

MUNICIPALIDAD DE SAN SALVADOR DE JUJUY

PASEO XIBI XIBI

Estudio Hidrológico



Ubicación
San Salvador de Jujuy - Jujuy

OCTUBRE DE 2.016

ÍNDICE

ESTUDIO HIDROLÓGICO.	Pag. 2
1.- Objeto.	Pag. 3
2.- Ubicación y Ambiente Físico.	Pag. 3
a. Clima.	
b. Geología.	
c. Geomorfología.	
d. Suelos.	
e. Vegetación.	
3.- Delimitación de la cuenca. Superficie.	Pag. 8
4.- Descripción general de la cuenca.	Pág. 9
a. Cuenca Alta.	
b. Cuenca Media.	
c. Cuenca Baja.	
5.- Caracterización hidrológica de la cuenca.	Pág. 10
a. Área total de la cuenca.	
b. Perímetro total de la cuenca.	
c. Longitud total de la cuenca.	
d. Forma de la cuenca.	
6.- Descripción de las tormentas.	Pág. 10
7.- Determinación del tiempo de concentración.	Pág. 11
8.- Determinación de períodos de retorno.	Pág. 11
9.- Curvas IDF utilizadas.	Pág. 12
a. Datos considerados.	
b. Análisis estadístico de la información.	
c. Cálculo de las curvas IDF.	
d. Consolidación de la información.	
10.- Determinación de las intensidades de diseño.	Pág. 13
11.- Validación de las intensidades de diseño.	Pág. 14
12.- Determinación de caudales.	Pág. 15
a. Determinación del coeficiente de escurrimiento C.	
b. Determinación de caudales para cada período de retorno.	
13.- Verificación hidráulica en condiciones sin intervención.	Pág. 16
a. Caracterización del río.	
b. Análisis hidráulico preliminar.	
c. Conclusiones del análisis hidráulico preliminar.	
14.- Antecedentes.	Pág. 18
ANEXOS.	Pag. 19
- Plano: Cuenca sobre carta topográfica.	Pág. 21
- Plano: Cuenca del Río Xibi Xibi.	Pág. 22
- Plano: Uso del suelo.	Pág. 23
- Plano: Ubicación de secciones transversales.	Pág. 24
- Planillas, perfil longitudinal y secciones transversales para Tr= 50 años.	Pág. 25
- Planillas, perfil longitudinal y secciones transversales para Tr=100 años.	Pág. 34

***ESTUDIO HIDROLÓGICO Y
VERIFICACIÓN HIDRÁULICA***

RÍO XIBI XIBI

ESTUDIO HIDROLÓGICO

1.- OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO.

El objeto de este estudio es determinar los caudales de cálculo a considerar en la verificación hidráulica del cauce del Río Xibi Xibi en el estado actual y en el diseño de las obras necesarias para proteger las terrazas existentes en el tramo amurallado del río, ubicado en la zona urbana de San Salvador de Jujuy. En ese tramo, que se extiende por aproximadamente tres kilómetros desde el puente Patricias Argentinas hasta su desembocadura en el Río Grande, se desarrollará un parque lineal en el marco del proyecto denominado Paseo Xibi Xibi.

2.- UBICACIÓN Y AMBIENTE FÍSICO.

El parque lineal del Paseo Xibi Xibi se ubica en San Salvador de Jujuy, departamento Gral. Belgrano, provincia de Jujuy, a una altura de aproximadamente 1259 m.s.n.m.. Tomando como baricentro el puente Gorriti, se ubica en las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 24°11'22.00" Sur.

Longitud: 65°17'55.50" Oeste.

a. CLIMA.

El régimen térmico y el clima de la provincia de Jujuy están en gran parte determinados por el relieve, la ubicación geográfica y la altitud.

De acuerdo a la clasificación de la escala decimal de KNOCHE, en base a las temperaturas medias mensuales de cada zona, en la provincia de Jujuy tenemos:

Región.	Primavera.	Verano.	Otoño.	Invierno.
Puna.	Fresco Suave.	Fresco Suave.	Fresco.	Frío.
Quebrada.	Fresco Suave.	Fresco Suave.	Fresco Suave.	Fresco.
Valle.	Templado.	Cálido Moderado.	Fresco Suave.	Fresco Suave.
Ramal.	Cálido Moderado.	Cálido	Cálido Moderado.	Templado.

La ciudad de San Salvador de Jujuy está situada dentro de la región bioclimática Valle.

Vientos.

El régimen de los vientos en la provincia de Jujuy está sujeto a grandes variaciones locales, ya que la circulación se ve fuertemente encausada por el relieve.

Predominan, los vientos locales denominados “Brisas del Valle y Montaña”, en donde se produce un intercambio estacional de masas de aire. En horas cálidas diurnas se genera un ascenso hacia la montaña y por la noche un descenso de aire fresco por mayor densidad.

Otro viento tipo local, pero de distinto origen, es el llamado “Viento Norte”, que ocurre en los meses otoño-invernales por el denominado “efecto Föhn”. Es seco, cálido, con ráfagas de alta velocidad y arrastra partículas de tierra. Al provenir de grandes alturas, por condensación pierde su humedad, y al bajar se calienta adiabáticamente y adquiere velocidad.

Es común que las ráfagas adquieran velocidades del orden de los 80 Km/h. Su dirección está influenciada por la orientación de la quebrada de Humahuaca.

Durante los meses de verano, la entrada de aire húmedo del océano Atlántico, responde a la circulación de la alta atmósfera, y si bien no registran velocidades de importancia son los vientos proveedores de la lluvia orográfica de nuestra región.

En invierno toma importancia el desplazamiento de masas de aire del Sur, que por lo general son frías, dando brisas leves, a veces húmedas y otras veces secas, dependiendo fundamentalmente del origen de la masa de aire polar.

Precipitaciones.

En nuestra provincia la distribución de las precipitaciones a lo largo del año, responde a un régimen Monzónico, con precipitaciones de tipo orográfico y copiosas lluvias en el semestre más cálido. Así es como se concentra el 80% de las mismas entre los meses de Noviembre a Marzo. Esto se debe al régimen de viento que circula sobre el territorio.

Durante los meses de verano, se crea un centro de baja presión sobre la Llanura Chaqueña. Esto permite el desplazamiento, desde el Atlántico, de masa de aire cargada de humedad, que junto con los frentes fríos que atraviesan el país hacia el norte, producen precipitaciones intensas (Buitrago, L.G. y otro, 2009).

Durante el invierno, la baja térmica se encuentra muy atenuada y a veces desaparece, debido al enfriamiento del continente. Este se transforma en un centro de alta presión emisor de vientos, siendo esta la causa por la cual, durante la estación fría prevalece las condiciones de buen tiempo, con días secos y despejados. En esta época se producen escasas precipitaciones, del tipo llovizna y garúa, como consecuencia de la formación de nubes de desarrollo estacional de tipo estratiforme (Buitrago, L.G. y otro, 2009).

La distribución de la humedad aportada durante el verano por los vientos proveniente del Atlántico, está determinada principalmente por influencia del relieve. Cuando los vientos húmedos son obligados a elevarse por las laderas de las cadenas montañosas, se enfrían adiabáticamente hasta que alcanzan la temperatura de condensación, comienzan las precipitaciones que continuaran a medida que la masa de aire asciende.

En la provincia de Jujuy las isohietas anuales tienen un recorrido de sur a norte, con influencias muy marcadas que responden a la orientación de los cordones montañosos.

Información Meteorológica.

La información meteorológica disponible para San Salvador de Jujuy es la siguiente:

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Temperatura Media[°C]	21.0	20.1	19.0	15.4	13.1	10.4	10.5	12.7	15.9	17.6	19.5	20.7	16.3
Tensión de Vapor [mb]	19.8	19.6	19.0	15.4	12.7	10.1	9.1	9.1	10.7	13.0	15.6	18.2	14.4
Humedad Relativa [%]	77	81	82	82	80	77	72	63	60	65	68	75	74
Precipitación [mm]	200	177	136	44	15	9	6	7	11	41	74	141	861
Evapotranspiración[mm]	105	85	81	52	39	25	27	38	57	73	89	104	774
Evapotranspiración Real [mm]	105	85	81	51	34	21	20	26	36	57	80	104	699
Almacenamiento [mm]	100	192	247	241	222	211	197	177	152	137	130	167	0
Var. Almacenamiento	0	92	55	-7	-19	-12	-14	-19	-25	-16	-6	37	0
Exceso [mm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Déficit [mm]	0	0	0	2	5	4	7	12	21	17	8	0	75

Clasificación Climática.

Según la clasificación de Köppen, el clima de San Salvador de Jujuy es del tipo Cwbk, Templado Moderado Lluvioso. La letra "C" señala que pertenece al grupo de Clima Templado, con temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C. La letra "w" determina inviernos secos y se aplica cuando la relación entre el mes más seco en invierno y el mes más lluvioso en verano es inferior a 1/10. La letra "b" señala verano cálido, con temperatura media del mes más caliente inferior a 22°C y por lo menos 4 meses con la temperatura superior a 10°C. La letra "k" define inviernos más fríos, con temperatura media anual inferior a 18°C y temperatura media del mes más cálido mayor a 18°.

Una descripción más precisa del clima en la cuenca del Río Xibi Xibi puede encontrarse en la bibliografía, en la que se incluyen mapas de humedad relativa, isohietas, isoterma, temperatura máxima y temperatura mínima.

b. GEOLOGÍA.

La región se caracteriza por la existencia de un basamento Precámbrico-Paleozoico en la Sierra del Chañi, deformado por los ciclos orogénicos Panamericano y Famatiniano, con afloramientos en discordancia de la edad Mezo-Cenozoica. (Chayle, W., 2009)

La cuenca del Río Xibi Xibi se ubica en el borde oriental de la provincia geológica Cordillera Oriental y es controlada estructuralmente por fallas regionales paralelas a la Sierra del Chañi, junto a otras fracturas locales de orientación NO-SE y NE-SO. Las fallas paralelas a la estructura regional han determinado la división de la cuenca en tres grandes sectores: Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja.

En el área de la cuenca no se registran afloramientos de depósitos rocosos preterciarios.

En la cuenca del Río Xibi Xibi, el Terciario más antiguo está evidenciado por las unidades formacionales Piquete y Guanaco, con amplia distribución areal. Estas unidades se presentan con afloramientos irregulares. Constituyen la base sobre la cual se depositan los sedimentos cuaternarios. Los afloramientos se reconocen en los cortes naturales y de rutas.

Las formaciones Piquete y Guanaco, están agrupadas en el Subgrupo Jujuy, el que a su vez forma parte del Grupo Orán.

En el área de la cuenca, no se observa el contacto del Subgrupo Jujuy, en su base con las rocas más antiguas. La unidad está representada por estratos de diferentes espesores de tonalidades pardo rojizas, de composición psamo-pelítica, con algunos niveles psefiticos. El Subgrupo Jujuy no se observa en la cuenca media. Aflora en el sector de la cuenca alta y cuenca baja.

Los sedimentos correspondientes al Cuaternario, cubren con diferentes espesores toda el área de estudio. En la depresión de la Almona son reconocidos los denominados Conglomerados La Almona y Areniscas La Almona. Los depósitos sedimentarios del Cuaternario se ubican en discordancia sobre sedimentitas del Subgrupo Jujuy, con espesores desde aproximadamente 50 cm hasta 30 m de potencia.

Los espesores del Conglomerado La Almona en la cuenca media se estiman por encima de los 30 m. Los depósitos se caracterizan por no tener buena estratificación y responden a las características de un conglomerado polimíctico de diferentes tamaños, con clastos subredondeados predominantemente de composición psefitica, con diámetros de hasta 50 cm.

Las Areniscas la Almona están ampliamente distribuidas, particularmente en la cuenca media, sobre los Conglomerados La Almona. Los sedimentos son de tonalidades grises claros a ligeramente amarillentos en algunos casos. El material de granulometría limo-arcillo-arenosa conforma depósitos loésicos. En algunos sectores, el material loésico ha sido retransportado, originando depósitos sedimentarios fluvio-lacustres con niveles de areniscas finas, arcillas y conglomerados medianos a finos.

Los sedimentos actuales están representados por depósitos de cauces y depósitos de faldeo. Los primeros son gruesos a muy gruesos, heterométricos, subredondeados y de composición variada en los clastos. Los rodados están litológicamente constituidos por pizarras y cuarcitas del Paleozoico y en menor proporción del Precámbrico y algunos rodados de vulcanitas.

Estos depósitos son de dinámica alta, cambiando sus formas permanentemente en respuesta a las crecidas anuales, con algunas excepciones, como consecuencia de encontrarse estabilizada por la cubierta vegetal (Chayle, W. 2009).

Los depósitos de faldeo son de poco espesor, discontinuos y de granulometría media. La composición litológica corresponde a los sedimentos subyacentes y sus clastos son angulosos a subangulosos.

c. GEOMORFOLOGÍA.

Los factores que controlan la geomorfología de la cuenca del Río Xibi Xibi son de distintos tipos; Entre ellos se destacan su historia geológica, la litología, el clima y la vegetación.

El área de estudio presenta un relieve modelado particularmente por la acción hídrica que se desarrolla sobre rocas pobremente consolidadas de edad terciaria y cuaternaria, afectadas por la intensa actividad tectónica. La acción hídrica se ve reflejada en el paisaje a través de su diseño de drenaje.

La zona de mayores elevaciones está ubicada hacia el Oeste de la cuenca y corresponde a la estribación Este de la Serranía del Chañi. El relieve general es de fuerte pendiente que culmina en interfluvios de bajo redondeamiento, con cauces en V.

Los conglomerados que afloran en el sector medio de la cuenca presentan una morfología de lomadas de pendiente suave, surcadas por ríos de trazos rectos.

Los cauces principales, el arroyo Chuquina, Los Nogales, Juan Galán y Xibi Xibi, poseen un cauce divagante en una planicie de inundación de gran amplitud, en comparación con el resto de los cauces presentes en el área. En algunos sectores se presenta el desarrollo de niveles de terrazas, algunas de las cuales son utilizadas para cultivos.

Vertientes de denudación.

La pendiente en esta unidad es mayor al 15%. Su formación y desarrollo es producto de la dinámica fluvial. Su perfil es plano-convexo y culmina adosado a los niveles de glasis o abanicos aluviales. Se observa erosión lineal retrocedente con carcavamiento, que en sectores desarrolla taludes muy escarpados.

Hacia la zona de cabecera se desarrollan cursos de torrentes de fondo de valles en V, estrechos y profundos, de planicies poco desarrolladas pero con importante carga sedimentaria. En los sectores próximos, las laderas presentan cicatrices de deslizamiento y de soliflucción/reptación capaces de aportar material para el desarrollo de flujos densos.

Glasis de erosión. Nivel I.

En la zona Oeste de la cuenca se adosan a abanicos aluviales antiguos y forman extensas lomadas de dirección Norte-Sur de pendiente moderada.

Cubren gran parte de la fosa tectónica La Almona (Alcalde, et al, 1992).

En la zona de cabecera se observa erosión retrocedente.

Glasis de erosión. Nivel II.

Desarrollo de valles de fondo plano y pendiente suave, con erosión lineal, con carcavamiento, particularmente en el talud de esta unidad. Su superficie es plana, fitoestabilizada. Las incisiones en las cabeceras adquieren mayor fuerza.

Terrazas.

Los niveles de terrazas que forman parte de la cuenca del Río Xibi Xibi pertenecen a los niveles cuya génesis corresponde a los procesos de agradación y degradación sedimentaria del Río Grande.

Entre los diferentes niveles se observa un escalonamiento, atribuibles a pulsos de incisión producidos por variaciones hidrodinámicas y reactivación tectónica (Alcalde, et al, 1992).

Terraza Alto padilla. Nivel I.

Se adosa a la vertiente oriental de la serranía de Los Alisos. Corresponde al nivel más antiguo desarrollado durante el Pleistoceno medio-temprano (Alcalde, et al, 1992).

Terraza Ciudad de Nieva. Nivel II.

Corresponde al nivel desarrollado durante el pleistoceno medio tardío. El talud de la terraza es vertical con desarrollo de cárcavas observables en los sectores no urbanizados.

Terraza San Salvador. Nivel III.

Corresponde a los ciclos de agradación del Pleistoceno superior – Holoceno. Sobre este nivel se asienta la zona de mayor urbanización de San Salvador de Jujuy.

Terrazas aluviales en formación.

Se desarrollan sobre ambas márgenes de los ríos principales de la cuenca del Río Xibi Xibi. Son unidades de escaso desarrollo que avanzan sobre la planicie aluvial de los ríos Xibi Xibi, Juan Galán y Chuquina.

Abanicos aluviales.

Hacia el sector occidental de la cuenca, a la salida de los principales torrentes, los materiales transportados desde las zonas elevadas presentan el desarrollo de abanicos aluviales en los que se observa fitoestabilización.

En la margen izquierda de los ríos Xibi Xibi, Juan Galán y Chuquina se observan abanicos aluviales que avanzan sobre las planicies aluviales de los mismos.

d. SUELOS.

Los suelos de la cuenca presentan gran variabilidad respecto de su grado de desarrollo, debido a su origen en depósitos aluvio-coluviales, fluviales, de material transportado y los originados de materiales finos de depósitos glaci-fluviales (Torres, C.G., et al, 2009).

En el área de estudio se presentan suelos con perfiles de incipiente desarrollo a fuertemente desarrollados. Los de menor grado de desarrollo se ubican en conos aluviales y terrazas bajas recientes modeladas por los cauces fluviales. Los suelos moderadamente desarrollados se encuentran entre la parte distal del glacis, entre Chuquina y Juan Galán, hacia la parte Norte del área de captación de la cuenca. Los suelos fuertemente desarrollados se encuentran en el glacis, en la parte centro y Sur de esta área.

La estratificación de materiales en los perfiles es común en los suelos de terrazas bajas y recientes, debido al aporte de materiales erosionados de sectores altos y de sedimentos de origen fluvial, por lo cual es común la heterogeneidad litológica (Torres, C.G., et al, 2009).

Algunas de las propiedades morfológicas más destacadas son:

- a. La textura dominante en los horizontes superficiales es medianamente fina a fina.
- b. La textura de los suelos subsuperficiales va de medianamente fina a fina en suelos desarrollados, mientras que en los de desarrollo incipiente la textura dominante es de medianamente gruesa a gruesa.
- c. No se reportan horizontes superficiales con texturas medianamente gruesa ni gruesa.
- d. Es común la presencia de grava y piedras en superficie en suelos de incipiente desarrollo, en sectores de terrazas recientes adosado a cauces.
- e. El color de mayor difusión en los horizontes superficiales es el pardo rojizo y pardo rojizo amarillento en profundidad.

En la cuenca se observan asociaciones de suelos, las cuales están compuestas por dos o más suelos diferentes.

La Asociación El Paño-Arroyo del Abra ocupa sectores de la cuenca de captación, entre el piedemonte del cordón serrano del Oeste y nacientes de los arroyos del Abra y Chuquina.

Los suelos El Paño son suelos fuertemente desarrollados en los que la textura dominante del horizonte superficial es medianamente fina, franca arcillosa, a fina arcillosa, siendo predominante esta segunda composición.

La permeabilidad varía de lenta a moderadamente lenta. El escurrimiento superficial es lento a medio en sectores de pendiente baja, mientras que en sectores de mayor pendiente se presenta escurrimiento medio.

Los suelos Arroyo del Abra son suelos fuertemente desarrollados en los que la textura dominante del horizonte superficial es medianamente fina, franca arcillosa a fina arcillosa, siendo predominante la primera.

La permeabilidad varía de lenta a moderadamente lenta. El escurrimiento superficial es medio.

La Asociación Chuquina-Juan Galán ocupa sectores asociados a planos intermedios y medios de la cuenca del Río Xibi Xibi, entre el piedemonte del cordón serrano del Oeste, el límite Norte de la cuenca y desde nacientes de los arroyos Los Nogales, Juan Galán y Chuquina.

Los suelos Chuquina son suelos de incipiente desarrollo, en los que la textura dominante del horizonte superficial es grueso, arenosa o areno franca a medianamente gruesa, franco arenosa.

La permeabilidad de estos suelos puede clasificarse como rápida y el escurrimiento superficial es medio.

Los suelos Juan Galán son suelos de incipiente desarrollo a débil desarrollo, con textura medianamente fina, tanto en el horizonte superficial como en el subsuperficial.

La permeabilidad de estos suelos es rápida. El escurrimiento superficial es medio.

e. VEGETACIÓN.

El gradiente altitudinal permite fisonomías cambiantes, que resultan de la variación de niveles, de las orientaciones que determinan distintas condiciones de insolación y microclimáticas, que unidos a los materiales geológicos presentes explican las distintas agrupaciones vegetales. (Guzmán, G. F. et al, 2009)

Se diferencian tres fisonomías principales: bosque, arbustal y pastizal, con mayor o menor grado de alteración.

Las especies encontradas en cada una de las fisonomías principales se resumen a continuación.

Bosque: Se destacan el cedro, el nogal, el aliso, el horco cebil, el chal chal, la típa, el coronillo, el cebil, el ceibo, el cochucho, el laurel, el molulo y el sereno (exótico). Acompañan hierbas y arbustos varios.

Arbustal: Predominan la tusca, el churqui, la chilca, el clavillo y ciertos pastos. Son importantes las extensiones de trementina y se encuentran solanáceas, urticáceas, asteráceas, asclepiadáceas, amarantáceas y convolvuláceas.

Pastizal: Se encuentran buenas forrajeras invierno-primaverales, acompañadas de un tapiz de otras hierbas y enredaderas de las familias convolvuláceas y ranunculáceas.

En la zona también existen forestaciones de eucalipto y pino, plantaciones de durazneros y círculos y cultivos de maíz y tabaco, los que ocupan sectores puntuales de la cuenca.

3.- DELIMITACIÓN LA CUENCA. SUPERFICIE.

Para una primera aproximación a la delimitación de la cuenca se solicitó al IGN una copia impresa de siguiente carta topográfica:

- Hoja: 2566-5-3
- Nombre: San Salvador de Jujuy
- Escala: 1:50.000
- Equidistancia: 25 m

La carta topográfica fue digitalizada y sobre ella se delimitó la cuenca. Se observó que en la zona Noroeste de la cuenca habría un error en las curvas de nivel que ocasionaron que se incluya en la cuenca, como perteneciente al A° de los Nogales, una zona que en realidad pertenecería a la cuenca del A° Burromayo. Si bien la carta topográfica es detallada y muy precisa para su época, errores de este tipo no deberían sorprendernos, considerando que fue confeccionada a principios de 1940, con información proveniente de un levantamiento estereofotogramétrico expeditivo realizado entre los años 1934 y 1935.

Se trazó el límite de la cuenca directamente en Google Earth valiéndonos de las imágenes satelitales y el modelo digital del terreno incluido en dicha aplicación (el modelo SRTM). El límite trazado de esta forma se ajustó luego realizando recorridos de campo para determinar la divisoria en aquellos lugares en los que se presentaron dudas.

Comparando los límites de la cuenca trazados por los dos métodos, se observó coincidencia en términos generales, salvo en la zona mencionada anteriormente y en algunos sectores de la zona urbana.

La superficie de la cuenca resultó de 59,70 km².

4.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA.

La cuenca del Río Xibi Xibi es una cuenca exorreica que aporta por margen derecha a la cuenca del Río Grande. Se desarrolla íntegramente en el Departamento Gral. Belgrano y en su recorrido transita por áreas rurales, suburbanas y urbanas. La desembocadura del Río Xibi Xibi se ubica en la zona de Punta Diamante, dentro de la mancha urbana de San Salvador de Jujuy, luego de recorrer la ciudad de Suroeste a Noreste.

El Río Xibi Xibi en su tramo urbano presenta caudales permanentes, con gran variabilidad en su magnitud a lo largo del año, los que aumentan considerablemente en el período de lluvias. Es así como en los meses lluviosos, que se extienden de Noviembre a Marzo, los caudales medios mensuales promedio pueden llegar a ser doce veces el caudal medio mensual de los meses de sequía.

Es una cuenca de régimen torrencial, capaz de producir picos de crecida repentinos, originados en lluvias intensas y de corta duración.

Sus principales afluentes son los arroyos de los Nogales, Chuquina, del Abra y Juan Galán, a partir de cuya confluencia el curso principal toma el nombre de Río Xibi Xibi.

El cauce principal tiene una longitud de 19,50 km desde las nacientes en el C° Chuquina, en el extremo Oeste de la cuenca, a una altura de 2.015 m, hasta su desembocadura en el Río Grande, a 1.224 m, con una pendiente promedio del 4% en todo el recorrido y 2% en la zona urbana.

La cuenca presenta tres sectores de diferentes características: Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja.

a. Cuenca Alta.

Tiene sus nacientes al Oeste de la cuenca, en los cerros Chuquina y de la Laguna, con alturas que superan los 2.000 metros. Es la sección de la cuenca con mayores pendientes y de mayor densidad de cursos de agua, la mayoría de los cuales son de carácter temporario.

Se observa una importante área colectora, bien desarrollada, que recibe lluvias más frecuentes y de mayor intensidad en comparación al resto de la cuenca.

Presenta una cubierta arbórea degradada por extracción selectiva y pastizales sometidos a explotación ganadera. (Alcade, J.A. et el, 2009)

b. Cuenca Media.

La cuenca media presenta una menor pendiente con presencia de un gran número de cauces temporarios relativamente cortos que concurren a otros de mayor importancia, que en algunos casos discurren casi paralelos.

La cobertura vegetal está compuesta por arbustos y pastizales, con presencia de algunos manchones de forestación compuesta por especies exóticas. El uso del suelo es principalmente ganadero.

c. Cuenca Baja.

Este sector de la cuenca es la de menor pendiente en el sentido del escurrimiento, sin embargo, en el primer tramo, en la zona rural y suburbana, se observa una importante pendiente transversal al cauce principal.

En esta zona predomina el uso del suelo urbano.

En la zona urbana el cauce se encuentra amurallado desde la altura del Puente Paraguay hasta la desembocadura en el Río Grande. En la zona a intervenir en el proyecto Paseo Xibi Xibi, entre el puente Patricias Argentinas y Punta Diamante, el ancho varía entre 105 m y 70 m a la altura de un puente peatonal ubicado en el último tramo del río.

En la temporada estival son frecuentes los eventos torrenciales, los que en este tramo fueron erosionando el lecho del río, generando los niveles de terrazas que se observan en la actualidad.

5.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA.

a. Área total de la cuenca.

De acuerdo a la interpretación de las Imágenes Satelitales y el modelo digital del terreno, se obtuvo una superficie total de 59,70 km² para la cuenca del Río Xibi Xibi.

b. Perímetro total de la cuenca.

El perímetro se determinó mediante interpretación de Imágenes Satelitales, obteniéndose un perímetro total de 49,20 Km.

c. Longitud total de la cuenca.

Representa la longitud total del curso más largo o del colector principal.

Tramos nacientes – confluencia de tributarios:	10,80 Km.-
Tramo confluencia de tributarios - puente Paraguay:	4,60 Km.-
Tramo puente Paraguay - Río Grande:	4,10 Km.-
Total:	19,50 Km

d. Forma de la cuenca.

d.1) Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius.

$$Kc = 0,28 * 49,20 / (59,75)^{1/2} = 1,78$$

d.2) Factor de Forma.

$$Ffc = 59,75 / (19,5)^2 = 0,16$$

6.- DESCRIPCIÓN DE LAS TORMENTAS.

No existe información para la cuenca que nos permita realizar un estudio detallado de las precipitaciones, pero se pueden establecer hipótesis de acuerdo al comportamiento climático de la zona y a registros de estaciones próximas.

Las lluvias están concentradas en el período estival, desde Noviembre hasta Marzo, siendo el resto del año seco, con ocasionales lluvias producto del avance de frentes fríos provenientes del sur del país.

El sector de la cuenca que registra mayores precipitaciones es la Cuenca Alta, ubicada en el extremo occidental, sobre las laderas orientales de los cerros de la Laguna y Chuquina. Las tormentas, se generan por el ascenso orográfico de las masas de aire con disponibilidad de agua precipitable. En el avance del frente se producen nubes con distinta potencia y por efectos de los distintos gradientes topográficos se generan distribuciones desparejas de las lluvias, con posibilidad de precipitaciones en pequeñas superficies, mientras que en el resto de la cuenca las lluvias son de menor intensidad o nulas.

7.- DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

El tiempo de concentración (T_c) es el tiempo que demora una gota de agua en llegar a la sección de salida desde la zona más alejada de una cuenca, bajo la condición de una precipitación constante, uniformemente distribuida y con una duración mayor a este tiempo; Representa el instante en que comienza a contribuir toda la cuenca. A continuación se presentan los tiempos de concentración determinados siguiendo las recomendaciones de diferentes autores.

Parámetros de la Cuenca		Autor	Kirpich	V. Te Chow	Giandotti	U.S. Corps of Engineers
Longitud (Km)	19.5	Tiempo de Concentración (hs)	2.24	5.1	2.66	4.91
Desnivel (m)	791					
Pendiente (m/m)	0.041					
Área de la Cuenca (km ²)	59.7	Tiempo de Retardo (hs)	1.34	1.79	1.6	1.72

Teniendo en cuenta los valores obtenidos, seleccionamos como tiempo de concentración el promedio de los determinados usando las fórmula de Ven Te Chow y del U.S. Corps of Engineers, considerando que no se tendrá en cuenta el efecto de laminación que produce el tránsito en los cauces. En este caso el tiempo de concentración seleccionado es de **5,0 horas**.

8.- DETERMINACION DE PERÍODOS DE RETORNO.

El período de retorno a utilizar para la determinación de la tormenta de diseño y la crecida de diseño se obtendrá partiendo de la ecuación básica del riesgo hidrológico de falla, considerando para ello la vida útil de la obra y el riesgo que se desea asumir.

$$R = 1 - (1 - P(x \geq x_d))^n$$

Donde: $P(x \geq x_d) = 1/T$

Luego: $R = 1 - (1 - 1/T)^n$

R: riesgo hidrológico y representa la probabilidad de que un evento ocurra por lo menos una vez en n años.

n: vida útil de la obra que se proyecta.

T: período de retorno.

En nuestro caso la vida útil adoptada para la obra es de:

$$n = 25 \text{ años}$$

Y con esto el riesgo hidrológico para cada período de retorno resulta:

T años	Probabilidad de no ocurrencia %	Riesgo	
			%
5	0.38	0.9962	99.62
10	7.18	0.9282	92.82
25	36.04	0.6396	63.96
50	60.35	0.3965	39.65
100	77.78	0.2222	22.22

Teniendo en cuenta la vida útil adoptada para la obra y procurando situarnos alrededor del 40% de riesgo, seleccionamos como período de retorno para este proyecto $T = 50$ años. Adicionalmente, se realizarán determinaciones para los períodos de retorno de 5, 10, 25 y 100 años, a fin de verificar las condiciones hidráulicas en las que se desarrollará la obra.

9.- CURVAS IDF UTILIZADAS.

Se utilizaron las curvas IDF ponderadas determinadas en el estudio de la **Sistematización del A° Las Martas**. Ese estudio fue llevado a cabo por una consultora independiente contratada por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación y supervisado por la Dirección Provincial de Recursos Hídricos. Si bien existen otros estudios antecedentes de los que se podrían haber obtenido las curvas IDF, se seleccionó este teniendo en cuenta que en él las curvas IDF están representadas mediante una expresión matemática de fácil uso.

Las IDF utilizadas fueron determinadas siguiendo el procedimiento que muy escuetamente se describe a continuación:

a- Datos considerados:

Se consideraron las precipitaciones máximas diarias de las series anuales de las estaciones más cercanas a la zona en estudio, las que resultaron ser:

- Alisos Arriba, con 36 registros
- Alisos Abajo, con 25 registros
- Río Blanco, con 18 registros



Imagen N°1: Ubicación de las Estaciones Meteorológicas.

b- Análisis estadístico de la información:

Para cada una de las estaciones se analizaron las siguientes distribuciones:

- General de Valores Extremos. (GE)
- Log-Normal de tres parámetros. (LN3)
- Pearson III. (P3)
- Log-Pearson III. (LP3)

El análisis se efectuó con el software Hydro-FreQ.

Se seleccionó la distribución que mejor calidad del ajuste arrojó, para cada uno de los casos.

c- Cálculo de las curvas IDF.

Considerando la distribución seleccionada se calcularon los valores de precipitaciones para duraciones de 15 minutos a 6 horas y para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Con estos valores se calcularon las curvas IDF.

d- Consolidación de la información.

Se realizó la transposición de las curvas IDF calculadas para cada una de las estaciones, considerando como núcleo para la transposición el punto definido por el cruce del cauce principal del A° Las Martas con la Ruta Nacional N° 9. Con esto se obtuvieron las curvas IDF ponderadas para la cuenca del A° Las Martas.

A fin de facilitar el uso de las curvas IDF se las representó con una expresión matemática tipo Sherman, obteniéndose la siguiente expresión:

$$I = \frac{41,38 \times T_r^{0,1949}}{(t_r + 0,26)^{0,7754}}$$

Donde:

I : intensidad en mm/h

T_r : Tiempo de retorno en años

t_r : Duración en hs.

Los valores resultantes del ajuste, arrojaron un coeficiente de correlación múltiple $r = 0,9998$.

La expresión anterior será la que utilizaremos en nuestras determinaciones.

10.- DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES DE DISEÑO.

A partir de la expresión matemática de las curvas IDF determinaremos las intensidades de precipitación para cada uno de los períodos de retorno. Consideraremos una duración para la lluvia igual al tiempo de concentración de la cuenca.

T_r años	t_r hs	I mm/h
5	5	15.63
10	5	17.89
25	5	21.39
50	5	24.48
100	5	28.02

11.- VALIDACIÓN DE LAS INTENSIDADES DE DISEÑO.

Para comprobar la validez de las intensidades de diseño determinadas, las compararemos con las obtenidas a partir de los resultados de otros estudios sobre esta cuenca y estudios a nivel regional. Los Estudios antecedentes a considerar son:

a.- "Elaboración de Documentación para la Ejecución de Planes de Gestión Integral de Drenaje y Control de Inundaciones en la Ciudad de San Salvador de Jujuy". Informe de Avance. En elaboración. Autor: Serman y Asociados S.A.

En este estudios se consideraron los datos de las estaciones meteorológicas Alisos Arriba y UNJU-Romain. Los valores IDF se volcaron en una tabla, de la que extrajimos las siguientes intensidades:

T_r años	t_r hs	I mm/h
5	5	15.69
10	5	18.17
25	5	21.35
50	5	23.76
100	5	--

Luego de comparar las intensidades obtenidas con la función adoptada y las extraídas de este antecedente, observamos coincidencia en el orden de magnitud; Incluso algunos valores difieren en una décima o menos.

En este antecedente no se determinaron valores para el período de recurrencia de 100 años.

b.- "Estudio de Factibilidad para el Aprovechamiento y Recuperación del Río Xibi-Xibi" Año 2012. Autor: A.E. Perullini y Asociados.

Este estudio determina solamente la intensidad de diseño para el período de retorno de 50 años y no la exterioriza, sino que la utiliza directamente en el cálculo de caudales mediante la expresión de la fórmula racional generalizada. La determinación la realiza siguiendo el procedimiento descrito en el trabajo "Validación de Relaciones IDF Generalizadas a Nivel Regional en el Norte Argentino", presentado por Farías y otro en el XXI Congreso Nacional del Agua. El valor determinado en este estudio es de 18.69 mm/h, para el período de retorno de 50 años. Consideramos que el procedimiento utilizado debería haber arrojado un valor más elevado y desconocemos las causas por las que no fue así.

c.- "Validación de Relaciones IDF Generalizadas a Nivel Regional en el Norte Argentino". Año 2007. Autor: Farías, Héctor Daniel y Olmos, Luis Alejandro.

Realizaremos la determinación siguiendo el procedimiento descrito en este antecedente y tomando como base la expresión de las curvas IDF propuestas en este trabajo para la ciudad de Salta. Una vez determinadas las intensidades para cada recurrencia le aplicaremos la transposición a San Salvador de Jujuy considerando la precipitación media anual en cada localidad.

Para la determinación de las precipitaciones medias anuales en cada localidad se utilizaron promedios de los valores que arrojan las tres (3) series disponibles para San Salvador y las cuatro (4) series disponibles para Salta en la "Base de Datos Mensuales de Precipitaciones en el Noroeste Argentino - Periodo 1934-1990", del INTA. Los promedios obtenidos fueron de 849 mm para San Salvador y 724 mm para Salta.

La expresión utilizada fue la siguiente:

$$I = \frac{910,07 \times T_r^{0,20}}{(t_r + 17,65)^{0,79}}$$

Donde:

I : intensidad en mm/h

T_r : Tiempo de retorno en años

t_r : Duración en minutos.

T_r años	t_r minutos	I_{Salta} mm/h	I_{Jujuy} mm/h
5	300	13.25	15.54
10	300	15.22	17.85
25	300	18.29	21.45
50	300	21.01	24.64
100	300	24.13	28.30

Los valores obtenidos son muy similares a los obtenidos en nuestra determinación y a los obtenidos en el antecedente señalado en el punto a.-

Luego de la comparación con los resultados de los antecedentes disponibles, aceptamos los valores determinados mediante la expresión matemática de las curvas IDF seleccionadas.

12.- DETERMINACIÓN DE CAUDALES.

En este primer informe de avance se utilizará para la determinación de los caudales el procedimiento del Método Racional Generalizado, que es conservador y arroja generalmente valores superiores a los que se obtienen por otros métodos que tienen en cuenta con más detalle el proceso lluvia-escorrentía.

a- Determinación del coeficiente de escurrimiento C.

Determinaremos el coeficiente de escurrimiento C_n para cada Uso del Suelo presente en el área de la cuenca y procuraremos determinar con una aproximación aceptable la participación de cada una de ellas en el total de la superficie.

Dentro del área residencial de baja densidad se ubican la localidad de La Almona, el Club de Campo La Almona, los barrios El Cortijo y Quebrada de Los Pájaros; También se incluyen B° Norte y B° Labarta. La categoría espejos de agua incluye varias lagunas, tanto naturales como artificiales, ubicadas dentro del área de la cuenca.

Uso del Suelo	Coefficiente	Superficie
	C	Has
Bosque degradado de Tipa, Horco Cebil	0.25	805.06
Área de transición	0.38	316.38
Pastizal arbustal con ganadería	0.50	651.82
Arbustal pastizal con ganadería	0.45	483.12
Bosque de Chal Chal, Coronillo con ganadería	0.20	1274.09
Bosque de Nogal, Cedro, Aliso, pastizal arbustal	0.20	1124.62
Bosque semidegradado de Tipa, Horco Cebil	0.25	207.11
Bosque conservado Tipa, Horco Cebil, pastizal, arbustal	0.20	309.99
Zona urbanizada, densidad baja y media	0.40	374.97
Zona urbanizada, densidad media y alta	0.70	419.66
Espejos de Agua	1.00	7.59
Superficie de la Cuenca		5974.41
Coeficiente de escurrimiento ponderado		0.32

En la selección de los coeficientes de escurrimiento para cada tipo de Uso del Suelo, se consideró la pendiente y el grupo hidrológico del suelo, siguiendo los lineamientos propuestos por Mc Cuen en 1998 y de acuerdo al proyecto "Método Racional" del Centro Regional Andino (CRA) del Instituto Nacional del Agua (INA).

b- Determinación de caudales para cada período de retorno.

T_r años	Q m ³ /Seg
5	83.00
10	95.01
25	113.59
50	130.00
100	148.80

Comparando los caudales obtenidos por este método con los determinados para el último tramo del Río Xibi Xibi en el estudio antecedente mencionado en el punto 11.a., se observa que aquellos son algo menores. El modelo hidrológico-hidráulico utilizado por ese estudio fue el SWMM (Storm Water Management Model) desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S. EPA) y en él se tuvieron en cuenta con más detalle el proceso lluvia escorrentía y el tránsito en cauces.

13.- VERIFICACIÓN HIDRÁULICA EN CONDICIONES SIN INTERVENCIÓN.

a- Caracterización del río.

El río Xibi Xibi se puede clasificar morfológicamente como trenzado, ya que su cauce está compuesto por varios cauces menores entrelazados que dejan entre sí islas sumergibles. Una de las características de este tipo de ríos es que su cauce es inestable o divagante. Su presencia se asocia a una capacidad de transporte de sólidos alta.

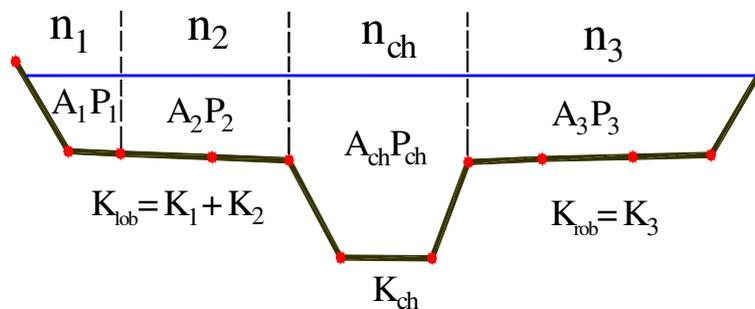
Desde el punto de vista de su régimen hidráulico es un río torrencial, debido a la pendiente relativamente elevada de su cauce, mayor al 1.5%.

Es un río aluvial cuyo cauce discurre por materiales sedimentarios modernos compuestos en su mayoría por gravas y cantos rodados.

b- Análisis hidráulico preliminar.

El software escogido para el análisis fue el HEC-RAS (River Analysis System), desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. (U. S. Army Corps of Engineers). Este software es una evolución del conocido y ampliamente utilizado HEC-2, con mejoras entre las que destaca la interfaz gráfica de usuario que facilita las labores de pre proceso y pos proceso. El modelo numérico incluido en este programa permite realizar análisis del flujo permanente unidimensional (1D) gradualmente variado en cauces naturales de secciones transversales de geometría definible por el usuario. El análisis hidráulico se basa en la ecuación de Manning.

La determinación del caudal total y del coeficiente de velocidad en una sección transversal requiere de la subdivisión del flujo en fajas para las cuales la velocidad se puede asumir uniformemente distribuida. La aproximación empleada por HEC-RAS es dividir el flujo por fajas en las áreas de inundación, usando los coeficientes de Manning ingresados para cada sector, tal como se muestra en el siguiente esquema de subdivisión de la sección transversal.



Para esta primera verificación se seleccionaron ocho secciones transversales ubicadas en el tramo urbano del Río Xibi Xibi. La ubicación de esas secciones transversales pueden apreciarse en el plano H.1. Al momento de realizar el diseño hidráulico, se completará el modelo con la introducción de secciones intermedias y de las obras hidráulicas existentes y proyectadas. Las secciones transversales utilizadas fueron extraídas de la topografía realizada por la Municipalidad de San Salvador.

Considerando las características del cauce, se adoptaron los siguientes valores para los coeficientes de rugosidad de Manning:

Cauce:

$n = 0.040$ (cauce de montaña en su estado actual, con material grueso en el lecho y presencia de elementos macro-rugosos diseminados).

Planicie:

$n = 0.050$ (cobertura de vegetación herbácea, malezas y arbustos).

Se realizó la verificación para los caudales de 50 y 100 años de recurrencia. En anexos pueden observarse los resultados obtenidos en la simulación para cada sección, tanto en forma de tabla como gráficamente.

c- Conclusiones del análisis hidráulico preliminar.

Luego de realizar la verificación hidráulica preliminar del tramo urbano del Río Xibi Xibi, en el estado actual, sin intervención, se observa que para los caudales de 50 y 100 años, el nivel estimado para la superficie libre del escurrimiento es compatible con la propuesta del Paseo Xibi Xibi, que plantea la restauración de las terrazas naturales existentes.

La propuesta mencionada podrá ser desarrollada **solo** si se cumplen las siguientes condiciones fundamentales:

- Se deberán diseñar e implementar las medidas correctivas que permitan detener los procesos erosivos que se desarrollan en el cauce y garantizar la estabilidad de las murallas que lo enmarcan en el tramo urbano.

- Se deberán acondicionar y mantener los cauces de aguas bajas, de aguas altas y de crecientes o avenidas.

- Se deberán proyectar y construir adecuadamente las obras necesarias para la estabilización de las terrazas a intervenir y se les deberá realizar mantenimiento a lo largo de su vida útil.

- La propuesta deberá contemplar que se produzcan los impactos más pequeños posibles a la sección de escurrimiento.

- Se deberá desarrollar, instalar y mantener un sistema de **Alerta Temprana** que permita poner en marcha un **Plan de Contingencias** ante los eventos torrenciales que puedan significar riesgo para la población.

14.- ANTECEDENTES.

En la elaboración de este estudio se consideraron los siguientes antecedentes:

- Buitrago, L.G. 1999. El clima de la Provincia de Jujuy. Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.

- Alcalde, J.A. y otros. 2009. Cuenca del Río Xibi Xibi. Bases para su Ordenamiento Territorial. Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.

- Godoy, M. E. 2005. Aportes del enfoque sistémico al caso de la problemática ambiental y urbano paisajística del Río Xibi Xibi. Revista Kairós. Año 9. N° 16. Universidad Nacional de San Luis.

- Iglesias, M.C. Colaboración del Ing. Agüero, P. 2016. Ordenamiento Hidráulico Río Xibi Xibi. Municipalidad de San Salvador de Jujuy.

- Precipitaciones en el NOA. A. Bianchi. INTA Reg. Salta.

- Desarrollo del Método Racional Generalizado. Ing. Federico Ruhle. Dirección Nacional de Vialidad.

- Hidrología Aplicada. Chow-Maidment-Mays. McGraw-Hill. 1994.

ANEXOS

PLANOS

**PLANILLAS, PERFIL LONGITUDINAL Y
SECCIONES TRANSVERSALES Tr=50 AÑOS**

Plan: Estado Actual 50 Xibi Xibi Urbano RS: 04 Profile: Tr= 50 Años

			Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	1248.85	Element			
Vel Head (m)	0.40	Wt. n-Val.	0.050	0.040	
W.S. Elev (m)	1248.45	Reach Len. (m)	307.44	301.53	294.44
Crit W.S. (m)	1248.46	Flow Area (m2)	9.40	39.60	
E.G. Slope (m/m)	0.016269	Area (m2)	9.40	39.60	
Q Total (m3/s)	130.00	Flow (m3/s)	14.42	115.58	
Top Width (m)	64.63	Top Width (m)	19.82	44.82	
Vel Total (m/s)	2.65	Avg. Vel. (m/s)	1.53	2.92	
Max Chl Dpth (m)	1.15	Hydr. Depth (m)	0.47	0.88	
Conv. Total (m3/s)	1019.2	Conv. (m3/s)	113.0	906.2	
Length Wtd. (m)	301.73	Wetted Per. (m)	20.17	45.21	
Min Ch El (m)	1247.30	Shear (N/m2)	74.36	139.73	
Alpha	1.11	Stream Power (N/m s)	114.03	407.88	
Frctn Loss (m)	5.10	Cum Volume (1000 m3)	1.45	13.40	0.57
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	3.05	17.81	1.76

Plan: Estado Actual 50 Xibi Xibi Urbano RS: 03 Profile: Tr= 50 Años

			Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	1243.72	Element			
Vel Head (m)	0.32	Wt. n-Val.		0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1243.40	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	1243.40	Flow Area (m2)		49.29	3.84
E.G. Slope (m/m)	0.017594	Area (m2)		49.29	3.84
Q Total (m3/s)	130.00	Flow (m3/s)		125.26	4.74
Top Width (m)	85.27	Top Width (m)		73.30	11.97
Vel Total (m/s)	2.45	Avg. Vel. (m/s)		2.54	1.23
Max Chl Dpth (m)	1.26	Hydr. Depth (m)		0.67	0.32
Conv. Total (m3/s)	980.1	Conv. (m3/s)		944.3	35.7
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		73.45	12.09
Min Ch El (m)	1242.14	Shear (N/m2)		115.77	54.80
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)		294.22	67.68
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Plan: Estado Actual 50 Xibi Xibi Urbano RS: 07 Profile: Tr= 50 Años

E.G. Elev (m)	1265.07	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.53	Wt. n-Val.	0.050	0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1264.54	Reach Len. (m)	188.03	188.15	188.21
Crit W.S. (m)	1264.64	Flow Area (m2)	1.21	36.71	4.40
E.G. Slope (m/m)	0.031096	Area (m2)	1.21	36.71	4.40
Q Total (m3/s)	130.00	Flow (m3/s)	2.61	121.31	6.07
Top Width (m)	76.53	Top Width (m)	2.32	55.97	18.24
Vel Total (m/s)	3.07	Avg. Vel. (m/s)	2.15	3.30	1.38
Max Chl Dpth (m)	1.18	Hydr. Depth (m)	0.52	0.66	0.24
Conv. Total (m3/s)	737.2	Conv. (m3/s)	14.8	687.9	34.4
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	2.54	56.55	18.38
Min Ch El (m)	1263.36	Shear (N/m2)	145.52	197.93	73.00
Alpha	1.10	Stream Power (N/m s)	313.39	654.14	100.78
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	4.21	45.99	2.61
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	12.48	62.12	8.39

Plan: Estado Actual 50 Xibi Xibi Urbano RS: 06 Profile: Tr= 50 Años

E.G. Elev (m)	1261.57	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.32	Wt. n-Val.	0.050	0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1261.25	Reach Len. (m)	346.15	347.18	348.34
Crit W.S. (m)	1261.25	Flow Area (m2)	0.03	47.80	5.80
E.G. Slope (m/m)	0.017389	Area (m2)	0.03	47.80	5.80
Q Total (m3/s)	130.00	Flow (m3/s)	0.01	122.64	7.35
Top Width (m)	86.65	Top Width (m)	0.19	69.02	17.44
Vel Total (m/s)	2.42	Avg. Vel. (m/s)	0.48	2.57	1.27
Max Chl Dpth (m)	1.69	Hydr. Depth (m)	0.13	0.69	0.33
Conv. Total (m3/s)	985.8	Conv. (m3/s)	0.1	930.0	55.7
Length Wtd. (m)	347.19	Wetted Per. (m)	0.33	69.61	17.45
Min Ch El (m)	1259.56	Shear (N/m2)	13.23	117.09	56.70
Alpha	1.07	Stream Power (N/m s)	6.35	300.44	71.78
Frctn Loss (m)	7.35	Cum Volume (1000 m3)	4.09	38.04	1.65
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	12.25	50.36	5.04

Plan: Estado Actual 50 Xibi Xibi Urbano RS: 05 Profile: Tr= 50 Años

E.G. Elev (m)	1254.19	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.56	Wt. n-Val.	0.050	0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1253.64	Reach Len. (m)	264.54	259.33	253.47
Crit W.S. (m)	1253.78	Flow Area (m2)	4.57	36.97	0.24
E.G. Slope (m/m)	0.026366	Area (m2)	4.57	36.97	0.24
Q Total (m3/s)	130.00	Flow (m3/s)	5.27	124.43	0.30
Top Width (m)	70.89	Top Width (m)	21.45	48.66	0.78
Vel Total (m/s)	3.11	Avg. Vel. (m/s)	1.15	3.37	1.25
Max Chl Dpth (m)	1.20	Hydr. Depth (m)	0.21	0.76	0.30
Conv. Total (m3/s)	800.6	Conv. (m3/s)	32.5	766.3	1.8
Length Wtd. (m)	259.72	Wetted Per. (m)	21.59	48.96	0.99
Min Ch El (m)	1252.44	Shear (N/m2)	54.74	195.23	61.97
Alpha	1.13	Stream Power (N/m s)	63.14	657.15	77.64
Frctn Loss (m)	5.30	Cum Volume (1000 m3)	3.29	23.33	0.60
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	8.50	29.93	1.86

Plan: Estado Actual 50 Xibi Xibi Urbano RS: 10 Profile: Tr= 50 Años

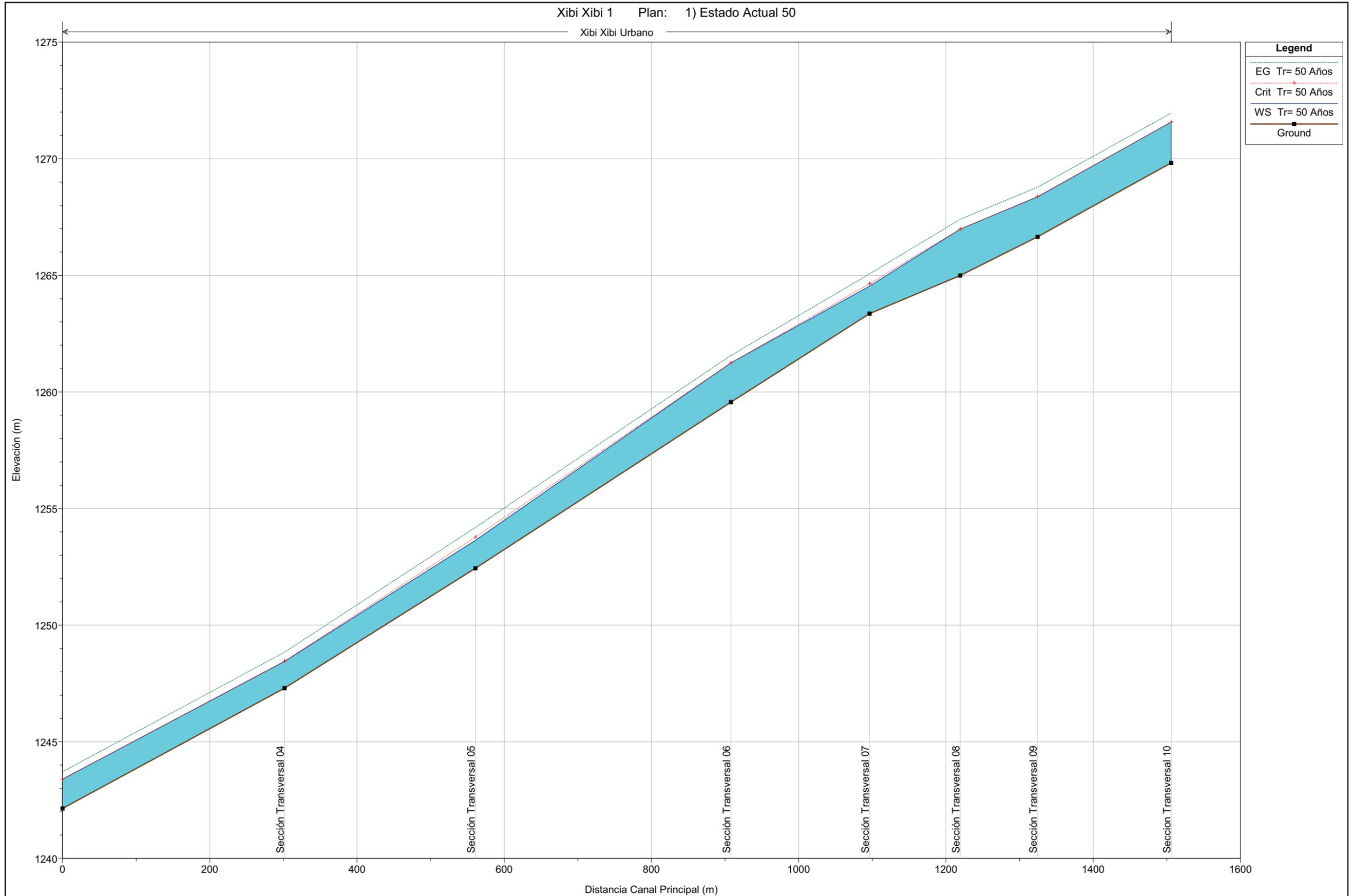
E.G. Elev (m)	1271.96	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.39	Wt. n-Val.		0.040	
W.S. Elev (m)	1271.57	Reach Len. (m)	180.20	181.61	182.87
Crit W.S. (m)	1271.57	Flow Area (m2)		47.17	
E.G. Slope (m/m)	0.018011	Area (m2)		47.17	
Q Total (m3/s)	130.00	Flow (m3/s)		130.00	
Top Width (m)	62.60	Top Width (m)		62.60	
Vel Total (m/s)	2.76	Avg. Vel. (m/s)		2.76	
Max Chl Dpth (m)	1.75	Hydr. Depth (m)		0.75	
Conv. Total (m3/s)	968.7	Conv. (m3/s)		968.7	
Length Wtd. (m)	181.61	Wetted Per. (m)		63.35	
Min Ch El (m)	1269.82	Shear (N/m2)		131.50	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		362.43	
Frctn Loss (m)	3.20	Cum Volume (1000 m3)	4.60	63.72	3.49
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	12.95	83.92	13.91

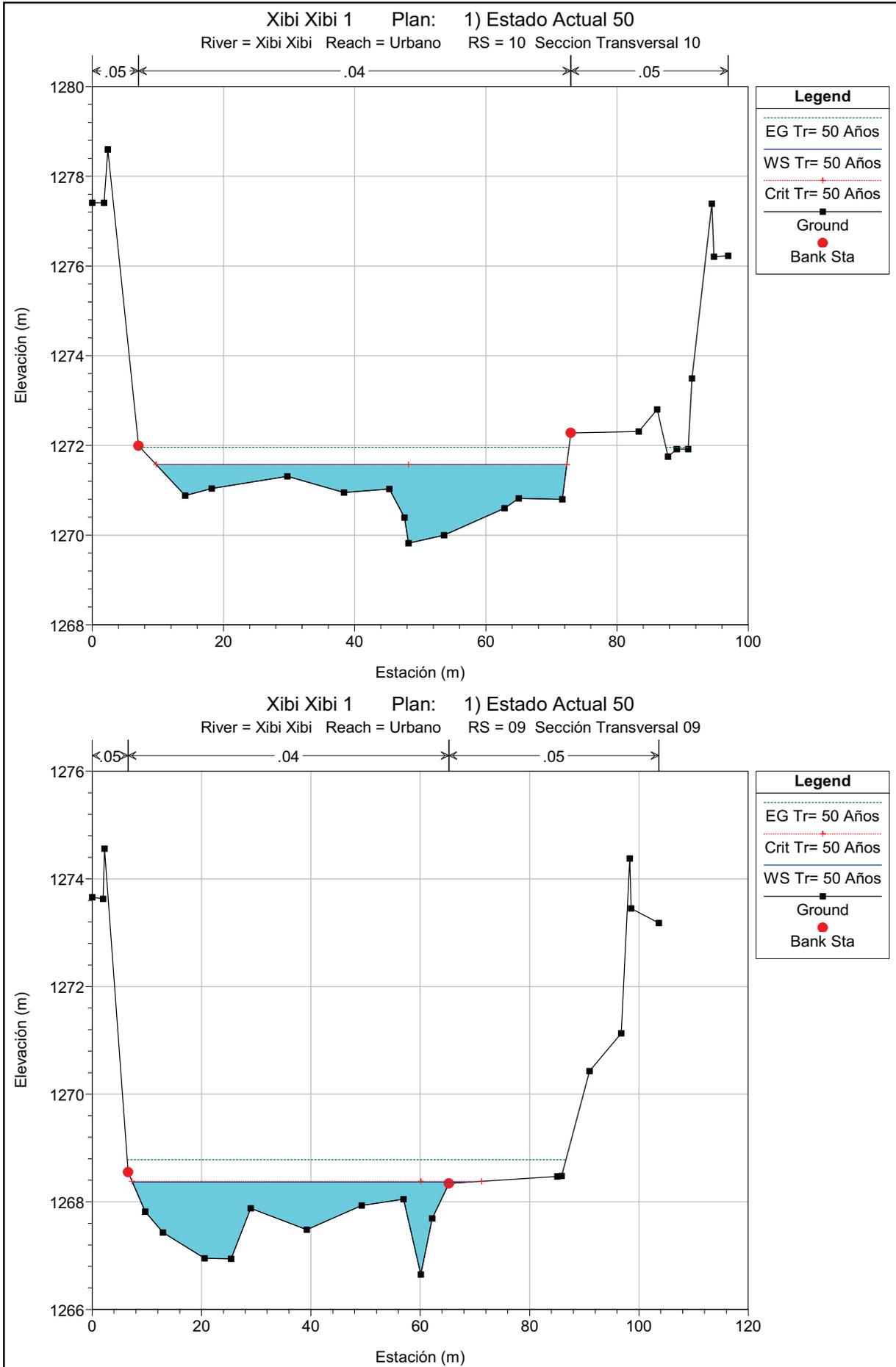
Plan: Estado Actual 50 Xibi Xibi Urbano RS: 09 Profile: Tr= 50 Años

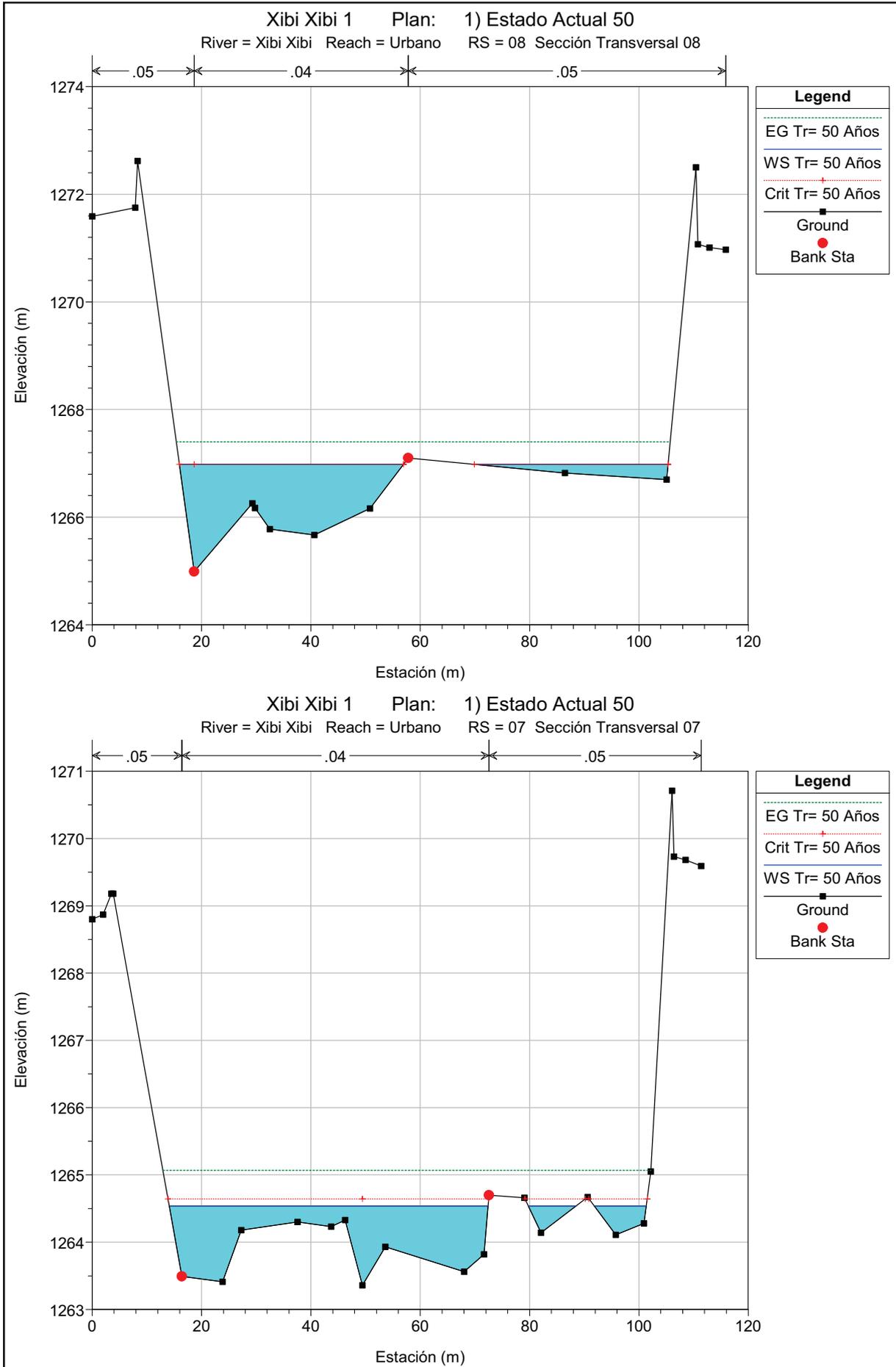
E.G. Elev (m)	1268.78	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.42	Wt. n-Val.		0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1268.36	Reach Len. (m)	100.42	105.02	111.35
Crit W.S. (m)	1268.38	Flow Area (m2)		45.27	0.03
E.G. Slope (m/m)	0.018672	Area (m2)		45.27	0.03
Q Total (m3/s)	130.00	Flow (m3/s)		130.00	0.00
Top Width (m)	60.86	Top Width (m)		57.89	2.97
Vel Total (m/s)	2.87	Avg. Vel. (m/s)		2.87	0.12
Max Chl Dpth (m)	1.71	Hydr. Depth (m)		0.78	0.01
Conv. Total (m3/s)	951.4	Conv. (m3/s)		951.3	0.0
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		58.75	2.97
Min Ch El (m)	1266.65	Shear (N/m2)		141.11	1.78
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		405.19	0.22
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	4.60	55.33	3.49
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	12.95	72.97	13.64

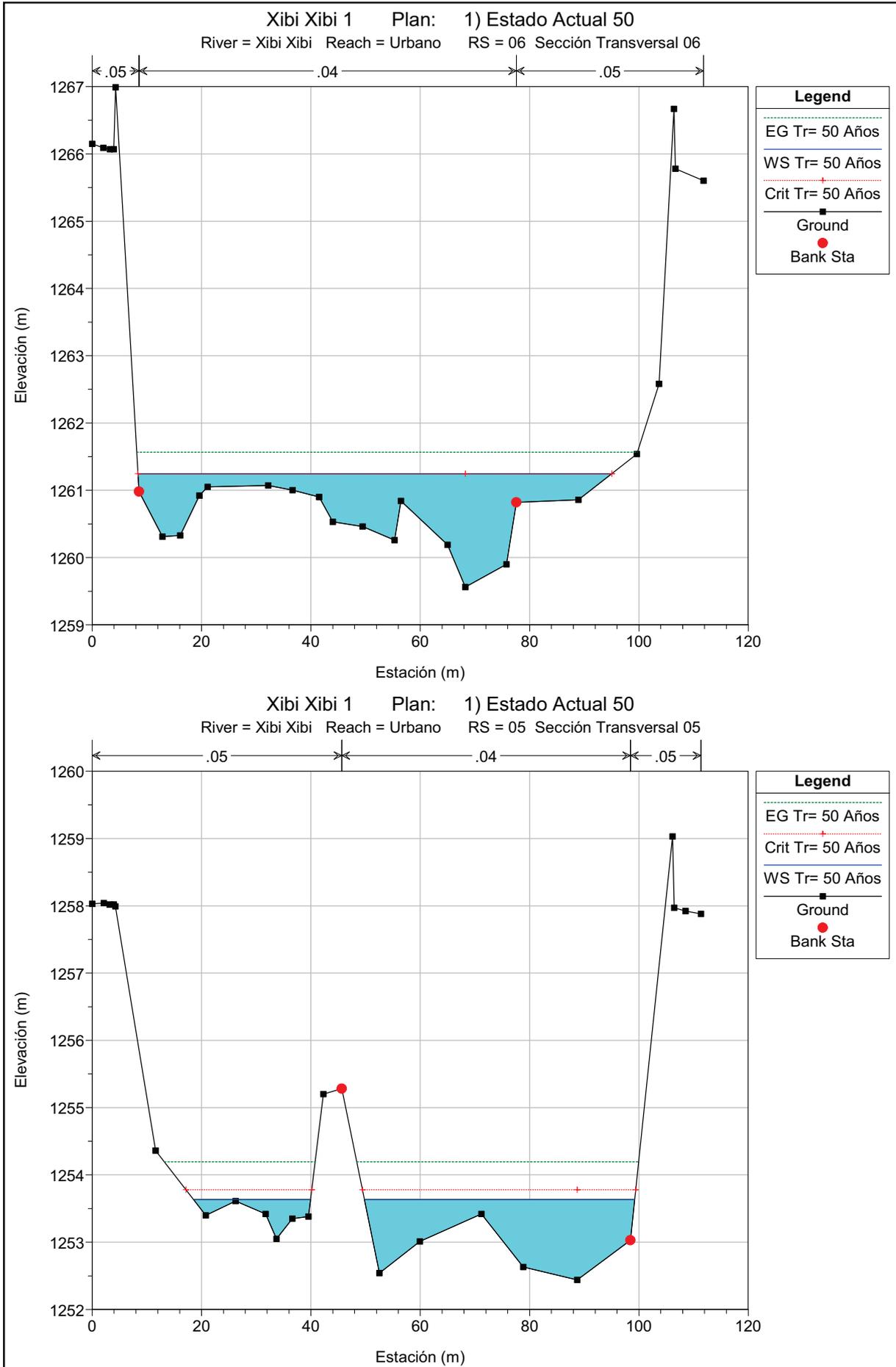
Plan: Estado Actual 50 Xibi Xibi Urbano RS: 08 Profile: Tr= 50 Años

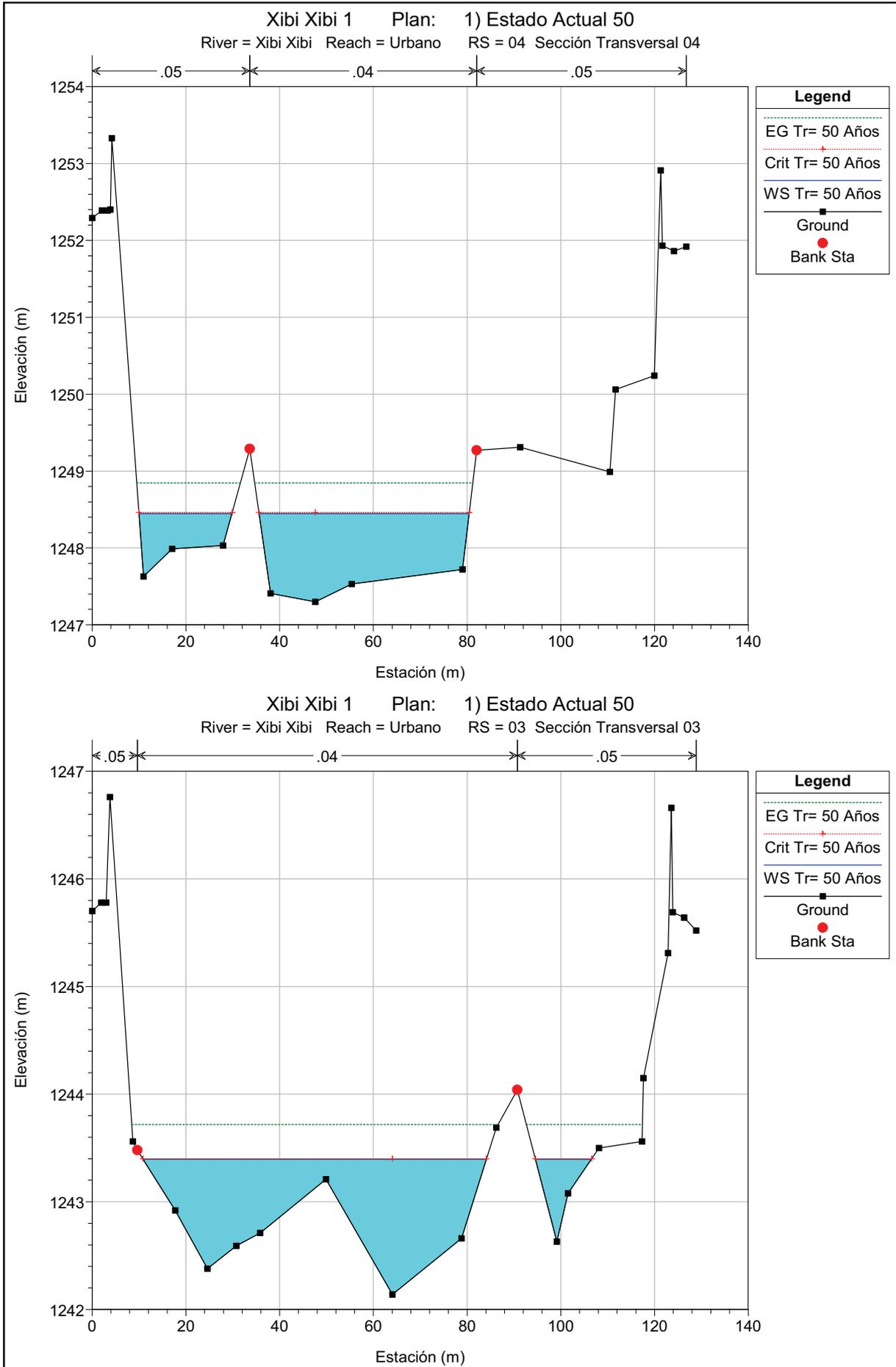
E.G. Elev (m)	1267.40	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.42	Wt. n-Val.	0.050	0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1266.98	Reach Len. (m)	131.79	123.18	115.65
Crit W.S. (m)	1266.98	Flow Area (m2)	2.68	41.18	5.52
E.G. Slope (m/m)	0.012659	Area (m2)	2.68	41.18	5.52
Q Total (m3/s)	130.00	Flow (m3/s)	5.21	121.21	3.58
Top Width (m)	76.47	Top Width (m)	2.69	38.30	35.48
Vel Total (m/s)	2.63	Avg. Vel. (m/s)	1.94	2.94	0.65
Max Chl Dpth (m)	1.99	Hydr. Depth (m)	1.00	1.08	0.16
Conv. Total (m3/s)	1155.4	Conv. (m3/s)	46.3	1077.3	31.8
Length Wtd. (m)	123.16	Wetted Per. (m)	3.35	38.48	35.60
Min Ch El (m)	1264.99	Shear (N/m2)	99.43	132.87	19.24
Alpha	1.19	Stream Power (N/m s)	192.97	391.04	12.49
Frctn Loss (m)	2.32	Cum Volume (1000 m3)	4.46	50.79	3.18
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	12.82	67.92	11.50











**PLANILLAS, PERFIL LONGITUDINAL Y
SECCIONES TRANSVERSALES Tr=100 AÑOS**

Plan: Estado Actual 100 Xibi Xibi Urbano RS: 04 Profile: Tr= 100 Años

E.G. Elev (m)	1248.95	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.43	Wt. n-Val.	0.050	0.040	
W.S. Elev (m)	1248.52	Reach Len. (m)	307.44	301.53	294.44
Crit W.S. (m)	1248.54	Flow Area (m2)	10.97	43.11	
E.G. Slope (m/m)	0.015835	Area (m2)	10.97	43.11	
Q Total (m3/s)	148.80	Flow (m3/s)	18.10	130.70	
Top Width (m)	65.42	Top Width (m)	20.26	45.16	
Vel Total (m/s)	2.75	Avg. Vel. (m/s)	1.65	3.03	
Max Chl Dpth (m)	1.22	Hydr. Depth (m)	0.54	0.95	
Conv. Total (m3/s)	1182.5	Conv. (m3/s)	143.9	1038.6	
Length Wtd. (m)	301.75	Wetted Per. (m)	20.65	45.58	
Min Ch El (m)	1247.30	Shear (N/m2)	82.47	146.88	
Alpha	1.11	Stream Power (N/m s)	136.11	445.24	
Frctn Loss (m)	5.12	Cum Volume (1000 m3)	1.69	14.50	0.66
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	3.11	18.03	1.93

Plan: Estado Actual 100 Xibi Xibi Urbano RS: 03 Profile: Tr= 100 Años

E.G. Elev (m)	1243.81	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.36	Wt. n-Val.		0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1243.45	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	1243.46	Flow Area (m2)		53.08	4.48
E.G. Slope (m/m)	0.018251	Area (m2)		53.08	4.48
Q Total (m3/s)	148.80	Flow (m3/s)		142.91	5.89
Top Width (m)	87.50	Top Width (m)		74.41	13.09
Vel Total (m/s)	2.59	Avg. Vel. (m/s)		2.69	1.31
Max Chl Dpth (m)	1.31	Hydr. Depth (m)		0.71	0.34
Conv. Total (m3/s)	1101.4	Conv. (m3/s)		1057.8	43.6
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		74.57	13.21
Min Ch El (m)	1242.14	Shear (N/m2)		127.39	60.73
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)		343.01	79.82
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Plan: Estado Actual 100 Xibi Xibi Urbano RS: 07 Profile: Tr= 100 Años

E.G. Elev (m)	1265.22	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.67	Wt. n-Val.	0.050	0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1264.55	Reach Len. (m)	188.03	188.15	188.21
Crit W.S. (m)	1264.77	Flow Area (m2)	1.24	37.24	4.58
E.G. Slope (m/m)	0.038731	Area (m2)	1.24	37.24	4.58
Q Total (m3/s)	148.80	Flow (m3/s)	2.99	138.66	7.15
Top Width (m)	76.87	Top Width (m)	2.34	55.98	18.55
Vel Total (m/s)	3.46	Avg. Vel. (m/s)	2.42	3.72	1.56
Max Chl Dpth (m)	1.19	Hydr. Depth (m)	0.53	0.67	0.25
Conv. Total (m3/s)	756.1	Conv. (m3/s)	15.2	704.6	36.3
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	2.56	56.57	18.70
Min Ch El (m)	1263.36	Shear (N/m2)	182.89	250.05	92.95
Alpha	1.10	Stream Power (N/m s)	442.25	931.03	145.31
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	5.00	49.52	3.04
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	12.80	62.42	8.87

Plan: Estado Actual 100 Xibi Xibi Urbano RS: 06 Profile: Tr= 100 Años

E.G. Elev (m)	1261.66	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.35	Wt. n-Val.	0.050	0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1261.31	Reach Len. (m)	346.15	347.18	348.34
Crit W.S. (m)	1261.31	Flow Area (m2)	0.04	52.15	6.94
E.G. Slope (m/m)	0.016802	Area (m2)	0.04	52.15	6.94
Q Total (m3/s)	148.80	Flow (m3/s)	0.02	139.41	9.37
Top Width (m)	87.69	Top Width (m)	0.24	69.02	18.43
Vel Total (m/s)	2.52	Avg. Vel. (m/s)	0.54	2.67	1.35
Max Chl Dpth (m)	1.75	Hydr. Depth (m)	0.17	0.76	0.38
Conv. Total (m3/s)	1147.9	Conv. (m3/s)	0.2	1075.5	72.3
Length Wtd. (m)	347.19	Wetted Per. (m)	0.41	69.61	18.45
Min Ch El (m)	1259.56	Shear (N/m2)	15.81	123.45	61.95
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	8.59	330.00	83.67
Frctn Loss (m)	7.32	Cum Volume (1000 m3)	4.88	41.11	1.95
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	12.56	50.66	5.39

Plan: Estado Actual 100 Xibi Xibi Urbano RS: 05 Profile: Tr= 100 Años

E.G. Elev (m)	1254.31	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.62	Wt. n-Val.	0.050	0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1253.69	Reach Len. (m)	264.54	259.33	253.47
Crit W.S. (m)	1253.85	Flow Area (m2)	5.69	39.47	0.28
E.G. Slope (m/m)	0.027258	Area (m2)	5.69	39.47	0.28
Q Total (m3/s)	148.80	Flow (m3/s)	7.58	140.84	0.38
Top Width (m)	71.65	Top Width (m)	22.02	48.79	0.85
Vel Total (m/s)	3.28	Avg. Vel. (m/s)	1.33	3.57	1.34
Max Chl Dpth (m)	1.25	Hydr. Depth (m)	0.26	0.81	0.33
Conv. Total (m3/s)	901.3	Conv. (m3/s)	45.9	853.1	2.3
Length Wtd. (m)	259.77	Wetted Per. (m)	22.18	49.09	1.07
Min Ch El (m)	1252.44	Shear (N/m2)	68.54	214.89	69.49
Alpha	1.13	Stream Power (N/m s)	91.35	766.87	93.45
Frctn Loss (m)	5.30	Cum Volume (1000 m3)	3.89	25.21	0.70
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)	8.71	30.21	2.03

Plan: Estado Actual 100 Xibi Xibi Urbano RS: 10 Profile: Tr= 100 Años

E.G. Elev (m)	1272.07	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.42	Wt. n-Val.		0.040	
W.S. Elev (m)	1271.65	Reach Len. (m)	180.20	181.61	182.87
Crit W.S. (m)	1271.65	Flow Area (m2)		51.90	
E.G. Slope (m/m)	0.017367	Area (m2)		51.90	
Q Total (m3/s)	148.80	Flow (m3/s)		148.80	
Top Width (m)	63.15	Top Width (m)		63.15	
Vel Total (m/s)	2.87	Avg. Vel. (m/s)		2.87	
Max Chl Dpth (m)	1.83	Hydr. Depth (m)		0.82	
Conv. Total (m3/s)	1129.1	Conv. (m3/s)		1129.1	
Length Wtd. (m)	181.61	Wetted Per. (m)		63.94	
Min Ch El (m)	1269.82	Shear (N/m2)		138.25	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		396.34	
Frctn Loss (m)	3.17	Cum Volume (1000 m3)	5.44	69.00	4.69
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	13.29	84.42	17.64

Plan: Estado Actual 100 Xibi Xibi Urbano RS: 09 Profile: Tr= 100 Años

E.G. Elev (m)	1268.89	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.45	Wt. n-Val.		0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1268.44	Reach Len. (m)	100.42	105.02	111.35
Crit W.S. (m)	1268.48	Flow Area (m2)		50.06	0.79
E.G. Slope (m/m)	0.017574	Area (m2)		50.06	0.79
Q Total (m3/s)	148.80	Flow (m3/s)		148.51	0.29
Top Width (m)	73.76	Top Width (m)		58.25	15.51
Vel Total (m/s)	2.93	Avg. Vel. (m/s)		2.97	0.36
Max Chl Dpth (m)	1.79	Hydr. Depth (m)		0.86	0.05
Conv. Total (m3/s)	1122.4	Conv. (m3/s)		1120.3	2.2
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		59.11	15.51
Min Ch El (m)	1266.65	Shear (N/m2)		145.96	8.78
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)		433.01	3.20
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	5.44	59.75	4.62
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	13.29	73.40	16.22

Plan: Estado Actual 100 Xibi Xibi Urbano RS: 08 Profile: Tr= 100 Años

E.G. Elev (m)	1267.51	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.39	Wt. n-Val.	0.050	0.040	0.050
W.S. Elev (m)	1267.12	Reach Len. (m)	131.79	123.18	115.65
Crit W.S. (m)	1267.12	Flow Area (m2)	3.06	46.44	11.26
E.G. Slope (m/m)	0.010716	Area (m2)	3.06	46.44	11.26
Q Total (m3/s)	148.80	Flow (m3/s)	5.71	134.20	8.89
Top Width (m)	89.72	Top Width (m)	2.88	39.18	47.67
Vel Total (m/s)	2.45	Avg. Vel. (m/s)	1.87	2.89	0.79
Max Chl Dpth (m)	2.13	Hydr. Depth (m)	1.06	1.19	0.24
Conv. Total (m3/s)	1437.4	Conv. (m3/s)	55.2	1296.4	85.8
Length Wtd. (m)	123.03	Wetted Per. (m)	3.58	39.37	47.85
Min Ch El (m)	1264.99	Shear (N/m2)	89.90	123.98	24.73
Alpha	1.28	Stream Power (N/m s)	167.73	358.24	19.52
Frctn Loss (m)	2.26	Cum Volume (1000 m3)	5.28	54.68	3.95
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	13.14	68.28	12.70

