).

3.1 Temperatura

Para este estudio se ha utilizado un criterio científico para determinar cualquier anomalía climática en la Subcuenca del rio Cañas. La temperatura es un factor importante para este análisis.

Se han utilizado las siguientes estaciones para el cálculo de temperaturas: La estación Valle Rico, ubicada dentro de la cuenca **N°126 (Valle Rico 126-010)**, con coordenadas geográficas **Lat. 7° 37'23" y Long 80° 21'11"**, con una elevación de **173 msnm**, y la estación **(Tonosi2 124-004)** (Cuenca Vecina), con coordenadas geográficas **Lat. 7° 24'00" y Long 80° 27'00"** con una elevación de **12 m nmm**. Estas estaciones registran parámetros climatológicos tales como temperatura y Precipitación, etc.

En el área del estudio hay muy poca variación de la temperatura media mensual a lo largo del año. La media anual es **26.1 grados** centígrados y la diferencia promedio de temperatura entre el mes más caliente y el más frío está en el orden de los dos grados. La variación durante el día es más pronunciada.

En la **Gráfica N°1** se presenta la posible variación de la temperatura en un periodo recurrente de **47 años**.

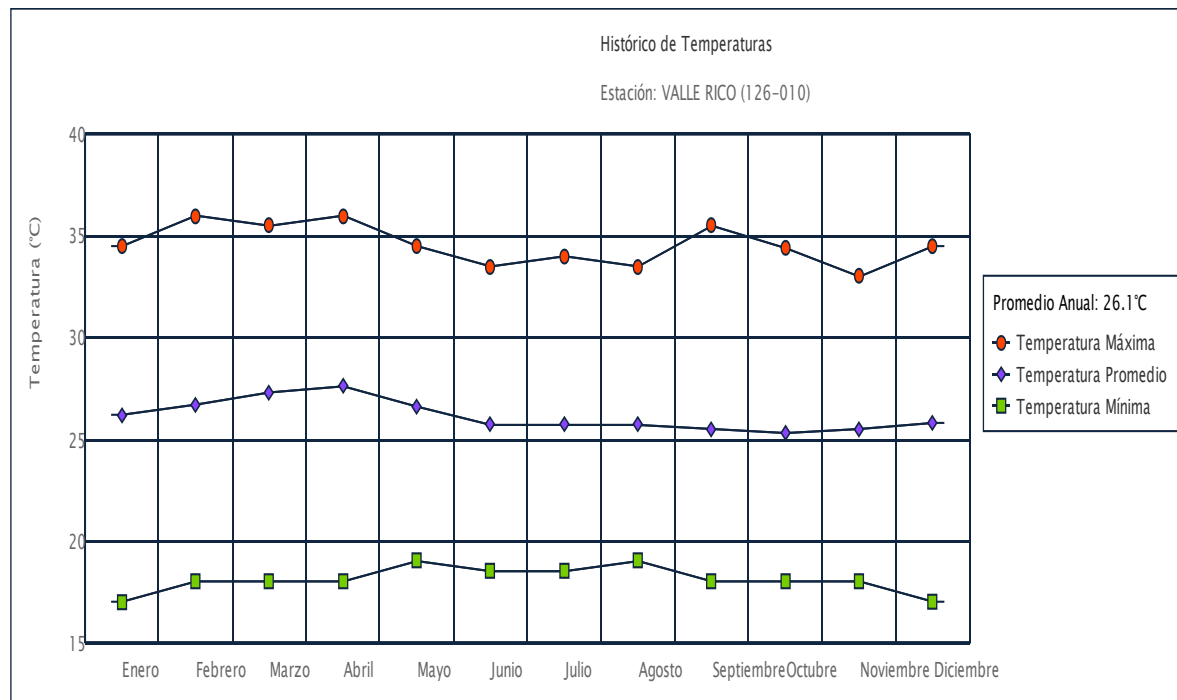


Gráfico N°1: Temperaturas Máximas, Mínimas y Promedio de la Estación 126-010- (1972-2019). Información ETESA-2019

El promedio anual de esta estación es de 27.9 C°.

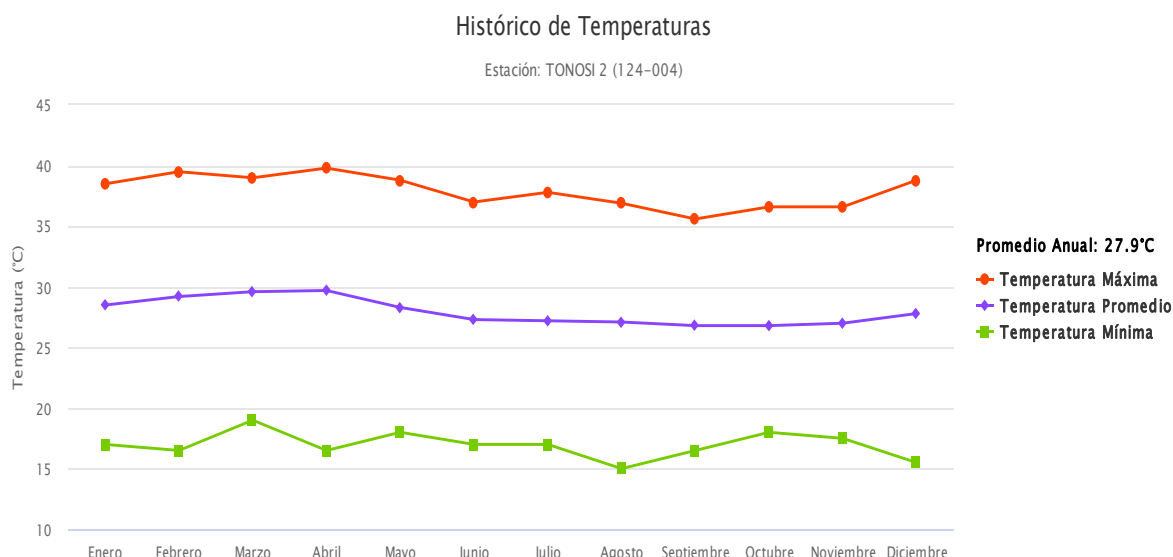


Gráfico N°2: Temperaturas Máximas, Mínimas y Promedio de la Estación 124-004- (1972-2019). Información ETESA-2019

A continuación, presentamos simulación de cambio climático de la estación de referencia **TONOSI2 124-004**

Temperatures Máximas-124-004 A2Had2H3 2013-2019 (dat vs. A2)

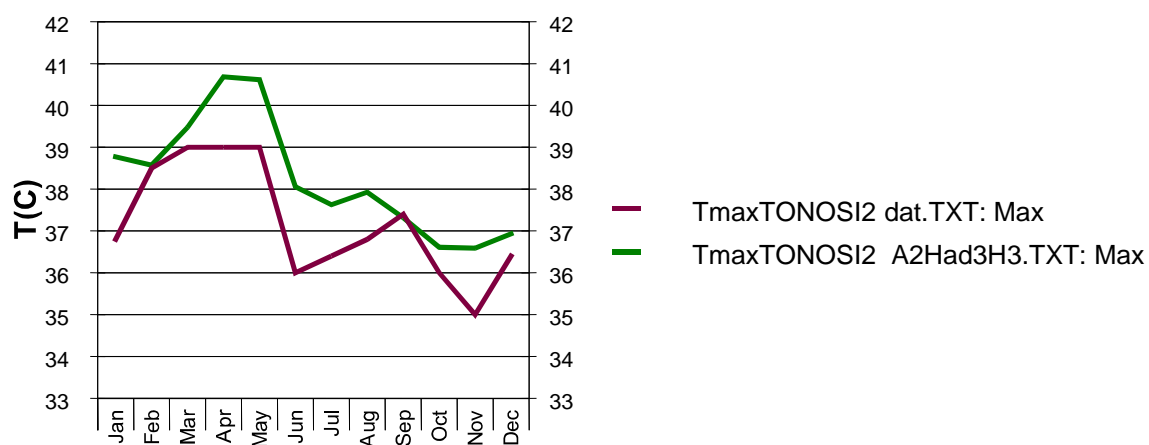


Gráfico N°3. Temperaturas Máximas Estación TONOSI2 214-004. Etesa 2019

3.2 Radiación Solar (Subcuenca del Rio Cañas)

La duración del brillo solar, o heliofanía, en horas, representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad, entre el alba y el atardecer. El total de horas de brillo solar de un lugar es uno de los factores que determina su clima.

El mes de **febrero** acusa un aumento apreciable en el porcentaje de brillo solar posible en todo el sector Pacífico-Centro del Istmo de Panamá, coincidente con las condiciones existentes durante el período seco en la región. En **mayo**, mes de transición hacia la época lluviosa, disminuyen los valores de brillo solar al aumentar la nubosidad en todo el territorio nacional.

La distribución de las isohelias indica que las menores magnitudes se presentan en áreas montañosas, y los valores altos hacia la región meridional, con máximas hacia zonas costeras. **Octubre**, mes representativo del periodo lluvioso, presenta una disminución generalizada del porcentaje y duración del brillo solar en el país. La presencia de la Zona de Convergencia Intertropical, acompañada de los desarrollos nubosos y precipitaciones intensas que la caracterizan, favorece la reducción de este parámetro.

Al Igual que otros sitios de la **Cuenca N°126**. Subcuenca del Rio Cañas, se registra los mismos parámetros de radiación solar, para el período comprendido entre los años **2013-2019**, la radiación solar se intensifica en la estación seca, específicamente en los cuatro primeros meses del año, registrando **12,424.98** Langleys en el mes de marzo. En el resto del año los valores son variables, pero son menores a los registrados en la estación seca.

La intensidad más baja de la radiación solar se registra en el mes de noviembre, con **7,677 Langleys**. Estos valores varían con la presencia o no de vegetación arbórea y su densidad, así como con la presencia de nubosidades

A continuación, presentamos la cantidad de horas de brillo solar correlacionada para el área donde se realizó este estudio hidrológico e hidráulico.

Distribución Mensual de Brillo Solar (En Horas)

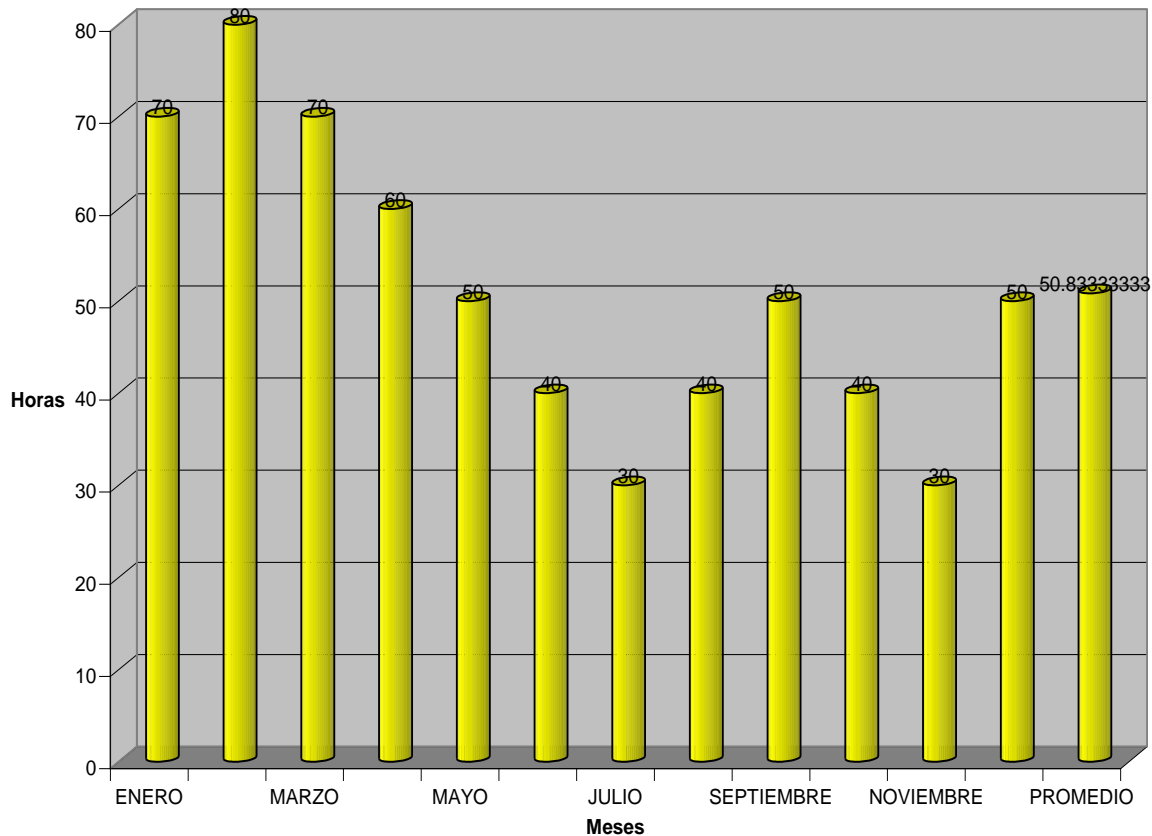


Gráfico N°4: Porcentaje de Brillo Solar. Subcuenca Rio Cañas (2013-2019). Valores calculados de la estación TONOSI2 124-004. Información ETESA Calculada 2019

3.3 Humedad Relativa

La humedad relativa se encuentra muy relacionada con la precipitación, siendo en términos generales directamente proporcional; es decir, a mayor precipitación corresponde una mayor humedad relativa y viceversa. La humedad relativa promedio mensual en la estación **TONOSI 2** es de **64% al 87 %**, siendo el mes de octubre el de mayor humedad relativa con un valor de **87%**. Los valores más bajos ocurren en el periodo seco entre los meses de febrero, marzo y abril. El valor de la humedad relativa en los meses antes mencionados es de **66 ,64% y 70%** respectivamente.

3.4 Análisis de los Vientos

El Istmo de Panamá está influenciado por los vientos del noreste del Atlántico. La calma Ecuatorial pasa, en su más alejada posición, hacia el Sur en los primeros cuatro meses del año, para desplazarse después a su máxima posición hacia el Norte, donde se mantiene el resto del año.

De enero a abril, ocasionalmente incluyendo mayo y diciembre, la calma Ecuatorial se desplaza hacia el Sur, trayendo consigo sequedad y los vientos del Norte hacia el Istmo de Panamá.

Estos vientos usualmente desaparecen en el mes de abril, y vuelve a quedar muy influenciado por la calma Ecuatorial y lluvias que traen consigo los vientos del Sur, que usualmente persisten hasta mediados de diciembre. Una progresiva migración de la calma Ecuatorial ocurre en la temporada lluviosa, restableciéndose el sistema de vientos alisios del Norte en Panamá los primeros días de diciembre.

Los vientos predominantes en la Subcuenca del Rio Cañas son el **Sur – Noreste-Este**, presentándose mayores velocidades durante la temporada seca, en que predominan los vientos del Noreste. En abril, la ocurrencia de los vientos es tanto norte como sur, lo que indica la transición de la temporada seca a la lluviosa.

En el **Cuadro N°5** se presenta la velocidad promedio de los vientos, tomados en la estación Meteorológica de **TONOSI 2** en el **Cuadro N°6**, las velocidades medias mensuales del viento, según su dirección.

	En e	Fe b	Mar	Ab r	May	Ju n	Jul	Ag o	Se p	Oc t	No v	Di c	Pro m
Pro m	2.7	3.1	2.9	2.5	1.9	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.9	2.1
Máx.	3.4	4.0	3.8	3.3	2.1	1.9	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.7	2.6
Mín.	2.0	2.2	2.4	2.0	1.8	1.6	1.2	1.4	1.5	1.6	1.4	1.7	1.7

Cuadro N°5: Velocidad media, máxima y mínima mensual de los vientos en la estación TONOSI2 124-004 medidos a 10 m de altura (en m/s) (2013-2019). Fuente ETESA- . Data Calculada-2019

DIR.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
N	4.4	4.6	4.2	3.0	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6	2.4	2.4
NE	3.1	3.4	2.9	2.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.9	1.9
E	1.4	1.7	1.5	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3
SE	2.1	2.0	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.4	1.6	1.6
S	2.6	2.8	2.8	2.7	2.3	2.0	2.1	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2
SW	2.4	2.4	2.5	2.2	2.2	2.1	2.0	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1
W	2.0	1.8	1.8	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7
NW	2.1	2.1	2.2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.4	1.6	1.6

Cuadro N°6: Velocidad Media del Viento Según su Dirección (Estación TONOSI2 m/s) (2013-2019). Fuente ETESA-. Data Calculada-2019

En el **Cuadro N°6** se desprende que los vientos de mayor velocidad provienen del norte y ocurren entre enero y abril. Los vientos transiciones entre norte y sur presentan las velocidades menores.

A continuación, presentamos la rosa de los vientos para las Temporada Seca y Húmeda.

Rosa de Los Vientos Subcuenca Rio Cañas -Referencia de la TONOSI2 (2013-2019)
Dirección de los Vientos (Temporada Seca) —

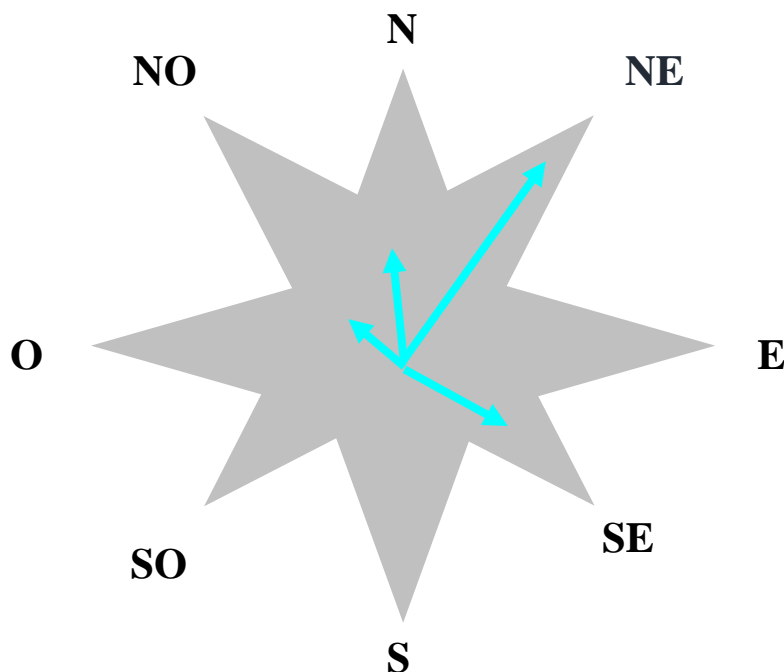


Imagen N°6: Rosa de Los Vientos-Subcuenca del Rio Cañas. Estación Seca.

Dirección de los Vientos (Temporada Húmeda) —2013-2019

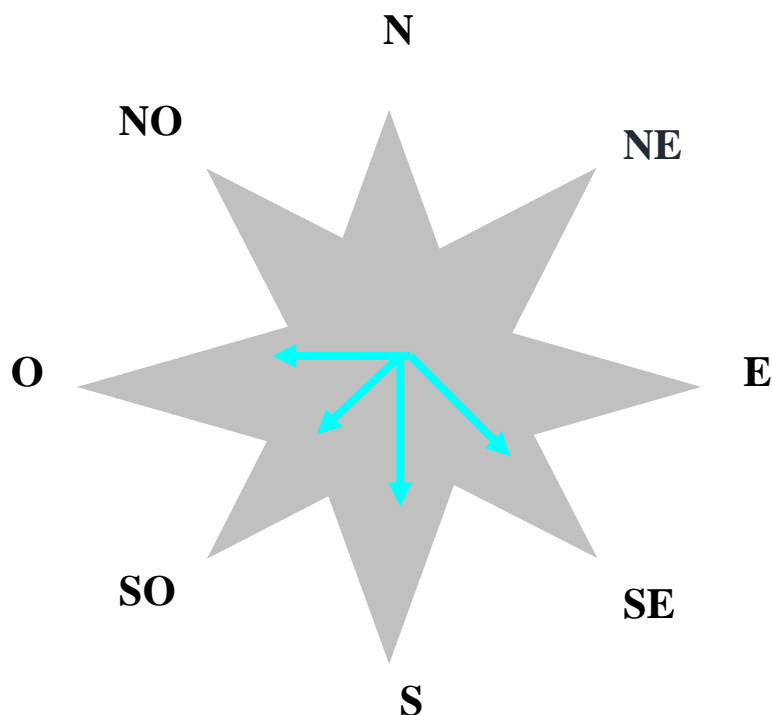


Imagen N°7: Rosa de Los Vientos-Estación TONOSI2 124-004. Temporada Húmeda

3.5 Calculo de Evapotranspiración

Para este estudio se ha tomado en cuenta la Evapotranspiración, la cual es un componente principal para realizar el balance hídrico y un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera. Al estudiar el balance hídrico de la **Cuenca N°126**, Subcuenca del rio Cañas, determinamos la pérdida de agua por evapotranspiración, que es la cantidad de agua que regresa a la atmósfera a través de la evaporación directa de la superficie del suelo más la transpiración de las plantas.

Para estimar el valor de la evapotranspiración potencial se utilizó el método **semiempírico de Penman**. Este método posee una base Físico-Teórica y su uso requiere varios elementos de los que no siempre se dispone en todas las estaciones meteorológicas.

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

506

Se utilizaron las estaciones disponibles Cercanas de al Subcuenca del rio Cañas y en el sitio donde se realizará el Proyecto Colindante con el Rio Cañas.

La fórmula que se utilizó para el cálculo de la ETP es la siguiente¹:

$$ETP = \frac{(Po/P * \Delta/r) \{ 0.75R_A(0.26 + 0.39n/N) - \sigma T_k^4(0.56 - 0.079\sqrt{ed})(0.10 + 0.90n/N) \} + 0.26(ea - ed)(1.00 + 0.54U)}{(Po/P * \Delta/r) + 1}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial en mm/día

Po = Presión atmosférica media expresada en milibares al nivel del mar

P = Presión atmosférica media expresada en milibares en función de la altitud de la estación.

Δ = gradiente de la presión de vapor saturante con respecto a la temperatura, expresada en milibares por grado centígrado.

r = Coeficiente psicrométrico, para el psicrómetro con ventilación forzada = 0.66.

0.75 = Factor de reducción de la radiación total de onda corta, que corresponde a un albedo de 0.25.

R_A = Radiación de onda corta recibida en el límite de la atmósfera expresada en mm de agua evaporable (1 mm = 59 calorías) o tablas de valores de Angot.

¹ Carlos A. Ortiz Solorio, Elementos de Agrometeorología Cuantitativa con aplicaciones en la república mexicana, 1984.

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

507

n = Duración de la insolación durante el periodo que se estudia, expresada en horas y décimas de hora.

N = Duración de la insolación astronómica.

σT_k^4 = Radiación del cuerpo negro expresada en mm de agua evaporable para la temperatura prevaleciente del aire.

e_a = Presión del vapor saturante, expresada en milibares.

e_d = Presión del vapor durante el periodo que se estudia, expresada en milibares

U = Velocidad media del viento a una altura de 2 metros de la superficie, durante el periodo que se estudia y expresada en m/s.

El valor de $(P_o/P \cdot \Delta/r)$ fue tabulado por Frere y Popov (1980) como una función de la temperatura media y la altura sobre el nivel del mar.

R_A es la tabla de los valores de Angot . El producto de $R_A(0.26 + 0.39n/N)$ es la estimación de R_g , la radiación global. Aquí es necesario aclarar que las constantes 0.26 y 0.39 fueron derivadas para Panamá por ETESA con datos provenientes del antiguo IRHE.

e_a , presión del vapor saturante, se obtiene de la tabla Smithsonian obtenida en 1966, como una función de la temperatura.

e_d , presión del vapor durante el periodo estudiado, es un dato que se obtiene directamente de la estación o se estima a partir de:

$$e_d = H_r \times e_a$$

Donde:

H_r = humedad relativa, expresada en forma decimal, no en porcentaje, y

U = velocidad del viento, que es un dato directo de la estación.

Es importante hacer notar que el coeficiente de **U**, **0.54U**, puede modificarse en función de la diferencia entre la temperatura máxima y mínima medias, como sigue:

Temperatura mínima Coeficiente Mensual media	Diferencia entre la temperatura máxima y de U Mínima mensual media	
-	$TM - Tm \leq 12\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.54
> 5°C	$12^{\circ}\text{C} \leq TM - Tm \leq 13\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.61
> 5°C	$13^{\circ}\text{C} \leq TM - Tm \leq 14\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.68
> 5°C	$14^{\circ}\text{C} \leq TM - Tm \leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.75
> 5°C	$15^{\circ}\text{C} \leq TM - Tm \leq 16\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.82
> 5°C	$16^{\circ}\text{C} \leq TM - Tm$	0.89

Para el cálculo de Evapotranspiración se tomaron los datos de las estaciones siguientes: **(La Miel 126-012)**, con coordenadas geográficas Lat. **7° 33'00''** y Long **80° 20'00''**, con una elevación de **220 msnm**, y la estación **(Cañas 126-015)**, con coordenadas geográficas Lat. **7° 26'55''** y Long **80° 15'46''** con una elevación de **8.0 m nmm**.

ESTACION LA MIEL 126-012													
	Latitud 7° 33' N Longitud 80° 20' E Elevación 220.0m.s.n.m		Alt. Anemómetro Presión atms		10 m 100.17 Kpa								
PARAMETRO	ENERO 1	FEBRE 2	MARZO 3	ABRIL 4	MAYO 5	JUNIO 6	JULIO 7	AGOST 8	SEPTI 9	OCTUB 10	NOVIE 11	DICIE 12	TOTAL
T media (°C)	26.66	27.26	28.04	28.81	28.46	27.73	27.43	27.49	27.21	27.06	26.95	26.71	
H relativa min (%)	65	60	60	60	71	78	78	77	81	78	78	70	
H relativa max (%)	76	71	68	74	85	86	91	86	88	87	87	84	
U2 (0.5) (km/día) n (horas)	96.27 7.99	119.00 7.52	120.17 8.01	110.36 6.68	76.58 3.79	59.69 3.51	55.37 4.20	57.34 4.70	62.05 3.41	66.65 4.23	59.25 4.50	72.41 5.61	
Calor latente vaporizacion, l	2.44	2.44	2.43	2.43	2.43	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	
Constante psicometrica, g	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
Presión vapor saturación,ea (Kpa)	3.49	3.62	3.79	3.96	3.88	3.72	3.66	3.67	3.61	3.58	3.55	3.50	
Pendiente curva presión vapor, d	0.21	0.21	0.22	0.23	0.23	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	
Declinación solar, s	-0.37	-0.24	-0.04	0.17	0.33	0.41	0.37	0.24	0.04	-0.16	-0.33	-0.41	
Angulo horas de sol, ws	1.52	1.54	1.57	1.59	1.62	1.63	1.63	1.61	1.58	1.55	1.52	1.51	
Horas potenciales de luz (N)	11.57	11.73	11.96	12.18	12.37	12.47	12.43	12.26	12.05	11.82	11.63	11.53	
Relación n/N	0.69	0.64	0.67	0.55	0.31	0.28	0.34	0.38	0.28	0.36	0.39	0.49	
Distancia relativa sol-tierra (dr)	1.03	1.02	1.01	0.99	0.98	0.97	0.97	0.98	0.99	1.01	1.02	1.03	
Radiacion extra terrestre (Ra)	32.68	34.97	37.17	37.77	37.07	36.33	36.52	37.25	37.20	35.65	33.27	31.93	
Radiacion neta onda corta (Rns)	14.97	15.37	16.74	15.24	11.51	10.93	11.78	12.67	11.22	11.77	11.36	12.13	
Presion vapor Temp. Pto. Rocio, ed	2.46	2.37	2.42	2.65	3.03	3.05	3.09	2.99	3.05	2.95	2.93	2.70	
Radiacion neta onda larga (Rb)	-3.43	-3.36	-3.45	-2.70	-1.47	-1.35	-1.52	-1.74	-1.35	-1.67	-1.78	-2.34	
Radiacion neta (Rn)	11.55	12.01	13.29	12.54	10.05	9.58	10.27	10.93	9.87	10.11	9.57	9.79	
Flujo de calor del suelo (G)	-0.01	0.08	0.11	0.11	-0.05	-0.10	-0.04	0.01	-0.04	-0.02	-0.02	-0.03	
Velocidad viento (U2) m/s	0.83	1.03	1.04	0.96	0.66	0.52	0.48	0.50	0.54	0.58	0.51	0.63	
Constante psicrometrica modificada g*	0.086	0.091	0.091	0.089	0.082	0.079	0.078	0.079	0.080	0.080	0.079	0.082	
Deficit presion de vapor, (ea-ed)	1.03	1.25	1.36	1.31	0.85	0.67	0.57	0.68	0.56	0.63	0.62	0.81	
Eto (mm/día)	3.93	4.28	4.75	4.47	3.40	3.15	3.28	3.51	3.16	3.25	3.08	3.24	
Eto (mm/mes)	121.92	119.96	147.18	134.03	105.55	94.43	101.81	108.83	94.85	100.88	92.31	100.45	1322.20

Cuadro N°7: Evapotranspiración Potencial Calculada para Subcuenca Rio Cañas. Estación **La Miel 126-012**-- Correlacionada con data de la estación de Cañas **126-015**.

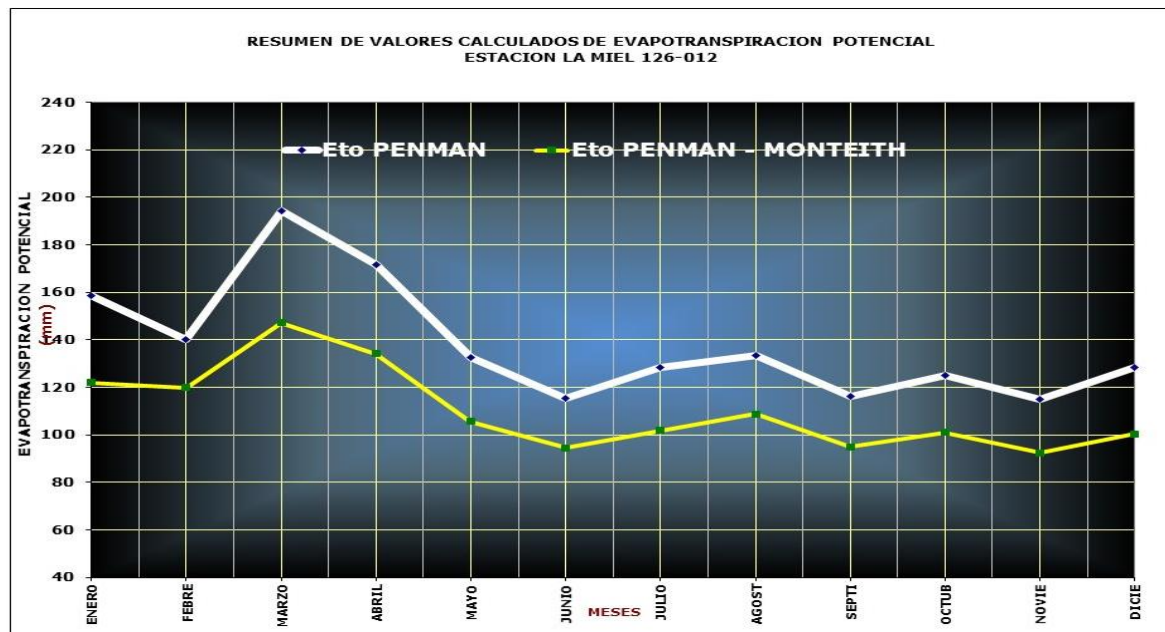


Gráfico N°5: Evapotranspiración Potencial Calculada para Subcuenca Rio Cañas. Se utilizo el Eto PENMAN-MONTEITH -**LA MIEL 126-012**

3.6 Precipitación

La migración estacional de las masas de aire tropical del Pacífico y subtropical del Atlántico que acompañan al sol en su curso anual constituye el control dominante sobre los patrones de precipitación en Panamá. Estas migraciones, en combinación con la orografía local, establecen áreas con totales anuales diferentes y da origen a regímenes de precipitación bien definidos.

En el área donde se ubica la **Cuenca N°126 y la Subcuenca del Rio Cañas**, hay una estación lluviosa extendida y única que empieza a fines del mes de abril o principios de mayo y persiste hasta mediados o fines de noviembre. Al igual que en otros sitios de la **cuenca N°126**, el patrón de lluvia no varía.

Los periodos de máximas precipitaciones en la Subcuenca del rio Cañas, coinciden con el paso de la zona de convergencia intertropical (ITCZ) en dirección al Norte (junio) y en sentido meridional (octubre) en su desplazamiento siguiendo la trayectoria de la declinación anual del sol.

Entre diciembre y finales de abril se establece en esta región la estación seca con ausencia casi total de lluvia. Algunas veces, en este período ocurren temporales y lluvias copiosas, ocasionadas por incursiones de frentes fríos intensos que logran alcanzar nuestras latitudes y que son empujadas por avances vigorosos de masas enormes de aire polar, procedentes de las regiones árticas heladas.

Para los cálculos de Precipitación en el sitio del Proyecto Colindante con el Rio cañas, se elaboró una metodología, en donde los datos de precipitación se verificaron, corrigieron y los faltantes, se estimaron antes de ser utilizados en la elaboración del modelo hidrológico dentro del área de este estudio.

A continuación, presentamos los promedios históricos de Precipitación en el área de influencia Hidrológica.

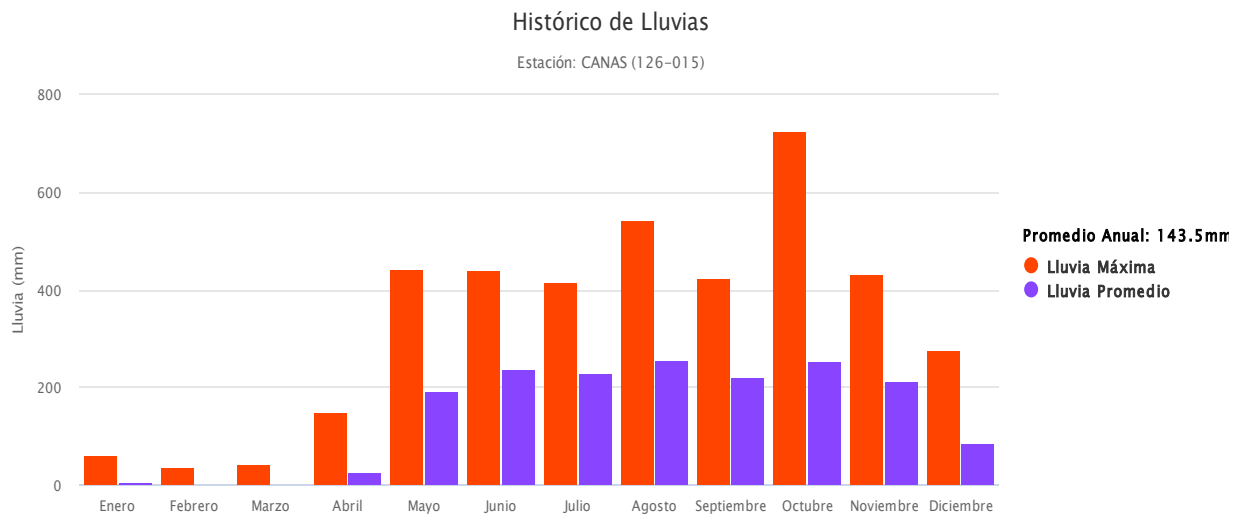


Gráfico N°6: Precipitación Máxima y Promedio de la estación Rio Cañas 126-015 (1974-2019). Elevación 8.0 m nmm.

126-015 RIO CAÑAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
MAXIMA	60.3	35.7	40	148.5	443.1	440.4	414.5	540.4	422.5	726.8	432.9	274.3	3979.4
PROMEDIO	4.8	3.2	2.8	25.4	192.8	237.1	229.2	255.2	220.4	254.1	212.2	84.4	1721.6

Cuadro N°8: Precipitación Máxima y Promedio de la estación Rio Cañas 126-015 (1974-2019). Elevación 8.0 msnm.

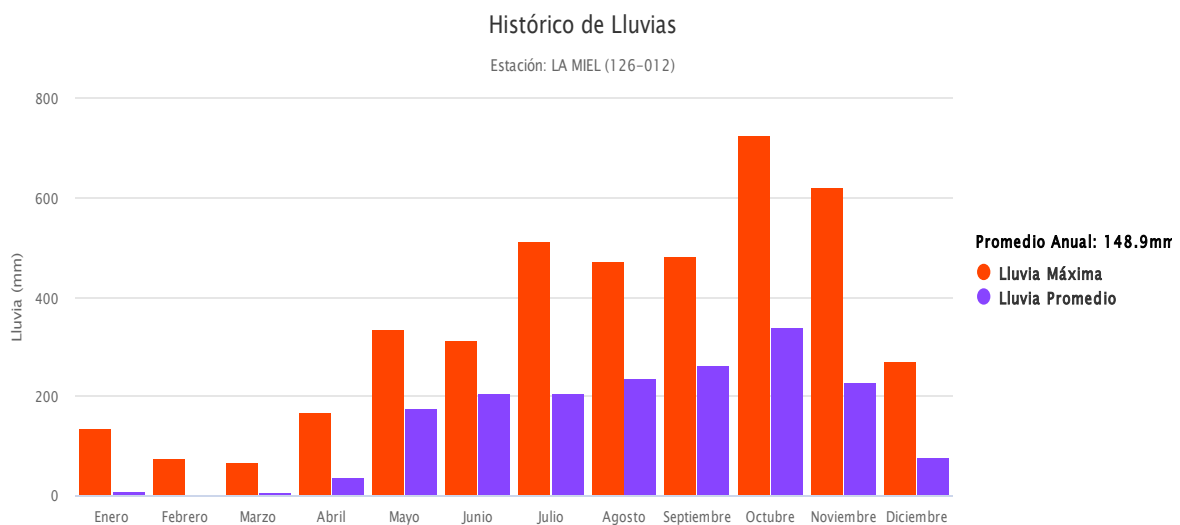


Gráfico N°7: Precipitación Máxima y Promedio de la estación La Miel 126-012 (1972-2019). Elevación 220 m msnm.

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

512

126-012 LA MIEL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
MAXIMA	133.4	75.4	6.7	168.5	334.1	313.2	511.2	473.6	482.4	724.6	621.3	268.7	4113.1
PROMEDIO	8.4	3.7	5.5	36.8	177	206.8	207.2	237.5	262	337.8	228.3	75.9	1786.9

Cuadro N°9: Precipitación Máxima y Promedio de la estación La Miel 126-012 (1972-2019). Elevación 220 m msnm

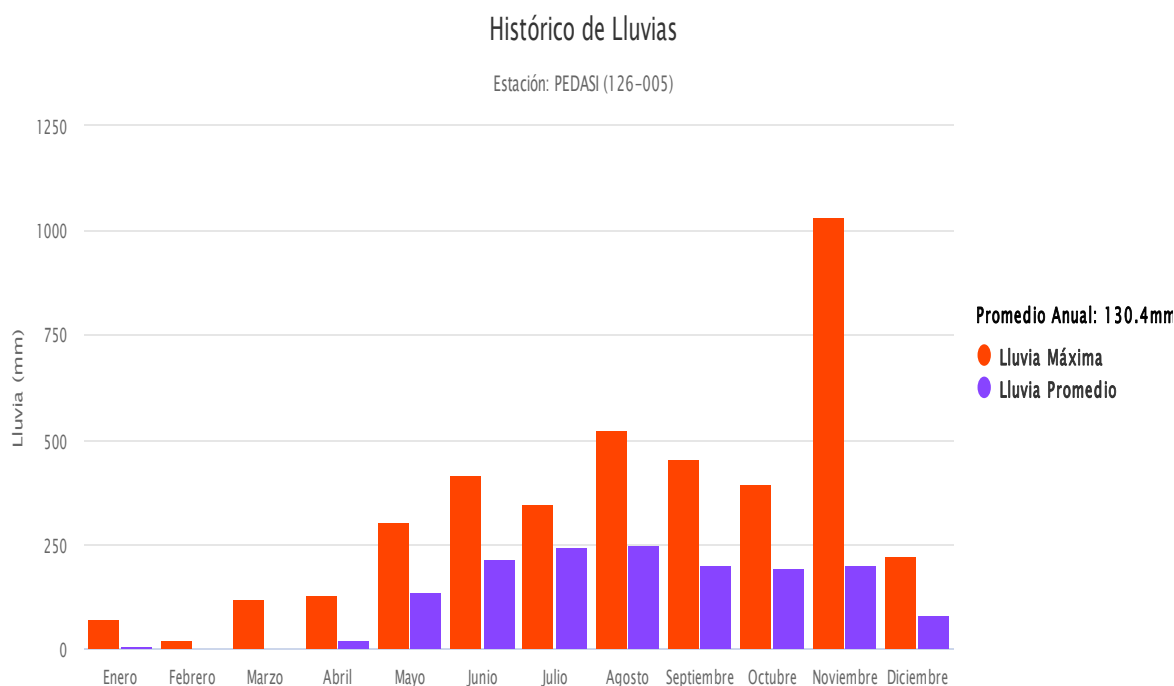


Gráfico N°8: Precipitación Máxima y Promedio de la estación PEDASI 126-005 periodo (1967-2019). Elevación 47 msnm

126-005 PEDASI	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
MAXIMA	73.3	21.1	121.9	1295	303.5	418.5	349.3	522.9	454.3	394.4	1035.7	223.3	5213.2
PROMEDIO	9.4	0.9	4.3	23	139.6	213.4	246	249.5	203.2	193.3	200.9	80.9	1564.4

Cuadro N°10: Precipitación Máxima y Promedio de la estación PEDASI 126-005 periodo (1967-2019). Elevación 47 msnm

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

3.6.1 Determinación de las Tormentas de Diseño para realizar obras de mitigación en el sitio colindante del Proyecto con el Rio Cañas.

La mayoría de los procesos climatológicos e hidrológicos son muy complejos y requieren por lo tanto ser explicados en términos probabilísticos. Son el resultado de eventos naturales e involucran muchas incertidumbres y responden con componentes estocásticos, que pueden ser investigados en registros de observaciones hidrológicas. Por otro lado, los datos históricos pueden ser observados solamente una vez y en este sentido nunca volverán a ocurrir.

En este estudio Hidrológico e Hidráulico para contemplar niveles seguros de terracería en el proyecto, se procedió a interpretar el registro histórico de un evento hidrológico en términos de una probabilidad futura de ocurrencia, no solamente a través de un análisis de frecuencia puntual, sino también a través de un análisis regional, considerando una región homogénea en términos de sus características. Además, se han aplicado los conceptos de probabilidad y estadística para predecir eventos futuros en relación con los objetivos de prevenir acontecimientos generados por la intervención humana.

Por experiencia obtenida a través de estaciones climatológicas de largo periodo de registro y por estar expresamente especificado en el alcance de este estudio, se establece que las Precipitaciones Máximas en **24 horas** se ajustan mejor a una distribución de probabilidades **Gumbel Tipo I**.

3.6.1.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

Para el cálculo de niveles seguros del proyecto con el rio cañas en (Secciones Determinadas), fue necesario conocer la variación de la lluvia en el tiempo. Siempre esta información es registrada a través de estaciones de medición que permiten conocer la intensidad de la lluvia. Para este caso utilizamos las estaciones **Rio Cañas 126-005, La Miel 126-012 y Pedasí 126-005**.

Aplicando las relaciones referidas, el método usado en el presente estudio se resume en los siguientes puntos:

- ✓ Se realiza la curva de frecuencia puntual para la estación escogida.

- ✓ Se evalúa la curva Intensidad - Duración - Frecuencia considerando que las relaciones entre las intensidades de lluvia registradas en pluviógrafo para diferentes duraciones menores de una hora y la intensidad horaria son iguales a las obtenidas en otras latitudes y confirmando la característica universal de dichas relaciones. El anterior en la referencia N°1 se puede observar que en los Estados Unidos se utilizan las siguientes relaciones, respecto a la altura de lluvia para una hora de duración.

Duración (min)	Relación
5	0,29
10	0,45
15	0,57
30	0,79

En la referencia mencionada, Bell ha extrapolado estas relaciones a efectos de incluir la altura de la lluvia correspondiente a dos horas de duración, estableciendo una relación de **1,25** con respecto a la altura de lluvia de una hora. De acuerdo con información registrada en las estaciones meteorológicas del **Rio Cañas 126-005, La Miel 126-012 y Pedasí 126-005.**, se estableció una relación de **1,20** con respecto de una hora de duración, la cual se escogió para ser aplicada para la Subcuenca del Rio Cañas.

Tal como se podrá observar, el primer paso es conocer la altura de lluvia durante una hora de duración; y en este sentido, de acuerdo con Bell se establece una

relación de **0.435** entre las intensidades correspondientes a **1 y 24 horas**. Este valor fue verificado, asimismo, en otros cálculos de cuencas vecinas.

Para duraciones mayores a dos horas, (referencia N°2) se presentan relaciones para **6 y 12 horas** correspondientes a períodos de retorno de **5, 10 y 25 años**, con respecto a la altura de lluvia de **24 horas** de duración. Es importante anotar que fue necesario realizar extrapolaciones, a efectos de obtener las relaciones para los otros períodos de retorno usados en el presente estudio, concretamente para **100 años**. Finalmente, estas relaciones fueron aplicadas a la curva de frecuencia de precipitaciones máximas en 24 horas, calculada para las estaciones consideradas a fin de obtener las gráficas de Intensidad - Duración - Frecuencia

A continuación, presentamos la Probabilidad de lluvia Gumbel Tipo I:

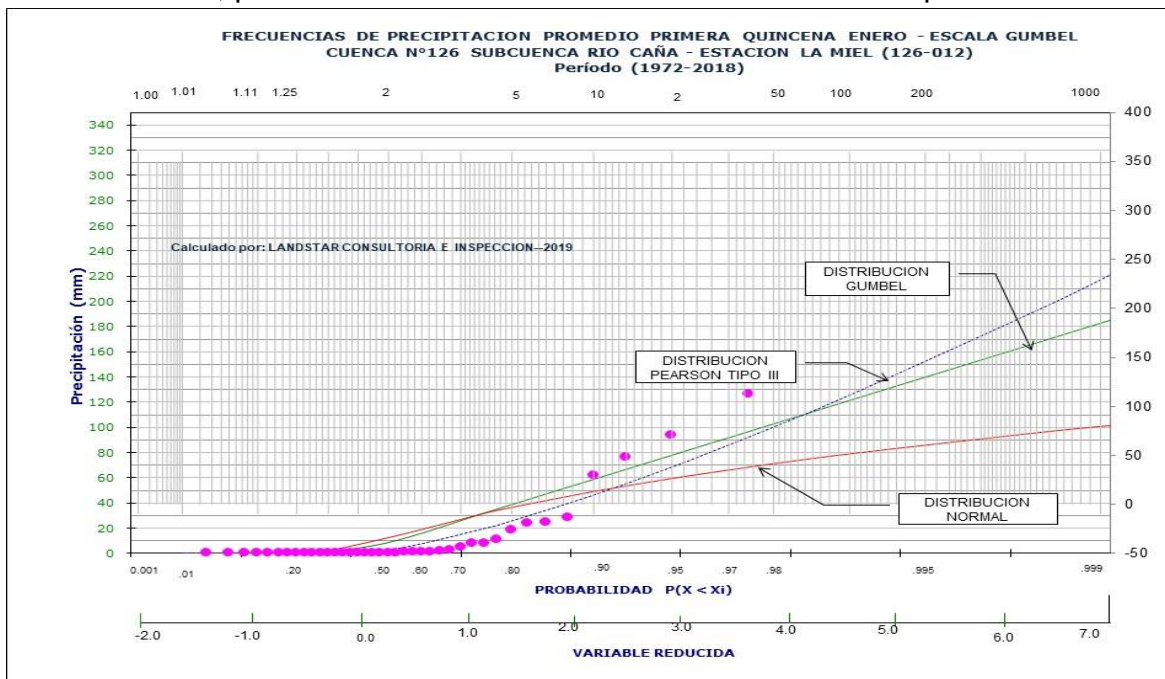


Gráfico N°9: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Enero (1-15)

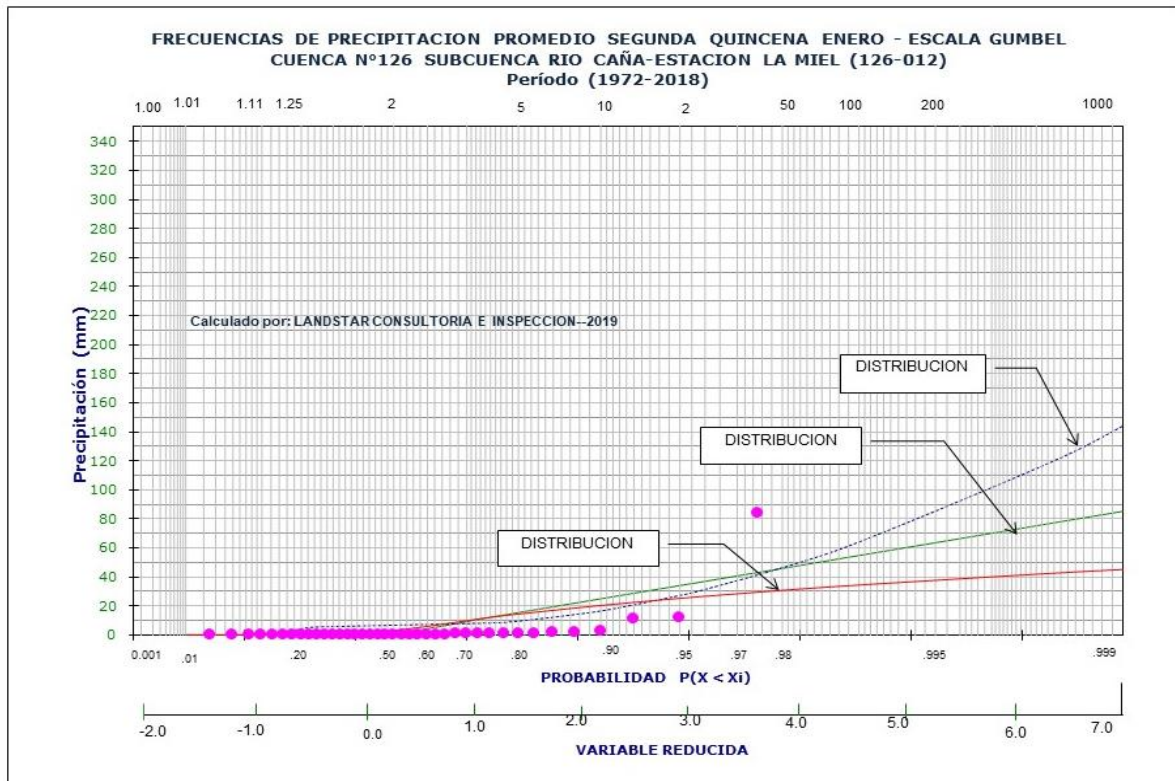


Gráfico N°10: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Enero (16-31)

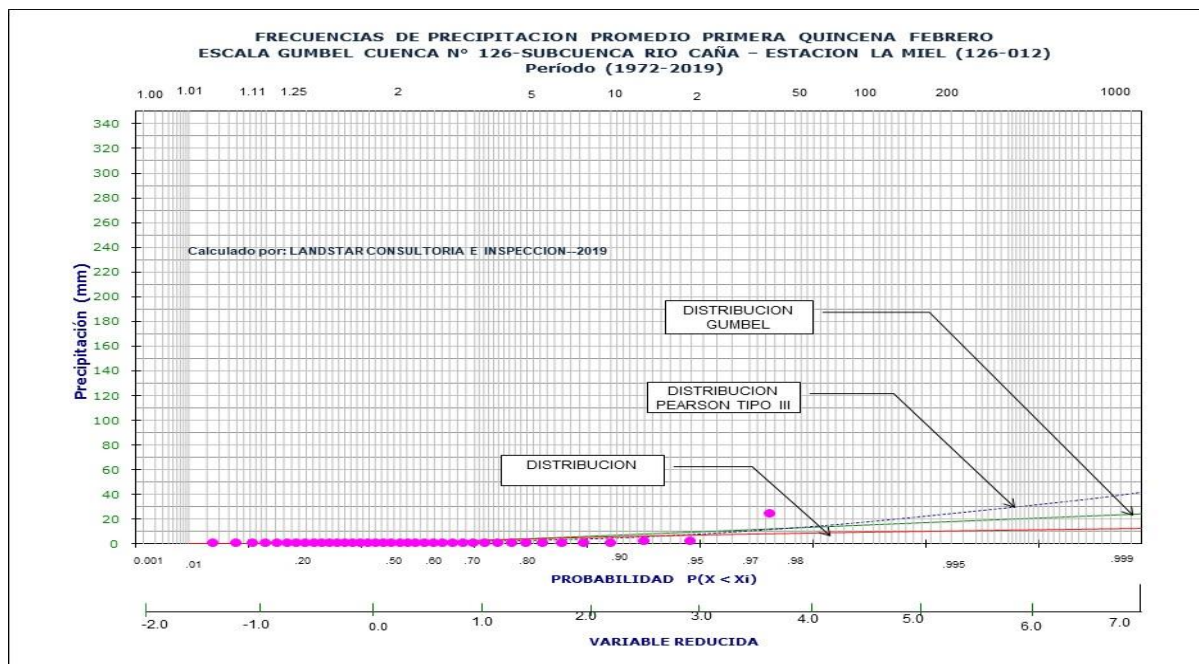


Gráfico N°11: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Febrero (1-15)

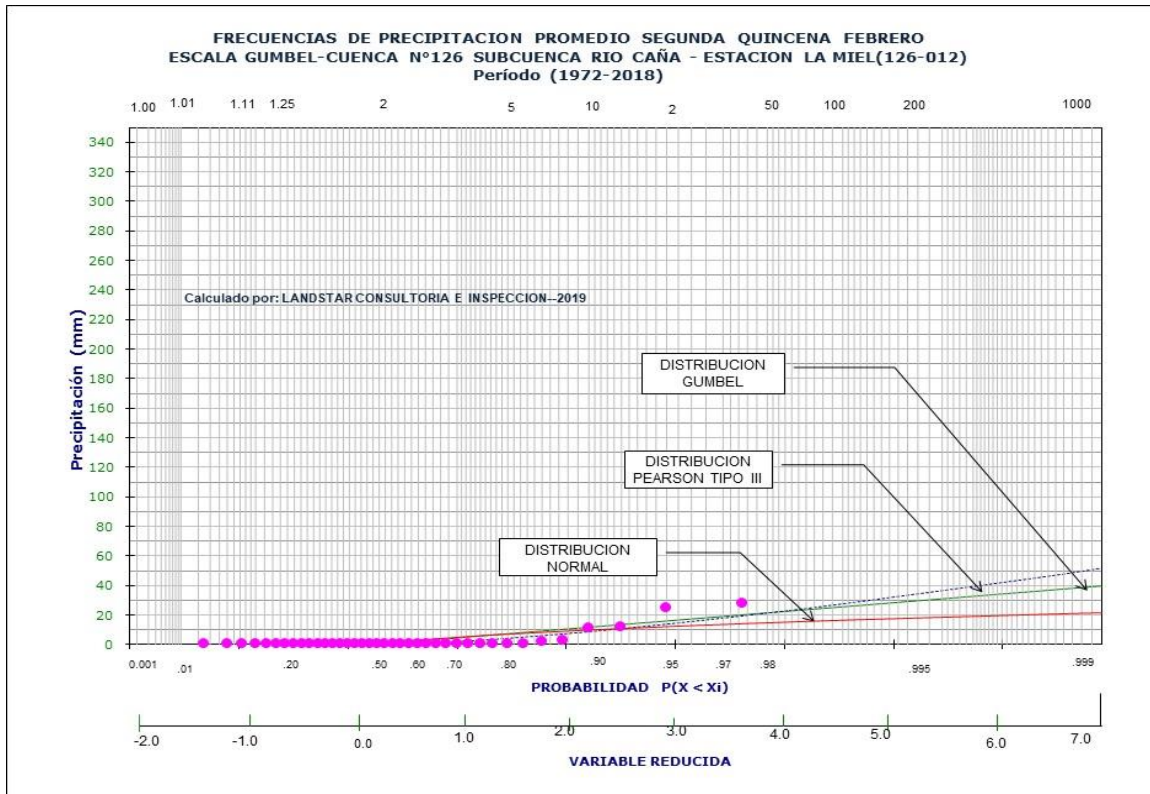


Gráfico N°12: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Febrero (16-28)

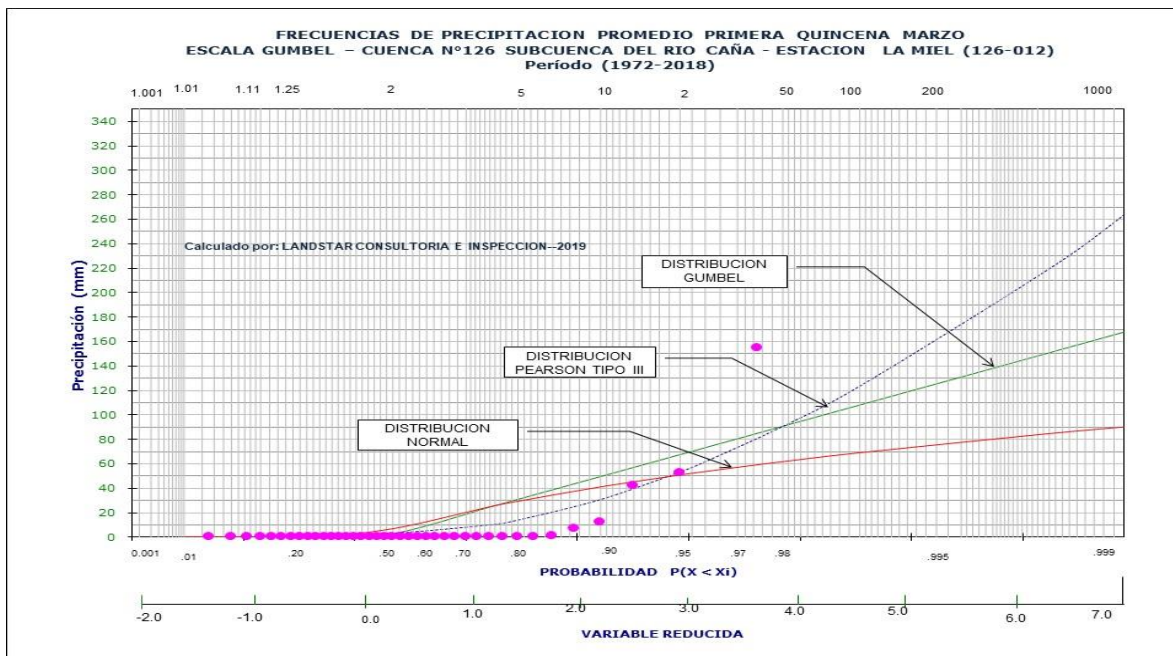


Gráfico N°13: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Marzo (1-15)

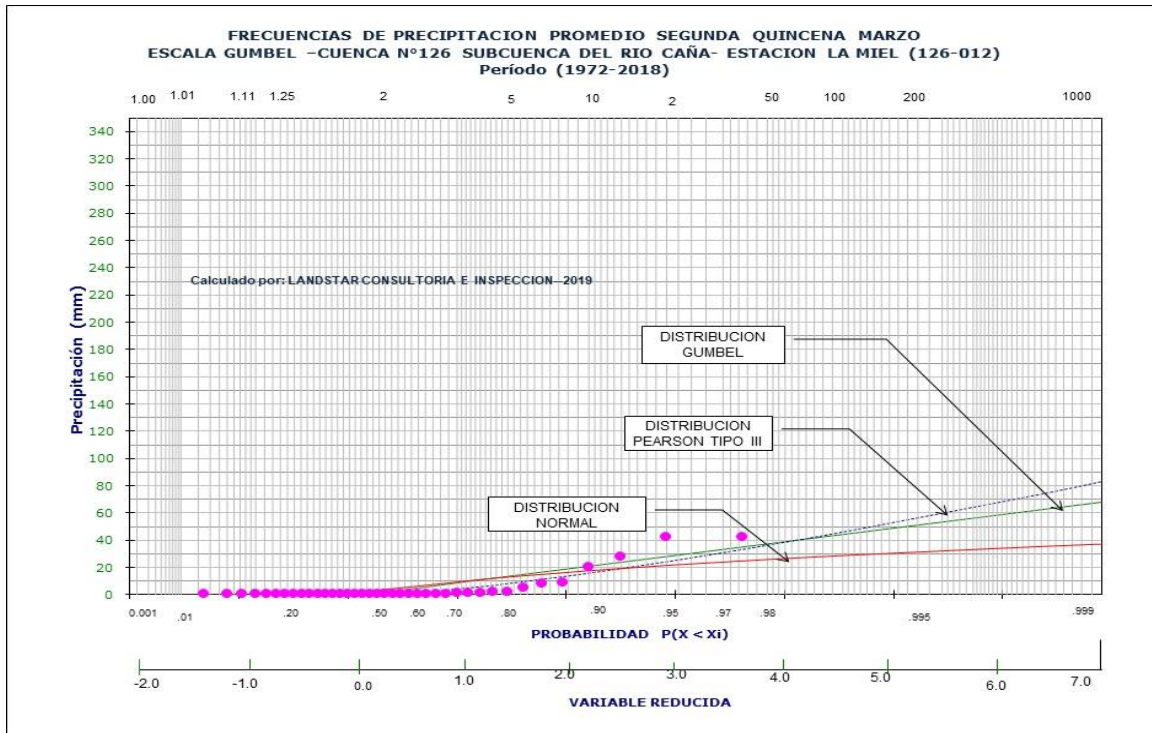


Gráfico N°14: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Marzo (16-31)

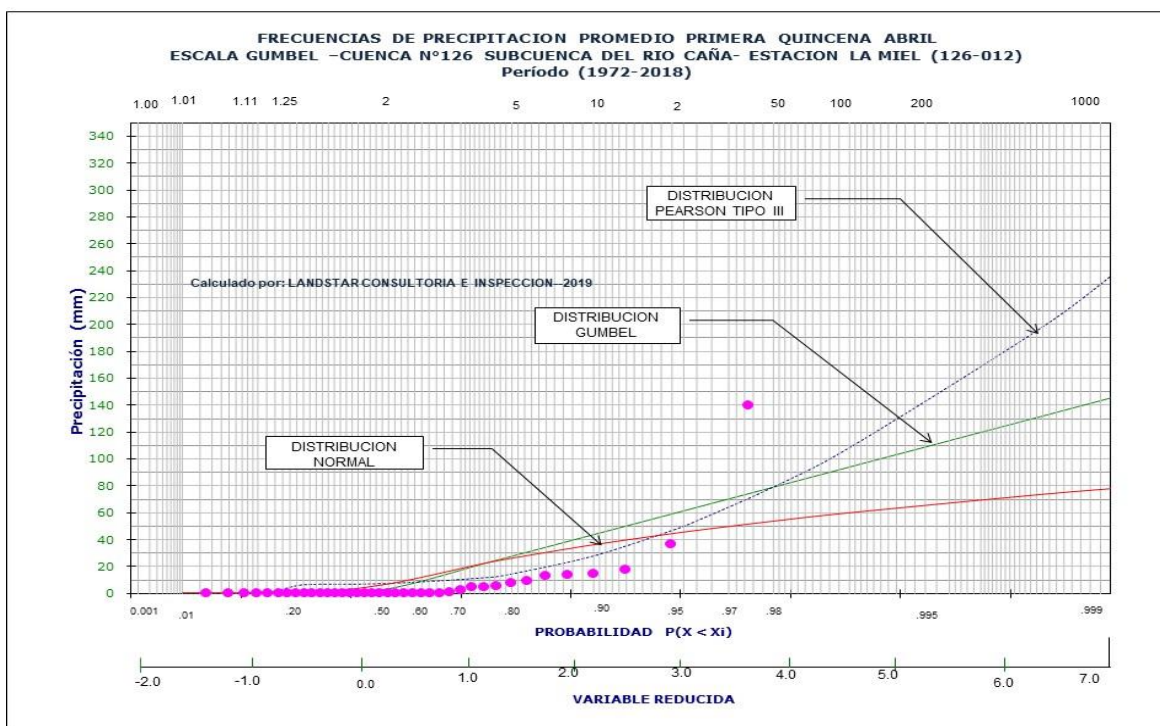


Gráfico N°15: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Abril (1-15)

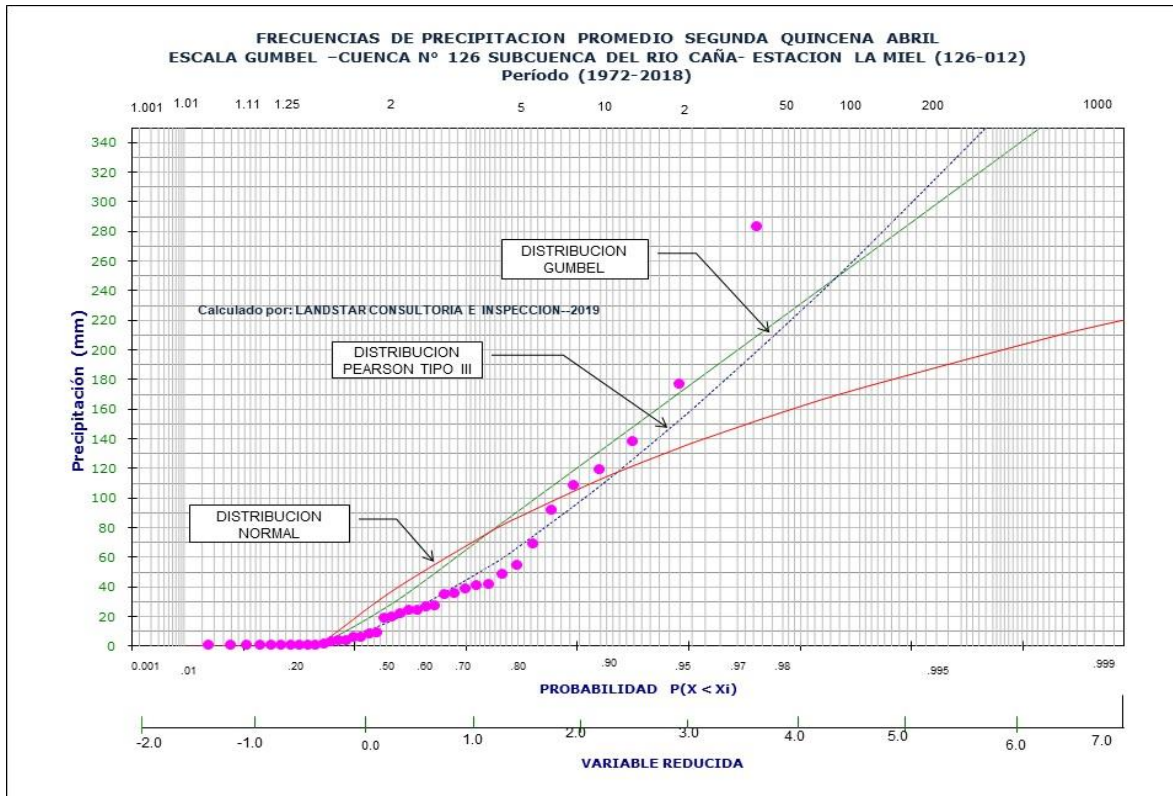


Gráfico N°16: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Abril (16-30)

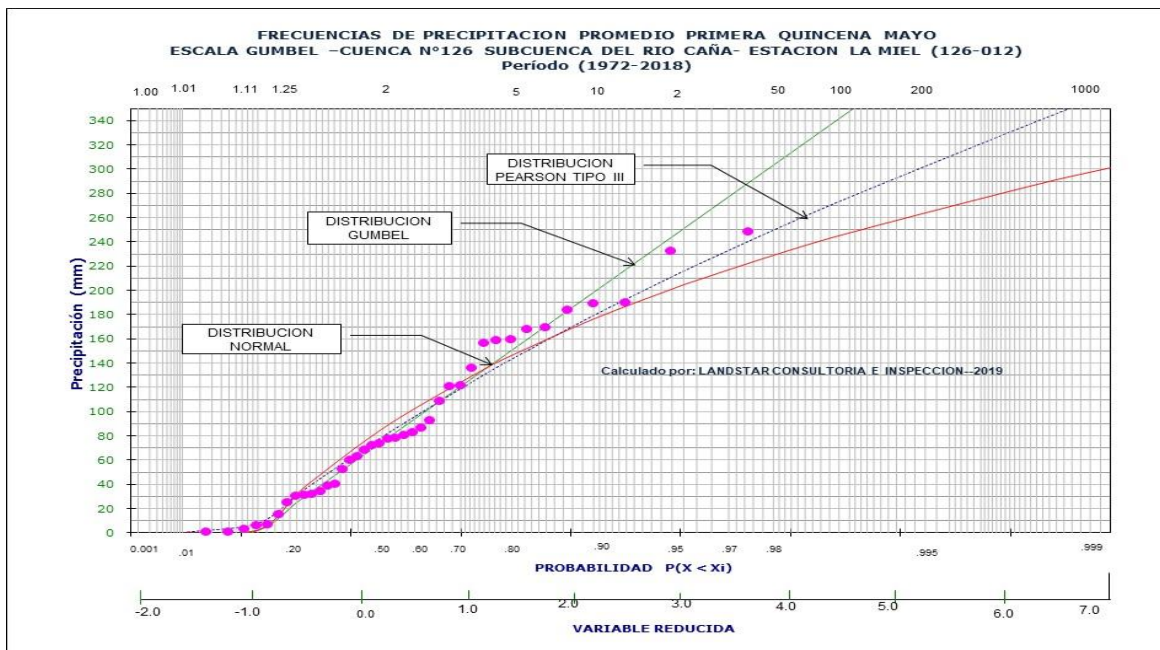


Gráfico N°17: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Mayo (1-15)

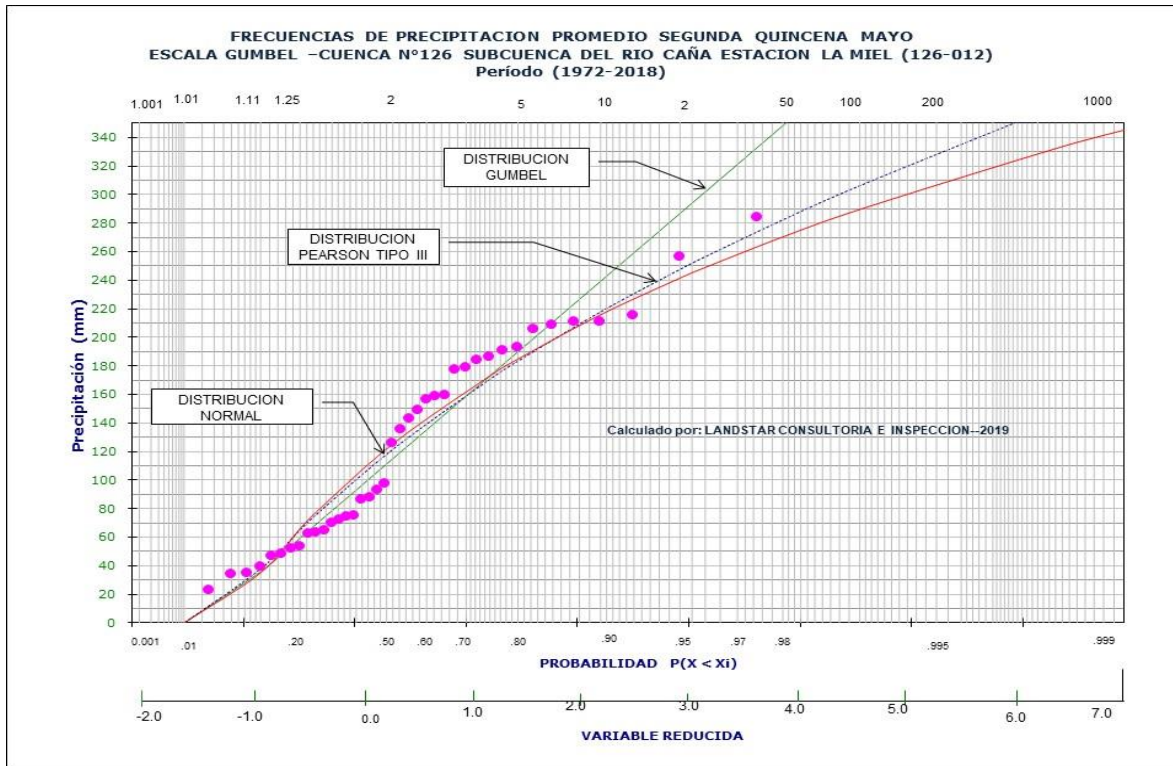


Gráfico N°18: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Mayo (16-31)

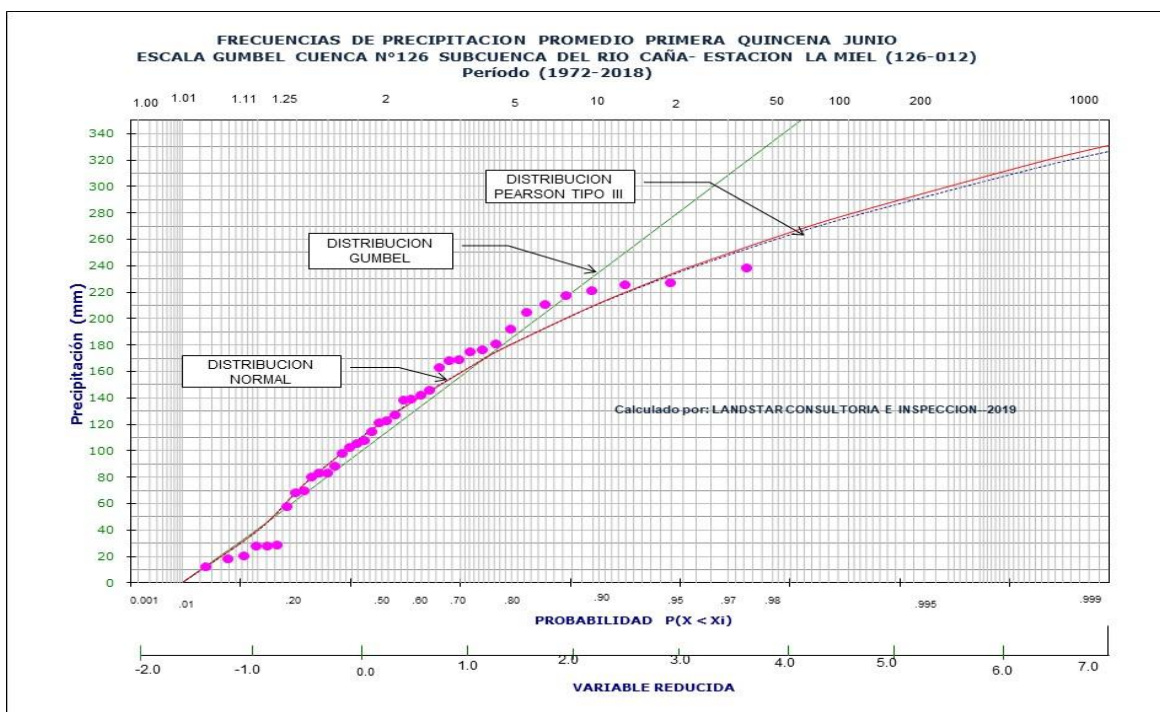


Gráfico N°19: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Junio (1-15)

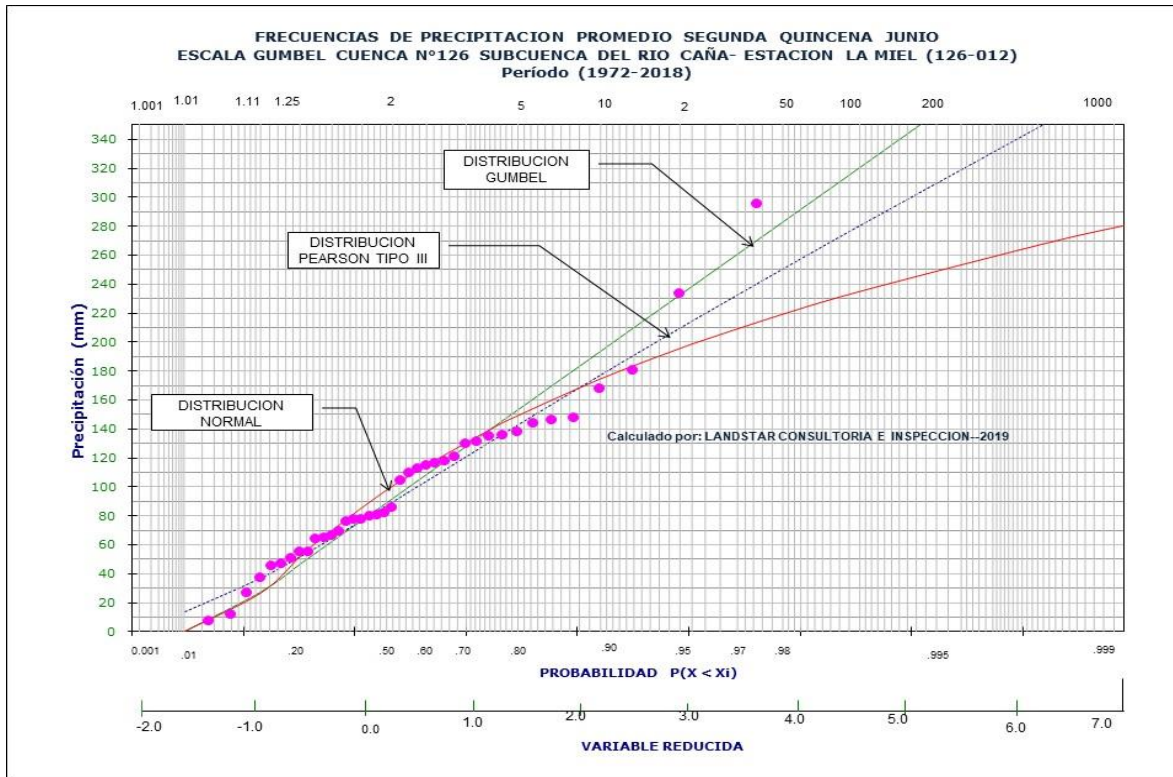


Gráfico N°20: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Junio (16-30)

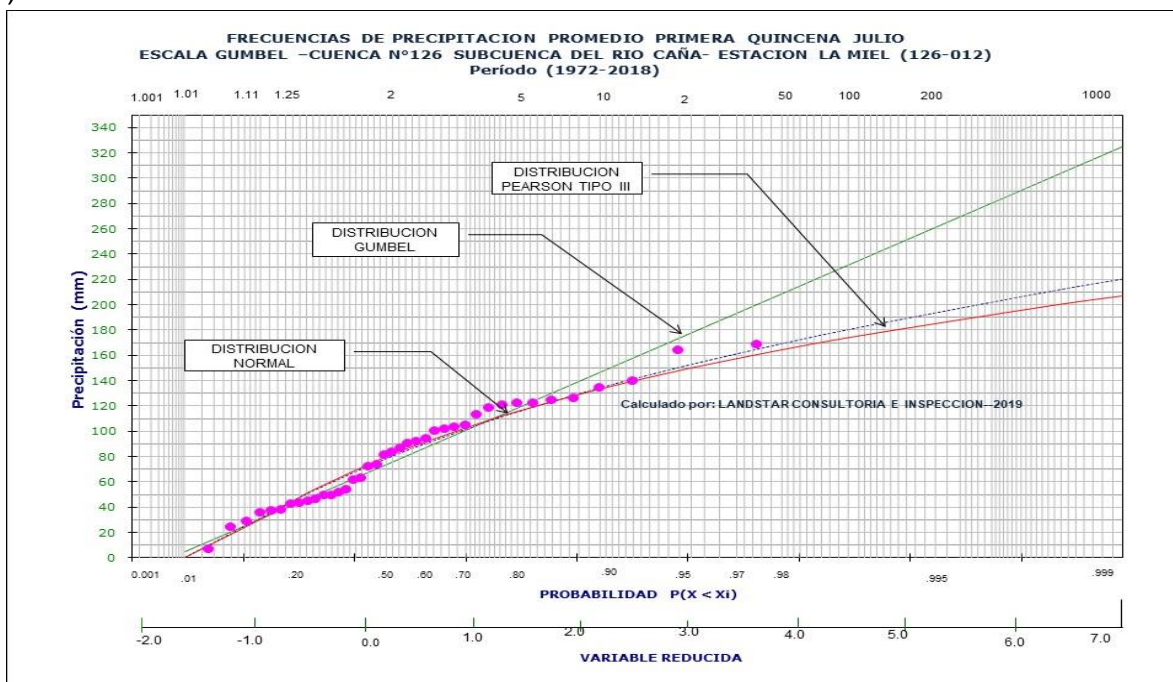


Gráfico N°21: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Julio (1-15)

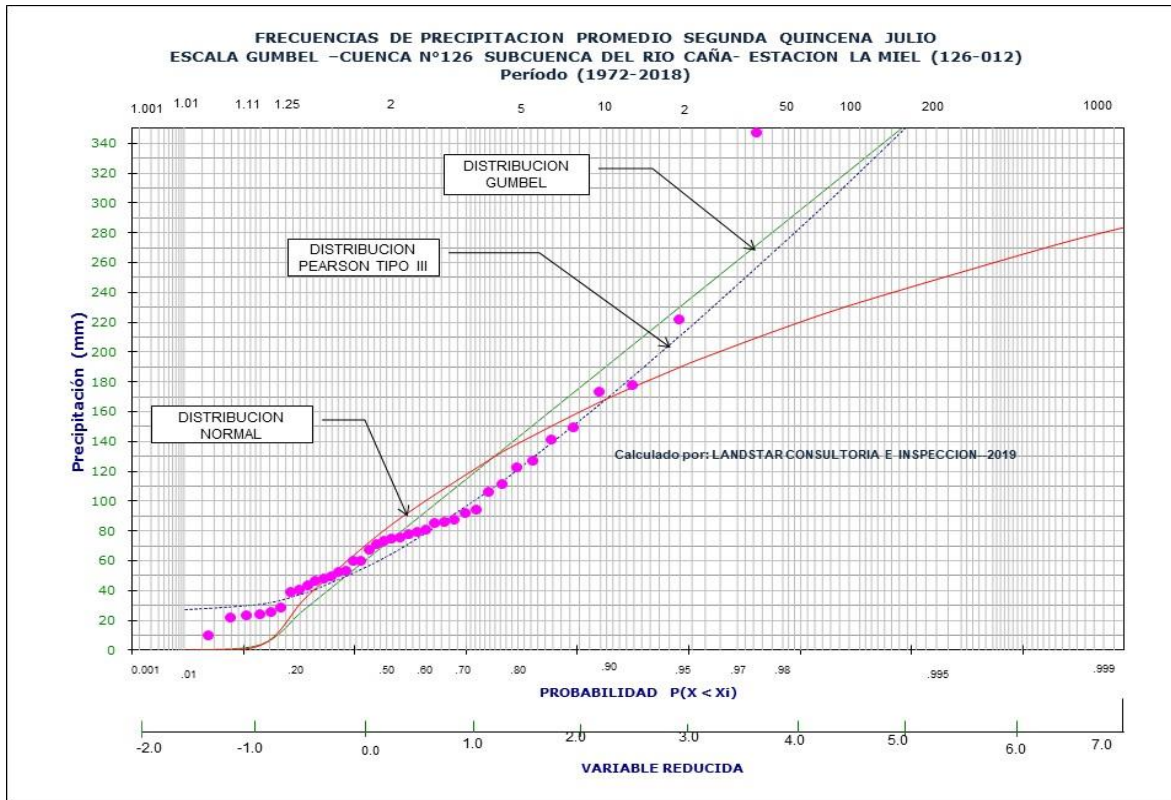


Gráfico N°22: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Julio (16-31)

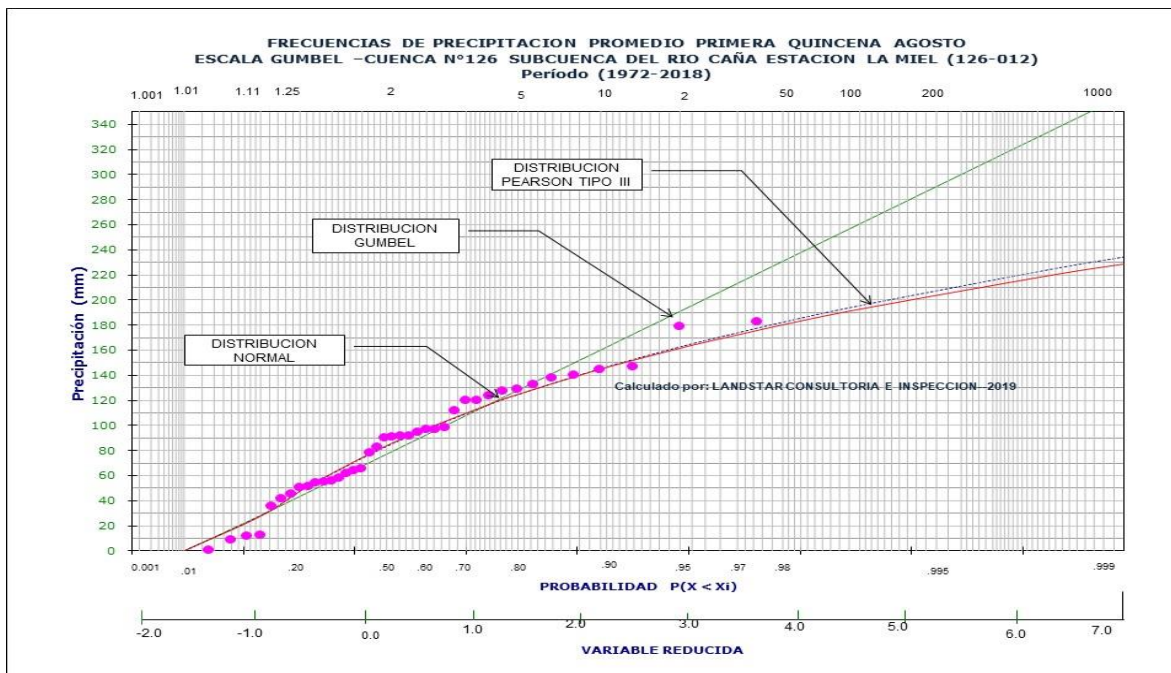


Gráfico N°23: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Agosto (1-15)

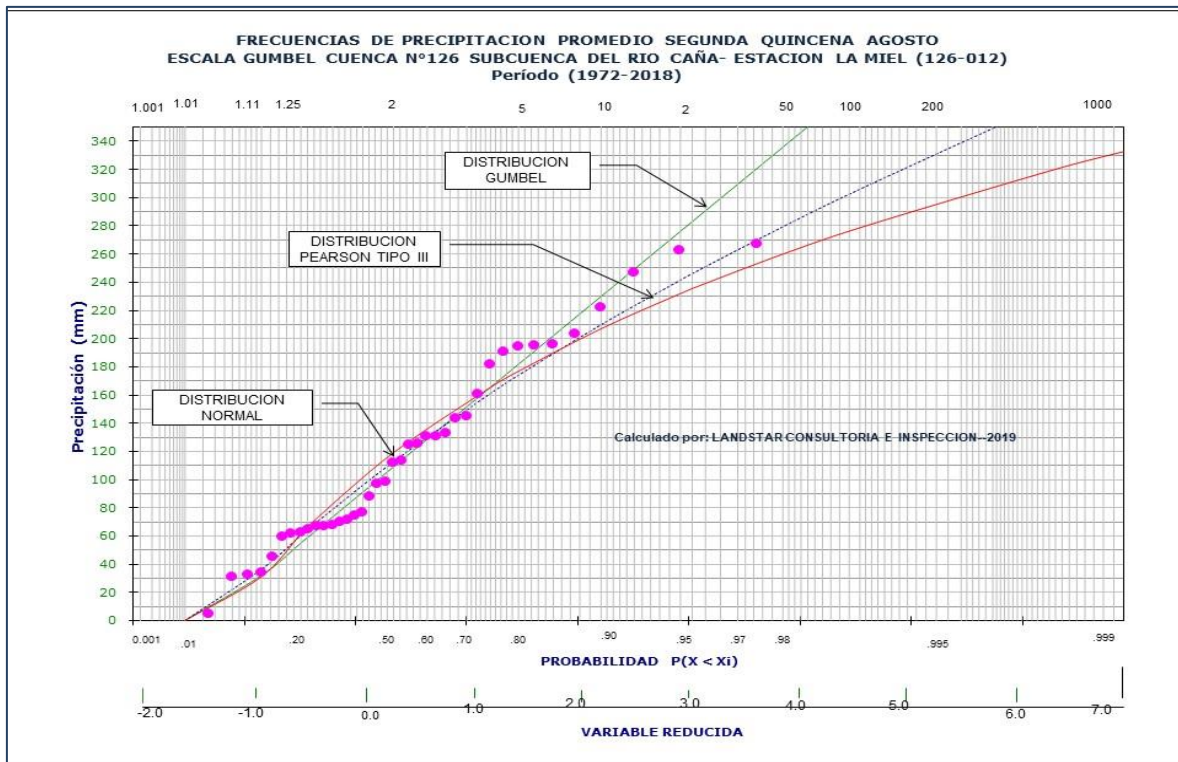


Gráfico N°24: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Agosto (16-31)

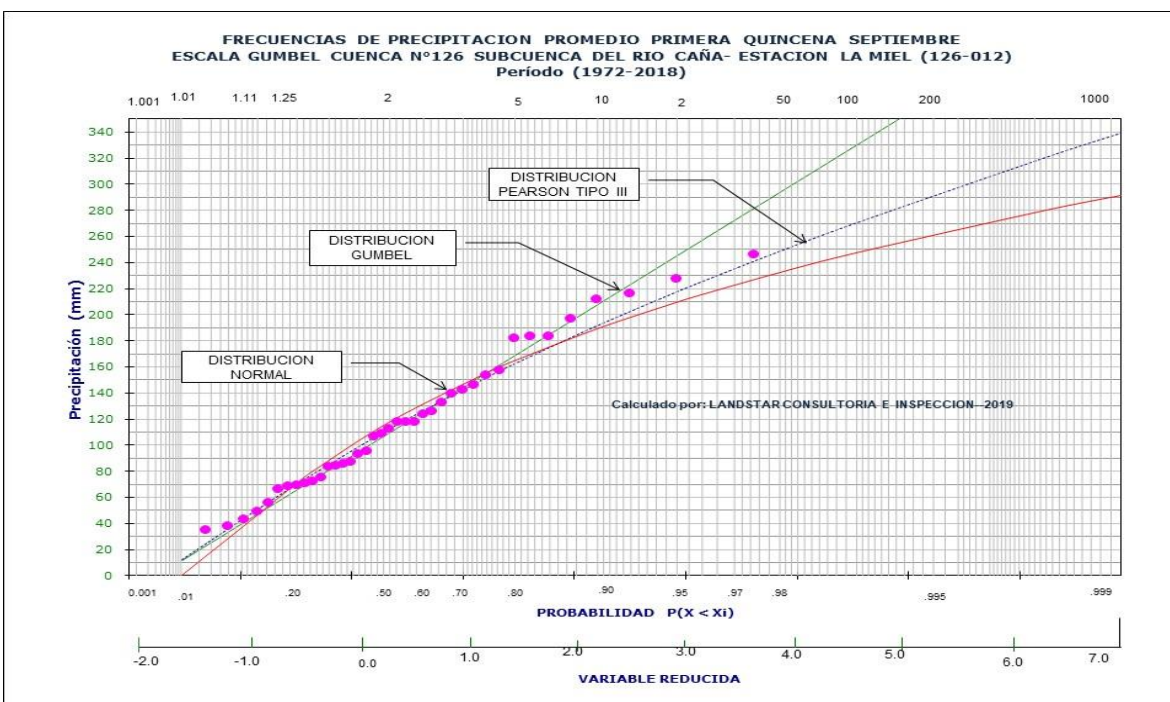


Gráfico N°25: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Septiembre (1-15)

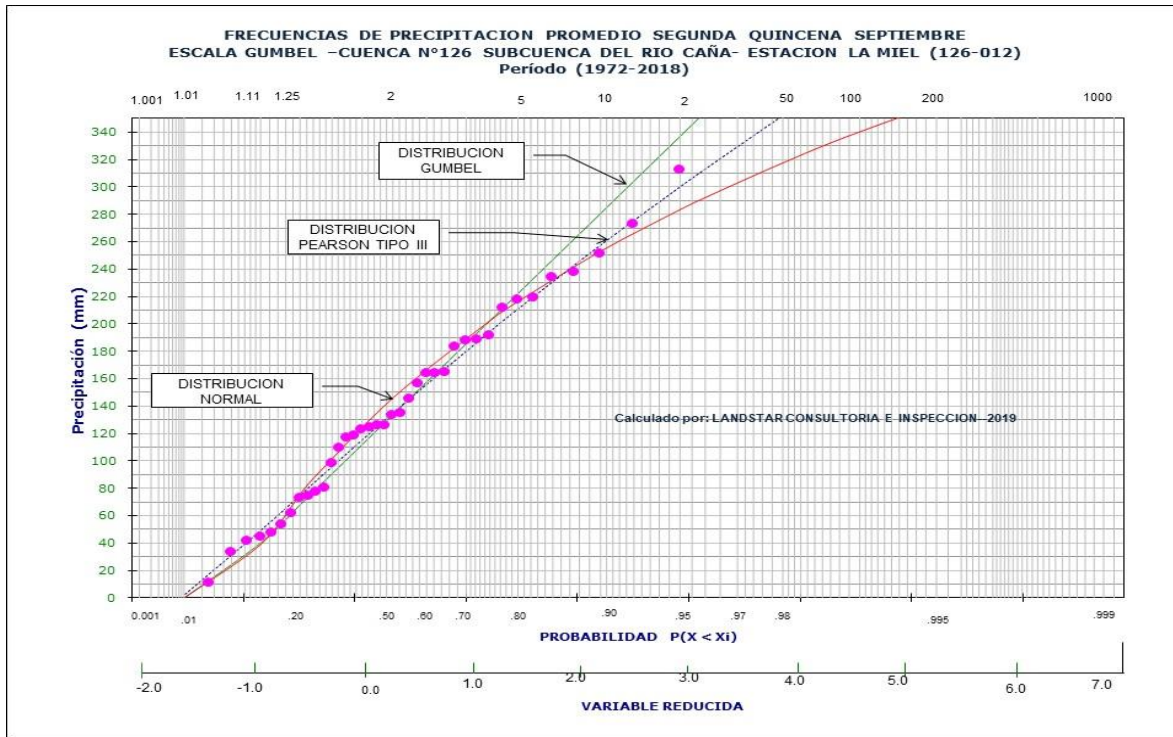


Gráfico N°26: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Septiembre (16-30)

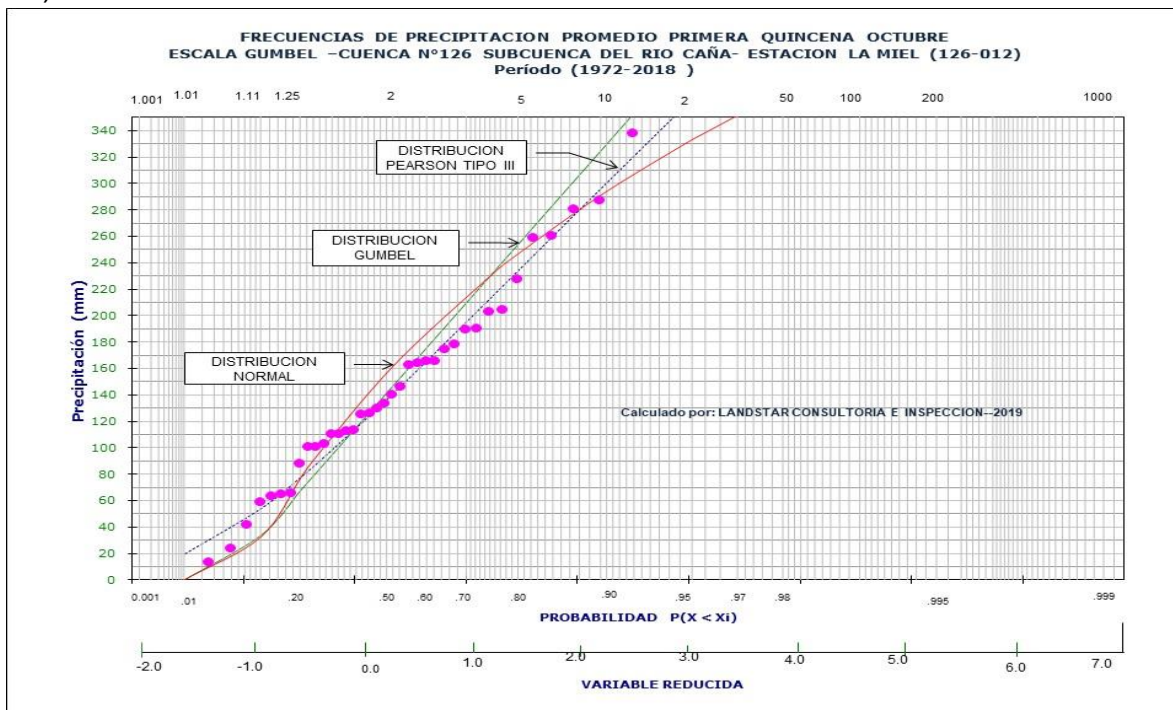


Gráfico N°27: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Octubre (1-15)

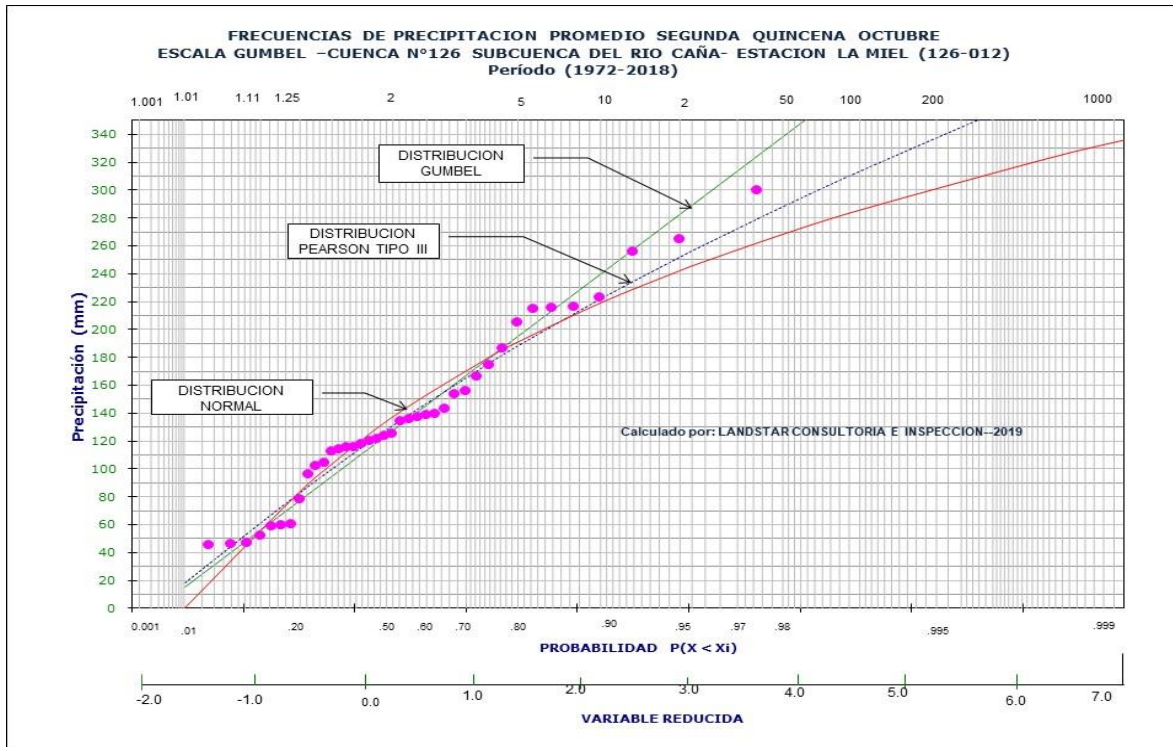


Gráfico N°28: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Octubre (16-31)

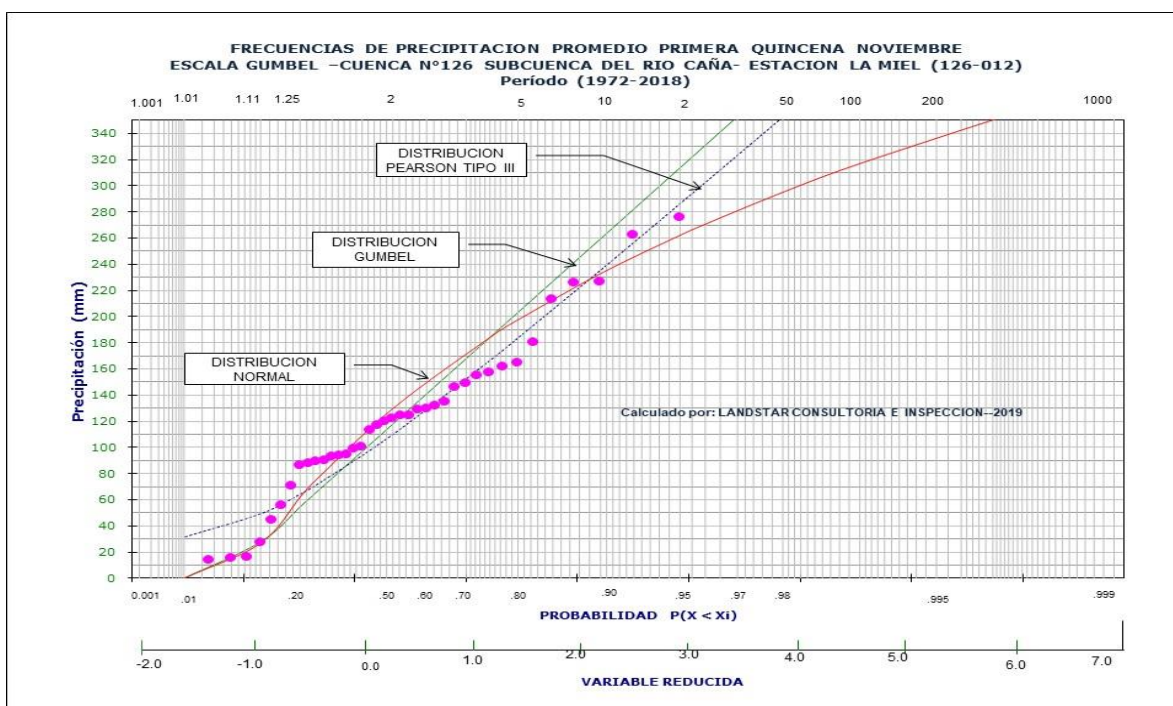


Gráfico N°29: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Noviembre (1-15)

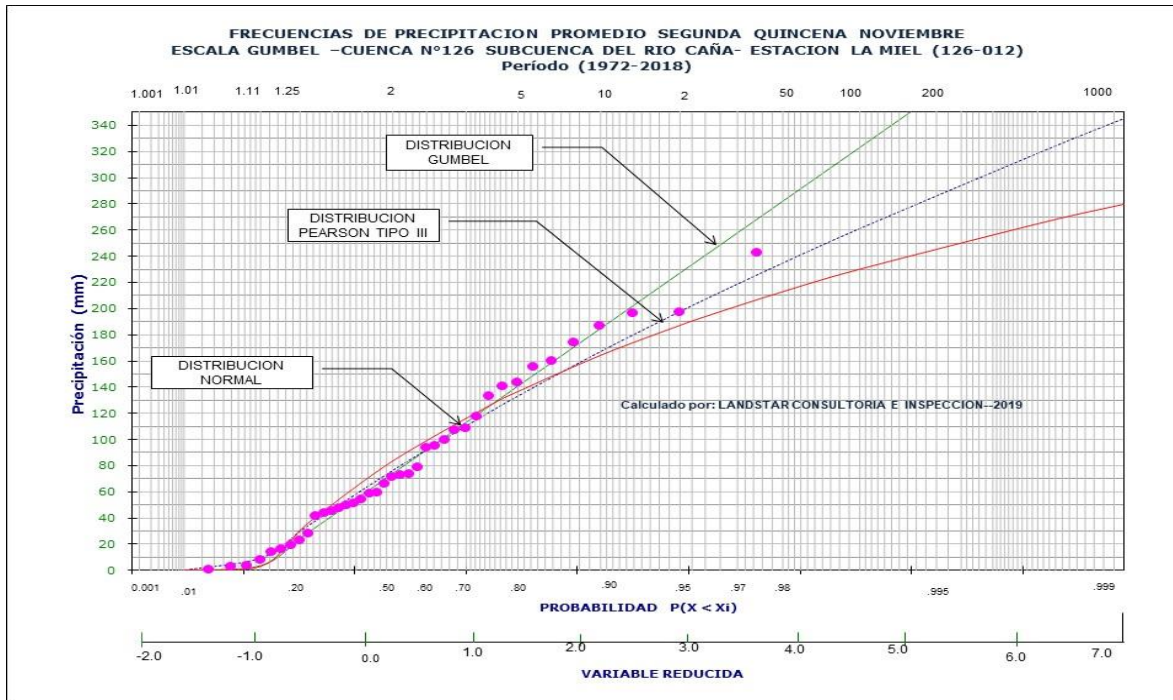


Gráfico N°30: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Noviembre (16-30)

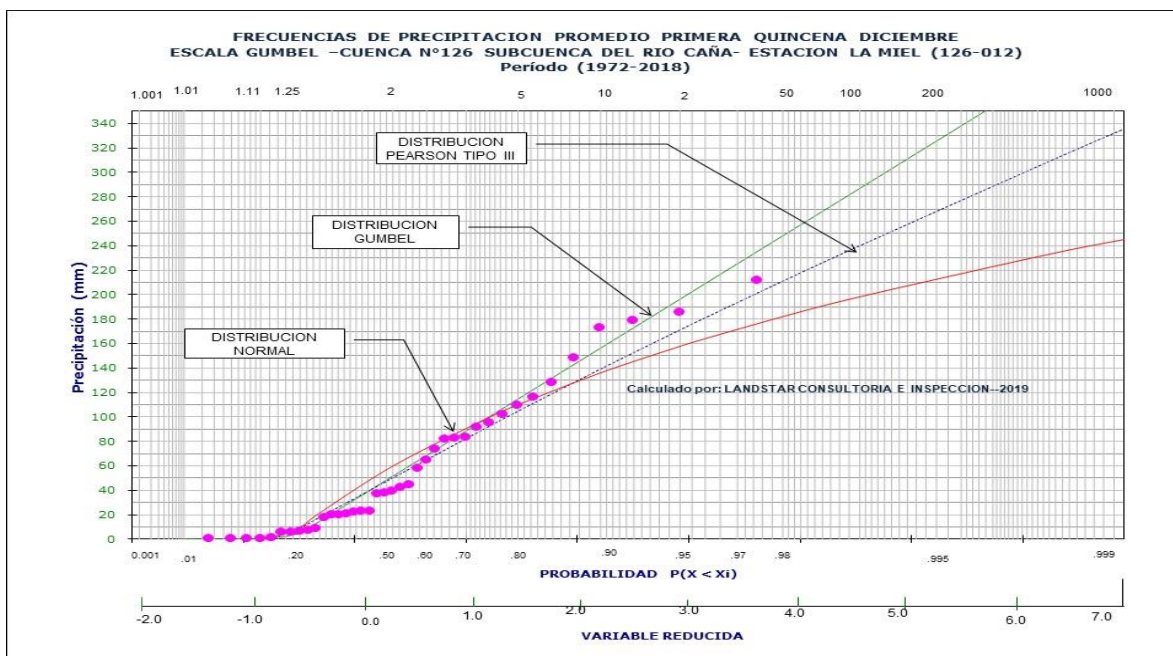


Gráfico N°31: Frecuencia de Precipitación Primera Quincena de Diciembre (1-15)

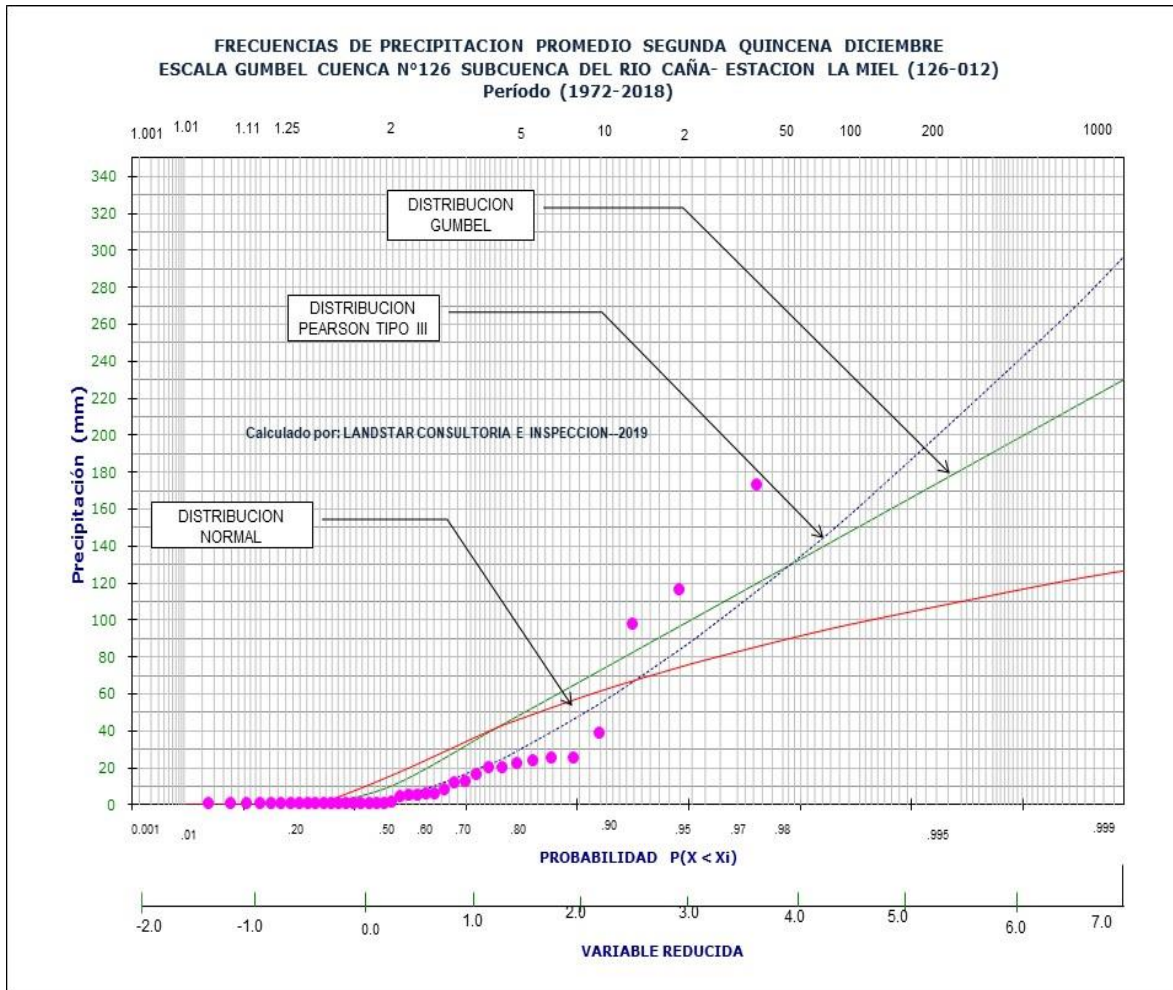


Gráfico N°32: Frecuencia de Precipitación Segunda Quincena de Diciembre (16-31)

4.0 Caudales

Para el análisis de los caudales del río Cañas hasta el sitio colindante del río cañas con el proyecto Venao West Primera Fase , se utilizó la **Estación 124-01-03** con un área de Drenaje de **671 Kilómetros Cuadrados**, ubicada en la cuenca vecina cercana al sitio de análisis, la cual se localizada sobre el río Tonosi, y la misma cuenta con datos desde 1999 - 2018. A continuación, presentamos la información y ubicación de la estación utilizada en este estudio para el traslado de los caudales.

Histórico de Caudales

Estación: RIO TONOSI (124-01-03)

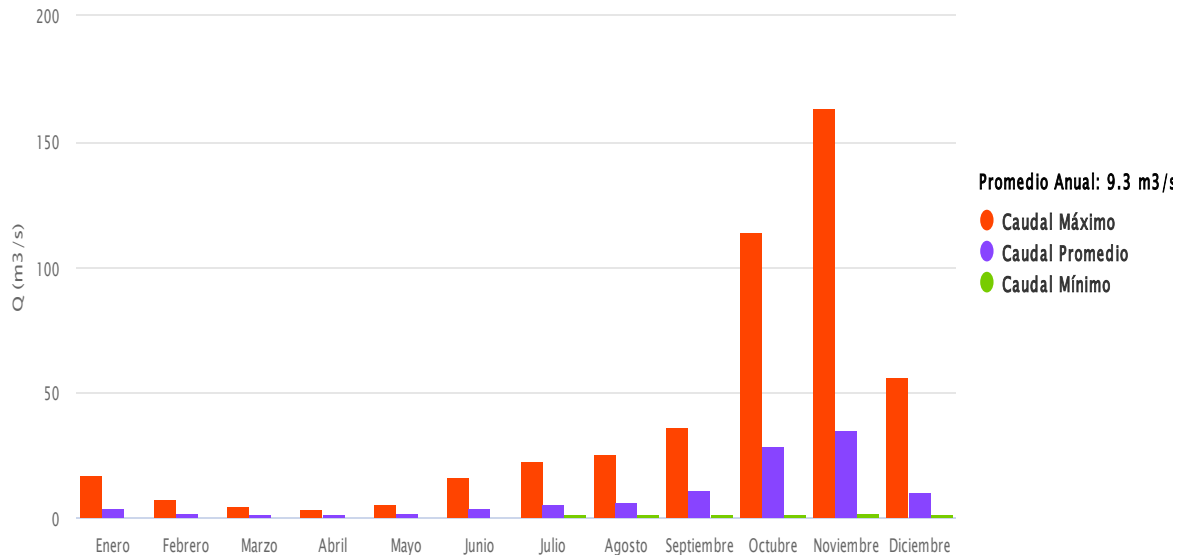


Gráfico N°33: Caudales en (m³/s) de la estación utilizada para el traslado de caudales 124-01-03 ubicada en el puente del rio Tonosi (1999-2018)

ESTACION 124-01-03	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Q Max	17.40	7.80	4.60	3.30	5.50	16.40	23.00	25.10	36.70	114.40	163.40	56.70	163.40
Q Promedio	4.00	2.00	1.30	1.10	1.80	4.20	5.70	6.40	10.70	28.60	35.30	10.40	9.29
Q Minimo	0.60	0.60	0.50	0.50	0.60	0.80	1.10	1.20	1.50	1.60	1.80	1.10	0.50

Cuadro N°11: Caudales en (m³/s) de la estación utilizada para el traslado de caudales 124-01-03 ubicada en el Rio Tonosi (1999-2018)

4.1 Metodología para el Cálculo de Caudales (Máximos, Mínimos y Promedios)

El Método de transposición de caudales consiste en estimar el caudal desconocido de una cuenca (Subcuenca o Microcuenca) a partir del caudal conocido de otra, suponiendo que las condiciones hidrológicas de ambas son semejantes a gran escala, por lo que su producción hídrica sería proporcionalmente la misma teniendo en cuenta los parámetros mencionados. Por eso se implementa un factor para el caudal que es la relación entre los parámetros utilizados así:

Transposición por áreas

Caudal transpuesto= $\frac{\text{Área de cuenca a transponer}}{\text{Área de cuenca de referencia}} \times \text{Caudal de referencia}$

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

529

(Área de cuenca conocida) * Caudal conocido

Transposición por áreas y precipitación:

$$\text{Caudal Transpuesto} = \frac{\text{Área de la cuenca a Transponer}}{\text{Área de la cuenca Conocida}} * \text{Caudal Conocido}$$

Transposición por áreas, precipitación y evapotranspiración:

Caudal transpuesto

$$= \frac{\text{Área} * (\text{Pptn.} - \text{Evap.}) \text{ de cuenca a transponer}}{\text{Área} * (\text{Pptn.} - \text{Evap.}) \text{ de cuenca conocida}} * \text{Caudal conocido}$$

Para el Sitio de Colindante del rio cañas Con el proyecto Venao West Primera Fase , el área de drenaje es de **44.85 Km²** .

$$QF = \frac{44.85 * (1721.6 - 1322.20)}{671 * (1786.9 - 1322.20)} = \frac{(44.85) * (399.40)}{(671) * (464.70)} = \frac{17,913.09}{311,813.7}$$

QF= 0.0574

Caudales del rio Cañas hasta el Sitio del Proyecto

SITIO DEL PROYECTO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Q Max	1.00	0.45	0.26	0.19	0.32	0.94	1.32	1.44	2.11	6.57	9.38	3.25	9.38
Q Promedio	0.23	0.11	0.07	0.06	0.10	0.24	0.33	0.37	0.61	1.64	2.03	0.60	0.53
Q Mínimo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.10	0.06	0.03

Cuadro N°12: Caudales Máximos Promedios y Mínimo hasta el sitio colindante del rio cañas con el proyecto.

4.2 Análisis de Caudales instantáneo en el sitio Colindante del Rio cañas con el Proyecto Venao West Primera Fase.

4.2.1 Curva de Duración de Caudales

Una manera de presentación de la respuesta hidrológica de la cuenca es mediante la curva de duración de caudales. En dicha curva se dibuja en el eje vertical el valor de un caudal y en el eje horizontal el tiempo de permanencia dicho caudal.

De acuerdo con la estimación de los caudales para lograr un diseño optimo de permanencia de almenos el **80%** de permanencia (porcentaje de las veces en las que el valor del caudal es igualado o excedido) es de **0.53 m³/s** o **530 litros por Segundo**.

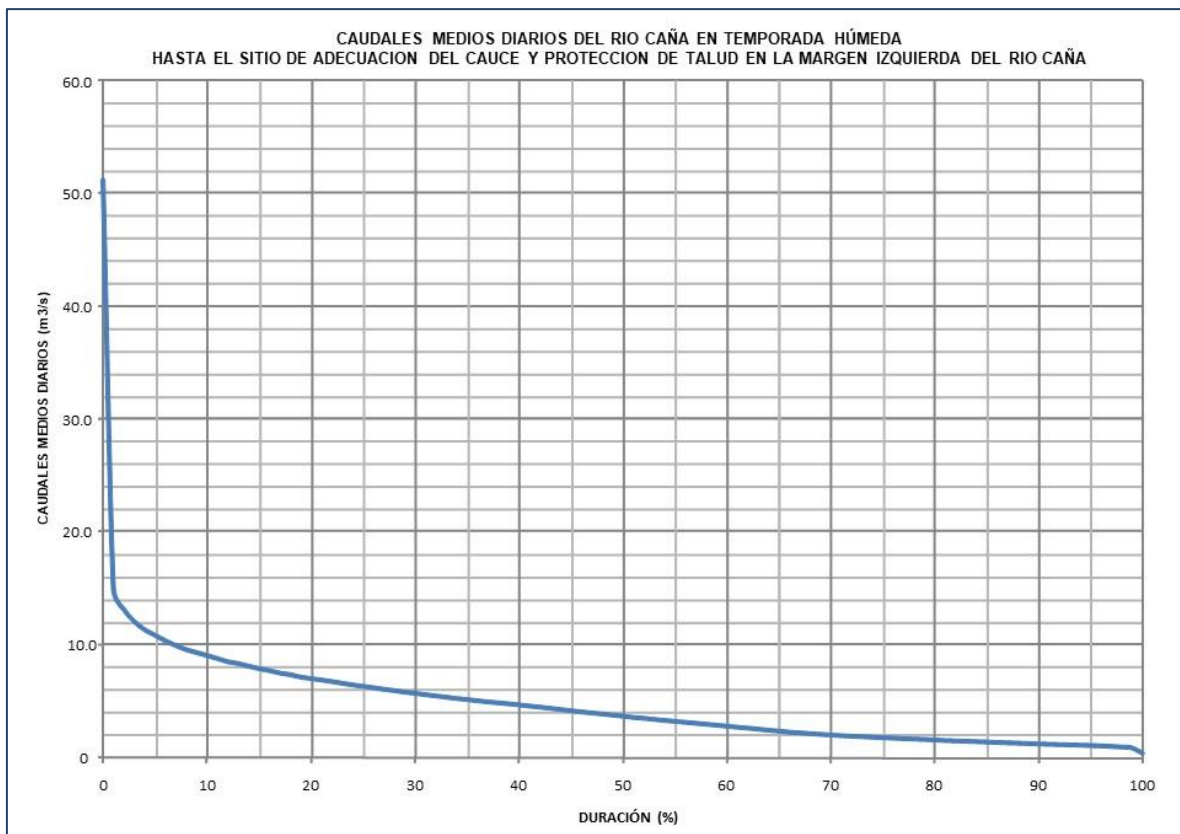


Gráfico N°34: Curva de Duracion de Cudales instantáneo en el sitio del rio cañas colindantes con el proyecto Venao West Primera fase.

4.2.2 Caudales Promedios y Máximos

Los caudales máximos en el sitio colindante del rio cañas con el proyecto Venao West Primera Fase, se calcularon por el método de crecidas máximas. Sin embargo, se analizó la data histórica de la estación 124-01-03, en donde ha registrado caudales máximos instantáneos, los cuales han socavado severamente la margen izquierda del área donde se realizó este análisis.

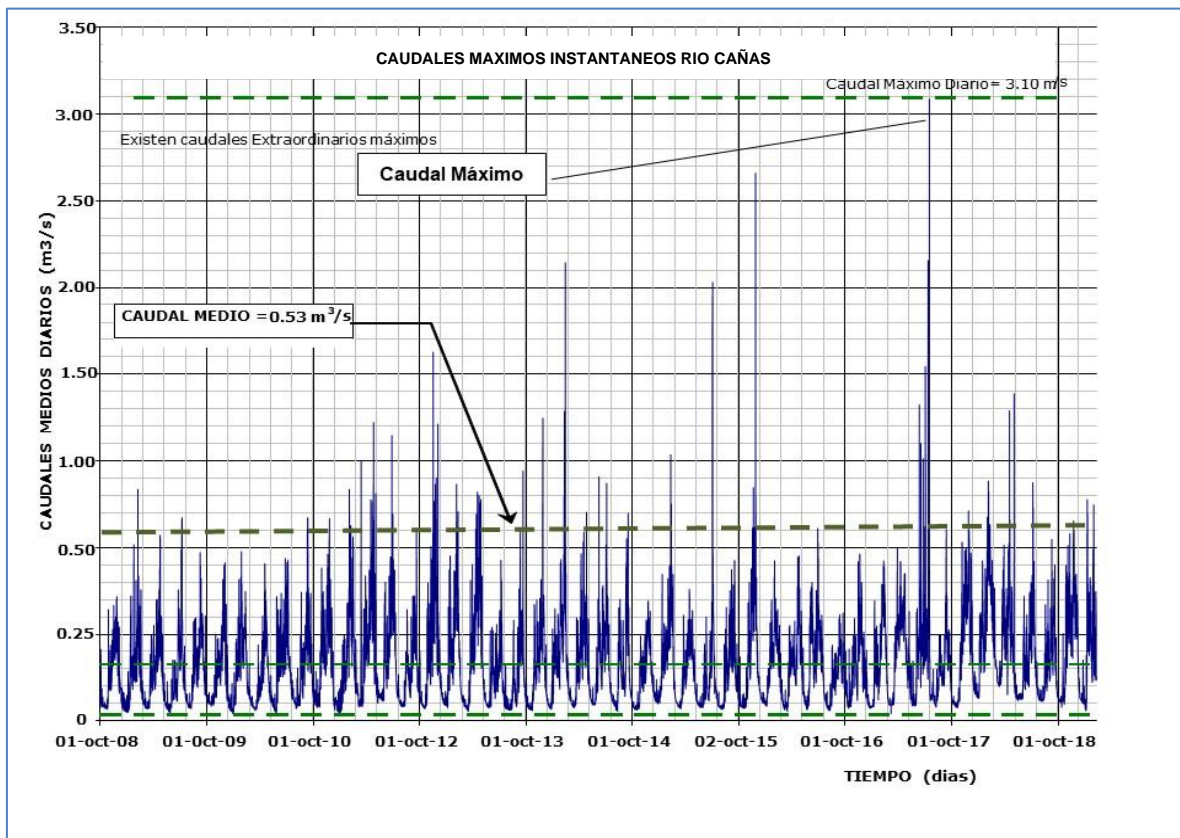


Gráfico N°35: Analisis de los Caudales Maximos y Promedio en el sitio donde se ha realizado este analisis

4.2.3 Caudales Mínimos

El fundamento de los caudales mínimos en esta área del país demuestra que ante el eminente cambio climático el rio cañas baja su caudal



Foto N°4: Sección del rio cañas, caudal Promedio en el área donde se realizó este estudio. (Junio 2019)



Foto N°5: Otra Sección del rio cañas, con caudal Promedio multianual

4.2.4 Análisis de Crecidas Máximas

Uno de los métodos aplicados para determinar los caudales máximos para diferentes periodos de recurrencia fue el **“Análisis de Crecidas Máximas”**, estudio que realizo ETESA por medio de análisis estadístico del registro de datos de caudales de la red de estaciones hidrometeorológicas, el primer estudio se hizo en 1986 por medio del IRHE pero fue hasta el año 2007 cuando el mismo fue actualizado utilizando un amplio registro de datos de más de **50 años**, el cual presenta el cálculo del caudal teniendo como variables el área de drenaje de la cuenca de estudio hasta el sitio de interés y una constante que varía dependiendo de la región en la que se ubique en el país.

La fórmula aplicada es la siguiente:

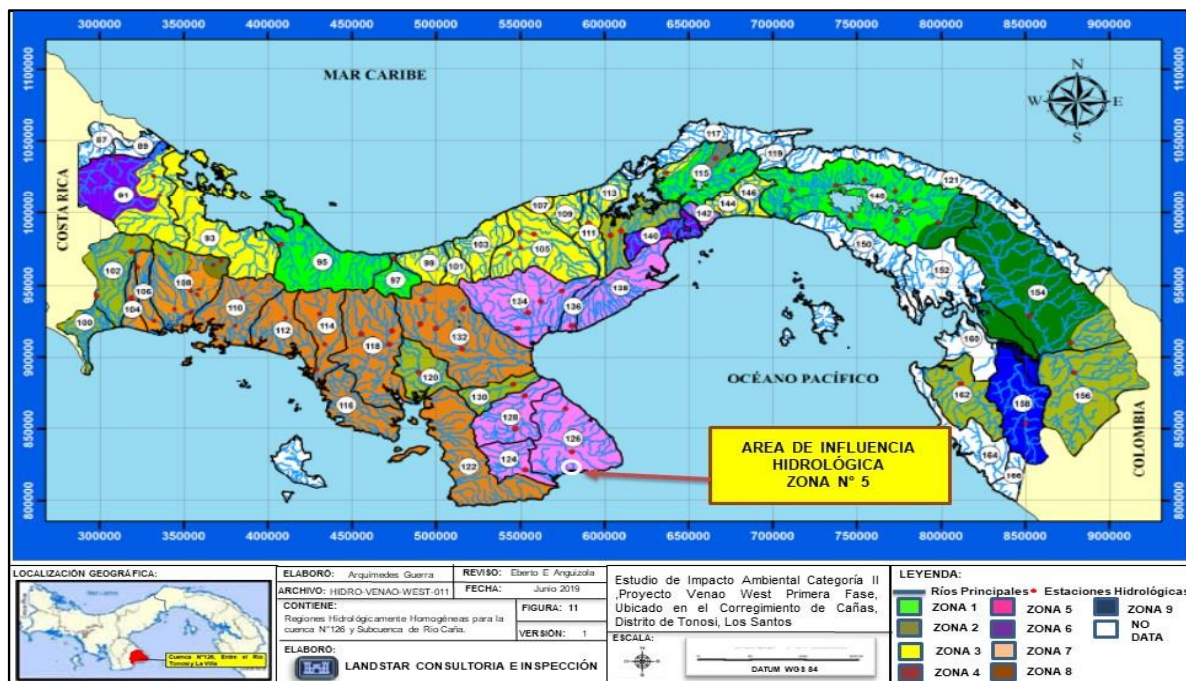
$$Q_{prom} = KA^{0.59}$$

Donde,

Q prom = Caudal promedio en m³/s

K = Constante que depende de la región hidrológica

A = Área de Drenaje de la cuenca en Km²



Mapa N°11: Regiones Hidrológicamente Homogéneas, Cuenca N°126, Subcuenca del Río Cañas.

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{\text{máx}} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{\text{máx}} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Cuadro N°13: Zonas, Ecuaciones y Tabla de Distribución de Frecuencia.ETESA-2019

Según el **Mapa N°10**, de Regiones Hidrológicamente Homogéneas, la **Cuenca N° 126**, Subcuenca del Rio Caña, se ubican dentro de la **Zona N°5**, por lo cual le corresponde la **Ecuación N° 3** como se muestra en el **Cuadro N°14**, cuya ecuación se establece en el **Cuadro N° 15** como **Q máx. = 14 A^{0.59}**

Zona	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	1
2	1	3
3	2	1
4	2	4
5	3	1
6	3	2
7	4	3
8	5	3
9	2	3

Cuadro N°14: Factores de Distribución de Frecuencia para Diferentes Periodos de Retorno. **ETESA-2019**

Análisis Regional de Crecidas Máximas.	Formulas a Utilizar
Ecuación N° 1	$Q \text{ máx.} = 34A^{0.59}$
Ecuación N° 2	$Q \text{ máx.} = 25A^{0.59}$
Ecuación N° 3	$Q \text{ máx.} = 14A^{0.59}$
Ecuación N° 4	$Q \text{ máx.} = 9A^{0.59}$
Ecuación N° 5	$Q \text{ máx.} = 4.5A^{0.59}$

Cuadro N°15: Ecuaciones de Cálculo de Caudales Máximos dependiendo de la zona de regiones hidrológicamente homogéneas. **ETESA-2019**

Para obtener el caudal para los diferentes periodos de retorno que parecen en el **Cuadro N° 16**, se deben aplicar los factores de distribución correspondiente. A continuación, se presenta la ecuación que se aplica para este cálculo:

Índices $Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}$ para distintos T_r .				
T_r	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
1.005	0.27	0.29	0.30	0.34
1.05	0.42	0.44	0.45	0.49
1.25	0.61	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.38	1.35	1.32	1.30
10	1.70	1.64	1.60	1.55
20	2.03	1.94	1.88	1.78
50	2.47	2.32	2.24	2.10
100	2.81	2.64	2.53	2.33
1000	4.07	3.71	3.53	3.14
10000	5.48	4.90	4.60	4.00

Cuadro N°16: Factores de Distribución para los Diferentes Periodos de Retorno Dependiendo de la Región Hidrometeorológicas. **ETESA-2019**

Periodo de retorno	Factor	Área de drenaje (Km ²)	Caudal máximo (m ³ /s)
1.005	0.27	44.85	35.65
1.05	0.42	44.85	55.45
1.25	0.61	44.85	80.54
2	0.92	44.85	121.47
5	1.38	44.85	182.20
10	1.70	44.85	224.45
20	2.03	44.85	268.02
50	2.47	44.85	326.11
100	2.81	44.85	371.00

Cuadro N°17: Caudales Máximos de Sitio Colindante del Río Cañas con el Proyecto Venao West Primera Fase

4.2.5 Análisis de Crecida Máximas con lluvias intensas hasta el Sitio Colindante del rio Cañas con el proyecto Venao West primera Fase.

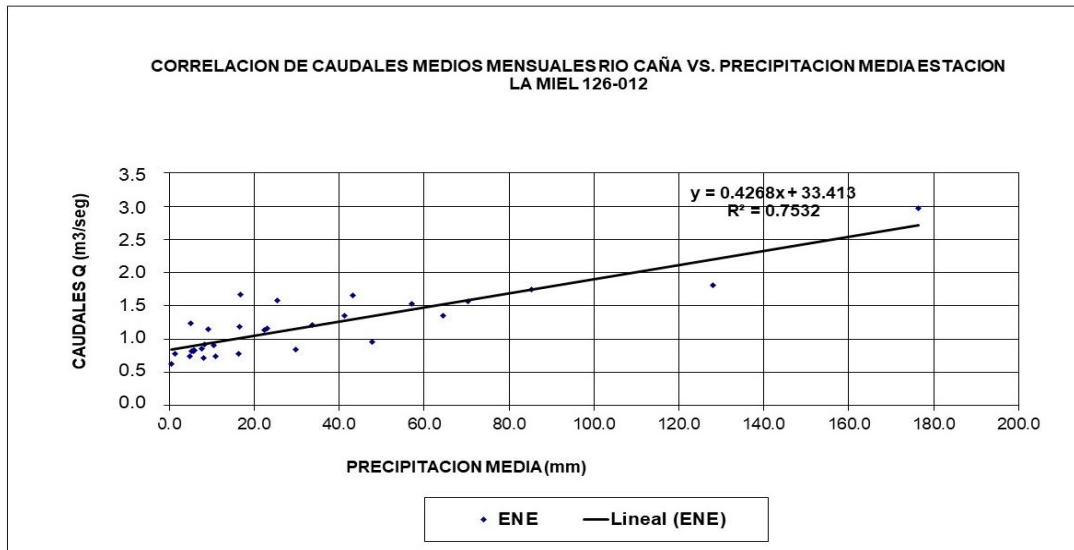


Gráfico N°36: Correlación de Caudales y Precipitación en eventos históricos en el rio Cañas para el mes de Enero. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

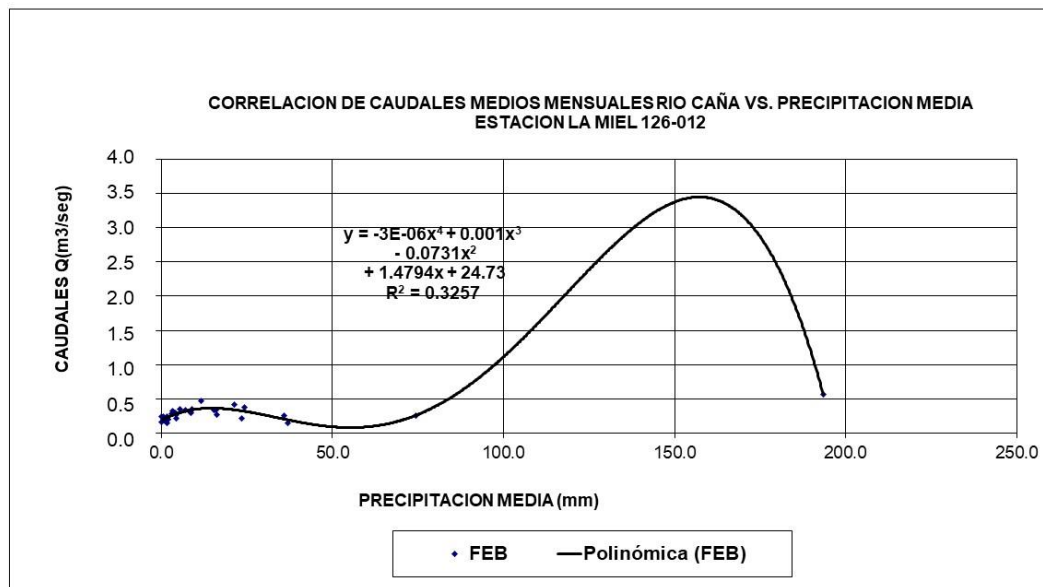


Gráfico N°37: Correlación de Caudales y Precipitación en eventos históricos en el rio Cañas para el mes de Febrero. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

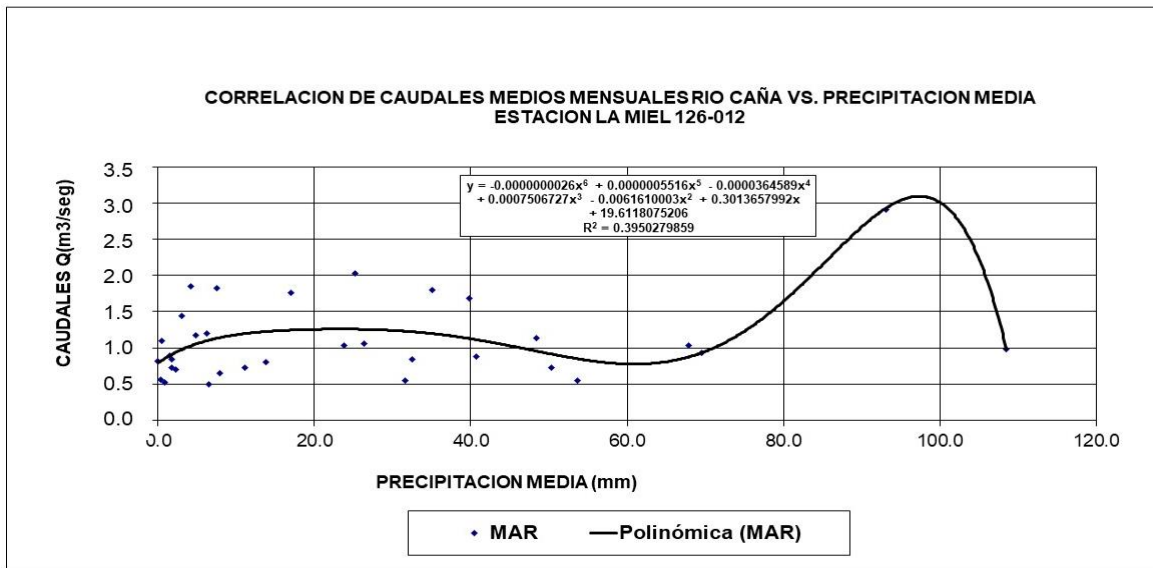


Gráfico N°38: Correlación de Caudales y Precipitación en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Marzo. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

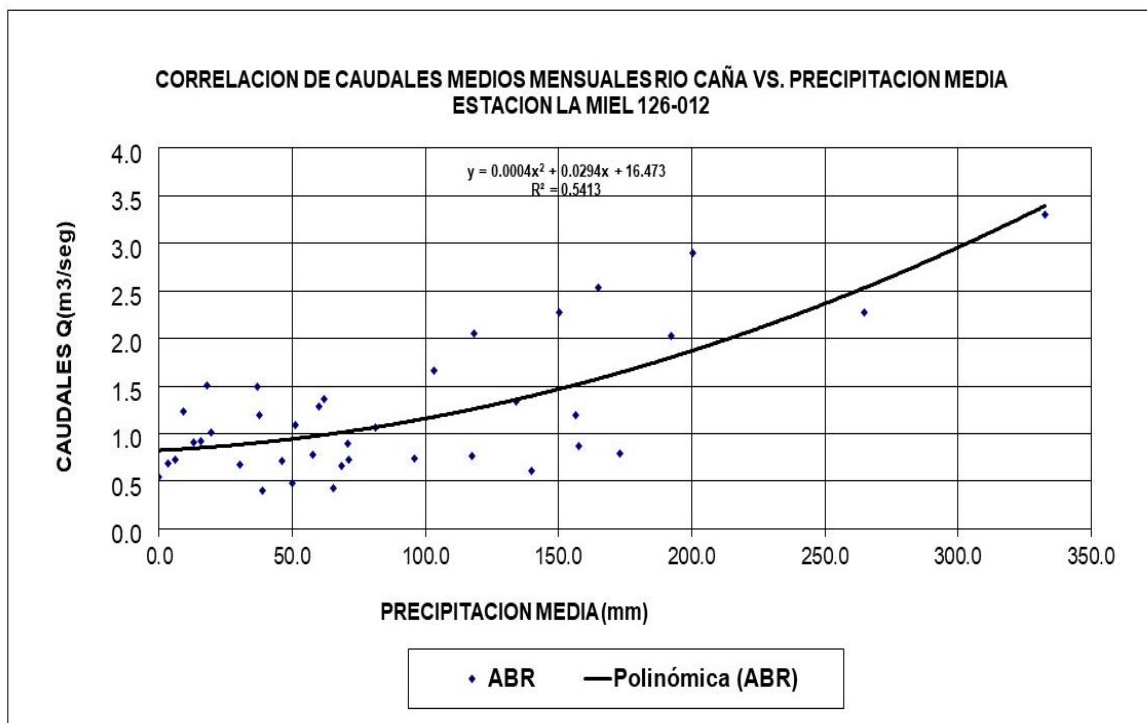


Gráfico N°39: Correlación de Caudales y Precipitación en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Abril. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

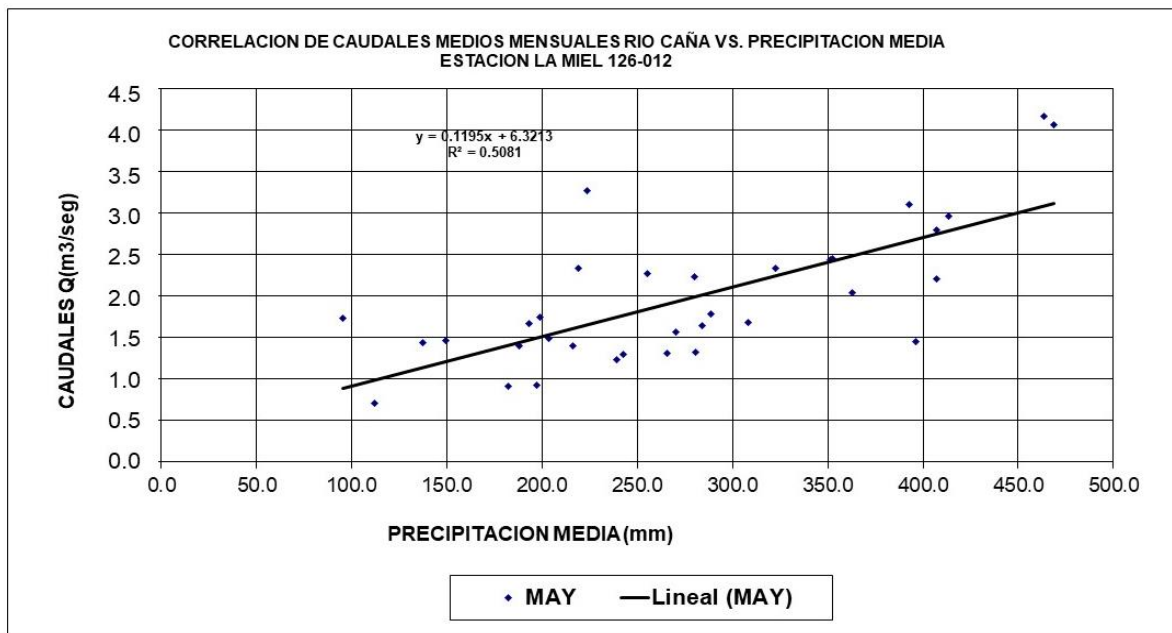


Gráfico N°40: Correlación de Caudales y Precipitación en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Mayo. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

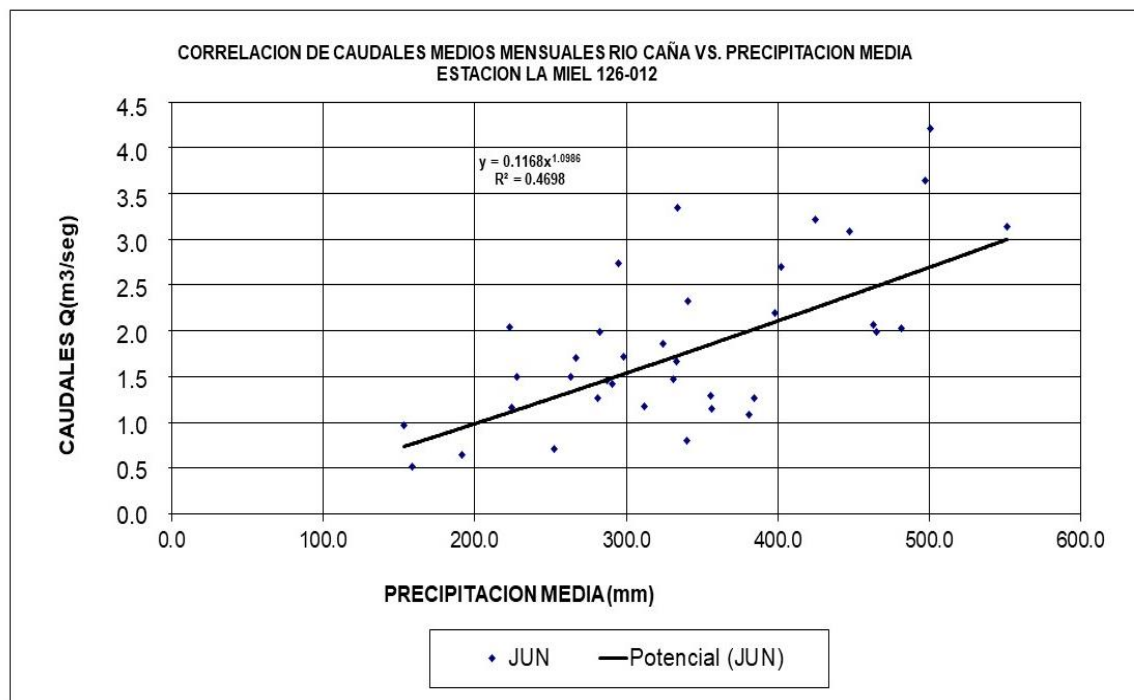


Gráfico N°41: Correlación de Caudales y Precipitación en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Junio. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

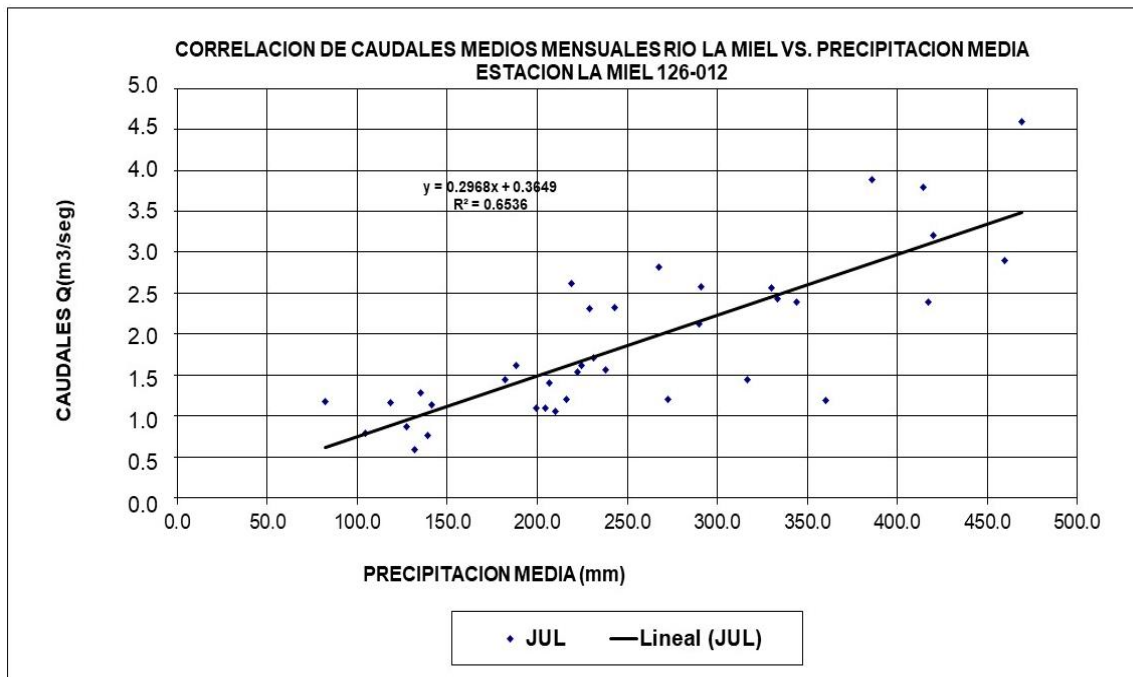


Gráfico N°42: Correlación de Caudales y Precipitacion en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Julio. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

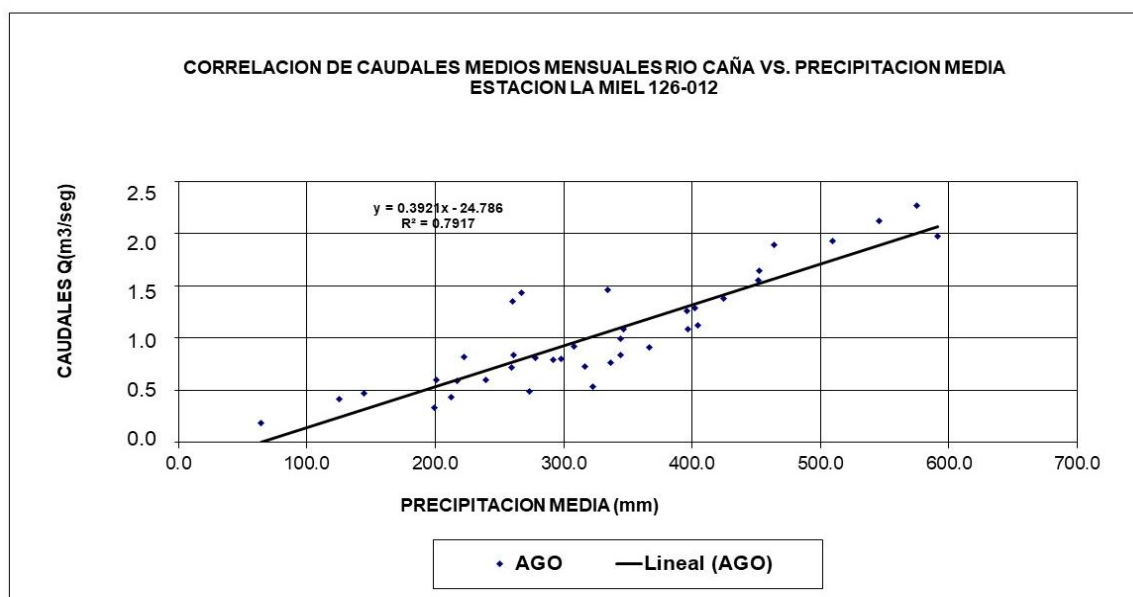


Gráfico N°43: Correlación de Caudales y Precipitacion en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Agosto. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

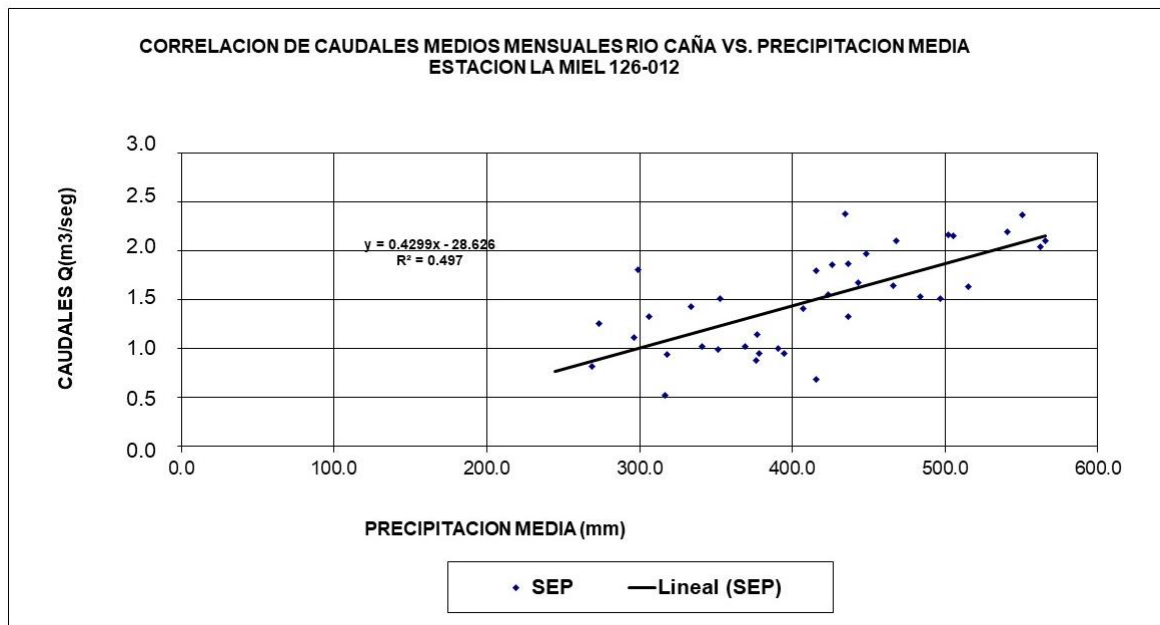


Gráfico N°44: Correlación de Caudales y Precipitación en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Septiembre. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

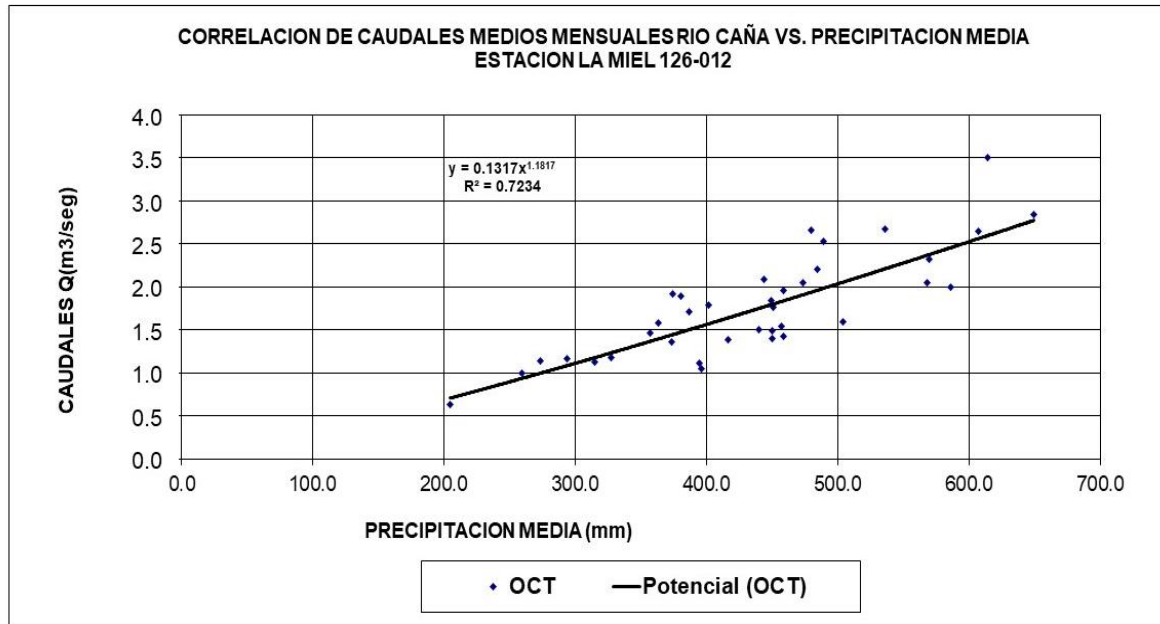


Gráfico N°45: Correlación de Caudales y Precipitación en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Octubre. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

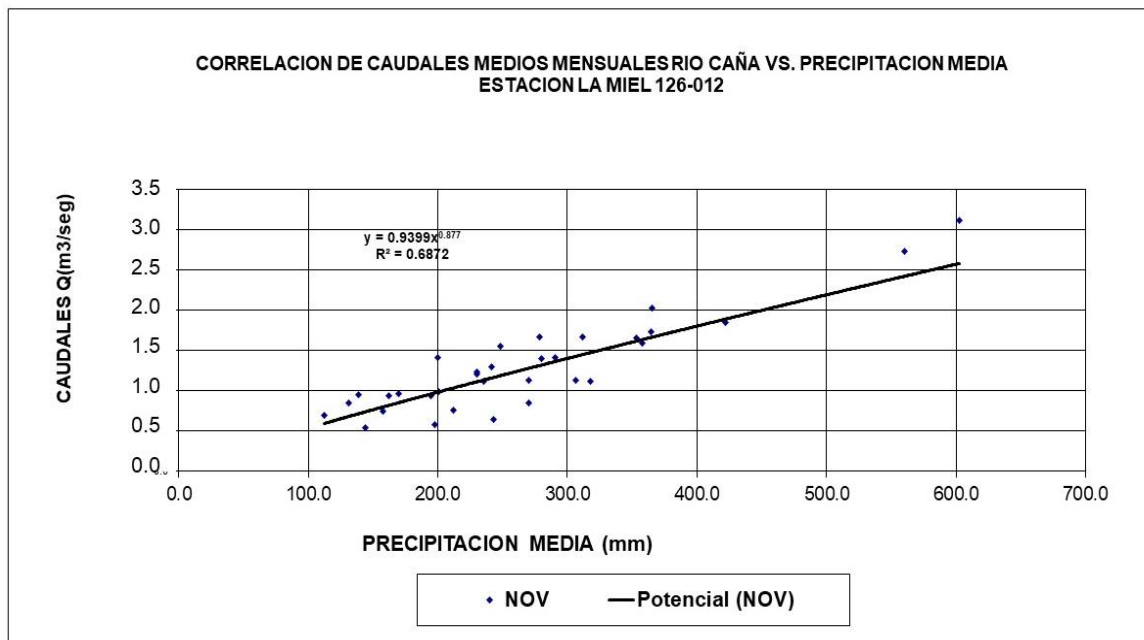


Gráfico N°46: Correlación de Caudales y Precipitacion en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Noviembre. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

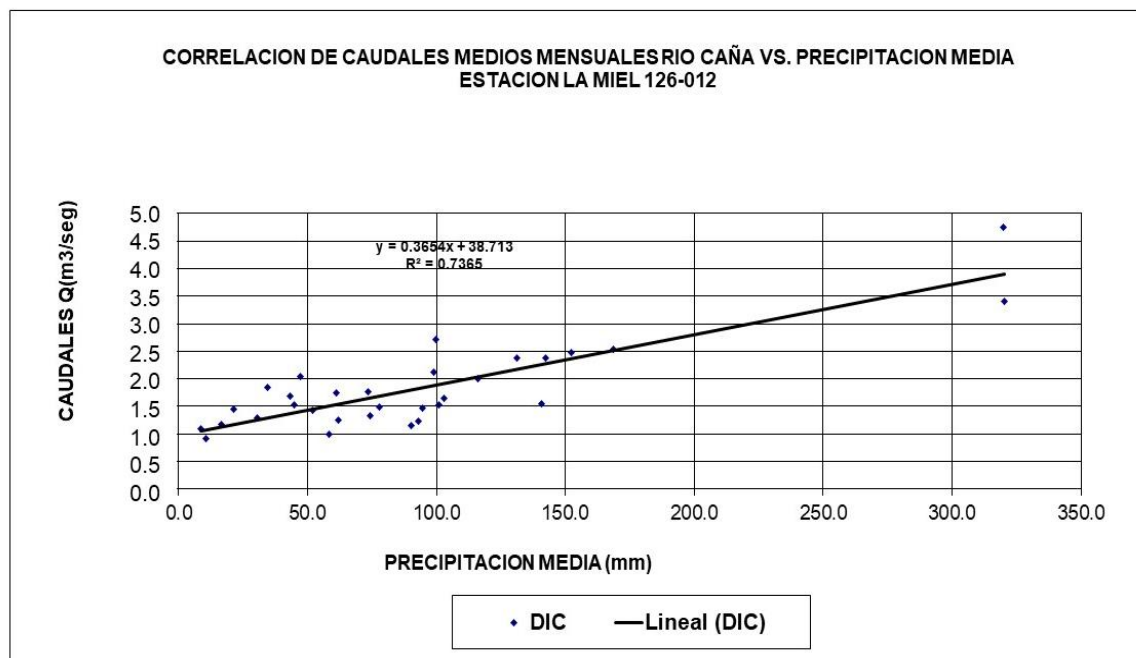


Gráfico N°47: Correlación de Caudales y Precipitacion en eventos históricos en el río Cañas para el mes de Diciembre. Estación La Miel 126-012 (1972-2018)

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

4.2.4.1 Simulación Hidrológica e Hidráulica del Rio Cañas en Secciones determinadas. Software Hec-Ras

El Programa HEC-RAS (Utilizado para esta Simulación)

El HEC-RAS es un modelo hidráulico que permite calcular los niveles de superficie del agua bajo condiciones de flujo permanente y para este caso especial de flujo continuo del Rio Cañas, en las secciones colindante con la Propiedad del solicitante de este Estudio. Este programa tiene la capacidad de calcular las condiciones de flujo para regímenes fluyentes subcríticos, y supercríticos, y cuando se presente una mezcla de ambos. Igualmente, el programa presenta también opciones de cálculos para la simulación de diferentes estructuras hidráulicas como puentes, Box Culvert, canales abiertos y cerrados.

Este programa se fundamenta en la solución de la ecuación de energía, en la cual las pérdidas de energía por fricción se calculan por la ecuación de manning y las perdidas locales por contracción y expansión del flujo, se calculan como una fracción del cambio en la cabeza de velocidad entre dos secciones. Para resolver lo anterior, se requiere como datos básicos de entrada la geometría del rio o quebrada, el caudal, los valores de coeficiente de pérdidas y las condiciones de fronteras para el cálculo de acuerdo con el régimen de flujo y los controles existente en el tramo analizado. Para este caso la geometría del cauce del Rio Cañas (condiciones existentes) se define por las secciones transversales actuales tomadas en forma perpendicular a la dirección de línea de flujo, y por la separación longitudinal entre secciones adyacentes.

A continuación, presentaremos una serie de gráficas, las cuales fueron factor determinante para el diseño de la obra civil la cual servirá para adecuación del cauce y la protección del talud en la margen izquierda en una seccion del rio cañas. Además, se presentan los niveles de crecida máximas con tiempo de retorno de 50 años.

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

545

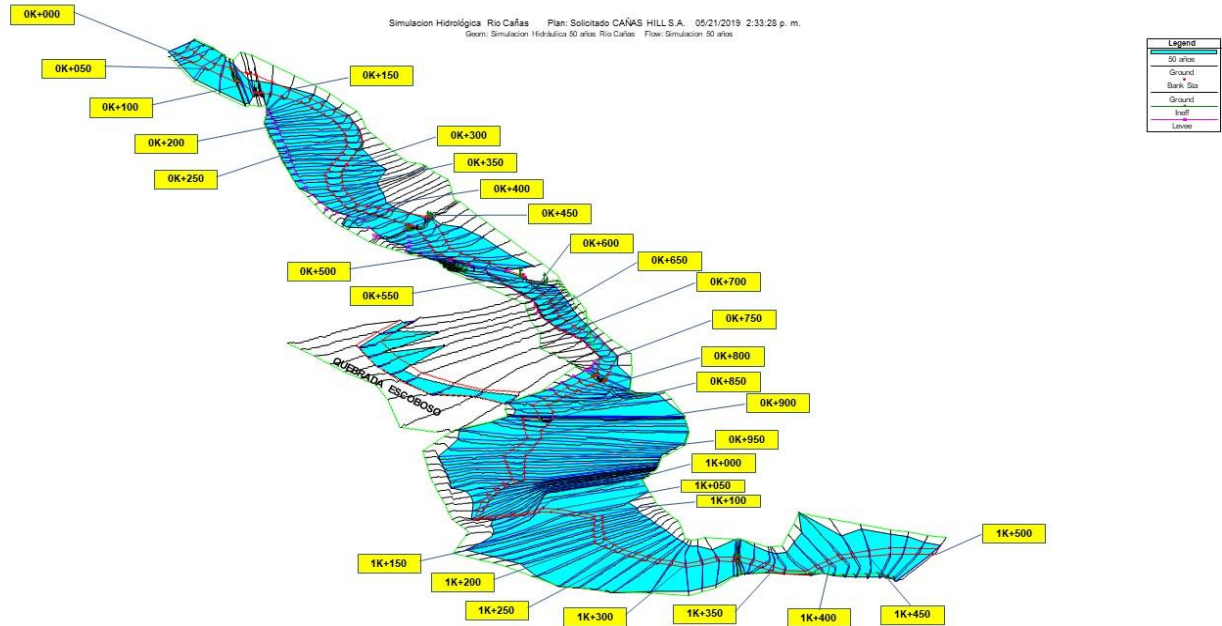


Imagen N°8: Área de Estudio (Simulación Hidrológica & Hidráulica Tr 1:50 años)

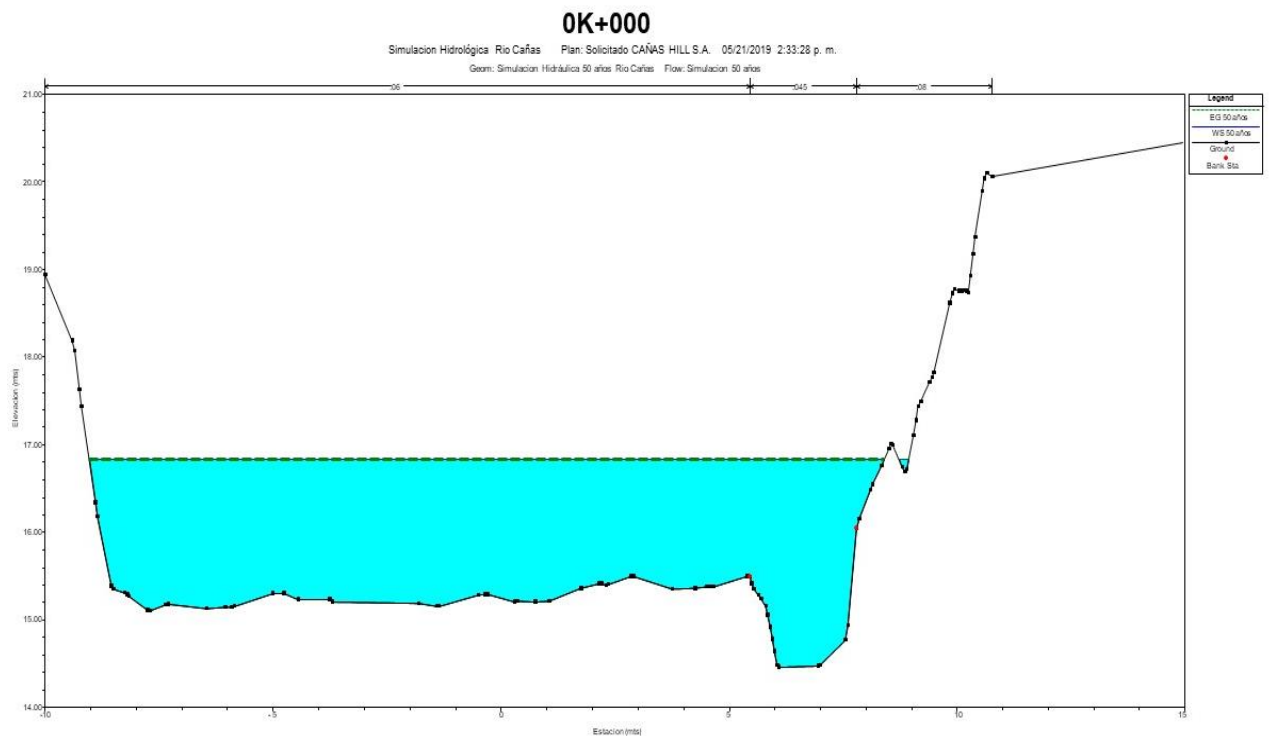


Imagen N°9: Sección 0K+000

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

546

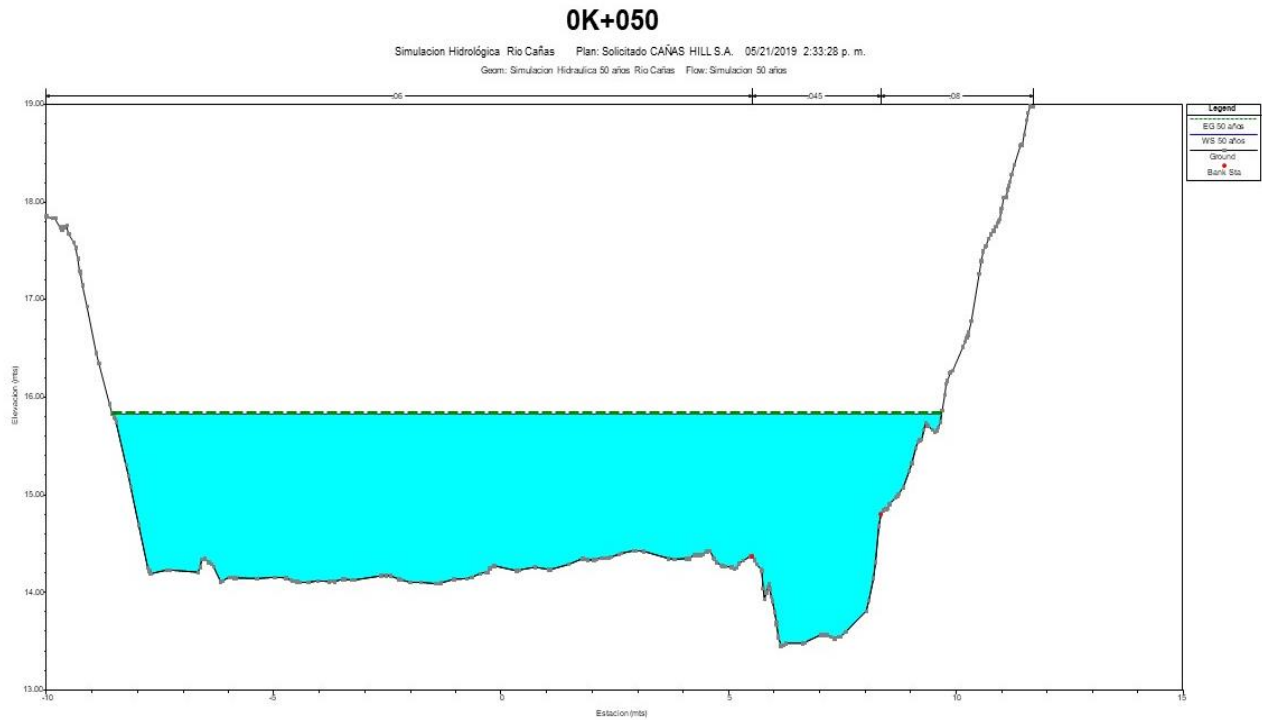


Imagen N°10: Sección 0K+050

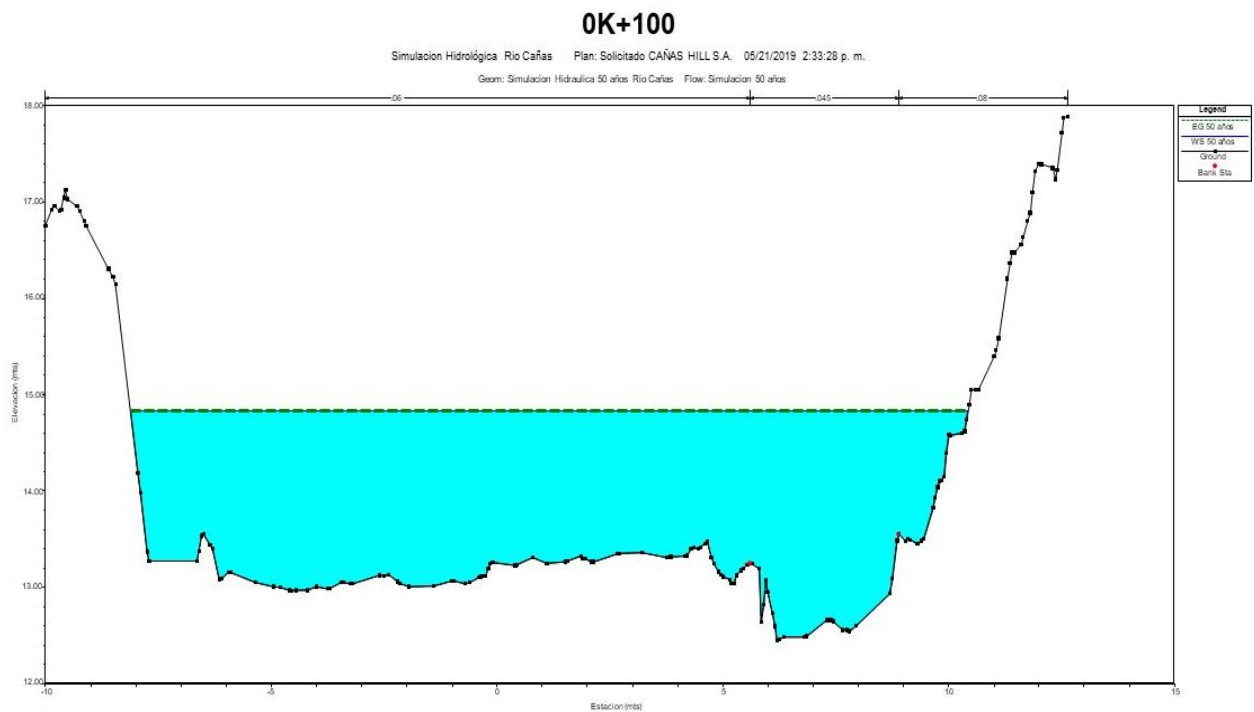


Imagen N°11: Sección 0K+10

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

547

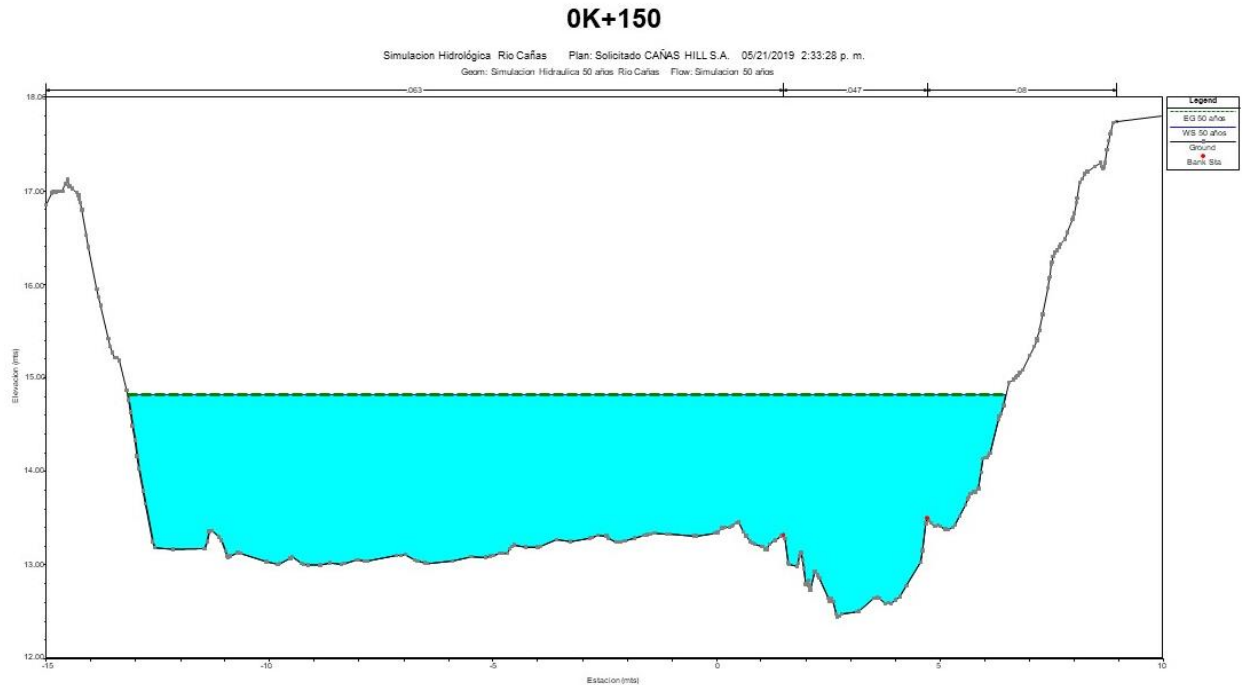


Imagen N°12: Sección 0K+150

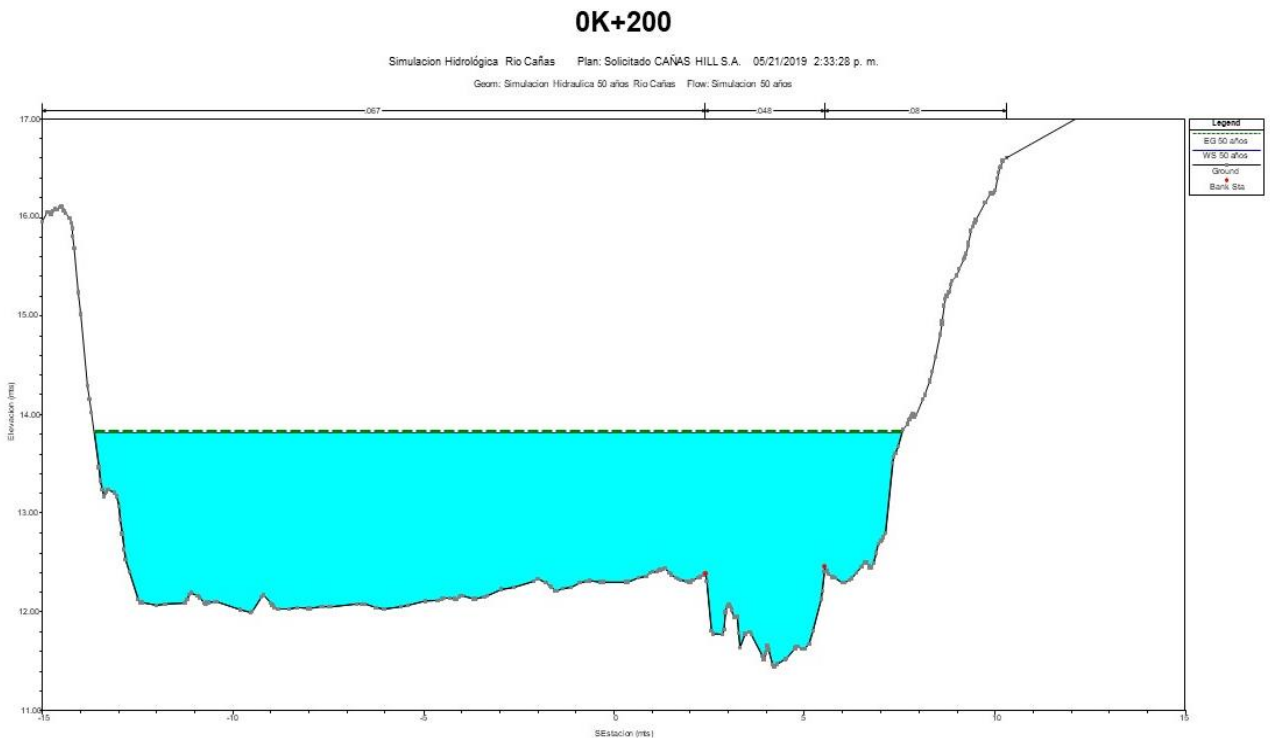


Imagen N°13: Sección 0K+20

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

548

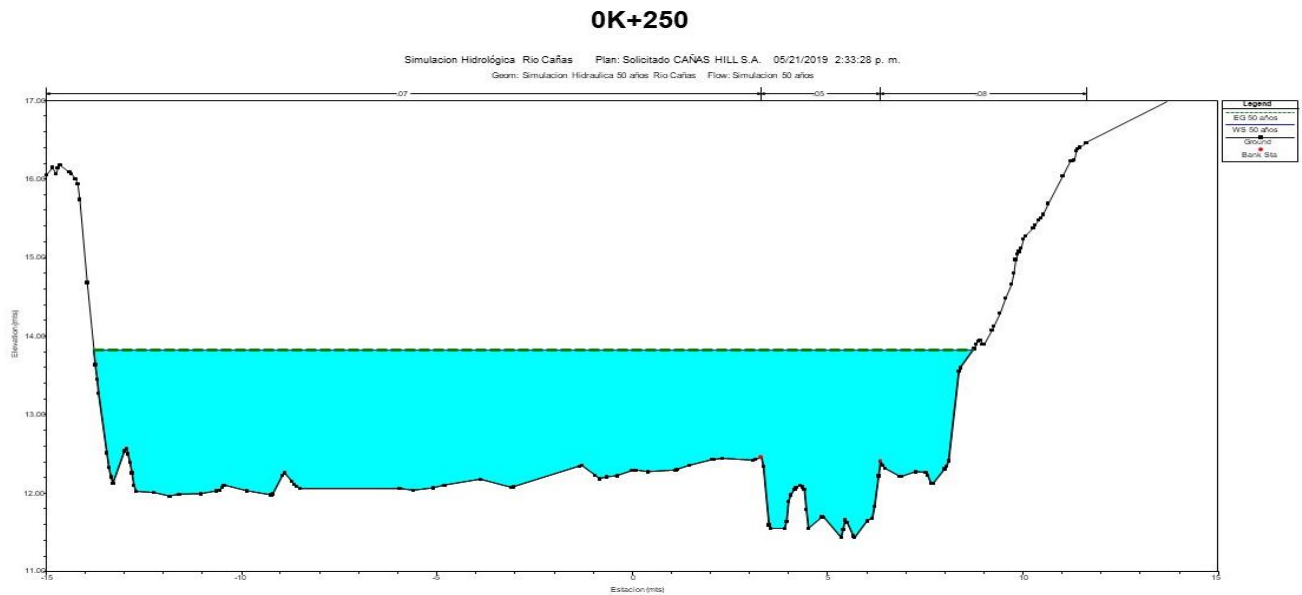


Imagen N°14: Sección 0K+250

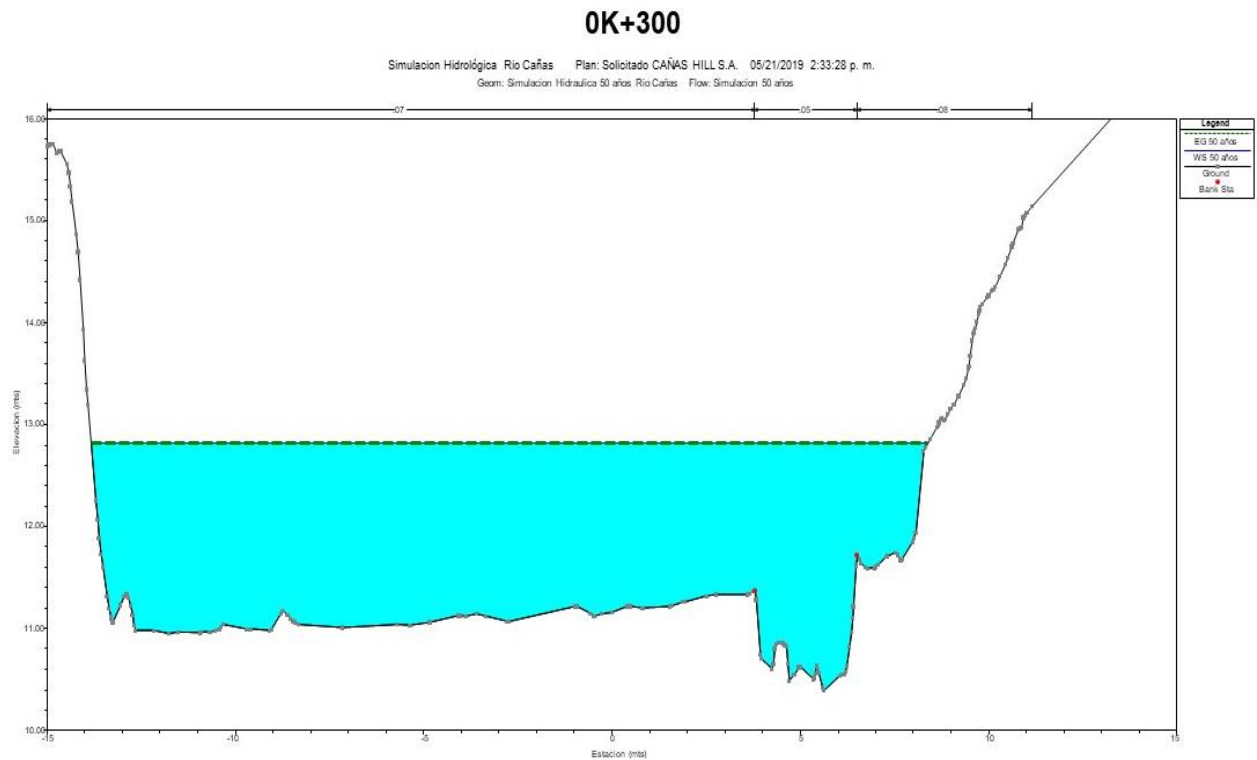


Imagen N°15: Sección 0K+300

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

549

0K+350

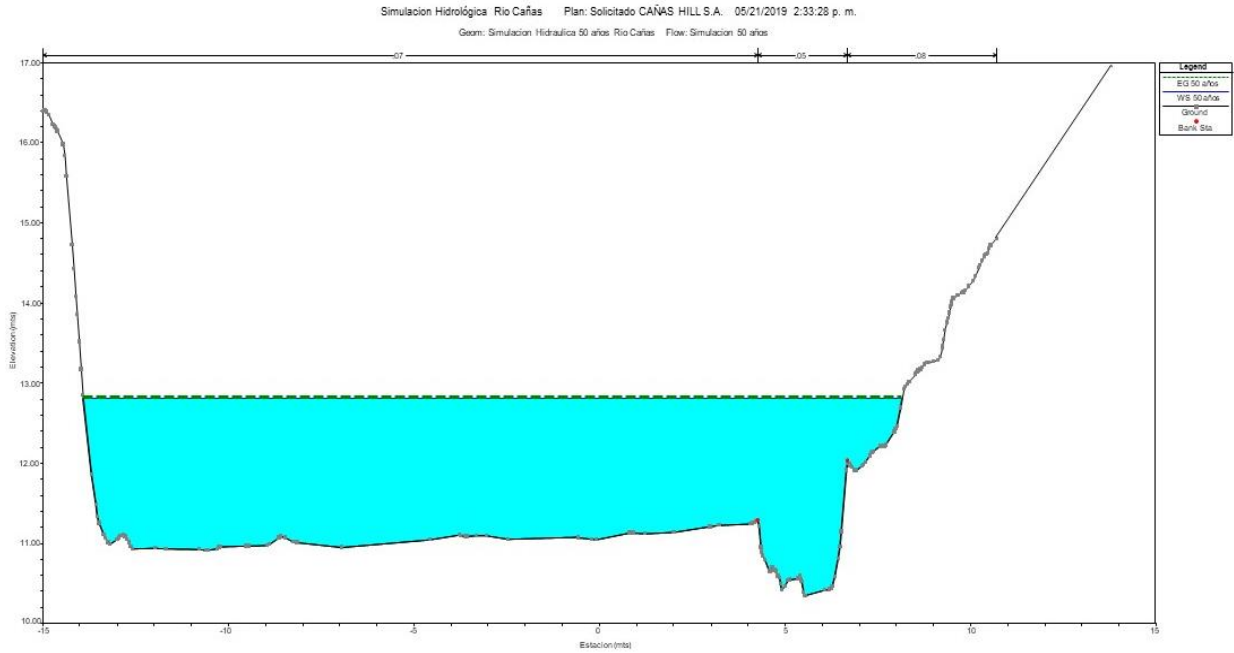


Imagen N°16: Sección 0K+350

0K+400

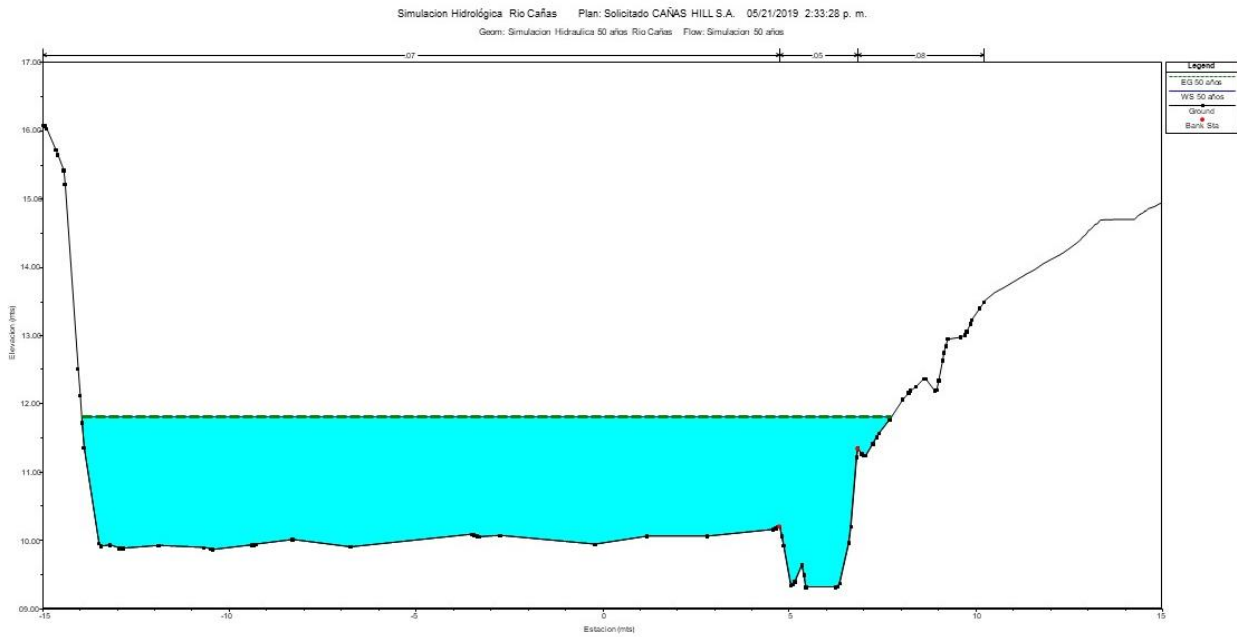


Imagen N°17: Sección 0K+400

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

550

0K+450

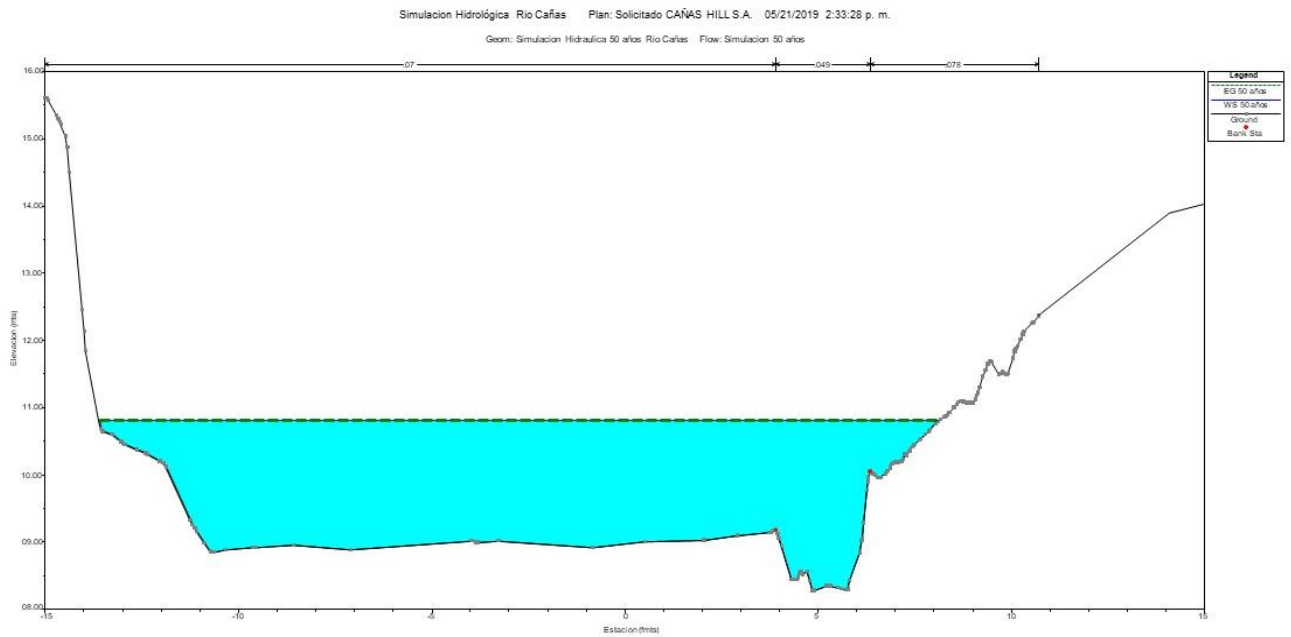


Imagen N°18: Sección 0K+450

0K+500

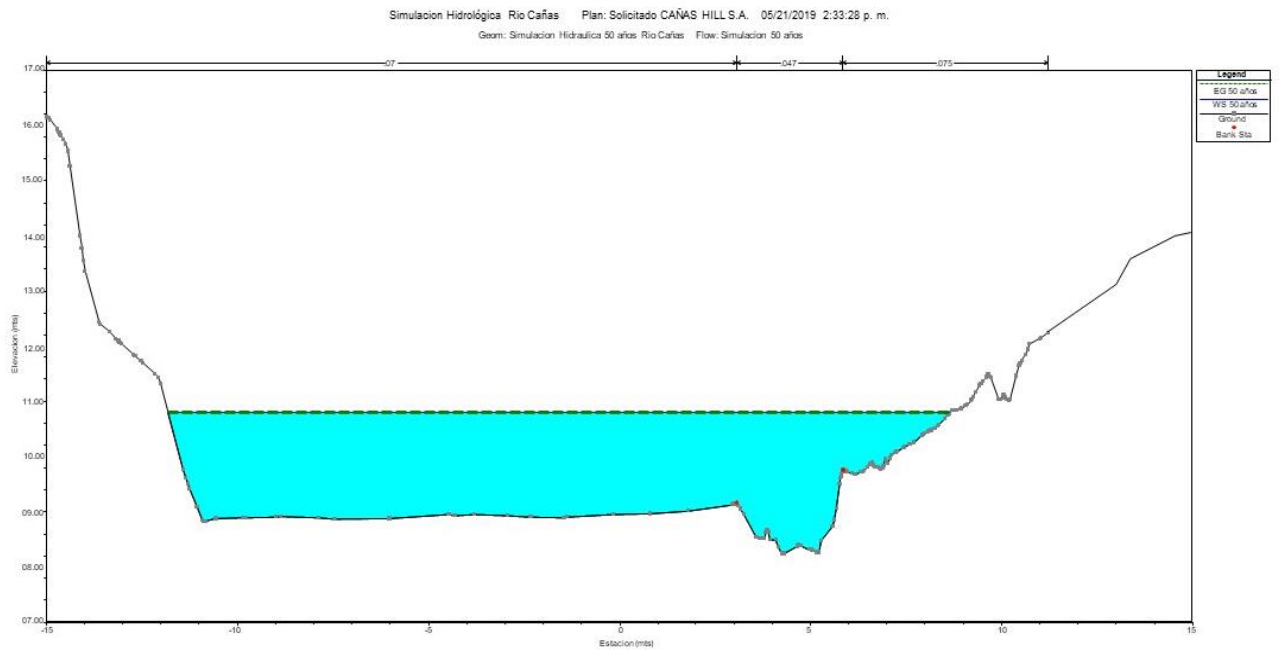


Imagen N°19: Sección 0K+500

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

551

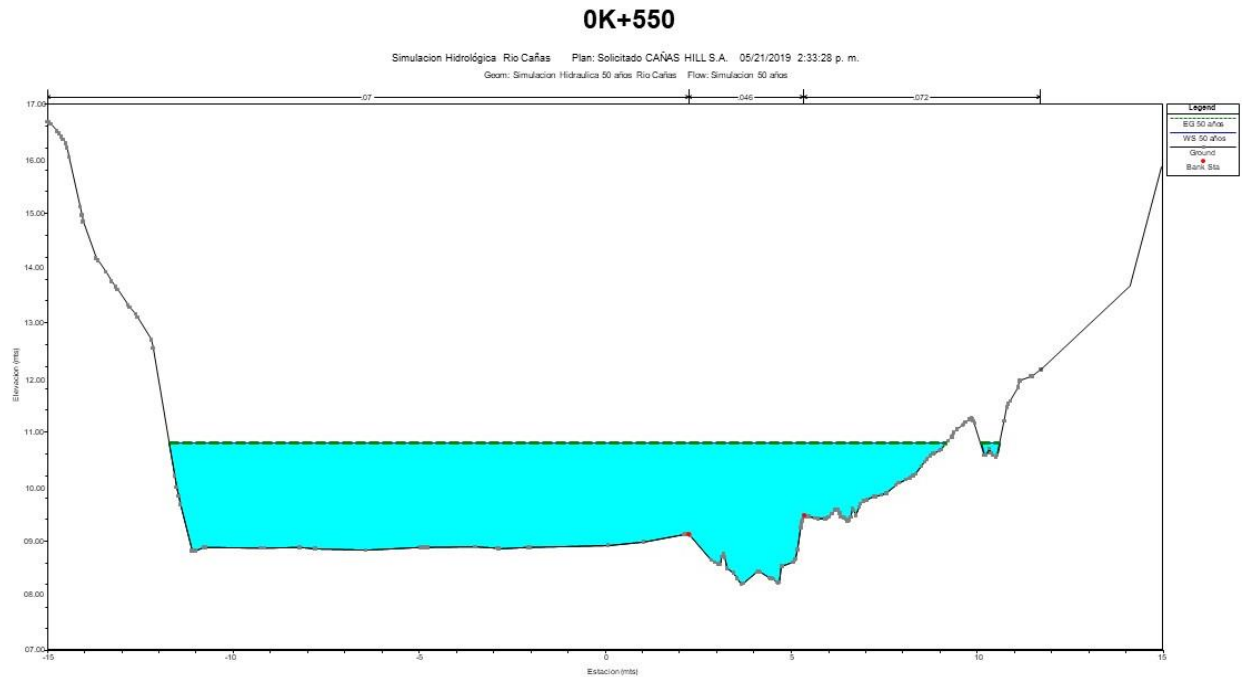


Imagen N°20: Sección 0K+550

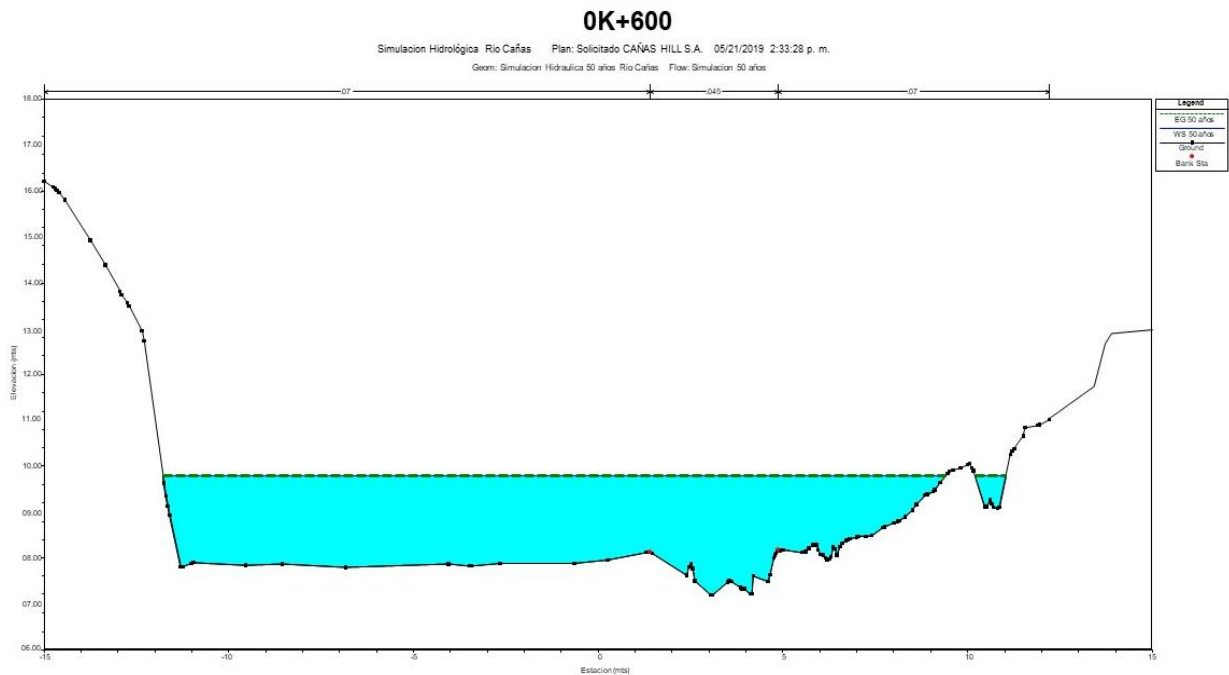


Imagen N°21: Sección 0K+600

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

552

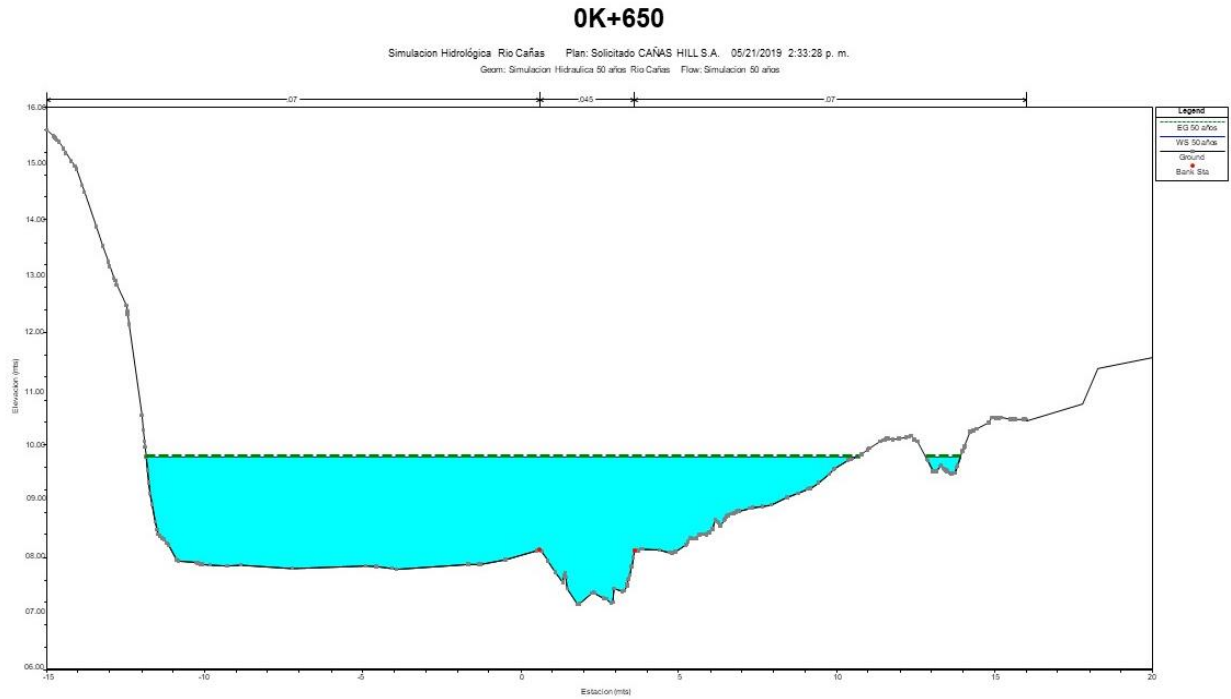


Imagen N°22: Sección 0K+650

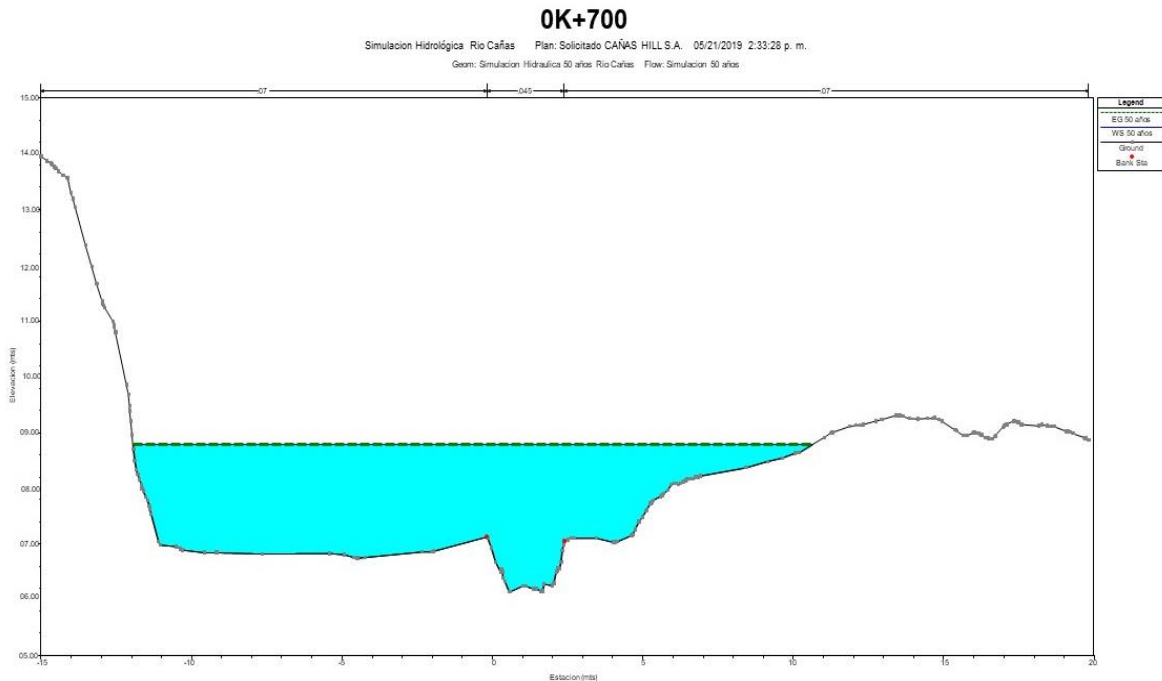


Imagen N°23: Sección 0K+700

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

553

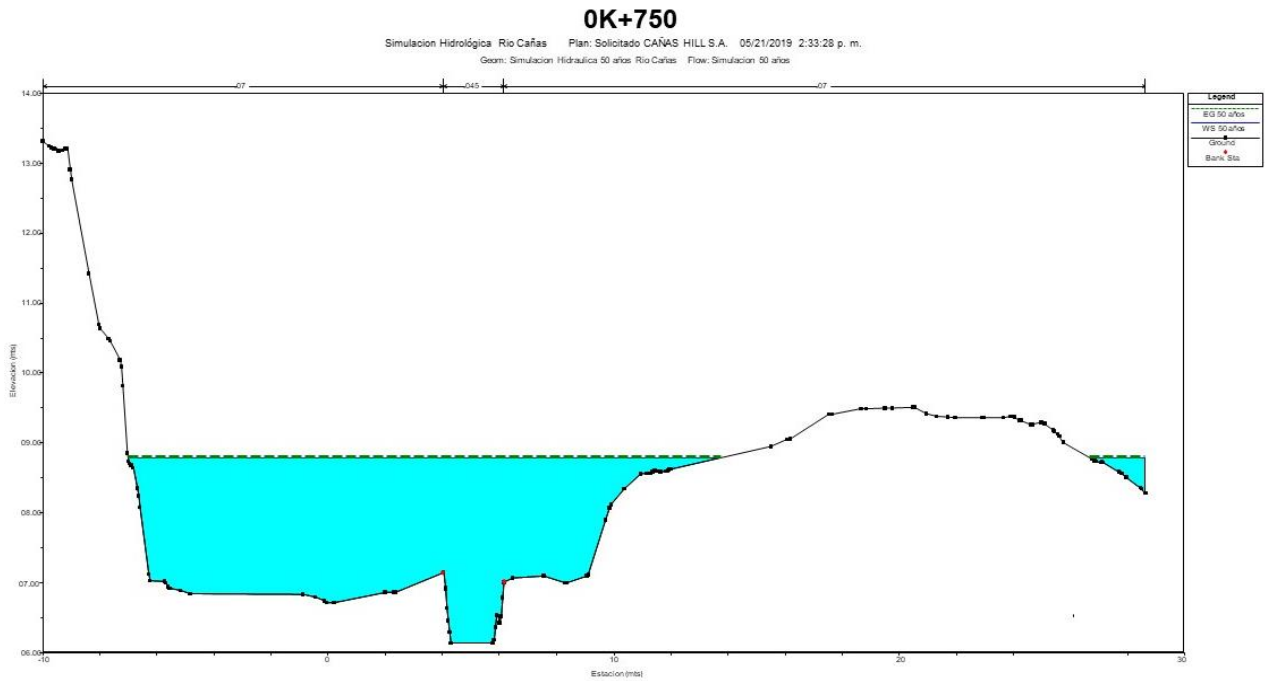


Imagen N°24: Sección 0K+750

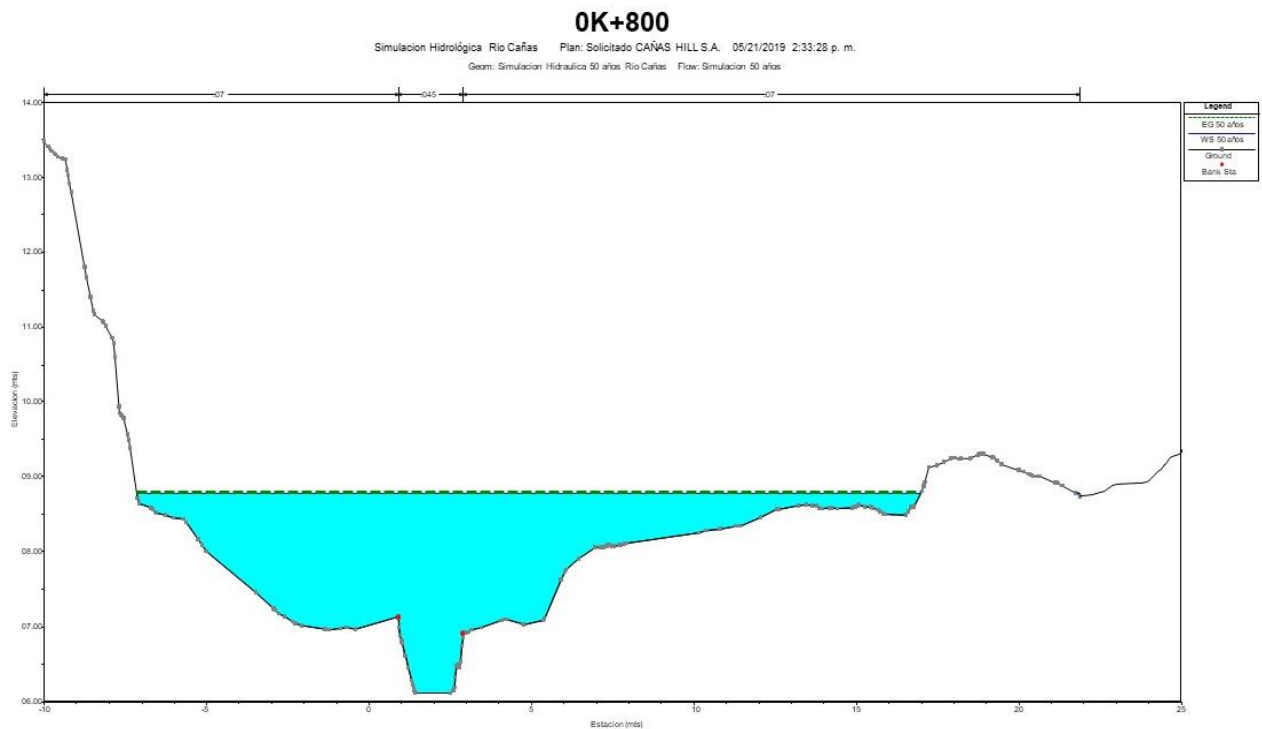


Imagen N°25: Sección 0K+800

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

554

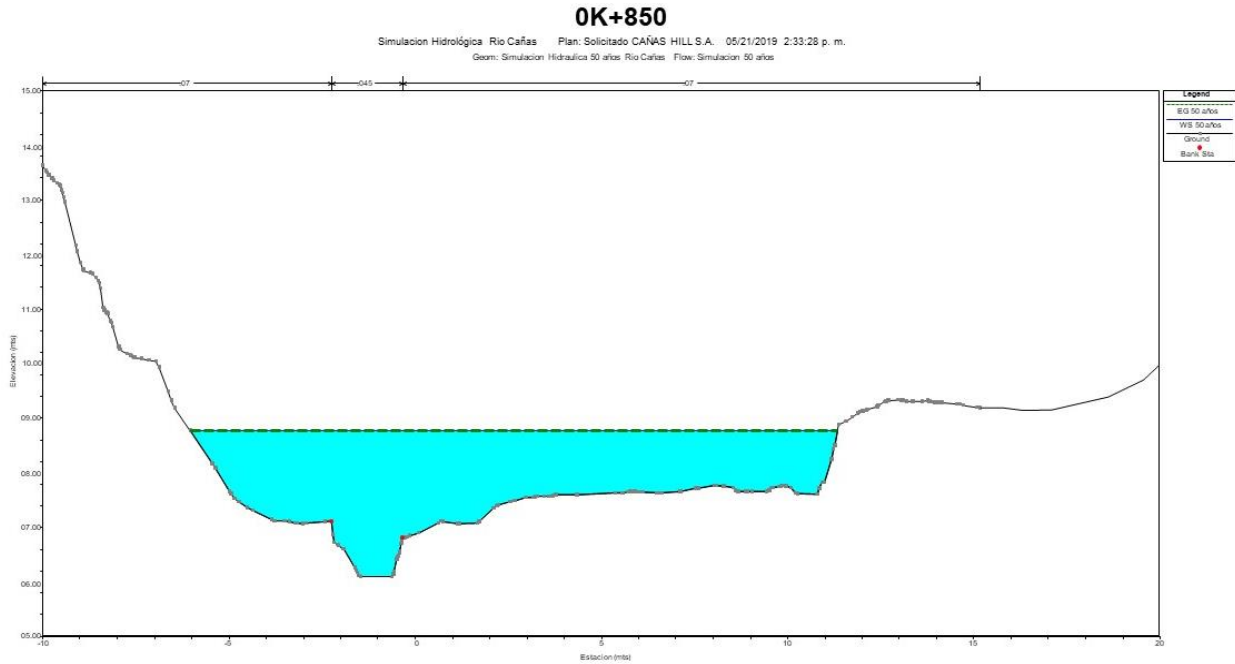


Imagen N°26: Sección 0K+850

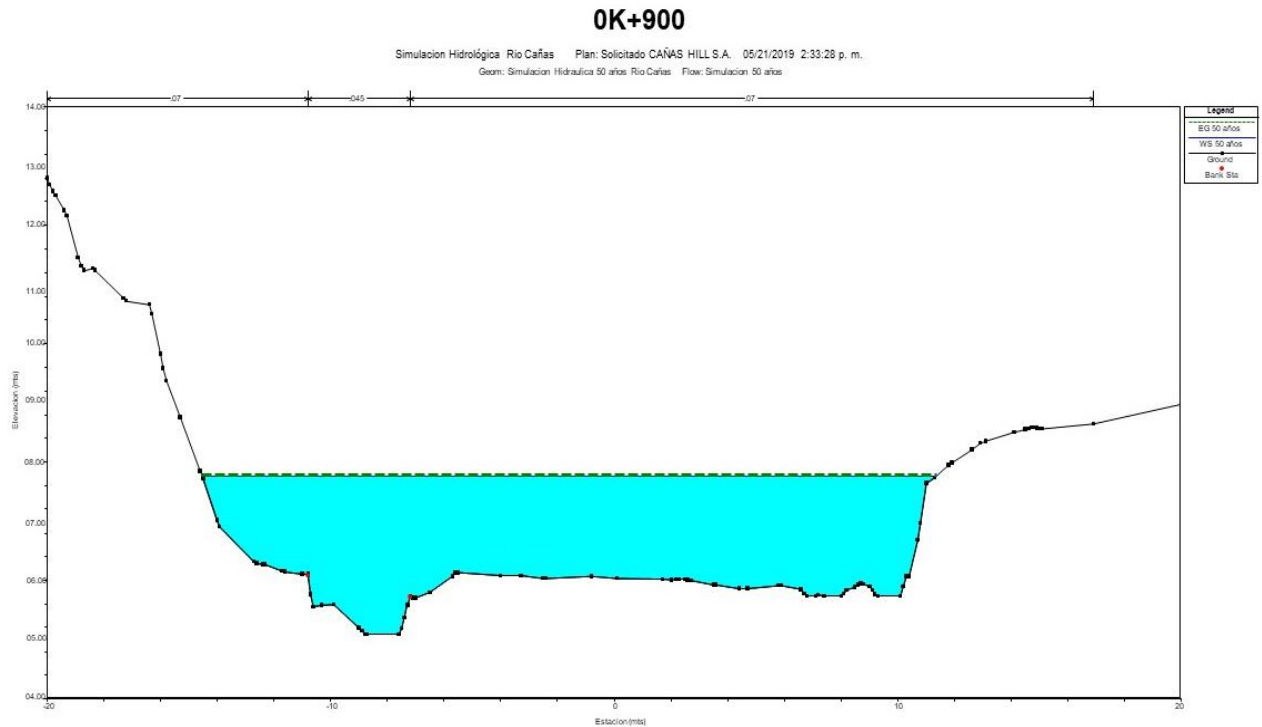


Imagen N°27: Sección 0K+900

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

555

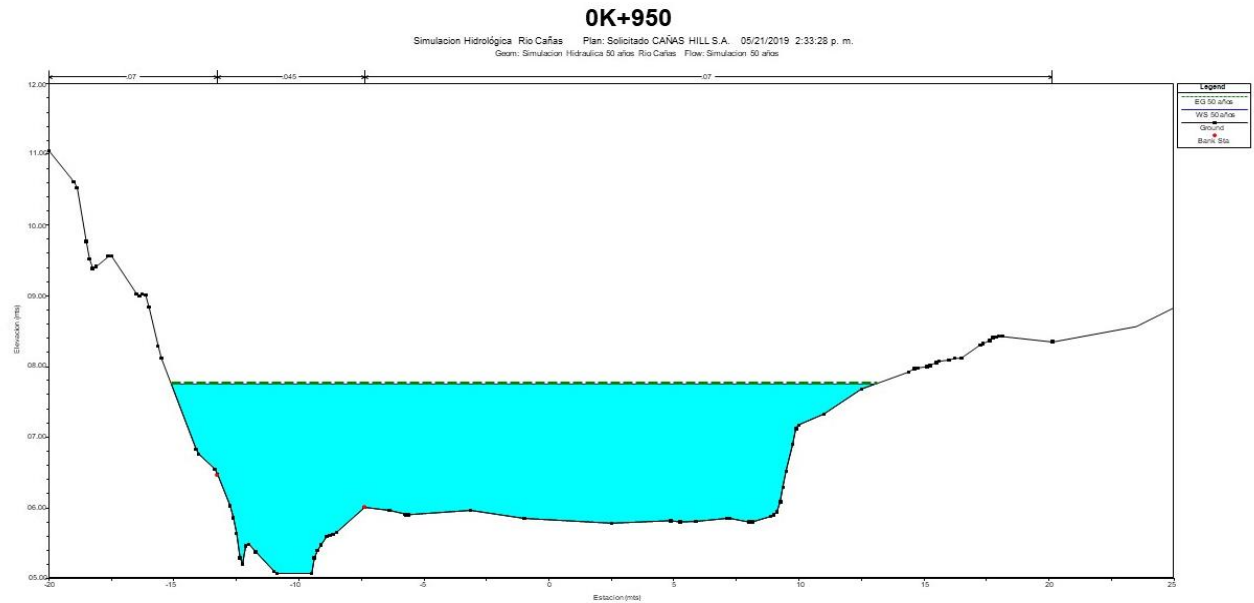


Imagen N°28: Sección 0K+950

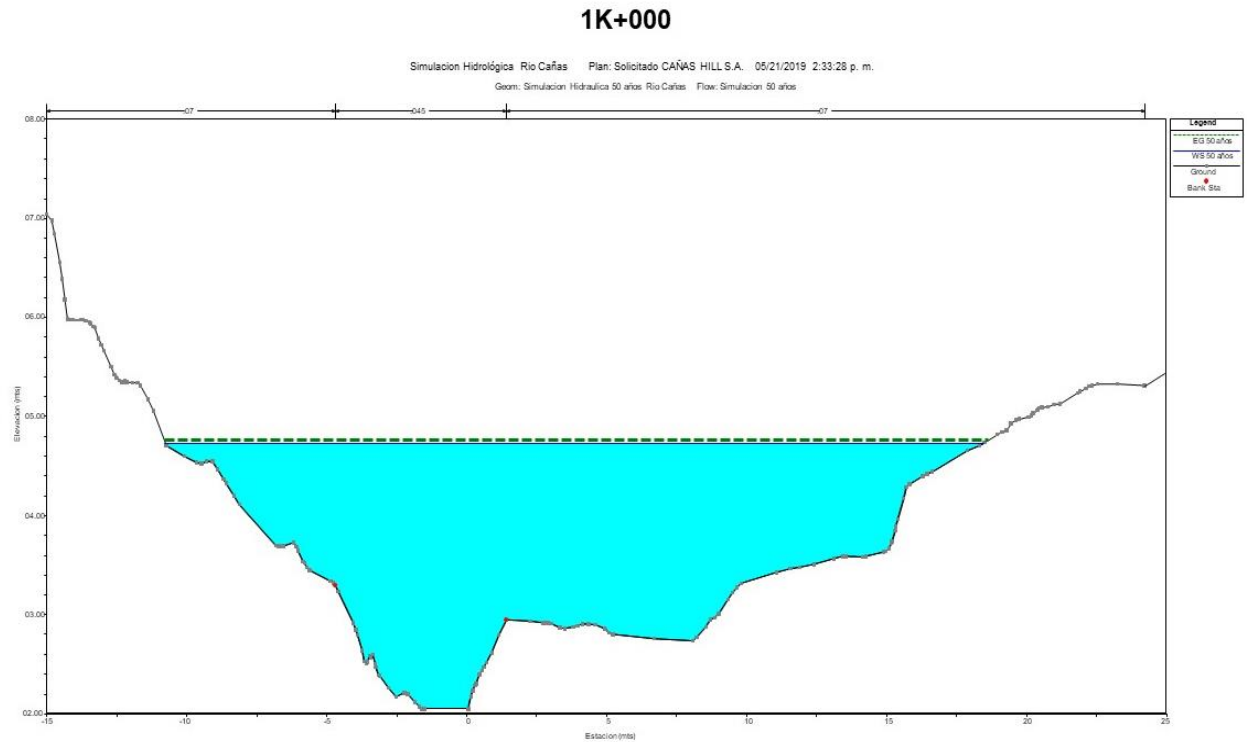


Imagen N°29: Sección 1K+000

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

**ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS**

**SOLICITADO
POR:**
CAÑAS
HILLS S.A.

556

1K+050

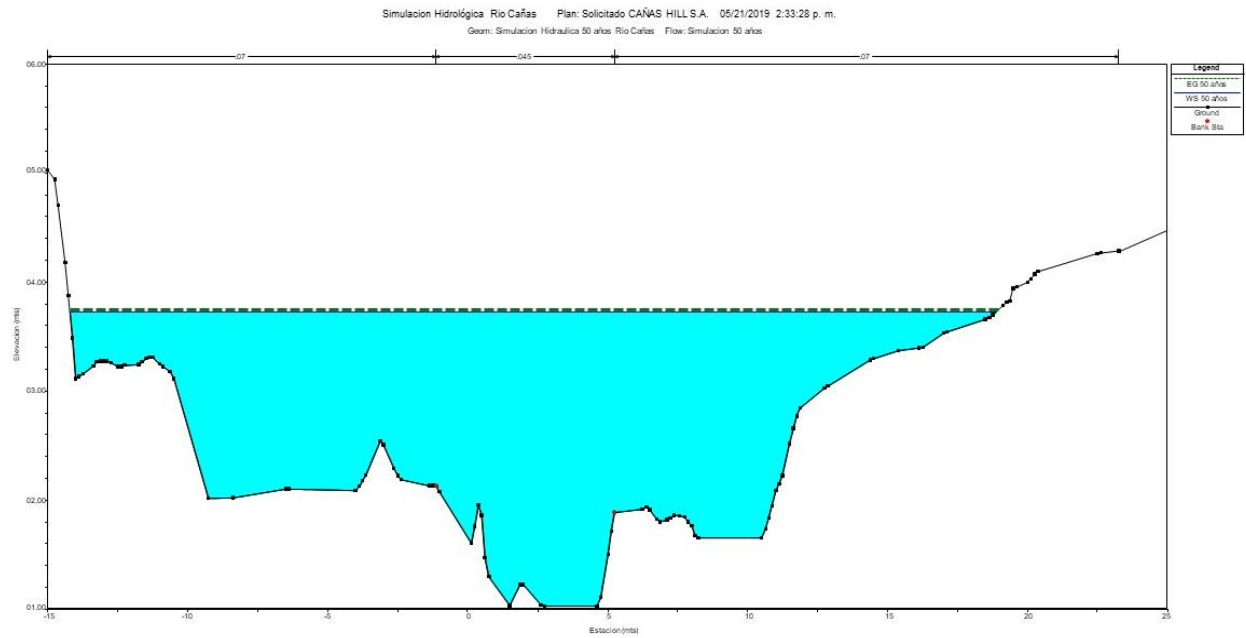


Imagen N°30: Sección 1K+050

1K+100

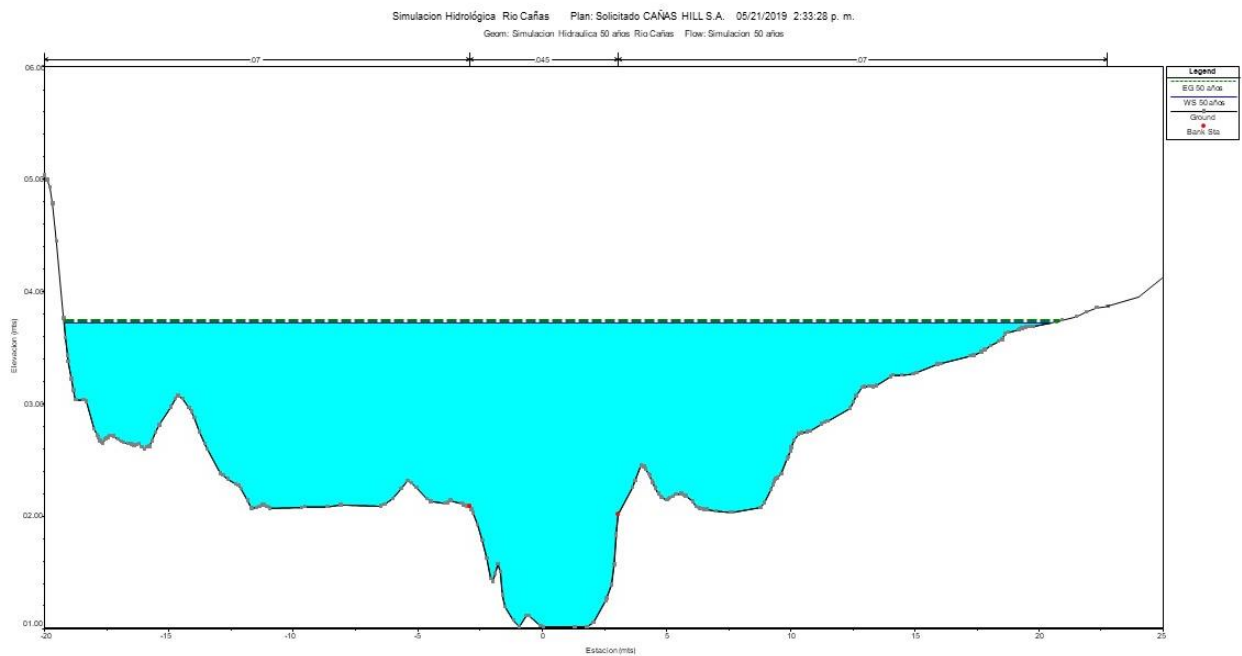


Imagen N°31: Sección 1K+100

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

557

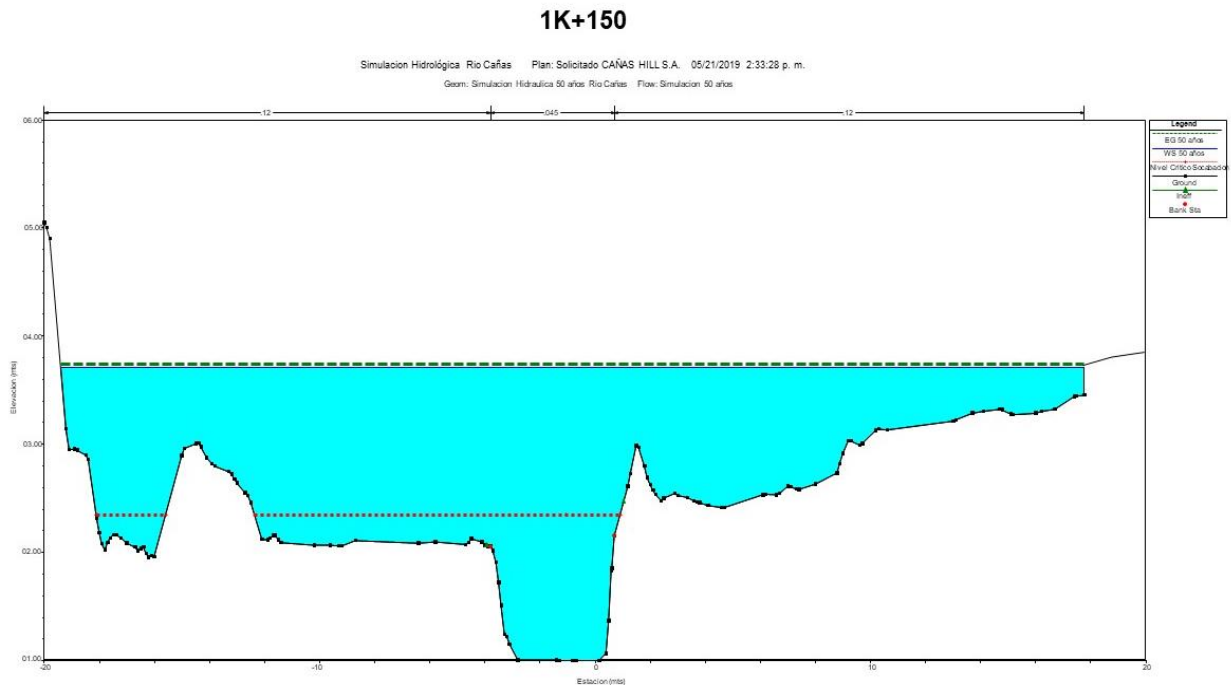


Imagen N°32: Sección 1K+150

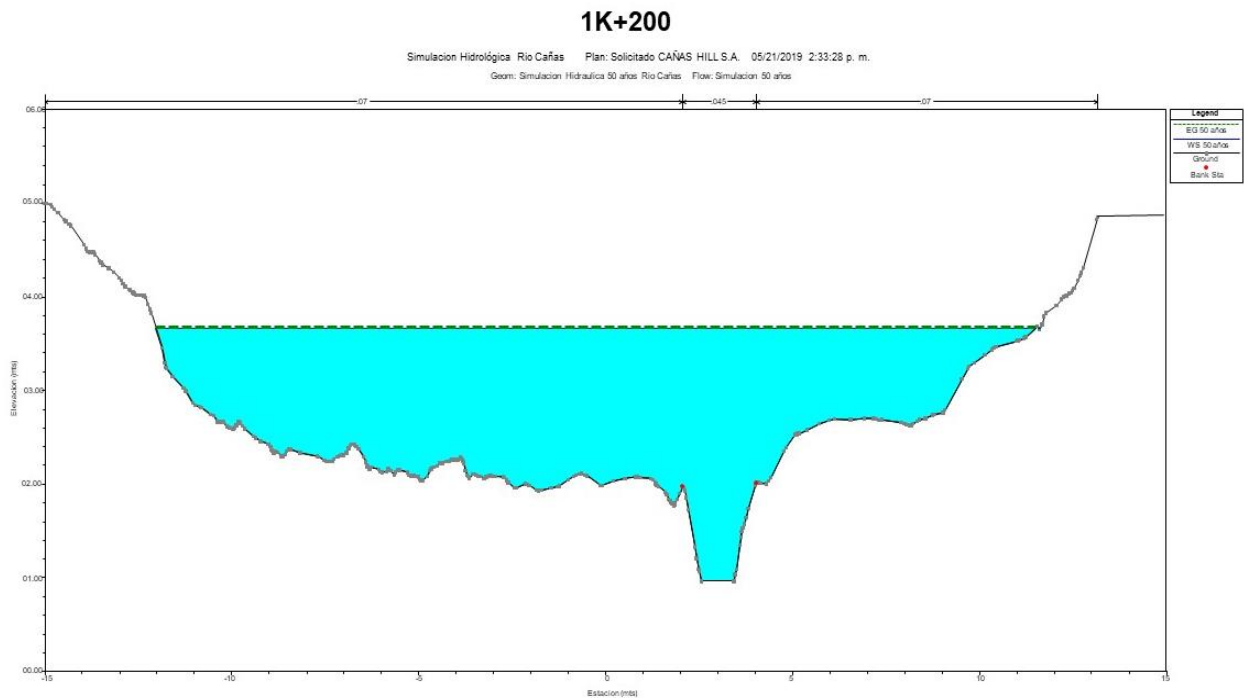


Imagen N°33: Sección 1K+200

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

558

1K+250

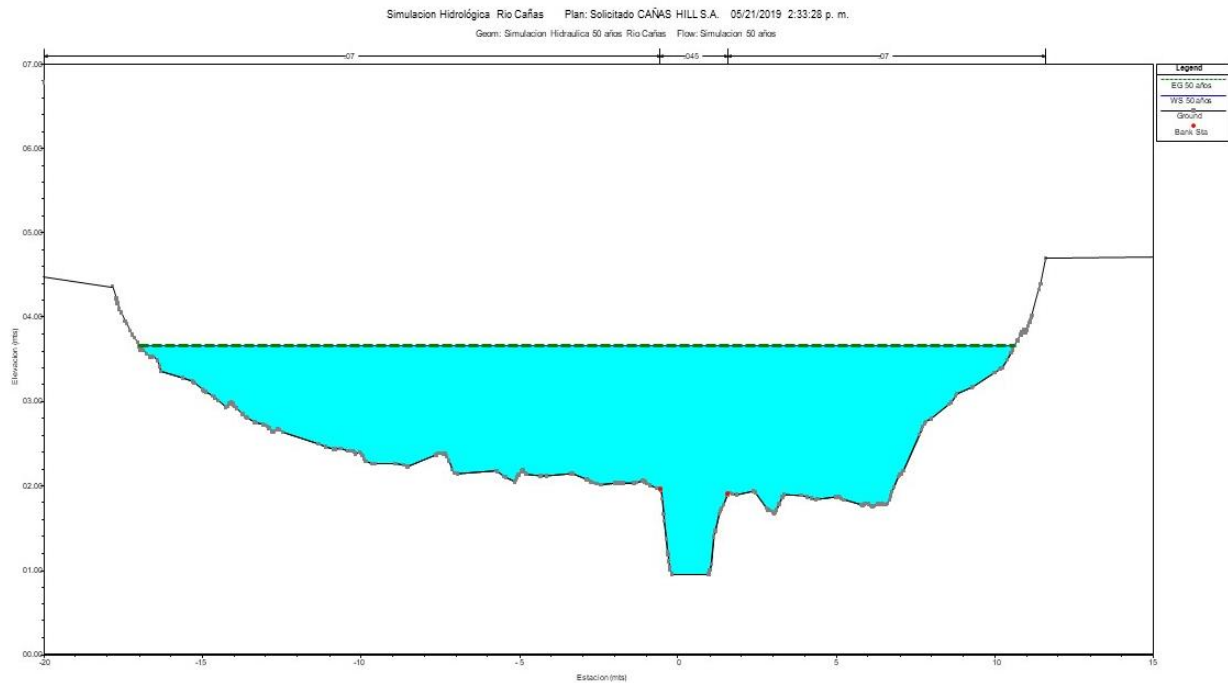


Imagen N°34: Sección 1K+250

1K+300

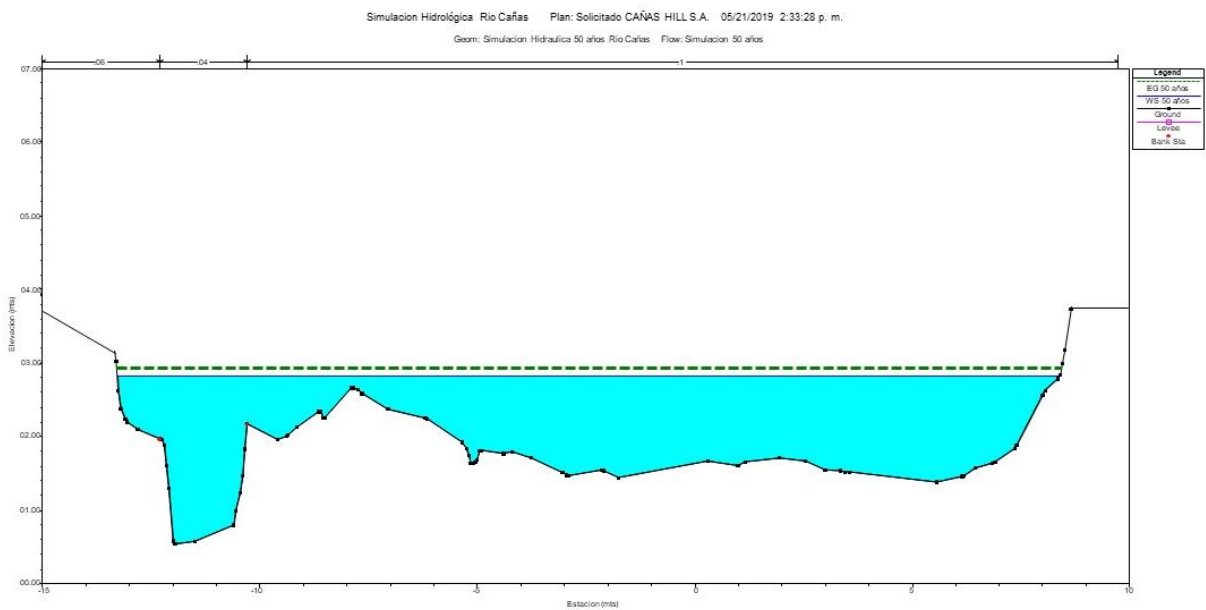


Imagen N°35: Sección 1K+300

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

559

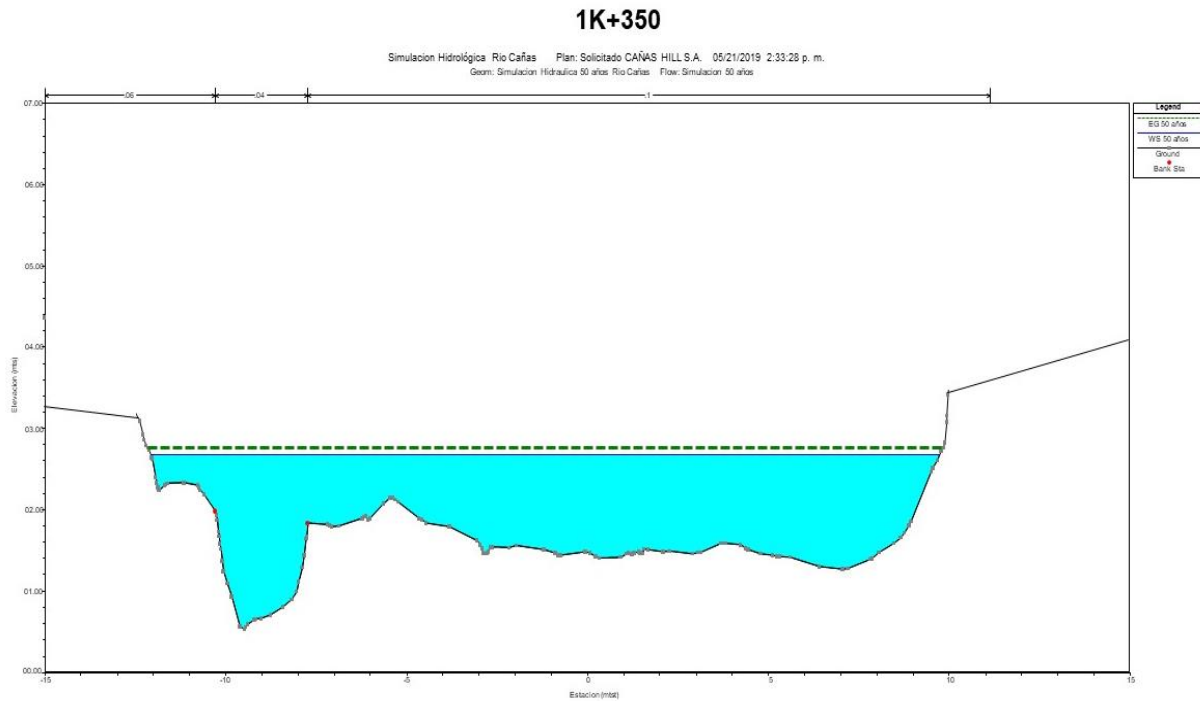


Imagen N°36: Sección 1K+350

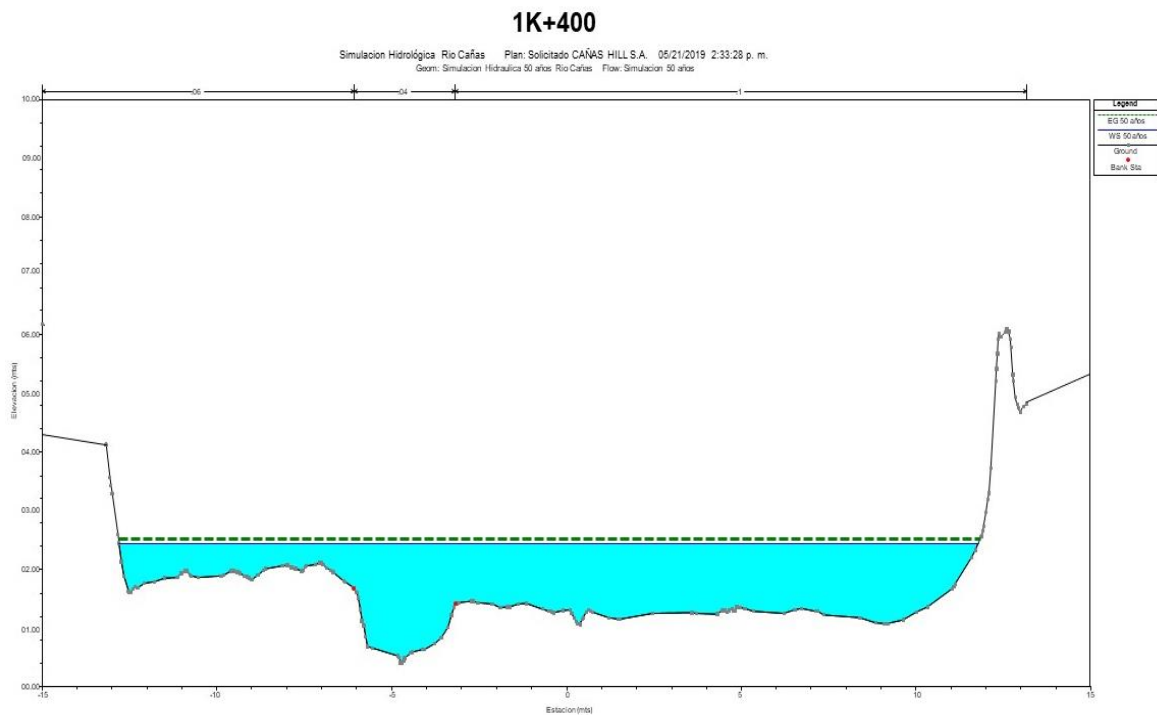


Imagen N°37: Sección 1K+400

REALIZADO POR:
LANDSTAR
CONSULTORIA &
INSPECCION

ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS,
COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA
FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS
DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS

SOLICITADO
POR:
CAÑAS
HILLS S.A.

560

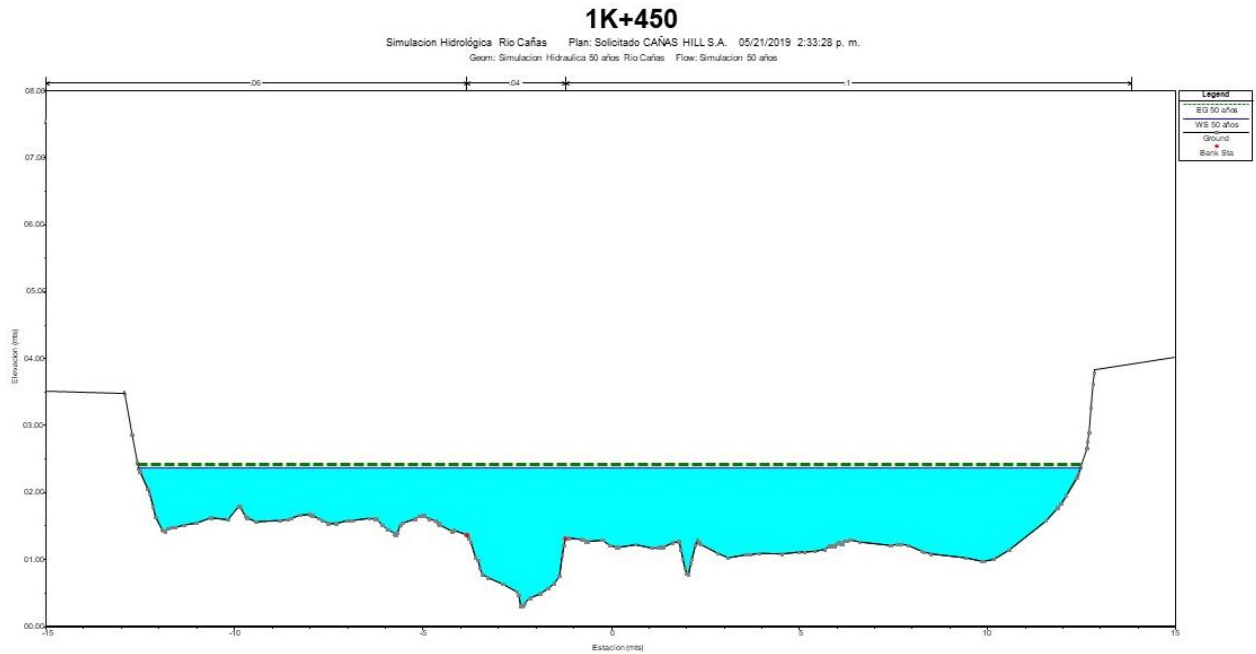


Imagen N°38: Sección 1K+450

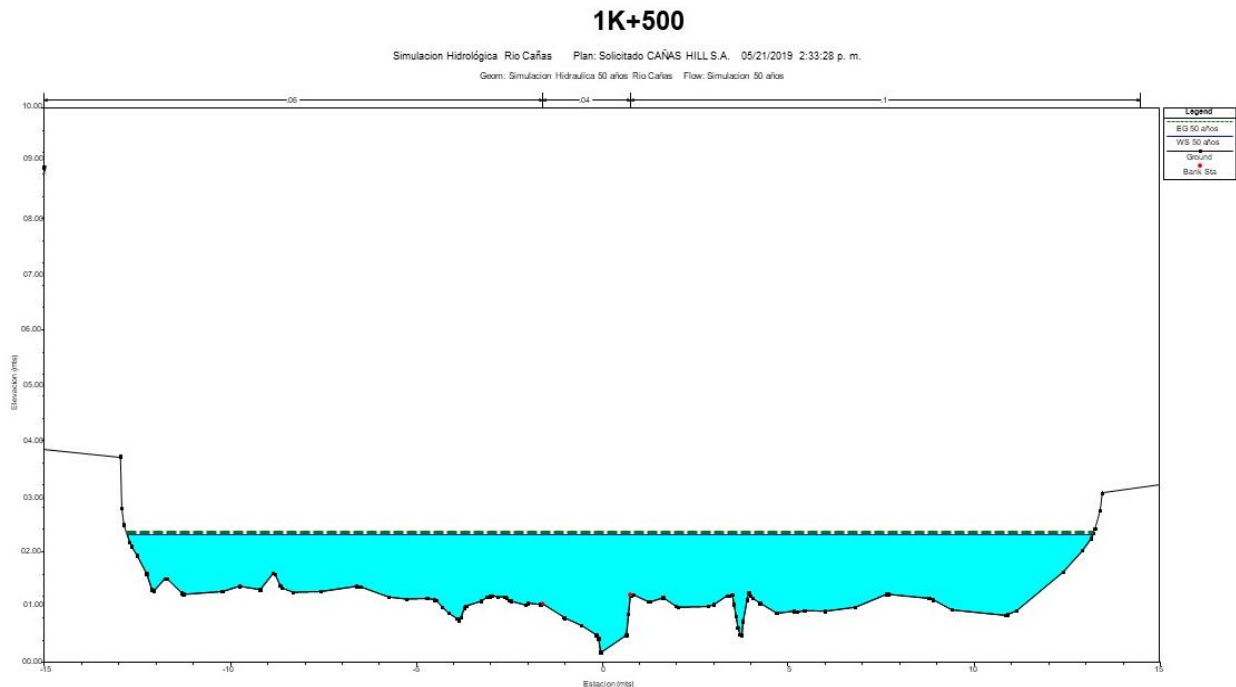


Imagen N°39: Sección 1K+500

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

561

4.2.4.2 Cálculos del NAME de acuerdo a la simulación Hidrológica & Hidráulica

$$A = \frac{b_1 + b_2}{2} (H)$$

$$PM = b_1 + 2 * \sqrt{(x)^2 + (y)^2}$$

$$RH = A / PM$$

$$QD = C * A * \sqrt{Rh * S}$$

En donde

A = Área de figura trapezoidal observada en campo

PM = Perímetro Mojado de la figura trapezoidal

RH = Radio Hidráulico de la Figura Trapezoidal

QD = Caudal de Diseño m³ / s

$$C = RH^{0.16} / N$$

S = Pendiente de Diseño del cauce o pendiente natural del cauce

N = Coeficiente de Rugosidad de Manning (**0.025**), para Canales en tierra revestidos con vegetación.

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

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

Para Resolver RH= Área / Perímetro Mojado

$$326.11 = \frac{1}{0.025} \left(\frac{1.5Yn^2 + 3Yn}{2Yn \cdot \sqrt{3.55+3}} \right)^{2/3} \sqrt{0.0108x} \cdot (1.5Yn^2 + 2Yn)$$

$$y = 2.54$$

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

562

Ver Simulación Hidrológica e Hidráulica

Estación 0K +000.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 15.22+ 2.54= 17.76

Nivel de Terracería = NAME + 1.50

N.T = 17.76+1.50 = 19.26 m

N.T Recomendado = 19.30 m

Estación 0K +050.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 14.11 + 2.54= 16.65

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 16.65+1.50 = 18.15

N.T Recomendado = 18.20 m

Estación 0K +100.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 13.08+ 2.54= 15.62

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 15.62+1.50 = 17.12 m

N.T Recomendado = 17.15

Estación 0K +150.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 13.00+ 2.54= 15.54

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 15.54+1.50 = 17.04

N.T Recomendado = 17..05

Estación 0K +200.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 12.08+2.54=14.62

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 14.62+1.50 = 16.12

N.T Recomendado = 16.15

Estación 0K +250.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 12.00+ 2.54 = 14.54

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 14.54+1.50 = 16.04

N.T Recomendado = 16.05

Estación 0K +300.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 11.10+2.54 =13.64

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 13.64+1.50 = 15.14

N.T Recomendado = 15.15

Estación 0K +350.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 11.05+2.54 =

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 13.59+1.50 = 15.09

N.T Recomendado = 15.10

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

563

Estación 0K +400.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 10.02 + 2.54 = 12.56$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 12.56 + 1.50 = 14.06$$

$$\text{N.T Recomendado} = 14.10$$

Estación 0K +450.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 09.05 + 2.54 = 11.59$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 11.59 + 1.50 = 13.09$$

$$\text{N.T Recomendado} = 13.10$$

Estación 0K +500.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 08.98 + 2.54 = 11.52$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 11.52 + 1.50 = 13.02$$

$$\text{N.T Recomendado} = 13.05$$

Estación 0K +550.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 08.95 + 2.54 = 11.49$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 11.49 + 1.50 = 12.99$$

$$\text{N.T Recomendado} = 13.00$$

Estación 0K +600.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 08.10 + 2.54 = 10.64$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 10.64 + 1.50 = 12.14$$

$$\text{N.T Recomendado} = 12.15$$

Estación 0K +650.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 08.00 + 2.54 = 10.54$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 10.54 + 1.50 = 12.04$$

$$\text{N.T Recomendado} = 12.05$$

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

564

Estación 0K +700.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 07.09+2.54 = 09.63

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 09.63 +1.50 = 11.13

N.T Recomendado = 11.15

Estación 0K +750.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 06.80 + 2.54 = 09.34

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 09.34+1.50 = 10.84

N.T Recomendado = 10.90

Estacion 0K +800.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 06.50+ 2.54= 09.04

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 09.54+1.50 = 10.54

N.T Recomendado = 10.60

Estación 0K +850.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 06.40+2.54 = 08.94

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 08.54+1.50 = 10.44

N.T Recomendado = 10.50

Estación 0K +900.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 05.90+2.54 = 08.54

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 08.54 +1.50 = 09.94

N.T Recomendado = 10.00

Estación 0K +950.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 05.50+ 2.54 = 08.08

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 08.08+1.50 = 09.58

N.T Recomendado = 09.70

Estación 1K +000.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 02.90+2.54 =05.44

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 05.44+1.50 = 06.94

N.T Recomendado = 07.00

Estación 1K +050.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 02.50+2.54 = 05.04

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 05.04+1.50 = 06.54

N.T Recomendado = 06.60

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

565

Estación 1K +100.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 02.15 + 2.54 = 04.69$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 04.69 + 1.50 = 06.19$$

$$\text{N.T Recomendado} = 06.25$$

Estación 1K +150.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 02.10 + 2.54 = 04.64$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 04.64 + 1.50 = 06.14$$

$$\text{N.T Recomendado} = 06.20$$

Estación 1K +200.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 02.00 + 2.54 = 04.54$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 04.54 + 1.50 = 06.04$$

$$\text{N.T Recomendado} = 06.10$$

Estación 1K +250.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 01.95 + 2.54 = 04.49$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 04.49 + 1.50 = 05.99$$

$$\text{N.T Recomendado} = 06.05$$

Estación 1K +300.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 01.80 + 2.54 = 04.34$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 04.34 + 1.50 = 05.84$$

$$\text{N.T Recomendado} = 05.90$$

Estación 1K +350.00

$$\text{NAME} = \text{E.FDO} + Y_n$$

$$\text{NAME} = 01.60 + 2.54 = 04.14$$

$$\text{Nivel de Terracería} = \text{NAME} + 1.50$$

$$\text{N.T} = 04.14 + 1.50 = 05.64$$

$$\text{N.T Recomendado} = 5.80$$

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

566

Estación 1K +400.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 01.40+2.54= 03.94

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 03.94 +1.50 = 05.44

N.T Recomendado = 05.50

Estación 1K +450.00

NAME = E.FDO +Yn

NAME= 01.30+2.54 = 03.84

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 03.84+1.50 = 05.34

N.T Recomendado = 05.40

Estación 1K +500.00

NAME = E.FDO +Yn

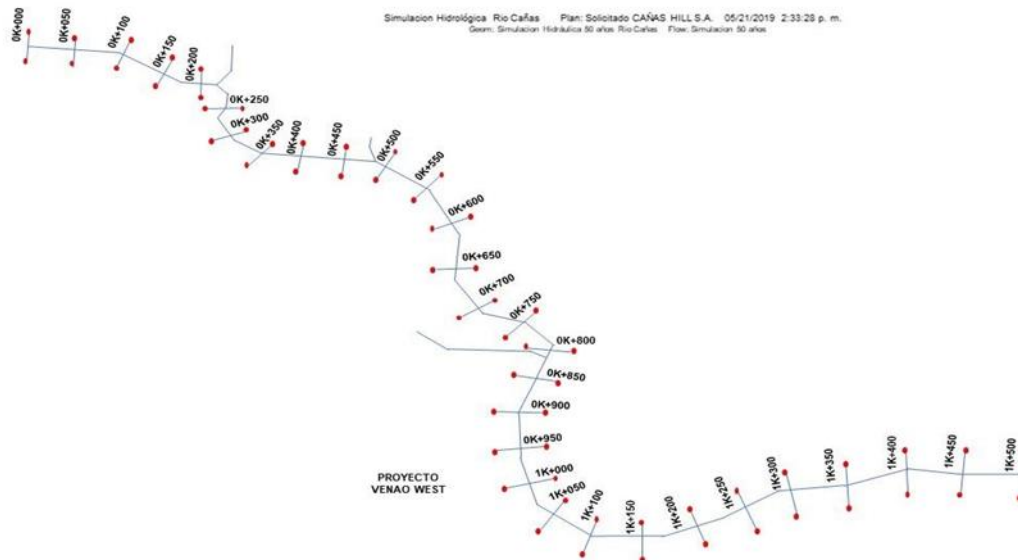
NAME= 01.20+2.54 = 03.74

Nivel de Terracería = NAME +1.50

N.T = 03.74+1.50 = 05.24

N.T Recomendado = 05.30

Vista de Planta



REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

567

Resultados Arrojos por el Software HEC-RAS

HEC-RAS-RIO CAÑAS- VENAO WEST

Proyecto Venao West Secciones Determinadas
Niveles de Terracería Seguros 2:33:28 p. m.

Plan: Proyecto Rio Cañas

05/21/2098 Geom:Rio Cañas 50 Años Flow:

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev	W.S. Elev	Vel Head	Frch Loss	Q Chanel	Top Width	Name
Rio Cañas	0K+000	50 años	15.22	15.24	3.5	0.00	326.11	20.00	19.30
Rio Cañas	0K+050	50 años	14.11	14.08	3.5	0.00	326.11	19.04	18.20
Rio Cañas	0K+100	50 años	13.08	13.07	3.5	0.00	326.11	18.00	17.15
Rio Cañas	0K+150	50 años	13.00	13.02	3.5	0.00	326.11	17.50	17.05
Rio Cañas	0K+200	50 años	12.08	12.01	3.5	0.00	326.11	17.00	16.15
Rio Cañas	0K+250	50 años	12.00	12.00	3.5	0.00	326.11	17.00	16.05
Rio Cañas	0K+300	50 años	11.10	11.09	3.5	0.00	326.11	16.00	15.15
Rio Cañas	0K+350	50 años	11.05	11.02	3.5	0.00	326.11	16.00	15.10
Rio Cañas	0K+400	50 años	10.02	10.01	3.5	0.00	326.11	16.00	14.10
Rio Cañas	0K+450	50 años	9.05	9.06	3.5	0.00	326.11	15.00	13.10
Rio Cañas	0K+500	50 años	8.98	8.99	3.5	0.00	326.11	15.00	13.05
Rio Cañas	0K+550	50 años	8.95	8.95	3.5	0.00	326.11	14.00	13.00
Rio Cañas	0K+600	50 años	8.10	8.09	3.5	0.00	326.11	14.00	12.15
Rio Cañas	0K+650	50 años	8.00	8.00	3.5	0.00	326.11	14.00	12.05
Rio Cañas	0K+700	50 años	7.09	7.08	3.5	0.00	326.11	14.00	11.15
Rio Cañas	0K+750	50 años	6.80	6.82	3.5	0.00	326.11	13.00	10.90
Rio Cañas	0K+800	50 años	6.50	6.51	3.5	0.00	326.11	13.00	10.60
Rio Cañas	0K+850	50 años	6.40	6.39	3.5	0.00	326.11	13.00	10.50
Rio Cañas	0K+900	50 años	5.90	5.90	3.5	0.00	326.11	12.00	10.00
Rio Cañas	0K+950	50 años	5.50	5.51	3.5	0.00	326.11	11.00	9.70
Rio Cañas	1K+000	50 años	2.90	2.90	3.5	0.00	326.11	8.00	7.00
Rio Cañas	1K+050	50 años	2.50	2.50	3.5	0.00	326.11	7.00	6.60
Rio Cañas	1K+100	50 años	2.15	2.15	3.5	0.00	326.11	7.00	6.25
Rio Cañas	1K+150	50 años	2.10	2.10	3.5	0.00	326.11	6.50	6.20
Rio Cañas	1K+200	50 años	2.00	2.00	3.5	0.00	326.11	6.50	6.10
Rio Cañas	1K+250	50 años	1.95	1.95	3.5	0.00	326.11	6.50	6.05
Rio Cañas	1K+300	50 años	1.80	1.80	3.5	0.00	326.11	6.00	5.90
Rio Cañas	1K+350	50 años	1.60	1.60	3.5	0.00	326.11	6.00	5.80
Rio Cañas	1K+400	50 años	1.40	1.40	3.5	0.00	326.11	6.00	5.50
Rio Cañas	1K+450	50 años	1.30	1.30	3.5	0.00	326.11	6.00	5.40
Rio Cañas	1K+500	50 años	1.20	1.20	3.5	0.00	326.11	6.00	5.30

5.0 Balance Hídrico

El balance hídrico de la Cuenca N°126, Subcuenca del Rio Cañas, se utilizó el método de Thornwhite, empleando los datos de lluvia y evaporación a nivel mensual de la estación de la Cuenca.

Para el cálculo del Balance Hídrico, se utilizaron las siguientes formulas; Se partió de la ecuación de continuidad, expresada como:

$$\Delta V = E - S = \frac{dV}{dt}$$

Donde la variación de volumen **V** en el tiempo, es función del volumen entrante **E** menos el volumen **S** que sale del sistema (Sistema Hidrológico, Cuenca), o lo que es lo mismo, la variación del volumen es igual a las entradas menos las salidas, para un intervalo de tiempo específico. La ecuación de balance de las aguas superficial, tomando como unidad de análisis y plano de referencia, se plante como **(Aparicio et al., 2006)**

$$\Delta V = (V_{ll} + Rt + B + V_{man}) - (Et + In + Inter + Uc + f + A_b)$$

donde

ΔV Cambio de almacenamiento, en el supuesto de que en la cuenca existen cuerpos de agua como embalses, lagos, lagunas, etc.

V_{ll} Volumen de lluvia en la cuenca

Rt Retornos de agua desde los diversos usos

B Extracciones por bombeo de los acuíferos

V_{man} Volumen aportado por los manantiales

Et Evapotranspiración

In Infiltración de la lluvia hacia las capas profundas del suelo

$Inter$ Intercepción de lluvia por la vegetación

Uc Usos (consuntivos o no) del agua, equivalente a la demanda

f Pérdidas por fugas, particularmente en los sistemas municipales.

A_b Volumen de escurrimiento aguas abajo, a la salida de la cuenca

Índice de Disponibilidad Relativa (IDR)

$$IDR = \frac{Cp + Ar}{Uc + Vc + CA}$$

Donde

- ✓ Cp = es el escurrimiento natural o “virgen” por cuenta propia, es decir, el volumen que fluye en los cauces, después de descontar a la lluvia los demás componentes del ciclo hidrológico (infiltración, evapotranspiración, manantiales, aguas subterráneas, exportaciones, etc..
- ✓ Ar = volumen que ingresa a la cuenca desde otra cuenca aguas arriba; en este caso, no existe.
- ✓ Uc = demanda neta (usos consuntivos + usos no consuntivos - retornos).
- ✓ Vc = volumen comprometido para usarse en una cuenca aguas abajo.
- ✓ CA = caudal ambiental de la cuenca.

5.1 Datos de Entrada para el Balance Hídrico para la Subcuenca del Rio Cañas

Las Subcuenca del rio Caña tiene un área de drenaje hasta el sitio donde se realizó este estudio **44.85 Km²**. La primera data de estrada para realizar el balance hídrico es la estimación de lluvia. Para esto, hemos considerado el uso de las estaciones, **Valle Rico 126-010, Rio Cañas 126-005, La Miel 126-012 y Pedasí 126-005.**, las cuales tiene una data robusta y recogen toda la información de la Cuenca N°126 y principalmente de la Subcuenca del rio Caña.

					GEOGRAFICAS		
NUMERO	NOMBRE	TIPO	PARAMETRO	PROVINCIA	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
126-005	PEDASI	BC	Total de Lluvia	LOS SANTOS	07° 31' 37''	80° 01' 25''	47
126-012	LA MIEL	CC	Total de Lluvia	LOS SANTOS	07° 33' 00''	80° 20' 00''	220
126-015	CAÑAS	CC	Total de Lluvia	LOS SANTOS	07° 26' 55''	80° 15' 46''	8
126-010	VALLERIC	BC	Total de Lluvia	LOS SANTOS	07° 37' 23''	80° 21' 11''	173

Cuadro N°18: Estaciones Utilizadas para el Balance Hídrico Subcuenca del Rio Cañas. Por ETESA 2019

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.	570
---	--	---	-----

NUMERO	NOMBRE	LLUVIA EN MILIMETROS			PROPORCION %		
		SECO	LLUVIOSO	TOTAL	SECO	LLUVIOSO	TOTAL
126-005	PEDASI	37.60	1526.8	1,564.40	2.40	97.60	100.00
126-012	LA MIEL	54.40	1,732.50	1,786.90	3.04	96.96	100.00
126-015	CAÑAS	36.20	1,685.40	1,721.60	2.10	97.90	100.00
126-010	VALLE RICO	74.30	1,664.50	1,738.80	4.27	95.73	100.00
		50.63	1,652.30	1,702.93	2.97	97.03	100.00

Cuadro N°19: Valores de las lluvias en milímetros por temporada y su proporción.
LANDSTAR-ETESA -2019

NUMERO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
126-005	9.4	0.9	4.3	23	139.6	213.4	246	249.5	203.2	193.3	200.9	80.9	1564
126-012	8.4	3.7	5.5	36.8	177	206.8	207.2	237.5	262	337.8	228.3	75.9	1787
126-015	4.8	3.2	2.8	25.4	192.8	237.1	229.2	255.2	220.4	254.1	212.2	84.4	1722
126-010	16.6	2.5	15.2	40	176.4	206.5	160.8	210.3	246.6	325.6	250.2	88.1	1739
MEDIA	10	3	7	31	171	216	211	238	233	278	223	82	1703
%	0.58	0.15	0.41	1.84	10.07	12.68	12.38	13.98	13.69	16.31	13.09	4.83	100.00
POR ÉPOCA				51									1652

Cuadro N°20: Precipitación Anual y por Temporada en la Subcuenca del rio Cañas, en milímetros y la media de las estaciones utilizadas en este estudio (Fuente: ETESA-2019). Elaboración Landstar 2019

LLUVIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
m	0.010	0.003	0.007	0.031	0.171	0.216	0.211	0.238	0.233	0.278	0.223	0.082	2
hm³	0.44	0.12	0.31	1	8	10	9	11	10	12	10	4	76

Cuadro N°21: Láminas y volúmenes de lluvia mensual y anual estimados para la Subcuenca del rio Cañas, en hm³.

A continuación, presentamos los componentes Hidrológicos de la Subcuenca del rio Pocri hasta el sitio toma.

SUPERFICIE subcuenca rio Caña km² (ETESA): 44.85													
PROPORCION	CONCEPTO	MESES SECOS				MESES HUMEDOS							
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	LAMINA MENSUAL DE LLUVIA, METROS	0.010	0.003	0.007	0.031	0.171	0.216	0.211	0.238	0.233	0.278	0.223	0.082
1.00	LLUVIA	0.440	0.115	0.312	1.404	7.690	9.685	9.454	10.680	10.452	12.455	9.997	3.692
0.03	INTERCEPCIÓN POR VEGETACIÓN	0.013	0.003	0.009	0.042	0.231	0.291	0.284	0.320	0.314	0.374	0.300	0.111
0.05	INFILTRACION SOMERA	0.022	0.000	0.016	0.070	0.384	0.484	0.473	0.534	0.523	0.623	0.500	0.185
0.04	INFILTRACION PROFUNDA	0.018	0.000	0.012	0.056	0.308	0.387	0.378	0.427	0.418	0.498	0.400	0.148
0.55	EVAPOTRANSPIRACIÓN	0.242	0.064	0.171	0.772	4.229	5.327	5.200	5.874	5.749	6.850	5.498	2.031
0.00	IMPORTACION (TRASVASE)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	BOMBEO DEL ACUÍFERO	0.022	0.000	0.016	0.070	0.384	0.484	0.473	0.534	0.523	0.623	0.500	0.185
0.01	MANANTIALES	0.004	0.000	0.003	0.014	0.077	0.097	0.095	0.107	0.105	0.125	0.100	0.037
0.33	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL: REMANENTE	0.171	0.048	0.122	0.547	2.999	3.777	3.687	4.165	4.076	4.857	3.899	1.440
1.00	DISPONIBILIDAD: PROPORCION DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL REMANENTE	0	0	0	1	3	4	4	4	4	5	4	1

Cuadro N°22: Resumen mensual y anual de los conceptos más importantes del ciclo hidrológico para la Subcuenca del rio Cañas hasta el Sitio donde se realizarán los trabajos de adecuación del cauce y protección del talud.

5.2 Balance Hídrico de la Subcuenca del Rio Cañas

SUBCUENCA DEL RIO CAÑA HASTA EL SITIO DEL PROYECTO (SUBCUENCA DEL RIO CAÑA)
BALANCE ENTRE OFERTA Y DEMANDA MENSUAL, EN HECTÓMETROS CÚBICOS

CONCEPTO	MESES SECOS				MESES HUMEDOS								TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
ENTRADAS													
LLUVIA EN LA SUBCUENCA	0.44	0.12	0.31	1.40	7.69	9.69	9.45	10.68	10.45	12.45	10.00	3.69	76
RETORNOS	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	25
BOMBEO	0.02	0.00	0.02	0.07	0.38	0.48	0.47	0.53	0.52	0.62	0.50	0.18	4
MANANTIALES	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.10	0.09	0.11	0.10	0.12	0.10	0.04	1
IMPORTACION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
SUMA	3	2	2	4	10	12	12	13	13	15	13	6	106
SALIDAS													
EVAPOTRANSPIRACION	0.24	0.06	0.17	0.77	4.23	5.33	5.20	5.87	5.75	6.85	5.50	2.03	42
INFILTRACION SOMERA	0.02	0.00	0.02	0.07	0.38	0.48	0.47	0.53	0.52	0.62	0.50	0.18	4
INFILTRACION PROFUNDA	0.02	0.00	0.01	0.06	0.31	0.39	0.38	0.43	0.42	0.50	0.40	0.15	3
INTERCEPCION	0.01	0.00	0.01	0.04	0.23	0.29	0.28	0.32	0.31	0.37	0.30	0.11	2
SUMA	0.29	0.07	0.21	1	5	6	6	7	7	8	7	2	51
CONCESIONES MIAMBIENTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7
IDAAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fugas sistemas urbanos (30%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
MIDA PECUARIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00
MIDA AGRICOLA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	1.20
MINSA	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	2.40
OTROS USOS: DISPERSOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
EXPORTACION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUMA	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	22.57
SUMA	2.28	2.05	2.19	2.92	7.13	8.47	8.32	9.14	8.98	10.33	8.68	4.45	75
USO AMBIENTAL	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	2
SUMA TOTAL DEMANDA	2.47	2.24	2.38	3.11	7.32	8.66	8.51	9.33	9.18	10.52	8.87	4.65	77
BALANCE	0.10	-0.02	0.05	0.48	2.93	3.7	3.6	4.1	4.0	4.8	3.8	1.4	29
DISPONIBILIDAD RELATIVA %	104.03	98.94	102.08	115.27	139.96	142.8	142.5	143.9	143.6	145.5	143.1	129.4	137.45

Ab = (Vol lluvia + Retornos + Bombeo + Manantiales) - (Evapotranspiración + Infiltración somera + Infiltración profunda + Intercepción + Usos demanda + Uso ambiental + Fugas)

Cuadro N°23: Balance Hídrico de la Subcuenca del Rio Cañas hasta el área del Proyecto. -2019

OFERTA POTENCIAL	2.37	2.25	2.32	2.75	5.20	5.98	5.89	6.37	6.28	7.06	6.10	3.64	53.79
DEMANDA TOTAL	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	24.87
CONCEPTO	MESES SECOS				MESES HUMEDOS								TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
INDICE DE DISPONIBILIDAD	0.24	0.07	0.17	0.78	4.25	5.35	5.22	5.90	5.77	6.88	5.52	2.04	3.52

Cuadro N°24: Índice de Disponibilidad Hídrica, en Hectómetros Cúbicos, Subcuenca del Rio Cañas hasta el sitio del Proyecto-2019

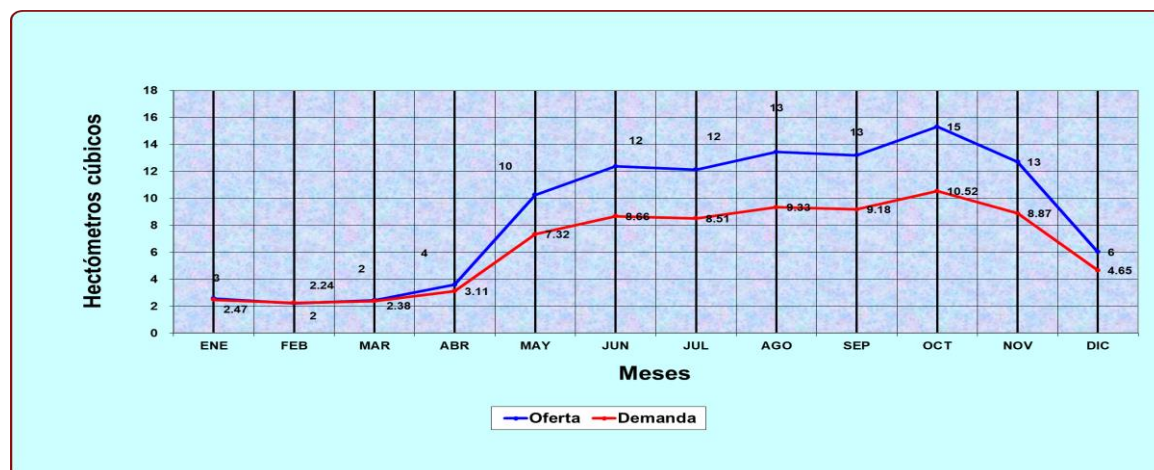


Gráfico N°48: Oferta y Demanda en Hectómetros Cúbicos de la Subcuenca del Rio Cañas.

En complemento, se tiene que la oferta potencial de agua equivale a la suma del escurrimiento total a la salida de la Subcuenca del Rio Cañas, más los usos demandados (concesionados o registrados), más el volumen ambiental, más las fugas en el sistema, si las hay. Así, para este caso, la oferta potencial (la aproximación es por los decimales): **Oferta potencial = 53.79 hm³**

De acuerdo con esto, entonces la Subcuenca del rio Cañas está en situación de disponibilidad, (Temporada Húmeda) con capacidad para el otorgamiento de Concesiones para uso en actividades industriales; si las lluvias disminuyen, cosa, aunque poco probable, perfectamente posible, como una consecuencia directa del cambio y/o variación climática, la Subcuenca aún tiene capacidad para absorber esos cambios, aunque es probable que en los meses secos pueda haber algún ligero déficit.

Sin embargo, en la época seca la Subcuenca está en déficit los meses de enero a abril.

6.0 Sedimentación

6.0.1 Introducción

Los sedimentos son partículas sólidas o materiales fragmentarios inorgánicos resultantes de los procesos de erosión del suelo, del fondo y de las márgenes de los ríos y quebradas.

Las partículas de suelos son removidas constantemente de la superficie de la tierra, transportadas y depositadas por la escorrentía superficial hacia las zonas bajas de las cuencas como: la base de las pendientes de terrenos, depresiones y planicies de inundación. Finalmente, son transportadas por los ríos aguas abajo hasta que se depositan en cuerpos de agua como embalses, estuarios u océanos.

De acuerdo al modo de transporte en los ríos y quebradas los sedimentos se clasifican en: **sedimentos suspendidos y sedimentos de fondo**, cada uno con su propia instrumentación y metodología de medición y cálculo. Los sedimentos suspendidos están constituidos principalmente por limos y arcillas y se refieren al material que está en suspensión en el flujo; mientras que los sedimentos de fondo son el material más grueso (arenas y gravas) que se mueve por rodamiento o

deslizamiento cerca del fondo. Un método alternativo para determinar los sedimentos de fondo es estimarlos como un porcentaje de la carga de sedimentos suspendidos.

La erosión de los suelos, el transporte de sedimentos por los ríos y, finalmente, la sedimentación de cuerpos de agua son procesos naturales que ocurren en una cuenca. Estos procesos se ven afectados por muchos factores ambientales interrelacionados, tales como: cantidad, distribución e intensidad de la precipitación; área y densidad del drenaje; características de los suelos; cobertura vegetal; pendiente del terreno y de los cauces, etc...

6.1 Cálculo de Sedimentos en la Subcuenca del río Cañas.

6.1.1 Metodología para el Cálculo de sedimentos

Para este estudio se ha seleccionado la **Estación 124-01-03** con un área de Drenaje de **671 Kilómetros Cuadrados**, ubicada en la cuenca vecina cercana al sitio de análisis, la cual se localiza sobre el río Tonosi, y la misma cuenta con datos desde 1999 - 2018. Los datos de esta estación fueron utilizados para los cálculos de sedimentos en el río Cañas. Objeto de este estudio.

En ríos de montaña con fuertes pendientes se ha llegado a determinar que la relación entre el material de fondo y el suspendido es de 1.1^4 . Las pequeñas cuencas en el área que nos ocupa se caracterizan principalmente por las elevadas pendientes de sus suelos, pronunciados desniveles y hondos valles, por lo tanto, son vulnerables frente a procesos de erosión y sedimentación y tienen una alta capacidad de transporte de sedimentos de fondo. Las pequeñas quebradas en este estudio poseen una gran velocidad de escurrimiento, dándoles un aspecto torrencioso, y corren a través de suelos limosos. La alta capacidad de transporte de sedimentos de fondo es alimentada por los procesos erosivos que pueden presentarse en el fondo del cauce y contra los taludes. De llegar a producirse deslizamiento de los taludes existe el riesgo de que se formen presas naturales en el cauce, que al romperse se generan avalanchas. En nuestro medio no se dispone de mediciones de arrastre de fondo, por lo tanto, para tener un orden de magnitud

del volumen total acumulado en un periodo determinado, según cada caso, se requiere conocer el peso específico del material y utilizar, como primera aproximación, la relación antes mencionada, de **1.1**

Tratándose de sedimentos, si se toman diferentes métodos de medición, en diferentes épocas del año y con la gama de fórmulas que existen, los resultados mostrarán una alta variabilidad en los resultados, y más aún en la Subcuenca del río Caña que posee pendientes fuertes desde su nacimiento, en donde no existen mediciones directas. Por esta razón, se recurre a información secundaria de cuencas con tipo de suelo similar de estudios previos.

Estación Base	Área de Drenaje Km ²	Caudal Liquido Promedio m ³ /s	Caudal Unitario solido Suspendido Anual (ton/año/Km ²)	Caudal Solido Suspendido (ton/año)
Estación N° 124-01-03	671	9.29	940.00	630,740.00
Rio Cañas, Sitio del Proyecto	44.85	0.53	62.83	2,817.92

Cuadro N°25: Sedimentos Calculados para el Rio Cañas hasta el Sitio del Proyecto. -2019



Foto N°6: Sedimentos en el Cauce del rio Cañas

7.0 Conclusiones y Recomendaciones

A. Conclusiones

I. Aspectos Hidrológicos

1. Se evaluaron en este estudio todos los parámetros hidrológicos de la Cuenca N°126 y la Subcuenca del Rio Cañas.
2. Se hizo un análisis de la climatología de la Subcuenca del Rio Cañas, determinando el comportamiento del clima; en particular del régimen de lluvias de la zona y los niveles de escorrentía superficial. Se analizó la Data histórica mensual y diaria de las Estaciones Meteorológicas s **Rio Cañas 126-005, La Miel 126-012 y Pedasí 126-005** entre otras, operadas por la Empresa de Transmisión Eléctrica (Etesa).
3. Se cálculo a nivel quincenal el comportamiento de las lluvias dentro de la subcuenca por la metodología Gumbel Tipo I.
4. Se calcularos los caudales (máximos, mínimos y promedios) del rio Cañas a nivel mensual y diario, hasta el sitio colindante del rio Con el Proyecto Venao West Primera Fase. (Se cálculo la curva de duración y frecuencia de caudales diaria)
5. Se realizó una Simulación Hidrológica & Hidráulica del Rio Cañas hasta el Sitio colindante del rio cañas con el Proyecto Venao West Primera Fase, con periodo de retorno de **1: 50 años**, en Condiciones existente, utilizado un programa computacional denominado **HEC-RAS**, con secciones transversales a cada 50 metros.
6. Se procedió a realizar el balance hídrico de la subcuenca del rio Cañas hasta el sitio colindante del rio cañas con el Proyecto Venao West Primera Fase, con el fin de conocer la disponibilidad del recurso hídrico para todos los meses.
7. Se cálculo el nivel de sedimento suspendido en toneladas / año hasta el sitio colindante con el Proyecto Venao West Primera Fase.

REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

576

B. Recomendaciones

- Se recomienda realizar una obra de protección del talud con la Propiedad donde se ubica el Proyecto Venao West primera Fase como medida de prevención ante el incremento súbito del río cañas en temporada lluviosa.
- Toda obra a realizar debe ser aprobada por el Ministerio de Obras Publicas en el fiel cumplimiento de todas las normas.
- Se recomienda el fiel cumplimiento de las normas y leyes existentes, del Ministerio de Obras Publicas en cuanto a Diseño y Construcción de obras en Cauce y Protección de Talud.

MSc. Ing. Eberto E. Anguizola M.
Consultor Ambiental
IRC-015-2007



RODOLFO NAVAS LASSO
Ingeniero Civil
2014-006-219

EBERTO E. ANGUIZOLA MONTENEGRO CONSULTOR AMBIENTAL IRC-015-2007
FIRMA
Ministerio de Ambiente Decreto 123 del 14 de Agosto 2009

RODOLFO NAVAS LASSO INGENIERO CIVIL Licencia N° 2014-006-219
FIRMA
Ley 15 del 26 de Enero de 1959 Junta Técnico de Ingeniería y Arquitectura


REALIZADO POR: LANDSTAR CONSULTORIA & INSPECCION	ESTUDIO HIDROLÓGICO & HIDRÁULICO DEL RIO CAÑAS, COLINDANTE CON EL PROYECTO VENAO WEST PRIMERA FASE, UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAS DEISTRITO DE TONOSI, PROVINCIA DE LOS SANTOS	SOLICITADO POR: CAÑAS HILLS S.A.
---	--	---

577

Yo, licenciado **JACOB CARRERA SPOONER**, Notario Público Primero Del Circuito de Chiriquí, con cedula de identidad personal número **4-703-1164**. **-CERTIFICO:** Que la(s) firma(s) de **EBERTO VERARDO ANGUIZOLA MONTENEGRO con cedula número 4-142-1094 Y RODOLFO NAVAS LASSO con cedula 2-710-916** Que aparecen en este documento a nuestro parecer son iguales (s) porque ha (n) sido cotejada (s) contra la fotocopia de la cedula de identidad personal. De lo cual doy fe, junto a los testigos que suscriben. David 25 de Octubre de 2019-----


Lic. Jacob Carrera Spooner
Notario Público Primero






8.0 Bibliografía

- ✓ Atlas nacional de la República de Panamá (1990). publicado por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia.
- ✓ Mapa Hidrogeológico de Panamá. publicado por la empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (1999)
- ✓ Datos de la dirección de estadística y censo de la contraloría general de la República de Panamá
- ✓ Chow, V. T., D. R. Maidment y L. W. Mays, 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill Publishing Co., New York.
- ✓ Chow, V. T., 1994. Hidráulica de Canales Abiertos. McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- ✓ González, Diego A., 2008, Análisis de Crecidas Máximas en Panamá, ETESA, Panamá.
- ✓ USACE, 2008, HEC-RAS 4.0 River Analysis System User's Manual. Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.
- ✓ USACE, 2008, HEC-RAS 4.0 River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.
- ✓ Manual de Aprobación de Planos. Ministerio de Obras Públicas, 2002. Actualizado-2013.
- ✓ Ministerio de Comercio e Industrias, Dirección General de Recursos Minerales.; Mapa Geológico de La República de Panamá. Escala 1: 250,000 y 1: 500,000.
- ✓ Struckmeier F.; Margat J.; Hydrogeological Maps a Guide and a Standard Legend; Internacional Contributions to Hydrogeology Founded by G. Castany, E. Groba, E. Romijn.
- ✓ UNESCO.; Primer Taller Sobre el Mapa Hidrogeológico del Istmo Centroamericano y México, 1988
- ✓ Weyl, R.; Geology of Central América, Berlin, Gebruder Borntraeger, 1980.