

Tabla 2.3 COEFICIENTE DE COMPACIDAD DE LAS QUEBRADAS

Quebradas	Coefficiente de Compacidad
Quebrada 1	1.601
Quebrada 2	1.500
Quebrada 3	1.711
Quebrada 4	1.250
Río Juan Díaz	1.434

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños, S.A.; diciembre 2023.

Rango de Kc	Clases de compacidad
1-1.25	Redonda a oval redonda
1.25-1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50-1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: (Moreno Grande & Esquivel Jimenez, 2015)

Las microcuencas de cada una de las quebradas y el río Juan Díaz se pueden clasificar como Oval redonda a oval oblonga.

2.2.3 Factor de Forma

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. Una cuenca con factor de forma bajo está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma.

$$K_f = B / L \quad (B = A / L)$$

$$K_f = A / L^2$$

Donde:

B = ancho medio, km

L = longitud axial de la cuenca, km

A = área de drenaje

Tabla 2.4 FACTOR DE FORMA DE LAS QUEBRADAS

Quebradas	Factor de Forma
Quebrada 1	0.1928
Quebrada 2	0.1704
Quebrada 3	0.1468
Quebrada 4	0.8244
Río Juan Díaz	0.8241

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños, S.A.; abril 2023.

Tabla 2.5 TIPOS DE CUENCA SEGÚN EL VALOR DE FACTOR DE FORMA

Valores aproximados	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada, ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeado el desagüe

Fuente: (Ordoñez, 2011)

Con factor de forma dado para cada una de las quebradas, al realizar la interpretación según la relación de forma de Horton, Las quebradas 1, 2 y 3 presentan una clasificación como cuencas muy alargadas, en cambio las cuencas de la Quebrada 4 y el río Juan Díaz tienen una clasificación de muy ensanchada.

2.2.4 Pendientes

Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas.

La topografía existente en la cuenca 144, es accidentada con una pendiente promedio de 12.8%, un 9.9% desde su nacimiento hasta los 5.4 kilómetros, lo cual califica como una pendiente pronunciada. Esta disminuye gradualmente, alcanzando un promedio de 0.115% desde los 5.4 kilómetros hasta su desembocadura. El relieve está formado por colinas y cerros bajos como Cerro Bartolo, Cerro Santa Cruz, Cerro El Brujo, Cerro Batea, Cerro Viento y Cerro Bandera. Hay muchas cascadas en su cuenca alta, lo que promueve la rápida escorrentía del agua superficial y el posterior bajo tiempo de concentración.

Tabla 2.6 PENDIENTES DE LAS QUEBRADAS ANTES DEL ÁREA DEL PROYECTO

Quebradas	Pendiente (m/m)
Quebrada 1	0.07931
Quebrada 2	0.14441
Quebrada 3	0.12493
Quebrada 4	0.31410
Río Juan Díaz	0.35545

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños, S.A.; abril 2023.

Tabla 2.6 PENDIENTES DE LAS QUEBRADAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO

Quebradas	Pendiente (m/m)
Quebrada 1	0.09469
Quebrada 2	0.11285
Quebrada 3	0.12253
Quebrada 4	0.24154
Río Juan Díaz	0.37161

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños, S.A.; abril 2023.

2.2.5 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración de una cuenca se encuentra condicionado por diversos factores, siendo la topografía, la red de drenaje, las características de las superficies y su distribución, así como las condiciones iniciales de la cuenca, elementos fundamentales en su determinación. En este contexto, existen diversas fórmulas que permiten calcular el tiempo de concentración de una cuenca específica, cada una diseñada para abordar condiciones particulares. A continuación, se presenta la fórmula de Kirpich, la cual ha sido desarrollada utilizando datos del SCS (Servicio de Conservación de Suelos) y se aplica especialmente a áreas rurales en Tennessee con canales bien definidos y pendientes entre 3 y 10%:

$$T_c = \frac{0.39(L^2)}{S^{0.385}}$$

L: Longitud de escurrimiento superficial (km)

S: Pendiente (m/m)

Tabla 2.7 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LAS QUEBRADAS ANTES DEL ÁREA DEL PROYECTO

Quebradas	Tiempo de Concentración (horas) – Según Kirpich
Quebrada 1	0.426
Quebrada 2	0.511
Quebrada 3	0.486
Quebrada 4	0.167
Río Juan Díaz	2.151

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños, S.A.; abril 2023.

En virtud de los datos recopilados y calculados según la fórmula de Kirpich para el tiempo de concentración de las quebradas y el Río Juan Díaz, es posible extraer conclusiones significativas sobre la hidrología de la cuenca en estudio. Se observa que las quebradas 1, 2 y 3 presentan tiempos de concentración relativamente similares, con valores en el rango de 0.426 a 0.511 horas, indicando una respuesta hidrológica coherente en estas áreas. Por otro lado, la Quebrada 4 exhibe un tiempo de concentración considerablemente menor, señalando una mayor velocidad de escurrimiento superficial. En contraste, el Río Juan Díaz muestra un tiempo de concentración más prolongado, alcanzando las 2.151 horas, lo que refleja una dinámica hidrológica distinta

en comparación con las quebradas individuales. Estas variaciones en los tiempos de concentración resaltan la heterogeneidad de la cuenca y subrayan la importancia de considerar factores locales.

3.0 Precipitación

3.1 Red de Estaciones Meteorológicas

A continuación, se presentan la Tabla 3.1, con las características de las estaciones meteorológicas.

Tabla 3.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Número	Nombre	Elevación	Coordenadas Geográficas		Fecha de Inicio	Fecha Final
		msnm	Latitud	Longitud		
144-001	Tocumen (D.A.C)	20	9° 03' 00"	-79° 23' 00"	1/7/1957	1/1/2000
144-002	Tocumen (E.T.E.S.A)	18	9° 03' 56"	-79° 23' 31"	1/1/1970	1/1/2013
144-003	Cerro Azul	660	9° 10' 00"	-79° 25' 00"	1/12/1970	1/12/1998
144-004	Las Cumbres	200	9° 05' 00"	-79° 32' 00"	1/10/1970	1/12/1997

Fuente: Instituto Meteorológico Hidrológico de Panamá, abril 2023.

3.2 Evaluación de la Precipitación

Se han recopilado datos de diferentes estaciones dentro de la zona de la cuenca del Río Juan Díaz, con periodos de registros de cuarenta y tres, veintisiete y veintitrés años. Una vez revisada, extendida y rellenada la serie de precipitación se determinó la precipitación media anual correspondiente a los diferentes periodos. Los valores se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. PRECIPITACIÓN MEDIA MULTIANUAL

Estación	Código	Precipitación Media Anual (mm)	Elevación (msnm)
Las Cumbres	144 - 004	180.6	200
Cerro Azul	144 - 003	263.1	660
Tocumen (E.T.E.S.A)	144 - 002	159	18
Tocumen (D.A.C)	144 - 001	150.5	20

Fuente: Instituto Meteorológico e Hidrológico de Panamá (IMHPA), 2023.

3.3 Distribución Mensual Promedio y Máxima de la Precipitación

➤ ESTACIÓN METEOROLÓGICA TOCUMEN (D.A.C) (144 – 001)

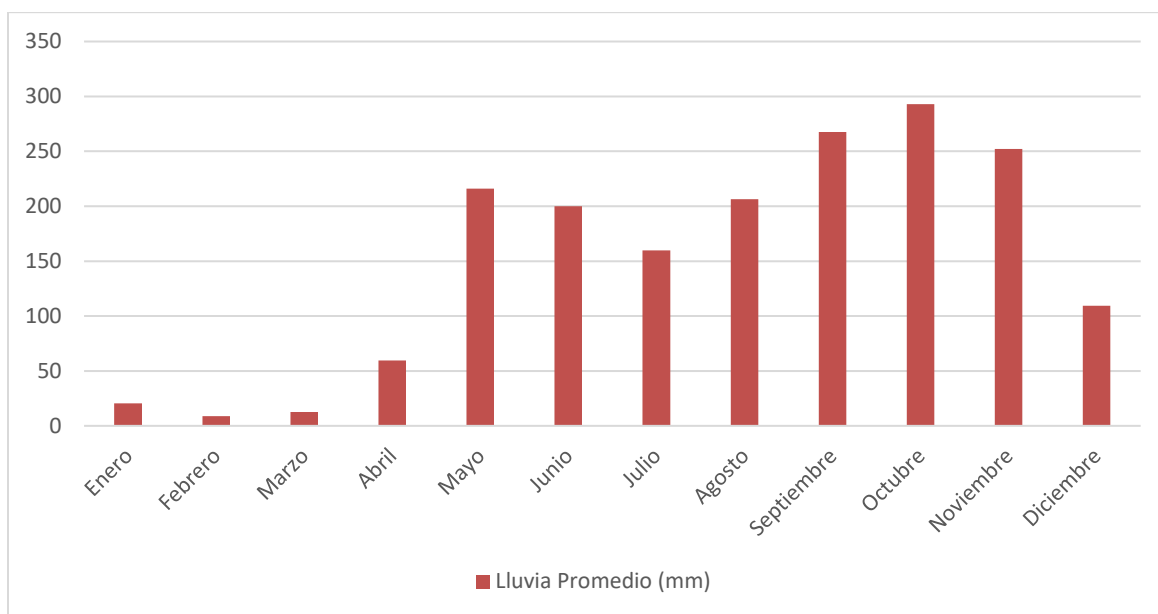
Según la estación de Tocumen (D.A.C), estación meteorológica instalada y administrada por personal de Empresa de Transmisión Eléctrica S.A (E.T.E.S.A.), registra un promedio de precipitación pluvial anual de 125.1 mm, datos suministrados por la estación meteorológica. A continuación, se presenta el histograma de precipitaciones promedio mensuales de la estación considerada, en la Tabla 3.3 y la Figura 3.1.

Tabla 3.3. Precipitaciones Promedios Mensuales - Estación Tocumen (D.A.C)

Mes	Lluvia Promedio (mm)
Enero	20.4
Febrero	8.8
Marzo	12.7
Abril	59.4
Mayo	216.1
Junio	200.1
Julio	159.9
Agosto	206.5
Septiembre	267.7
Octubre	292.9
Noviembre	252.1
Diciembre	109.4

Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Tocumen (D.A.C), (1957 - 2000)

Figura 3.1. Histograma de precipitaciones promedio mensuales - Estación Tocumen (D.A.C)



Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Tocumen (D.A.C), (1957 - 2000)

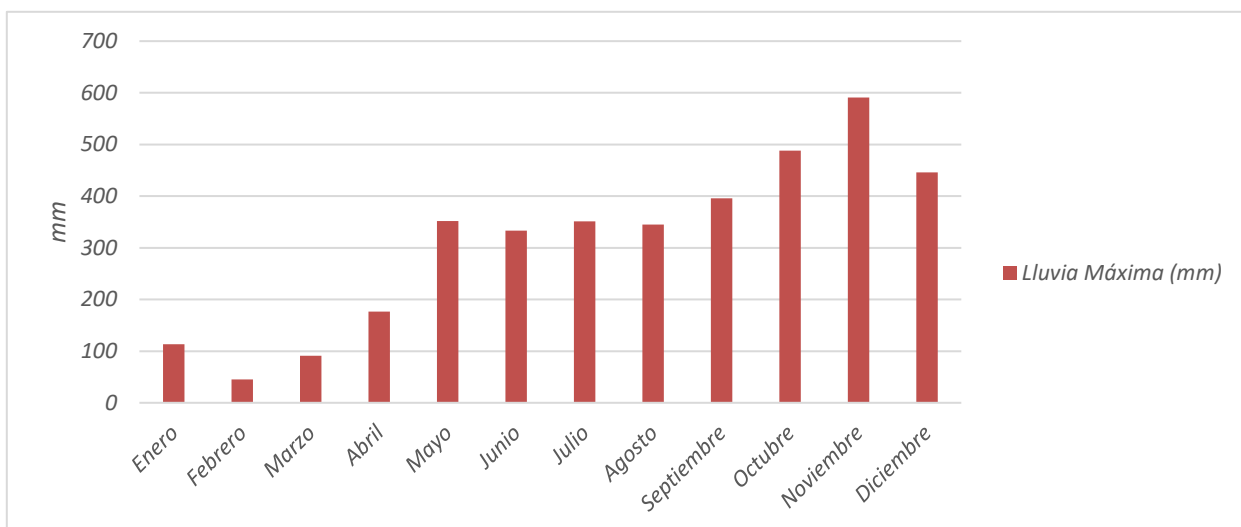
A continuación, se muestra en la Tabla 3.4. y la Figura 3.2 los histogramas mensuales de precipitación máxima mensual de la serie multianual de la estación representativa de la cuenca que está definida como Tocumen (D.A.C.) (144 – 001), en la cual se aprecia la distribución mensual de precipitación.

Tabla 3.4. Precipitaciones Máximas Mensuales - Estación Tocumen (D.A.C)

Mes	Lluvia Máxima (mm)
Enero	113.6
Febrero	45.0
Marzo	90.9
Abril	176.7
Mayo	351.9
Junio	333.3
Julio	351.0
Agosto	344.9
Septiembre	395.5
Octubre	487.9
Noviembre	590.8
Diciembre	446.0

Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Tocumen (D.A.C), (1957 - 2000)

Figura 3.2. Histograma de precipitaciones Máximas Mensuales - Estación Tocumen (D.A.C)



Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A., Instituto Meteorológico Hidrológico de Panamá., Abril, 2023.

De la Figura 3.2 se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- En los meses de Septiembre, octubre y noviembre se registran los valores máximos de precipitación.
- En los meses de Febrero y Marzo se registran valores mínimos de precipitación.
- La precipitación mensual máxima fue registrada en el mes de Noviembre, teniendo un valor de 590.8 mm.
- La precipitación mensual mínima fue registrada en el mes de febrero por la estación meteorológica Tocumen D.A.C. con un valor de 45 mm.

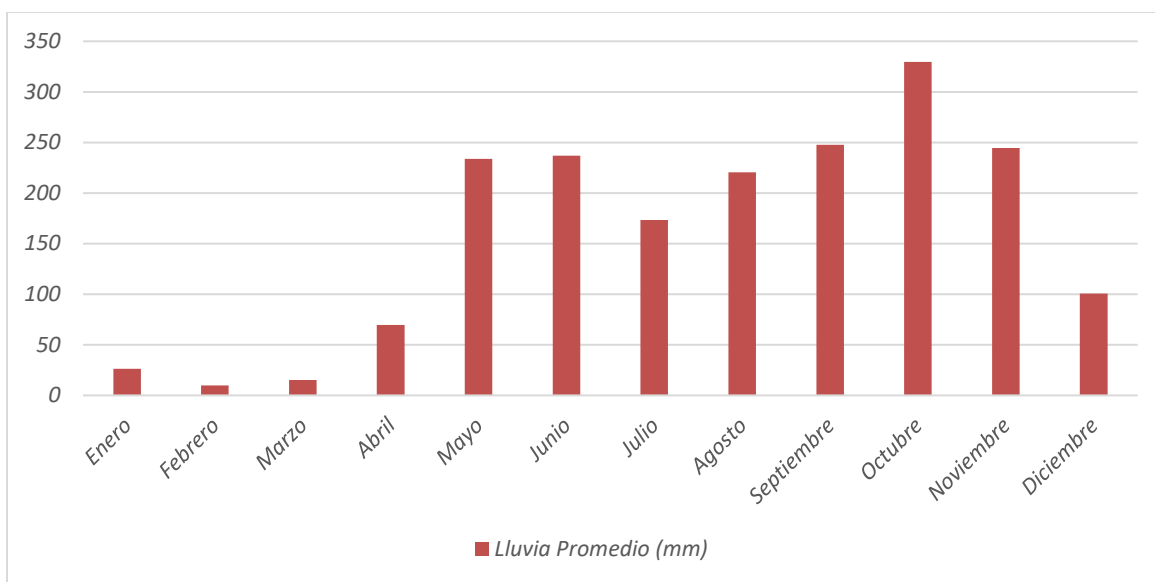
➤ **ESTACIÓN METEOROLÓGICA TOCUMEN (E.T.E.S.A) (144 – 002)**

Se registra un promedio de precipitación pluvial anual de 159 mm, según los datos suministrados por la estación meteorológica. A continuación, se presenta el histograma de precipitaciones promedio mensuales de la estación considerada, en la Tabla 3.5 y la Figura 3.3.

Tabla 3.5. Precipitaciones Promedios Mensuales - Estación Tocumen (E.T.E.S.A)

Mes	Lluvia Promedio (mm)
Enero	26.4
Febrero	10
Marzo	15.2
Abril	69.6
Mayo	233.9
Junio	236.9
Julio	173.5
Agosto	220.5
Septiembre	247.6
Octubre	329.5
Noviembre	244.6
Diciembre	100.5

Figura 3.3. Histograma de precipitaciones Promedios Mensuales - Estación Tocumen (E.T.E.S.A)



Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Tocumen (E.T.E.S.A), (1970 - 2013).

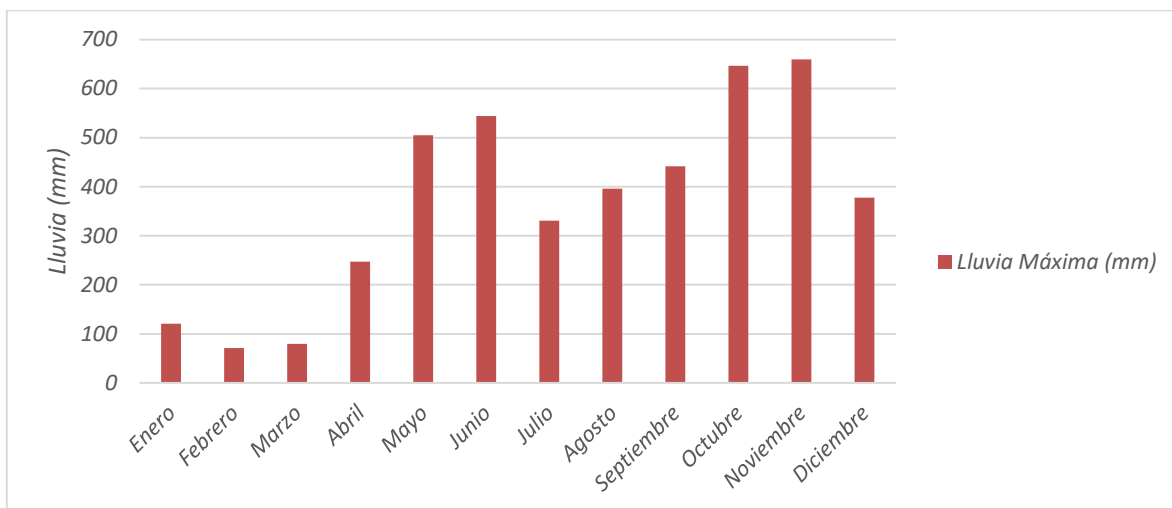
A continuación, se muestra en la Tabla 3.6 y la Figura 3.4 los histogramas mensuales de precipitación máxima mensual de la serie multianual de la estación representativa de la cuenca que está definida como Tocumen (E.T.E.S.A.) (144 – 002), en la cual se aprecia la distribución mensual de precipitación.

Tabla 3.6. Precipitaciones Máximas Mensuales - Estación Tocumen (E.T.E.S.A)

Mes	Lluvia Máxima (mm)
Enero	120.4
Febrero	70.9
Marzo	79.6
Abril	247.1
Mayo	505.1
Junio	544.3
Julio	330.5
Agosto	395.8
Septiembre	441.8
Octubre	646.8
Noviembre	660
Diciembre	377.8

Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Tocumen (D.A.C), (1957 - 2000)

Figura 3.4 Histograma de precipitaciones Máximas Mensuales - Estación Tocumen (E.T.E.S.A)



Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A., Instituto Meteorológico Hidrológico de Panamá., Abril, 2023.

De la Figura 3.4 se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- En los meses de Febrero y Marzo se registran valores mínimos de precipitación.
- En los meses de octubre y noviembre se registran los valores máximos de precipitación.
- La precipitación mensual máxima fue registrada en el mes de Noviembre, teniendo un valor de 660 mm.
- La precipitación mensual mínima registrada por la estación Tocumen (E.T.E.S.A), fue en el mes de febrero, con un valor de 70.90 mm.

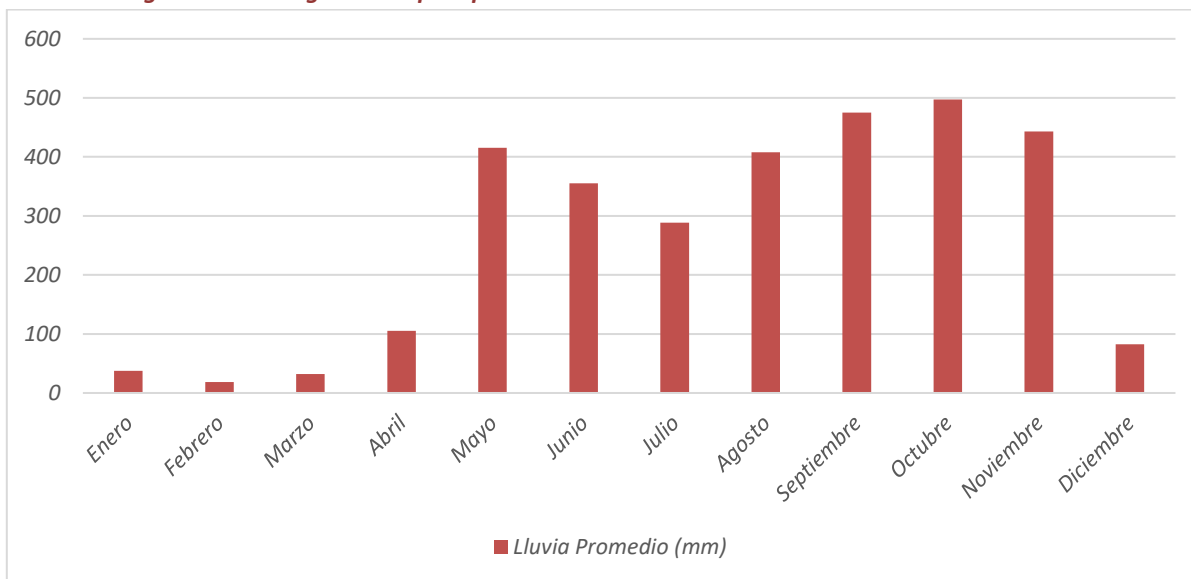
➤ **ESTACIÓN METEOROLÓGICA CERRO AZUL (144 – 003)**

Según la estación de Cerro Azul, registra un promedio de precipitación pluvial anual de 263.1 mm. A continuación, se presenta el histograma de precipitaciones promedio mensuales de la estación considerada, en la Tabla 3.7 y la Figura 3.5.

Tabla 3.7. Precipitaciones Promedios Mensuales - Estación Cerro Azul

Mes	Lluvia Promedio (mm)
Enero	37.6
Febrero	18.3
Marzo	32.0
Abril	105.4
Mayo	415.3
Junio	355.1
Julio	288.6
Agosto	407.7
Septiembre	475.0
Octubre	497.2
Noviembre	443.0
Diciembre	82.4

Figura 3.5. Histograma de precipitaciones Promedios Mensuales - Estación Cerro Azul



Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Cerro Azul, (1970 - 1998)

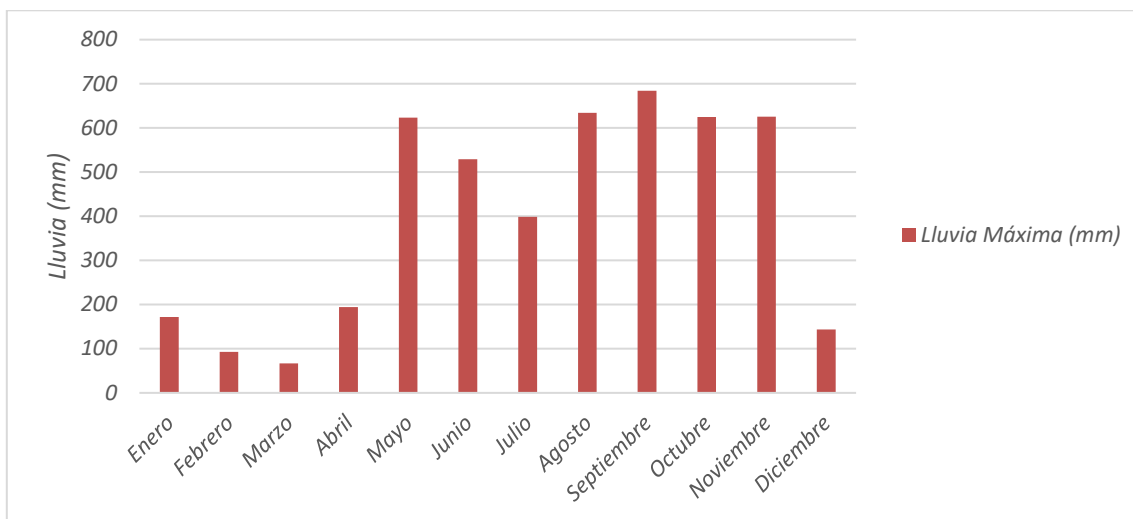
A continuación, se muestra en la Tabla 3.8 y la Figura 3.6 los histogramas mensuales de precipitación máxima mensual de la serie multianual de la estación representativa de la cuenca que está definida como Cerro Azul (144 – 003), en la cual se aprecia la distribución mensual de precipitación.

Tabla 3.8. Precipitaciones Máximas Mensuales - Estación Cerro Azul

Mes	Lluvia Máxima (mm)
Enero	171.6
Febrero	92.6
Marzo	66.7
Abril	194.1
Mayo	623.2
Junio	529.4
Julio	398.4
Agosto	634.5
Septiembre	683.9
Octubre	624.5
Noviembre	625.5
Diciembre	143.7

Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Tocumen (D.A.C), (1957 - 2000)

Figura 3.6 Histograma de precipitaciones Máximas Mensuales - Estación Cerro Azul



Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A., Instituto Meteorológico Hidrológico de Panamá., Abril, 2023.

De la Figura 3.6 se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- En los meses de Febrero y Marzo se registran valores mínimos de precipitación.
- En los meses de agosto, septiembre y noviembre se registran los valores máximos de precipitación.
- La precipitación mensual máxima fue registrada en el mes de septiembre, teniendo un valor de 263.1 mm.
- La precipitación mensual mínima registrada por la estación Cerro Azul, fue en el mes de marzo, con un valor de 66.70 mm

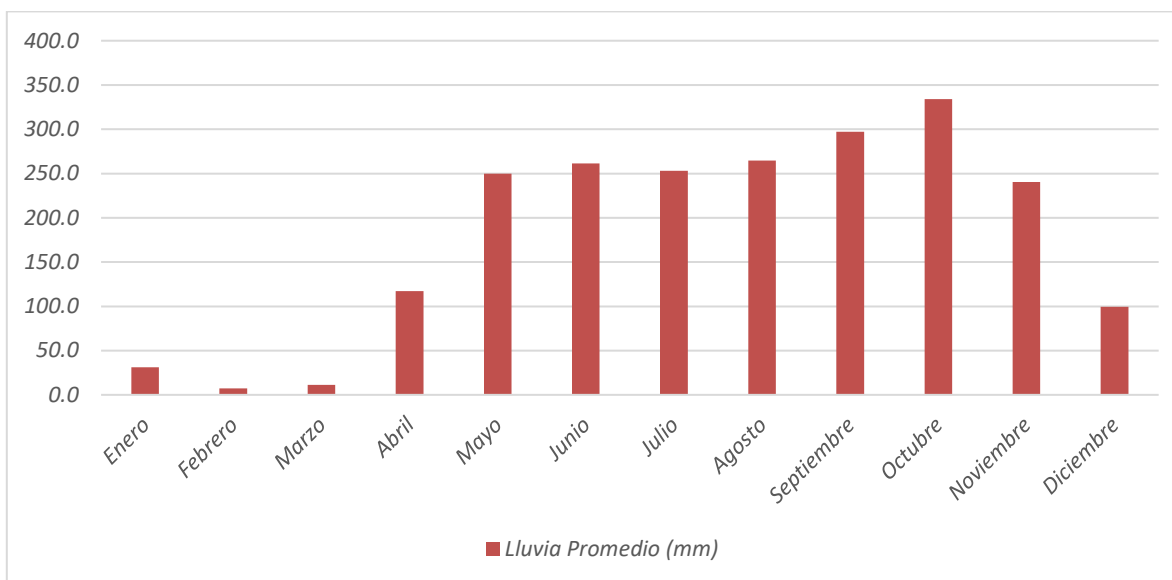
➤ **ESTACIÓN METEOROLÓGICA LAS CUMBRES (144 – 004)**

Según la estación de Las Cumbres, se registra un promedio de precipitación pluvial anual de 180.6 mm. A continuación, se presenta el histograma de precipitaciones promedio mensuales de la estación considerada, en la Tabla 3.9 y la Figura 3.7.

Tabla 3.9. Precipitaciones Promedios Mensuales - Estación Las Cumbres

Mes	Lluvia Promedio (mm)
Enero	31.2
Febrero	7.2
Marzo	11.1
Abril	117.0
Mayo	249.9
Junio	261.5
Julio	253.2
Agosto	264.7
Septiembre	297.1
Octubre	334.2
Noviembre	240.5
Diciembre	99.3

Figura 3.7. Histograma de precipitaciones Promedios Mensuales - Estación Las Cumbres



Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Las Cumbres, (1970 - 1997)

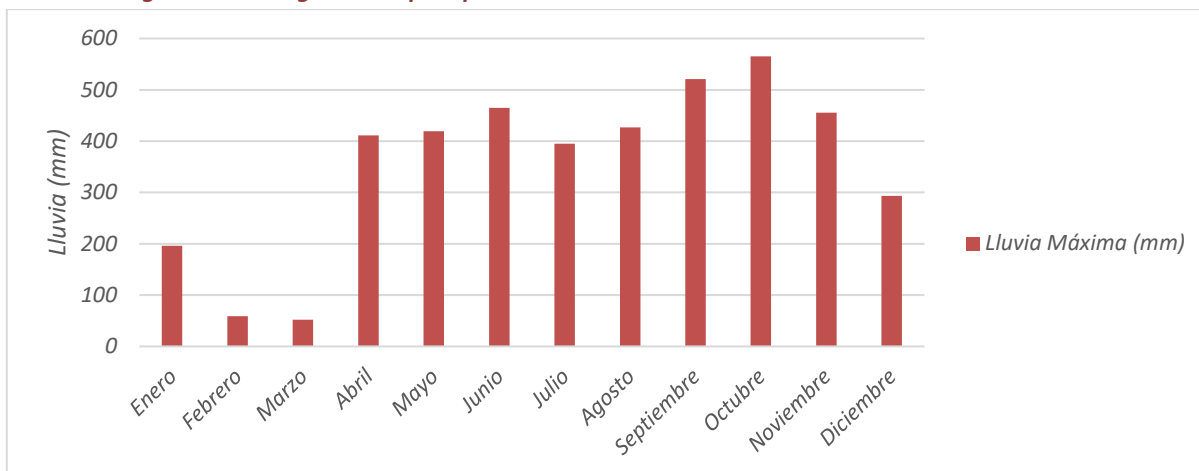
A continuación, se muestra en la Tabla 3.10 y la Figura 3.8 los histogramas mensuales de precipitación máxima mensual de la serie multianual de la estación representativa de la cuenca que está definida como Las Cumbres (144 – 004), en la cual se aprecia la distribución mensual de precipitación.

Tabla 3.8. Precipitaciones Máximas Mensuales - Estación Las Cumbres

Mes	Lluvia Máxima (mm)
Enero	196.2
Febrero	58.8
Marzo	51.8
Abril	411.4
Mayo	419.2
Junio	465.1
Julio	395.0
Agosto	426.6
Septiembre	521.1
Octubre	565.5
Noviembre	455.6
Diciembre	293.6

Fuente: (IMHPA, Estación Meteorológica Tocumen (D.A.C), (1957 - 2000)

Figura 3.8 Histograma de precipitaciones Máximas Mensuales - Estación Las Cumbres



Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A., Instituto Meteorológico Hidrológico de Panamá., Abril, 2023.

De la Figura 3.8 se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- En los meses de Febrero y Marzo se registran valores mínimos de precipitación.
- En los meses de septiembre y octubre se registran los valores máximos de precipitación.
- La precipitación mensual máxima fue registrada en el mes de octubre, teniendo un valor de 565.5 mm.
- La precipitación mensual mínima registrada por la estación Las Cumbres, fue en el mes de marzo, con un valor de 51.80 mm

3.4 Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia

Desde el punto de vista ingenieril, resulta de gran beneficio la utilización de las curvas de intensidad – duración – frecuencia (IDF) de la lluvia, para la obtención de las intensidades máximas de lluvias esperables para los diversos periodos de retorno y duraciones de tormenta, que se utilizarán para la generación de hidrogramas.

En forma general la relación entre intensidad, duración y frecuencia es considerar que el coeficiente “a” es igual a un coeficiente “k” multiplicado por el periodo de retorno “T” elevado a un exponente “n”.

$$I = \frac{kT^n}{(t + b)^m}$$

Para el caso de Panamá, las curvas IDF se obtienen con la utilización del Manual de Aprobación de Planos del 2021 del Ministerio de Obras Públicas de Panamá, en la sección V.10 DETERMINACIÓN DE LAS ECUACIONES DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA PARA 16 CUENCAS DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ. Para este proyecto se utilizó la curva derivada para la Cuenca del Río Juan Díaz y entre Río Juan Díaz y Pacora.

$$I = \frac{a}{d + b}$$

Donde:

a= está dado en mm

d= está dado en horas

b= está dado en horas

T [años]	2	5	10	20	30	50	100
a [mm]	103.834	103.939	111.036	119.281	124.364	130.940	140.081
b [hr]	0.593	0.296	0.232	0.197	0.182	0.168	0.153
R ²	97.67%	97.84%	97.89%	97.91%	97.92%	97.92%	97.93%

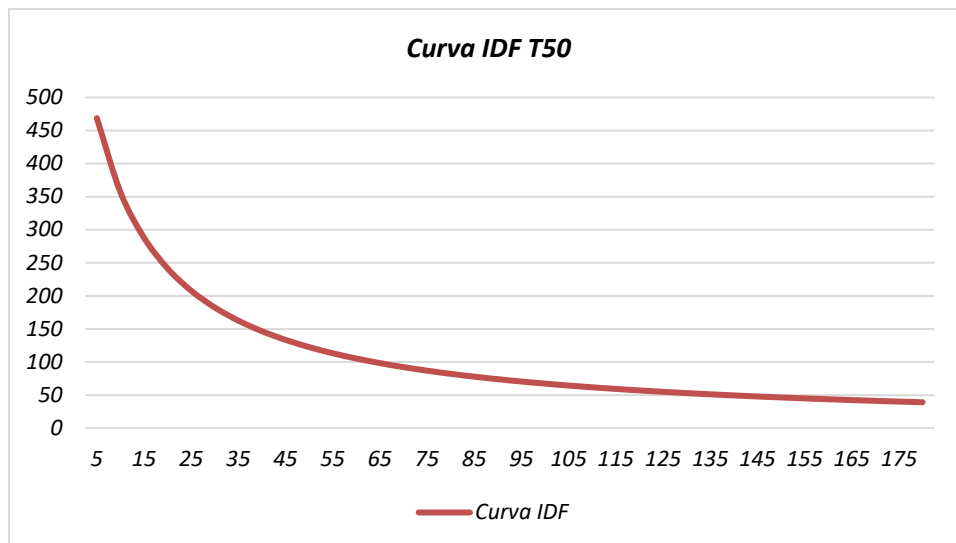
Fuente: Manual de aprobación de Planos, Ministerio de Obras Públicas, 2021.

Para este caso, se utilizó para un periodo de retorno de 1 en 50 años a partir del método denominado de California, el cual representa las intensidades mayores y profundidades de precipitación más elevadas. La información de partida para este método es la longitud del cauce a estudiar en kilómetros y la pendiente del cauce en m/m.

Los pasos por utilizar para la obtención de hietogramas a partir de la curva IDF del Manual de Aprobación de Planos del MOP publicado en el año 2021; se resumen en lo siguiente:

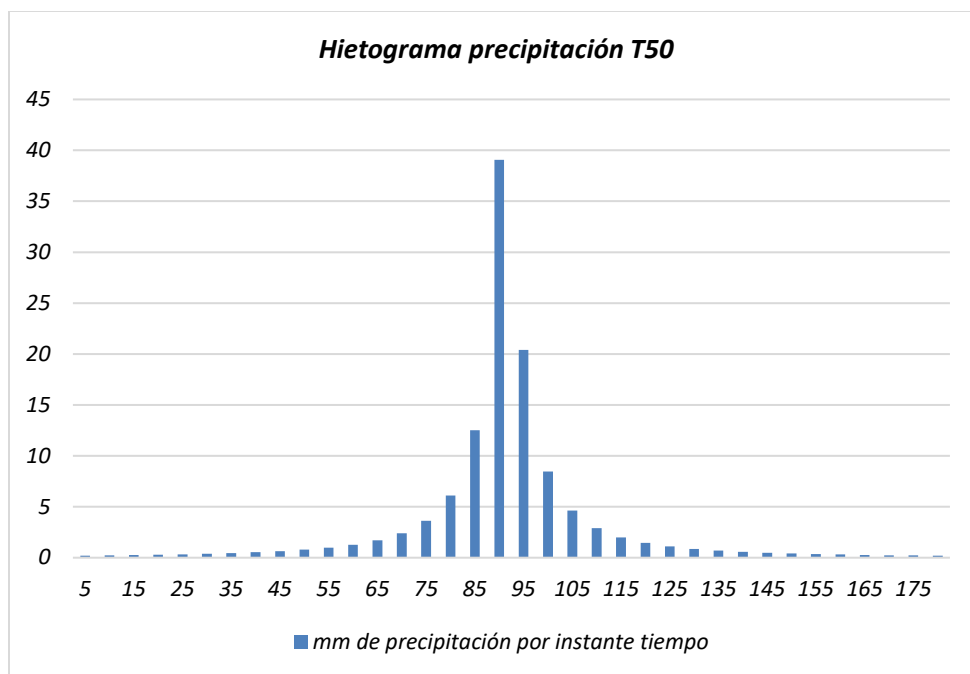
1. **Discretización Temporal:** Dividir el tiempo total de duración de la precipitación en intervalos de tiempo uniformes, Δt , con el fin de facilitar el análisis y la representación de la intensidad de precipitación a lo largo del evento.

2. **Selección del Periodo de Retorno:** Elegir el periodo de retorno apropiado para el análisis hidrológico, considerando la frecuencia estadística de la lluvia extrema que se desea estudiar, en este estudio corresponde a 50 años.



Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A., Abril, 2023.

3. **Obtención de Intensidades de Precipitación:** Extraer de la curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) los valores correspondientes a la intensidad de precipitación para cada intervalo de tiempo Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, etc., hasta alcanzar la duración total del evento de precipitación.
4. **Cálculo de Profundidades o Volúmenes:** Calcular la profundidad o volumen de precipitación caída en cada intervalo de tiempo multiplicando la intensidad obtenida por la duración del intervalo, expresada en horas.
5. **Diferenciación de Profundidades:** Obtener la diferencia sucesiva entre los valores calculados de profundidad de precipitación (en mm) para evaluar la variación acumulativa a lo largo del evento.
6. **Reordenamiento de Resultados:** Reorganizar los resultados de manera que el valor máximo de profundidad de precipitación se ubique en el centro de la serie temporal, alternando de forma descendente a ambos lados de este máximo para lograr una representación más clara de la distribución temporal de la precipitación. Este paso facilita la identificación de picos y la interpretación hidrológica del hidrograma resultante.



Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A., Abril, 2023.

4.0 Caudales de Crecidas Máximas

La serie de caudales medios de la estación Juan Díaz (144 – 02 – 01), utilizada para el proyecto, cuenta con información desde 1962 – 2013.

a. Crecida Calculada en el sector de las 3 microcuencas dentro de la cuenca del Río Juan Díaz

Para la estimación de las crecida máxima de caudal con el periodo de retorno de 1:50 años del sector del Río Juan Díaz, se utilizó la metodología desarrollada en la publicación *Análisis Regional de Crecidas Máximas De Panamá 1971-2006*, publicado en septiembre del 2008 por la Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA), la cual es una actualización de la publicación realizada en 1986 por el Departamento de Hidrometeorología del entonces Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), bajo el título de *Análisis Regional de Crecidas Máximas*.

b. Aplicación Del Método De Análisis Regional De Crecidas Máximas

A continuación, se enumeran los pasos a seguir para el cálculo o determinación del caudal máximo instantáneo o crecida máxima que se pueda presentar en el sector del Río Juan Díaz y sus 4 quebradas, para el periodo de retorno establecido de 1:50 años mediante la utilización del método de Análisis Regional De Crecidas Máximas de Panamá de ETESA:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de las 5 microcuencas, dentro del sitio de interés, en Km², mostradas en la tabla 2.2.
- Se determina a qué zona hidrológica homogénea pertenece el sitio de interés de acuerdo con el mapa del capítulo 4, acápite 4.3, del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de

Panamá de ETESA. La cuenca hidrográfica del río Juan Díaz se encuentra localizada dentro de la Región Hidrológica Homogénea 3.

- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea, que, para el caso del Río Juan Díaz, corresponde a la Ecuación 4:

$$Q_{Max} = 25A^{0.59}$$

Fuente: Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas máximas de Panamá Periodo 1971 – 2006

- Por lo que el caudal máximo instantáneo para las 3 microcuencas, dentro de la cuenca hidrográfica del río Juan Díaz, se presenta en la tabla 4.1, a continuación:

Tabla 4.1 CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO PARA LAS 3 QUEBRADAS

Quebradas	Caudal máximo instantáneo (m³/s)
Quebrada 1	18.34
Quebrada 2	10.01
Quebrada 3	9.99
Quebrada 4	5.41
Río Juan Díaz	196.34

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños, S.A.; abril 2023.

- Se calcula el caudal máximo instantáneo para el periodo de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo al aplicar la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea en donde se encuentra el punto o lugar de interés, por el factor que se presentan en la que corresponde a un fragmento de la Tabla 6, del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA.

Tabla 4.2 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN PARA EL PERIODOS DE RETORNO

Periodo de Retorno (años)	Tabla 1
50	2.32

Fuente: Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas máximas de Panamá Periodo 1971 – 2006.

Tabla 4.3 CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO

Quebradas	Caudal máximo instantáneo (m³/s) - Periodo de Retorno (50 años)
Quebrada 1	42.56
Quebrada 2	23.23
Quebrada 3	23.17
Quebrada 4	12.55
Río Juan Díaz	455.50

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños S.A., diciembre 2023.

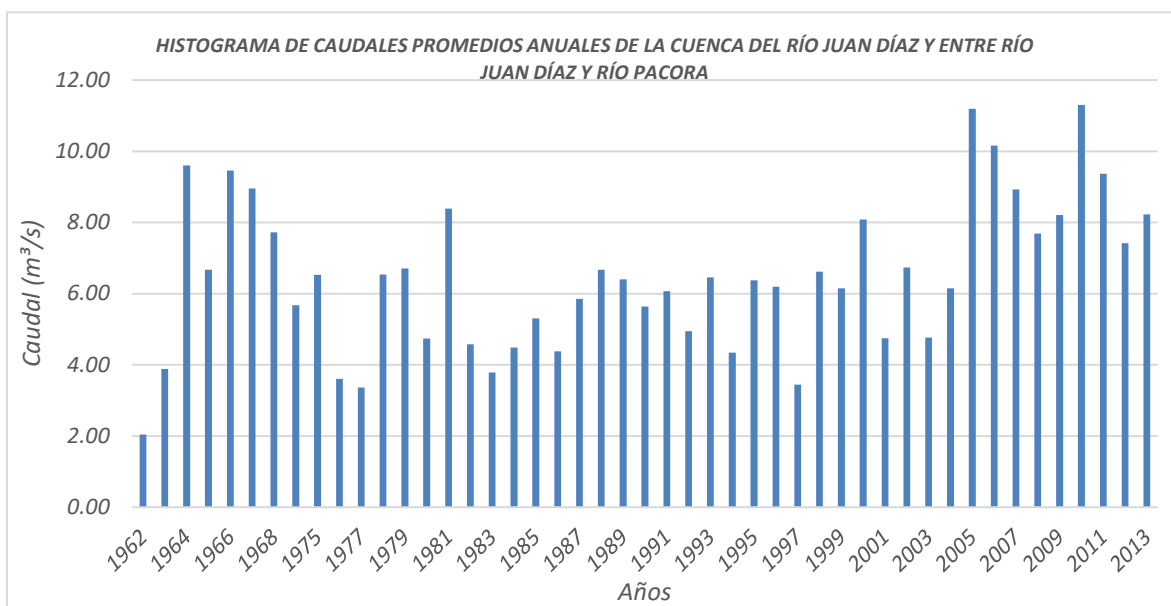
Tabla 4.4 CAUDALES PROMEDIO MENSUALES EN EL SITIO DE INTERÉS, EN UN PERÍODO DE 47 AÑOS

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Prom
Caudal (m³/s)	2.97	1.91	1.43	1.54	3.81	6.43	6.59	8.24	10.52	13.07	13.43	7.81	6.48

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños, S.A.; Abril 2023.

En la figura 4.1, a continuación, se muestra el histograma de la serie de caudales anuales en la estación Juan Díaz, 144 – 02 – 01.

Figura 5.1. HISTOGRAMA DE CAUDALES PROMEDIO ANUALES



Fuente: Instituto Meteorológico Hidrológico de Panamá, IMHPA, Abril 2023.

De dicho histograma de una serie de 47 años, se pueden destacar los siguientes comentarios:

- El año con caudales más bajos fue 1962, registrando un promedio anual de 2.04 m³/s.
- El año con caudales más altos fue en 2010, registrando un valor promedio anual de 11.31 m³/s.
- En el año 1983, específicamente en el mes de agosto, se registró el caudal mínimo de 0.16 m³/s.
- El caudal más alto registrado, fue en el 2000 en el mes de septiembre, con un valor de 40.76 m³/s.

5.0 Simulación Hidrológica e Hidráulica

Las modelaciones Hidrológicas - Hidráulicas tienen la finalidad de analizar el comportamiento del cauce ya sean este natural o artificial, estas modelaciones en muchos casos están sujetas a factores variables como lo son las precipitaciones y los caudales de canales naturales o artificiales. Para este estudio se realizó una modelación Hidrológica - Hidráulica de los afluentes que atraviesa el área del proyecto. Estas modelaciones cubren la mayoría de eventos que puedan ocurrir basándose en los métodos estadísticos; y para esta labor se utilizan los softwares GEO HEC-HMS y GEO HEC-RAS.

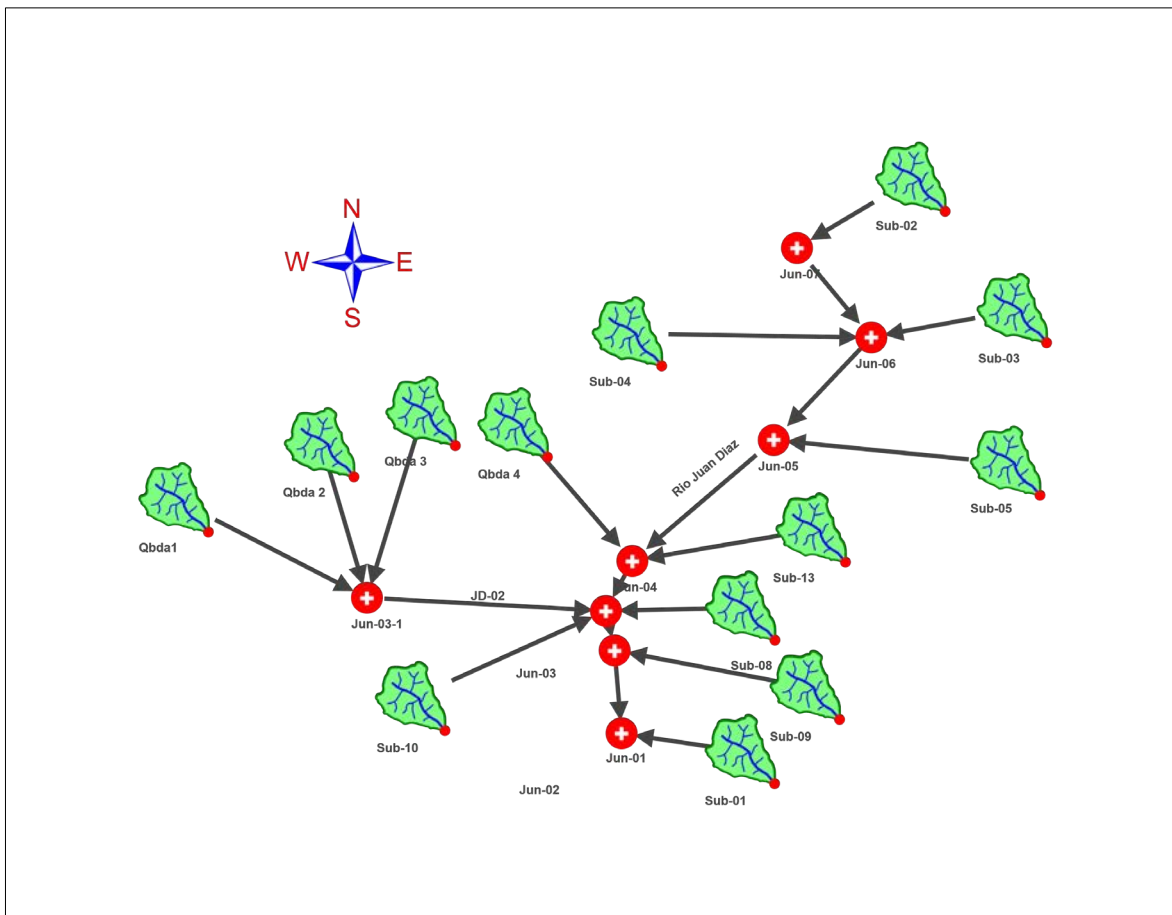
5.1 Resultado de la simulación hidrológica

El modelo hidrológico se está desarrollando con la utilización del paquete matemático GEO HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) este es un modelo de lluvia-escorrentía, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center HEC del U.S. Army Corps of Engineers USACE, que está diseñado para simular el hidrograma de escorrentía que se produce en un determinado punto de la red fluvial como consecuencia de un episodio de lluvia.

Los componentes del modelo funcionan basados en relaciones matemáticas simples que tratan de representar los procesos que intervienen en la generación y circulación de los hidrogramas de escorrentía, por ejemplo, pérdidas, transformación del exceso de lluvia en caudal de salida de la cuenca, adición del flujo base y circulación del hidrograma por el cauce. El punto de partida, por lo tanto, es la representación distribuida de la cuenca basada en una red ramificada de sistemas hidrológicos-hidráulicos (subcuencas-embalses) conectados por sistemas hidráulicos (cauces). (López, y otros, 2012).

En el paquete matemático GEO HEC-HMS, elaboró un modelo hidrológico de la zona de estudio, el cual utilizó un modelo de elevación digital (DEM), datos hidrometeorológicos de las estaciones del IMPHA, información de uso de suelo, entre otros, que permiten determinar el comportamiento de los fenómenos climáticos que ocurren en el área. La vista del modelo elaborado del distrito de Tierras Altas se observa en la Figura 5.1. En esta se observa las microcuencas identificadas; la configuración meteorológica planteada y el cauce principal.

Figura 5.1. Modelo hidrológico del área de estudio



Fuente: CEDSA, diciembre 2023.

- **Modelo de la cuenca:** Para la realización de la modelación hidrológica se debe suministrar al paquete matemático HEC-HMS el área de estudio y las subcuencas con sus respectivas características. En nuestro proyecto contamos con varias subcuencas, uniones y bifurcaciones del cauce principal.

Para cada una de las subcuencas, el modelo realiza las tres fases de trabajo las cuales son: separación de la lluvia neta, cálculo de la escorrentía directa y suma de la escorrentía directa a la escorrentía básica.

En cada una de las subcuencas se establecieron una serie de características las cuales corresponden a la longitud de ruta de flujo más larga, pendiente de ruta de flujo más larga, centroide de ruta de flujo más larga, pendiente de la subcuenca, elongación y densidad de drenaje.

- **Modelo meteorológico:** El modelo meteorológico utiliza datos de precipitaciones y lo asigna a las diversas subcuencas. En este proyecto se utiliza solamente datos pluviométricos. Los datos utilizados son registros de las estaciones meteorológicas manejadas por ETESA.

- Los registros de precipitación fueron asignados indicándoles sus coordenadas, lo cual permite al paquete matemático el cálculo de la media para la subcuenca.
- Número de curva (CN): Para obtener el parámetro de numero de curva, se debe tomar en cuenta el uso del suelo representativo para los eventos, calibrando el modelo hidrológico a través del método de la curva que es una técnica desarrollada por el SCS para estimar la infiltración que sucede durante eventos lluviosos y datos hidrometeorológicos de un evento que haya causado incidentes en la zona.
- Método de transformación: El método de transformación utilizado para esta modelación hidrológica contempla el método de hidrograma unitario del SCS (SCS Unit Hydrograph); esto constituye la introducción del tiempo de retraso (Lag Time) de cada subcuenca establecida anteriormente.

Tabla 5.1 Resumen de los parámetros hidrológicos de las microcuencas

Subbasin ID	Drainage Area (ha)	Initial Abstraction (mm)	Curve Number	Lag Time (minutes)	Peak Discharge (cms)
Qbda1	59.101	10.05	83.16	15.34	23.78
Qbda 2	21.210	11.09	81.76	18.40	7.29
Qbda 3	21.547	10.50	82.54	17.50	7.79
Qbda 4	7.477	12.28	80.22	6.02	4.29
Río Juan Díaz-01	16.029	4.96	90.74	8.25	10.76
Río Juan Díaz-02	2,856.203	16.12	75.61	77.44	257.30
Río Juan Díaz-03	136.030	13.37	78.85	17.13	44.11

Fuente: Consultoría, Estudios y Diseños, S.A.; Abril 2023.

Resultados de la simulación hidrológica

La modelación hidrológica a través del paquete matemático GEO HEC-HMS nos permite obtener datos de interés para el desarrollo de la modelación hidráulica. A través de esta modelación hidrológica se establecen los caudales que serán modelados hidráulicamente en el paquete matemático GEO HEC-RAS para definir la lámina de agua, velocidad y huella de inundación.

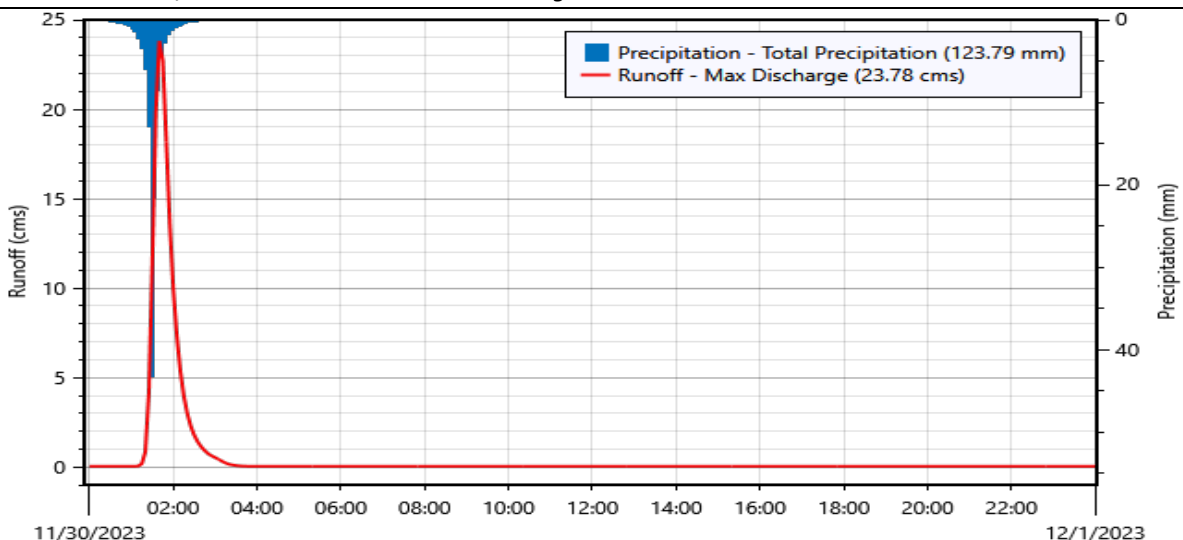
Los resultados se encuentran representados basados en el hietograma e hidrograma de salida para cada una de las microcuencas, de lo que es importante destacar que para la visualización de estos resultados se debe considerar el tiempo de retraso entre el caudal de resultado y la modelación de los datos de precipitación.

Tabla 5.2 Resultados Microcuenca Quebrada 1

Subbasin ID:	Qbda1		
Scenario:	50 años	Depth	Volume
Peak discharge:	23.78 cms	Time of peak:	30 Nov 2023, 01:40
Drainage area:	59.101 ha	Total rainfall:	123.79 mm 73,161.623 m³
Initial abstraction:	10.05 mm	Losses:	45.47 mm 26,872.485 m³
Curve Number:	83.16	Precip excess:	78.32 mm 46,289.138 m³
Impervious surface:	0.00%	Direct runoff:	78.32 mm 46,289.138 m³
Peaking factor:	484	Baseflow:	0.00 mm 0.000 m³
Lag time:	15.34 minutes	Total runoff:	78.32 mm 46,289.138 m³

Weighted Curve Number Calculations				
Soil Group	Land Use Description	Area (ha)	Area (%)	Composite CN
D		2.497	4.23	80.00
D	Roadways	0.844	1.43	98.00
C	Roadways	9.529	16.12	98.00
C	Open Space	0.006	0.01	74.00
C		46.225	78.21	80.00
Weighted Average		59.101	100.00	83.16

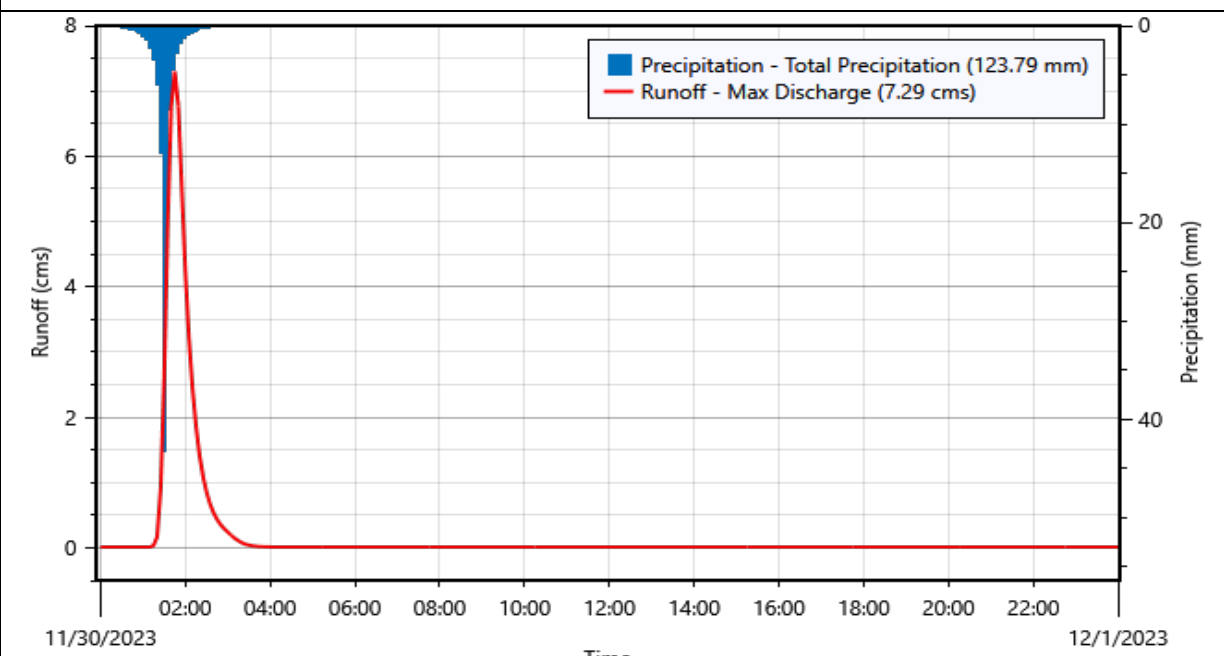
Time of Concentration (TOC) / Lag time Calculations				
TOC (min)	Length (m)	Slope (m/m)	Velocity (m/s)	Description
7.32	6.00	0.12495	1.3132	Sheet Flow
18.08	1,778.37	0.11102	11.0028	Shallow Concentrated Flow
0.17	30.00	0.05359	7.6442	Channel Flow
25.57	1,814.37	Total	Lag Time = 15.35 minutes	



Los caudales de salida estimados para la microcuenca 1 van hasta los 23.78 m³/s como caudal máximo.

Tabla 5.3 Resultados Microcuenca Quebrada 2

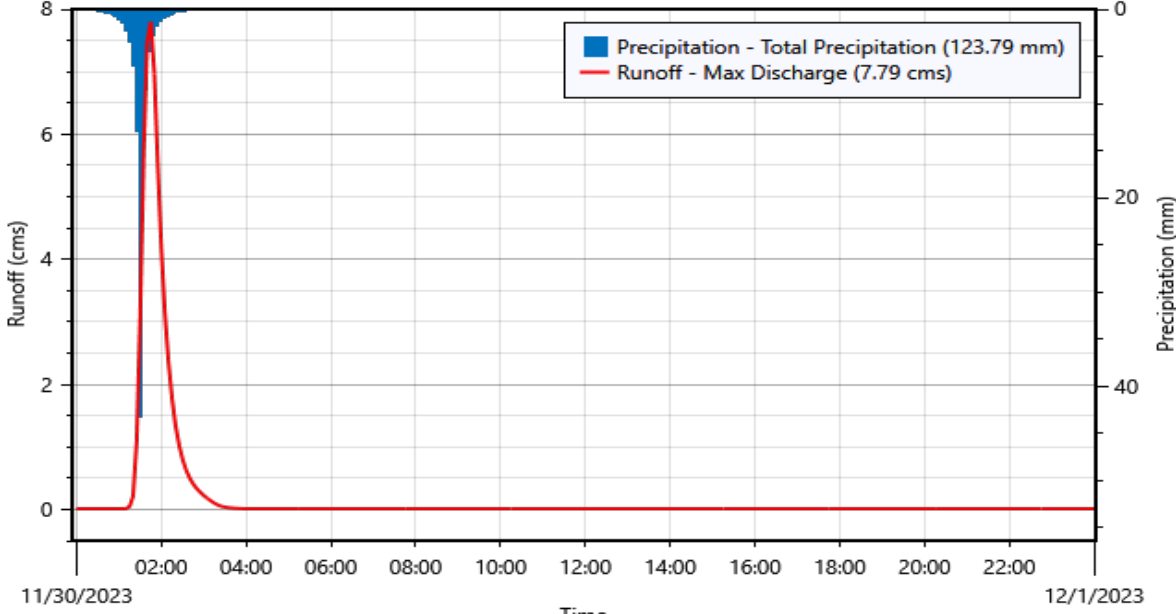
Subbasin ID:	Qbda 2			
Scenario:	50 años		Depth	Volume
Peak discharge:	7.29 cms	Time of peak:	30 Nov 2023, 01:45	
Drainage area:	21.210 ha	Total rainfall:	123.79 mm	26,255.364 m ³
Initial abstraction:	11.09 mm	Losses:	48.80 mm	10,349.557 m ³
Curve Number:	81.76	Precip excess:	74.99 mm	15,905.807 m ³
Impervious surface:	0.00%	Direct runoff:	74.99 mm	15,905.807 m ³
Peaking factor:	484	Baseflow:	0.00 mm	0.000 m ³
Lag time:	18.40 minutes	Total runoff:	74.99 mm	15,905.807 m ³
Weighted Curve Number Calculations				
Soil Group	Land Use Description	Area (ha)	Area (%)	Composite CN
C	Roadways	2.078	9.80	98.00
C		19.131	90.20	80.00
Weighted Average		21.210	100.00	81.76
Time of Concentration (TOC) / Lag time Calculations				
TOC (min)	Length (m)	Slope (m/m)	Velocity (m/s)	Description
8.52	6.00	0.08550	1.0863	Sheet Flow
10.03	1,115.70	0.14191	12.4397	Shallow Concentrated Flow
12.12	30.00	0.00001	0.1044	Channel Flow
30.67	1,151.70	Total	Lag Time = 18.41 minutes	



Los caudales de salida estimados para la microcuenca 2 van hasta los 7.29 m³/s como caudal máximo.

Tabla 5.4 Resultados Microcuenca Quebrada 3

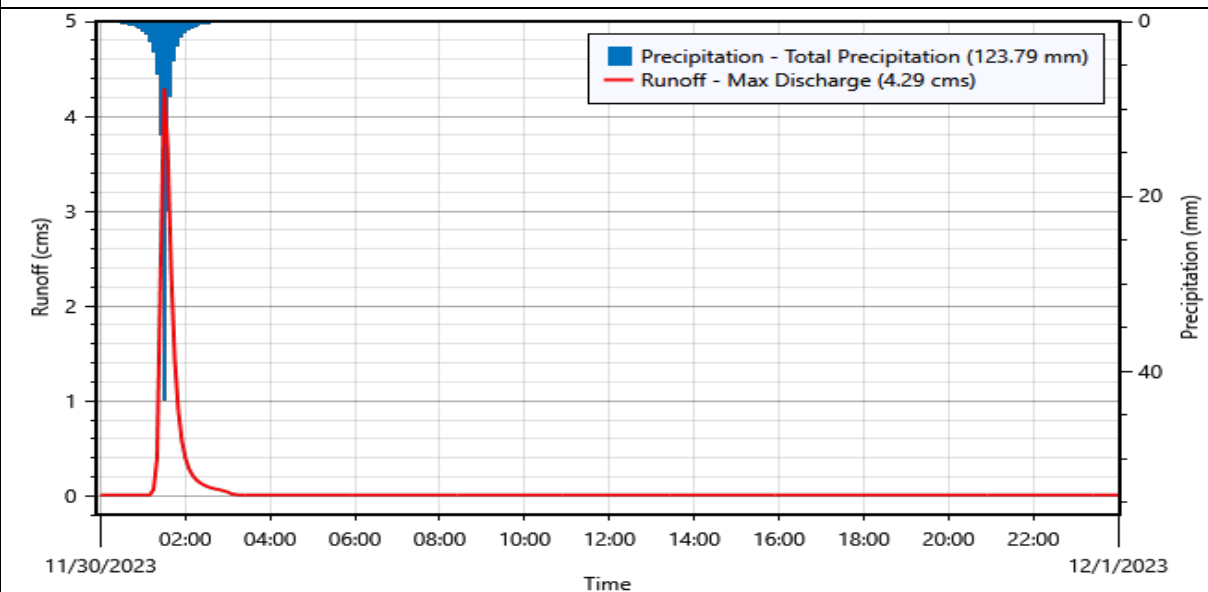
Subbasin ID:	Qbda 3			
Scenario:	50 años		Depth	Volume
Peak discharge:	7.79 cms	Time of peak:	30 Nov 2023, 01:45	
Drainage area:	21.547 ha	Total rainfall:	123.79 mm	26,673.155 m ³
Initial abstraction:	10.50 mm	Losses:	46.94 mm	10,115.281 m ³
Curve Number:	82.54	Precip excess:	76.85 mm	16,557.874 m ³
Impervious surface:	0.00%	Direct runoff:	76.85 mm	16,557.874 m ³
Peaking factor:	484	Baseflow:	0.00 mm	0.000 m ³
Lag time:	17.50 minutes	Total runoff:	76.85 mm	16,557.874 m ³
Weighted Curve Number Calculations				
Soil Group	Land Use Description	Area (ha)	Area (%)	Composite CN
D		0.159	0.74	80.00
D	Roadways	0.360	1.67	98.00
C	Roadways	2.682	12.45	98.00
C		18.346	85.14	80.00
Weighted Average		21.547	100.00	82.54
Time of Concentration (TOC) / Lag time Calculations				
TOC (min)	Length (m)	Slope (m/m)	Velocity (m/s)	Description
17.79	6.00	0.01355	0.4325	Sheet Flow
11.17	1,247.80	0.14317	12.4949	Shallow Concentrated Flow
0.20	30.00	0.03837	6.4684	Channel Flow
29.16	1,283.80	Total	Lag Time = 17.50 minutes	



Los caudales de salida estimados para la microcuenca 3 van hasta los 7.79 m³/s como caudal máximo.

Tabla 5.5 Resultados Microcuenca Quebrada 4

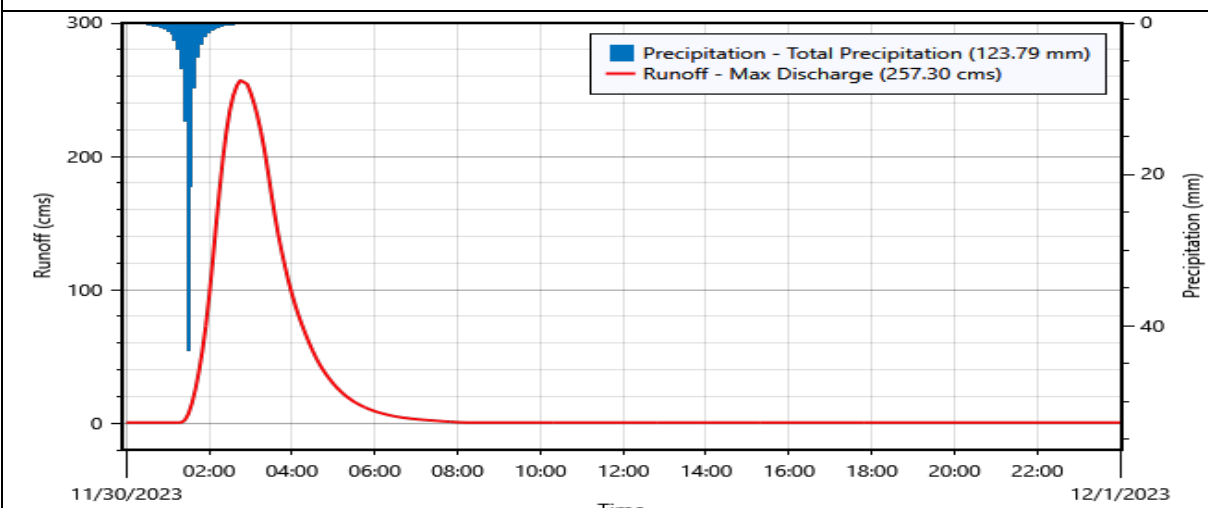
Subbasin ID:	Qbda 4			
Scenario:	50 años		Depth	Volume
Peak discharge:	4.29 cms	Time of peak:	30 Nov 2023, 01:30	
Drainage area:	7.477 ha	Total rainfall:	123.79 mm	9,255.283 m ³
Initial abstraction:	12.28 mm	Losses:	52.38 mm	3,916.589 m ³
Curve Number:	80.22	Precip excess:	71.41 mm	5,338.694 m ³
Impervious surface:	0.00%	Direct runoff:	71.41 mm	5,338.694 m ³
Peaking factor:	484	Baseflow:	0.00 mm	0.000 m ³
Lag time:	6.02 minutes	Total runoff:	71.41 mm	5,338.694 m ³
Weighted Curve Number Calculations				
Soil Group	Land Use Description	Area (ha)	Area (%)	Composite CN
D		0.634	8.47	80.00
D	Roadways	0.074	0.98	98.00
C	Roadways	0.393	5.26	98.00
C	Woods	0.818	10.94	73.00
D	Woods	1.068	14.29	79.00
C		4.490	60.05	80.00
Weighted Average		7.477	100.00	80.22
Time of Concentration (TOC) / Lag time Calculations				
TOC (min)	Length (m)	Slope (m/m)	Velocity (m/s)	Description
7.58	6.00	0.11440	1.2566	Sheet Flow
2.38	375.22	0.28506	17.6308	Shallow Concentrated Flow
0.07	30.00	0.29938	18.0684	Channel Flow
10.03	411.22	Total	Lag Time = 6.02 minutes	



Los caudales de salida estimados para la Salida van hasta los 4.29 m³/s como caudal máximo.

Tabla 5.6 Resultados Microcuenca Juan Díaz

Subbasin ID:		Juan Díaz		
Scenario:		50 años		
		Depth	Volume	
Peak discharge:	260.33 cms	Time of peak:	30 Nov 2023, 02:50	
Drainage area:	3,288.203 ha	Total rainfall:	123.79 mm	3,535,693.694 m³
Initial abstraction:	16.12 mm	Losses:	62.65 mm	1,789,348.533 m³
Curve Number:	75.61	Precip excess:	61.14 mm	1,746,345.161 m³
Impervious surface:	0.00%	Direct runoff:	61.14 mm	1,746,345.161 m³
Peaking factor:	484	Baseflow:	0.00 mm	0.000 m³
Lag time:	77.44 minutes	Total runoff:	61.14 mm	1,746,345.161 m³
Weighted Curve Number Calculations				
Soil Group	Land Use Description	Area (ha)	Area (%)	Composite CN
C		339.624	11.89	80.00
D		162.795	5.70	80.00
D	Roadways	23.364	0.82	98.00
C	Roadways	34.146	1.20	98.00
D	Woods	319.184	11.18	79.00
D	Open Water	8.930	0.31	100.00
C	Open Water	13.057	0.46	100.00
C	Woods	1,955.102	68.45	73.00
Weighted Average		2,856.203	100.00	75.61
Time of Concentration (TOC) / Lag time Calculations				
TOC (min)	Length (m)	Slope (m/m)	Velocity (m/s)	Description
9.87	6.00	0.05911	0.9032	Sheet Flow
119.07	8,807.32	0.06278	8.2742	Shallow Concentrated Flow
0.12	30.00	0.11039	10.9717	Channel Flow
129.06	8,843.32	Total	Lag Time = 77.44 minutes	



Los caudales de salida estimados para el río Juan Díaz van hasta los 260.33 m³/s como caudal máximo.

5.2 Resultado de la simulación hidráulica

Descripción del tramo de estudio:

Para el estudio se realizó la modelación hidráulica de todo el sistema fluvial, el cual cuenta con 4 quebradas y la sección del río Juan Díaz que se encuentra contigua al polígono de interés. El sistema de la quebrada 1 cuenta con 64 secciones transversales y una longitud de 2.08 km, la quebrada 2 cuenta con 51 secciones transversales y una longitud de 1.23 km, la quebrada 3 cuenta con 49 secciones transversales y una longitud de 1.34 km, la quebrada 4 cuenta con 17 secciones transversales y una longitud de 0.36 km y la sección del Río Juan Díaz cuenta con 32 secciones transversales y una longitud de 1.35 km.

Se estudió el escenario de periodo de recurrencia de 50 años para este terreno para determinar los niveles de terracería que deben ser tomados en cuenta en el desarrollo de la zona. Los resultados de la simulación se presentan gráficamente en el mapa de planicie de inundación para periodo de recurrencia de 1:50 años en los Anexos.

Resultados de la modelación hidráulica del tramo de estudio:

Para el periodo de retorno de 1 en 50 años se realizó la modelación hidráulica en la que se calcularon los parámetros de elevación de la superficie del agua, la elevación mínima de la sección transversal, la velocidad del flujo en la sección y el año de la lámina de agua en la sección transversal.

Tabla 5.2 Resultados de la modelación hidráulica – Quebrada 1

ESTACIÓN	ELEV. MIN. DEL RÍO	ELEV. SUPERFICIE DEL AGUA	VELOCIDAD	ANCHO
	(m)	(m)	(m/s)	(m)
1058	268.14	269.57	2.80	10.82
1057	264.43	265.73	2.81	10.78
1056	255.81	257.35	2.75	15.77
1055	246.11	247.50	2.84	11.58
1054	240.24	241.60	2.63	13.35
1053	234.72	235.73	2.41	17.47
1052.5	232.39	233.83	2.79	12.33
1052	230.20	231.65	2.78	12.85
1051.5	228.52	230.16	3.00	8.80
1050.3	227.10	228.62	2.98	8.93
1050.1	226.28	227.35	2.80	12.49
1050	224.73	225.89	2.71	15.67
1049.8	223.55	224.91	2.52	21.47
1049.7	222.52	223.99	2.43	21.19
1049.3	220.30	221.87	3.07	8.38
1049	217.47	218.45	2.31	19.69
1048	215.75	216.70	2.27	20.81
1047.4	214.35	215.18	2.49	25.45
1047	214.24	214.95	2.61	24.79
1046.5	212.77	214.03	2.79	14.74
1046	212.02	213.16	2.97	15.44
1045.6	210.45	211.73	3.29	14.39
1045	209.08	210.06	2.55	25.50
1044	207.12	207.82	2.69	19.68
1043.4	206.50	207.34	2.65	18.39
1043	204.62	205.62	2.51	27.07
1042	203.19	204.22	2.64	16.54
1041	202.21	203.21	2.42	21.27
1040.6	201.15	202.67	2.85	10.96
1040	200.77	201.93	2.78	15.39

ESTACIÓN	ELEV. MIN. DEL RÍO	ELEV. SUPERFICIE DEL AGUA	VELOCIDAD	ANCHO
	(m)	(m)	(m/s)	(m)
1039	198.78	199.49	2.74	22.90
1038.5	196.67	198.25	1.94	22.16
1038	196.47	197.92	2.54	21.70
1037	192.36	193.55	2.64	13.24
1036	186.31	187.33	2.49	21.14
1035.6	184.04	185.71	2.65	17.15
1035	181.87	183.25	2.89	12.19
1034.4	180.30	181.55	2.77	12.99
1034	178.02	179.10	2.78	13.63
1033	170.48	171.58	2.80	13.45
1032	167.69	168.72	2.63	14.10
1031	163.66	164.68	2.71	14.99
1030	160.49	161.66	2.52	22.13
1029.5	158.47	159.89	2.76	13.53
1029	157.47	158.77	3.00	13.89
1028.6	157.43	158.14	2.18	23.08
1028	155.42	156.39	2.33	21.80
1027.4	152.58	153.76	2.77	14.90
1027	151.07	152.08	2.33	25.90
1026.3	149.41	150.51	2.81	12.40
1026	148.90	149.98	2.35	25.13
1025	147.04	148.54	2.64	18.24
1024	144.24	145.81	2.69	19.25
1023	141.45	142.65	2.99	9.66
1022	139.27	140.45	2.73	12.11
1021.7	139.02	140.19	2.85	11.71
1021	136.51	137.79	2.69	13.06
1020	134.99	135.97	2.64	13.31
1019.8	134.86	135.84	2.62	15.93
1019.5	134.17	135.72	2.60	18.08
1019.2	133.17	134.50	2.91	12.16
1019	132.66	133.76	2.43	32.66
1018	130.44	131.75	2.89	10.01
1017	123.83	124.76	2.66	16.63

Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A, diciembre 2023.

Tabla 5.3 Resultados de la modelación hidráulica – Quebrada 2

ESTACIÓN	ELEV. MIN. DEL RÍO	ELEV. SUPERFICIE DEL AGUA	VELOCIDAD	ANCHO
	(m)	(m)	(m/s)	(m)
993	225.24	226.07	1.98	9.21
992	221.65	222.59	2.32	5.80
991	217.69	218.69	2.40	5.30
990	216.36	217.04	2.14	9.35
989	213.82	214.44	2.02	9.17
988	209.73	210.51	2.21	7.96
987	202.27	203.20	2.39	5.39
986	199.71	200.99	2.60	4.17
985	198.87	199.61	2.34	5.83
984	196.77	197.86	2.58	4.21
983	196.20	197.42	2.32	5.76
982	193.90	194.99	1.34	7.93
981	194.02	194.74	1.95	10.34
980	192.27	193.35	2.25	7.44
979	190.02	191.14	2.10	8.56
978	185.65	186.67	2.38	5.74
977	182.70	183.72	2.30	5.86
976	180.98	182.03	2.41	5.27
975	179.75	180.62	2.11	7.72
974	176.61	177.39	1.92	16.58
973	173.11	173.75	2.05	8.47
972	171.98	173.00	1.92	5.43
971	171.61	172.74	2.34	6.35
970	168.11	168.68	2.06	8.82
969	165.10	165.77	2.31	7.43
968	163.72	164.32	2.01	9.26
967	161.92	162.67	2.11	10.30
966	160.04	160.65	2.05	8.52
965	159.41	159.91	1.96	11.40
964	156.34	157.13	2.18	7.23
963	154.11	155.48	2.46	4.90
962	153.39	154.19	2.15	7.38
961	152.84	153.70	2.24	6.52
960	151.33	151.92	1.92	11.23
959	150.01	150.84	2.13	7.94

ESTACIÓN	ELEV. MIN. DEL RÍO	ELEV. SUPERFICIE DEL AGUA	VELOCIDAD	ANCHO
	(m)	(m)	(m/s)	(m)
958	148.43	149.47	2.38	5.32
957	146.47	147.50	2.40	5.26
956	145.20	145.96	2.28	6.12
955	142.93	144.09	2.47	4.86
954	140.26	140.89	2.12	8.06
953	139.15	139.91	2.12	8.76
952	136.79	137.32	2.15	7.23
951	135.96	136.81	2.47	5.04
950	133.91	134.70	2.32	7.05
949	133.30	134.04	2.36	5.43
948	130.14	130.87	2.05	9.22
947	129.47	130.31	2.30	6.84
946	128.07	128.50	1.83	14.81
945	124.88	125.60	1.99	9.46
944	123.81	124.49	1.94	11.61
943	122.14	123.01	2.24	6.97

Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A, diciembre 2023.

Tabla 5.4 Resultados de la modelación hidráulica – Quebrada 3

ESTACIÓN	ELEV. MIN. DEL RÍO	ELEV. SUPERFICIE DEL AGUA	VELOCIDAD	ANCHO
	(m)	(m)	(m/s)	(m)
1035.3	221.27	222.00	2.12	8.21
1035.1	219.50	220.28	2.31	7.10
1034.9	218.41	219.17	2.28	7.27
1033.9	216.64	217.34	2.10	9.44
1033.38	214.71	215.55	2.27	6.63
1032.9	213.77	214.27	1.93	13.97
1032.4	212.87	213.70	1.93	12.07
1031.8	212.23	212.88	2.17	17.72
1031.4	211.37	212.39	0.64	19.67
1030.8	211.25	212.09	2.22	7.93
1030.4	211.05	211.80	2.04	9.68
1030	210.09	210.90	2.34	6.07
1029.4	208.91	209.93	2.35	5.97
1029.1	208.34	209.25	2.19	7.34
1028.7	207.96	208.75	2.44	5.67
1028.4	206.16	207.03	2.24	8.51
1028.2	203.22	203.85	2.25	7.45
1028.1	201.43	202.07	2.40	7.29
1028	198.35	199.44	2.02	10.52
1027	196.04	197.04	2.33	6.65
1026.6	193.81	194.79	2.29	6.40
1026	189.46	190.46	2.64	4.23
1025.95	187.73	188.52	2.23	7.18
1025.9	184.26	185.06	2.18	7.51
1024.9	181.49	182.21	2.26	7.27
1024.4	177.50	178.34	2.32	6.16
1023.9	173.27	174.10	2.31	6.29
1023.4	170.51	171.44	2.25	8.77
1022.8	167.32	168.10	2.09	8.84
1022.4	164.76	165.51	2.34	6.08
1022.1	162.49	163.56	2.42	5.43
1021.4	157.62	158.58	2.62	4.58
1020.9	155.04	155.73	2.08	8.90
1020.4	152.18	152.75	1.97	11.53
1019.9	149.92	150.76	2.02	10.24

ESTACIÓN	ELEV. MIN. DEL RÍO	ELEV. SUPERFICIE DEL AGUA	VELOCIDAD	ANCHO
	(m)	(m)	(m/s)	(m)
1019.4	147.43	147.94	1.90	21.34
1018.9	144.49	145.29	2.14	9.07
1018.4	143.35	144.03	2.08	12.66
1017.9	141.19	141.94	2.27	6.65
1017.4	139.22	139.95	2.08	10.24
1016.9	137.04	137.55	2.01	12.49
1016.4	135.68	136.61	2.16	9.98
1016	134.28	134.70	1.56	20.97
1015.4	131.23	132.16	2.41	6.68
1015	127.80	128.60	2.44	5.97
1014.7	125.85	126.67	2.13	9.15
1014.4	124.31	125.20	2.48	7.73
1013.9	122.38	123.38	2.39	5.75
1013.4	119.25	120.08	2.24	6.86

Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A, diciembre 2023.

Tabla 5.5 Resultados de la modelación hidráulica – Quebrada 4

ESTACIÓN	ELEV. MIN. DEL RÍO	ELEV. SUPERFICIE DEL AGUA	VELOCIDAD	ANCHO
	(m)	(m)	(m/s)	(m)
3017	151.45	151.95	1.80	7.27
3016	143.66	144.22	1.93	5.87
3015	137.41	137.88	1.74	9.13
3014	132.51	132.94	1.73	8.92
3013	130.00	130.49	2.05	5.69
3012	126.63	127.27	1.94	5.92
3011	122.62	123.06	1.73	8.38
3010	113.52	114.20	2.06	4.85
3009	108.00	108.49	1.98	5.55
3008	105.43	106.05	1.96	6.05
3007	99.01	99.64	2.00	5.34
3006	95.80	96.28	1.81	7.22
3005	91.00	91.44	1.89	7.17
3004	89.05	89.63	1.75	7.90
3002	79.30	79.79	1.73	8.31
3001	74.93	73.67	0.08	6.36
3000	69.00	73.68	0.05	48.28

Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A, diciembre 2023.

Tabla 5.6 Resultados de la modelación hidráulica – Río Juan Díaz

ESTACIÓN	ELEV. MIN. DEL RÍO	ELEV. SUPERFICIE DEL AGUA	VELOCIDAD	ANCHO
	(m)	(m)	(m/s)	(m)
1020	73.00	78.55	2.53	36.28
1019	73.00	78.55	2.53	34.42
1018	73.00	78.53	2.54	32.87
1017	73.00	78.56	2.21	35.60
1016	73.00	78.28	3.26	30.03
1015	72.11	78.41	2.39	34.74
1014	72.00	78.36	2.52	30.94
1013	72.00	78.39	2.30	32.68
1012	72.00	78.32	2.33	33.17
1011	72.09	76.99	5.85	26.11
1010	72.00	74.38	5.65	28.20
1009	71.00	74.18	4.61	28.32
1008	71.00	74.18	4.27	29.19
1007	70.00	74.16	3.97	27.38
1006	70.00	73.22	5.82	23.05
1005	70.00	73.55	4.20	31.76
1004	69.13	73.63	3.50	32.40
1003	69.00	73.62	3.09	28.77
1002	69.00	73.65	2.68	34.57
1001	69.00	72.95	4.78	29.24
2029	69.00	73.11	3.71	33.04
2028	69.00	72.69	4.66	25.27
2027	68.00	72.90	3.49	33.76
2026	68.00	72.73	3.82	25.31
2025	68.00	72.82	3.32	33.54
2024	68.00	72.90	2.71	37.81
2023	68.00	72.62	3.62	33.85
2022	67.00	72.68	3.07	35.91
2021	68.00	71.97	4.99	33.18
2020	67.00	72.38	2.74	34.07
2019	67.19	71.71	4.95	30.76
2018	67.00	71.96	3.37	27.34

Fuente: Consultoría, Estudio y Diseños, S.A, diciembre 2023.

Secciones transversales del tramo de estudio:

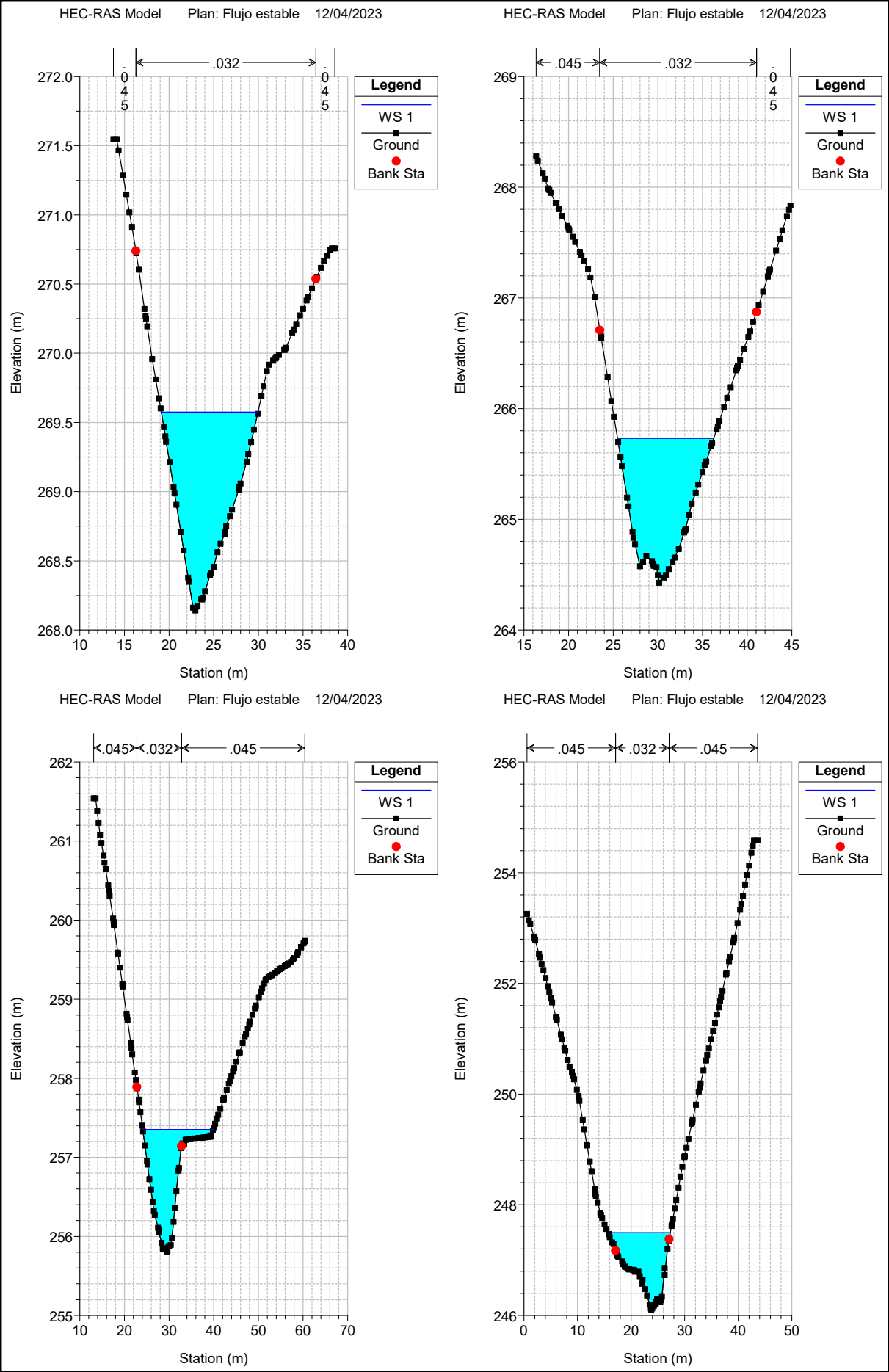
En el marco del presente informe, se llevó a cabo un exhaustivo análisis de las secciones transversales correspondientes al tramo de estudio. Durante la simulación hidráulica, se emplearon los coeficientes de rugosidad de 0.032 para el lecho del cauce y de 0.045 para las áreas adyacentes a sus márgenes, conforme a los parámetros establecidos por la tabla de rugosidades del reconocido ingeniero hidráulico VEN TE CHOW. Esta elección de coeficientes de rugosidad contribuye a una representación más precisa del comportamiento del flujo en el tramo considerado.

La información detallada sobre las secciones transversales se encuentra documentada en el Anexo No. 1 de este informe. Este anexo proporciona una visualización gráfica de las secciones transversales, lo que facilitará la comprensión y evaluación de los resultados obtenidos en la simulación hidráulica, respaldando así las conclusiones y recomendaciones presentadas en este informe técnico.

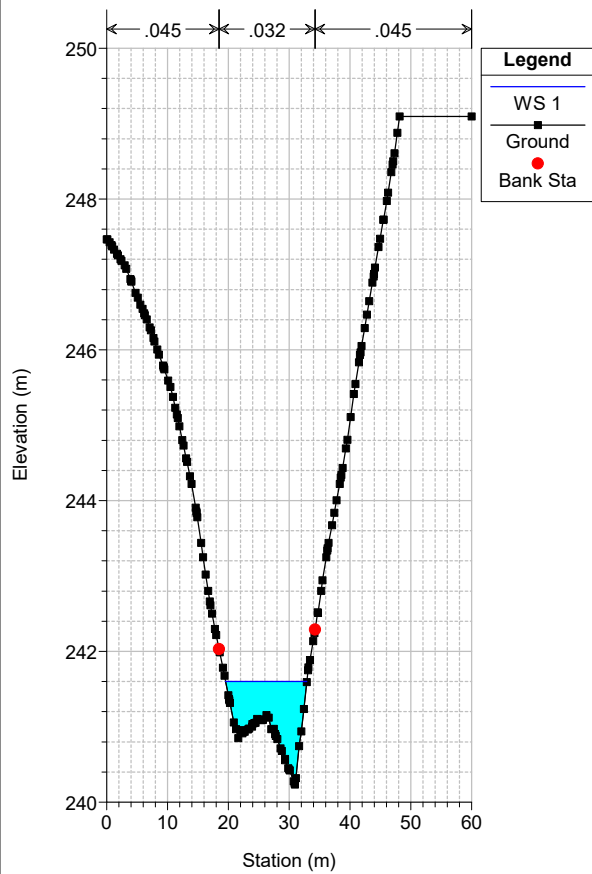
ANEXO No. 1

Secciones Transversales

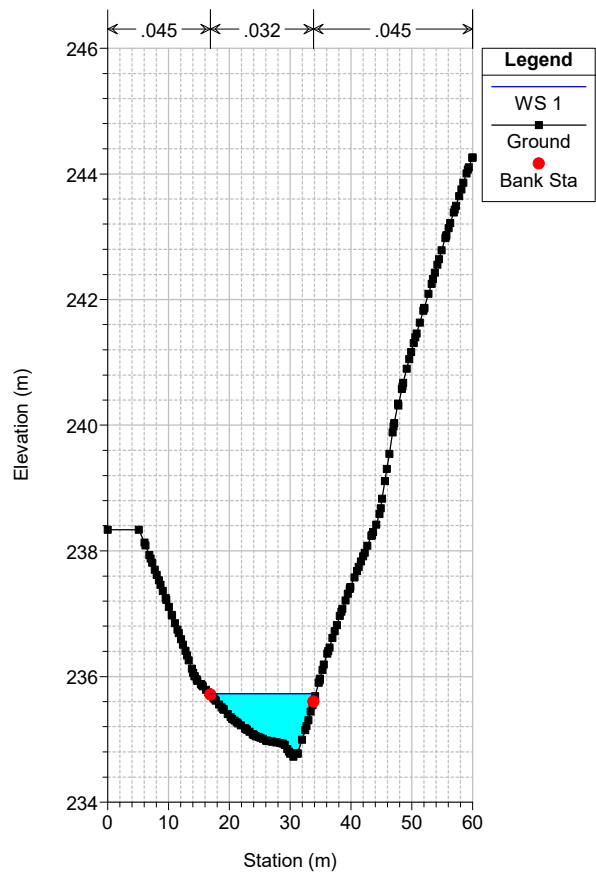
Secciones Transversales Quebrada 1



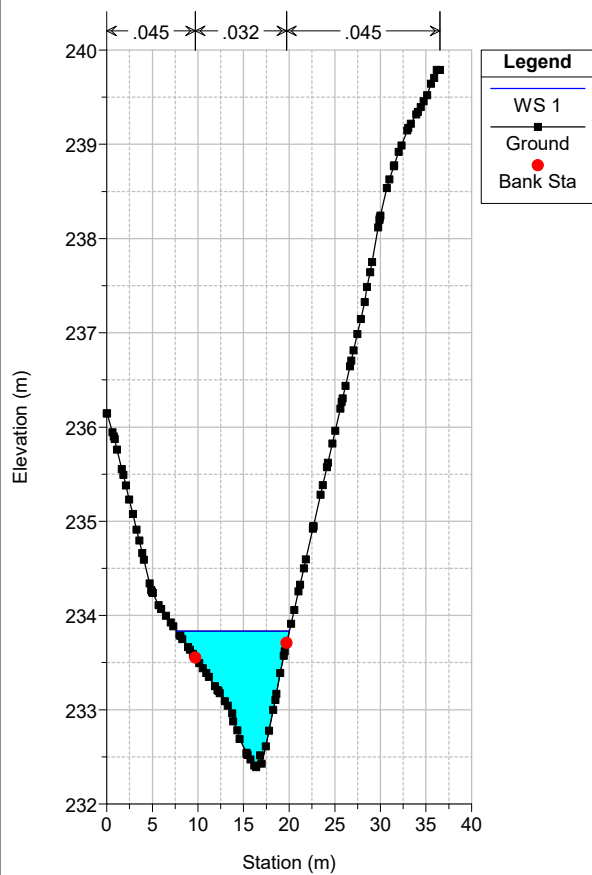
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



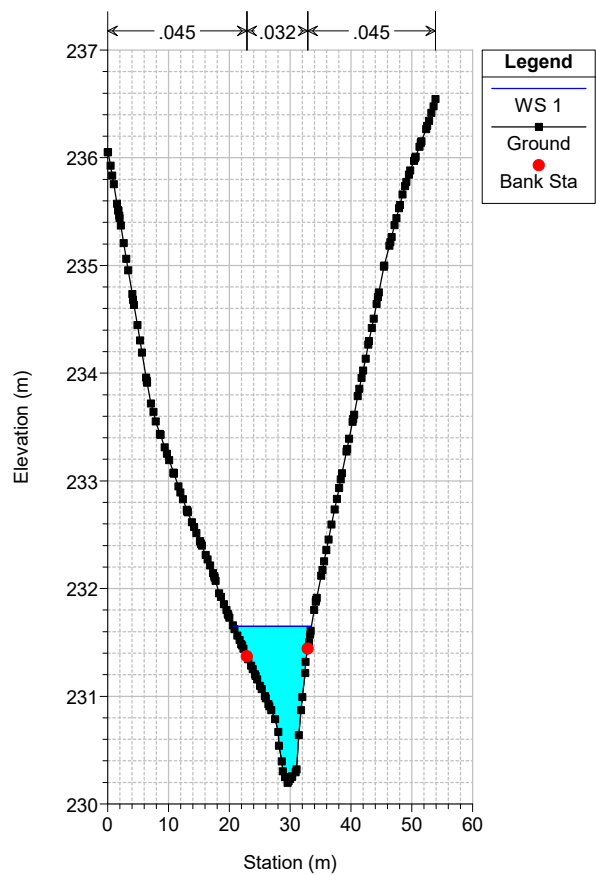
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



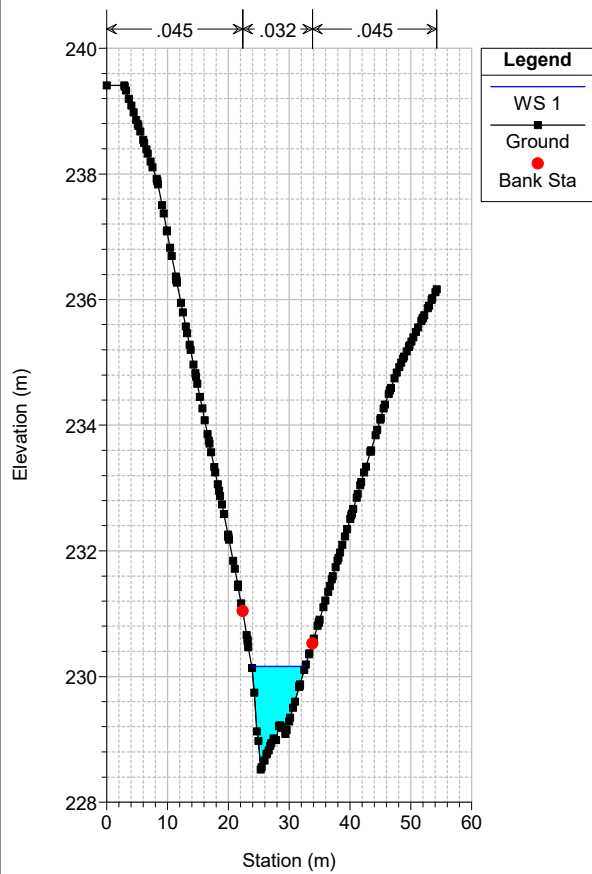
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



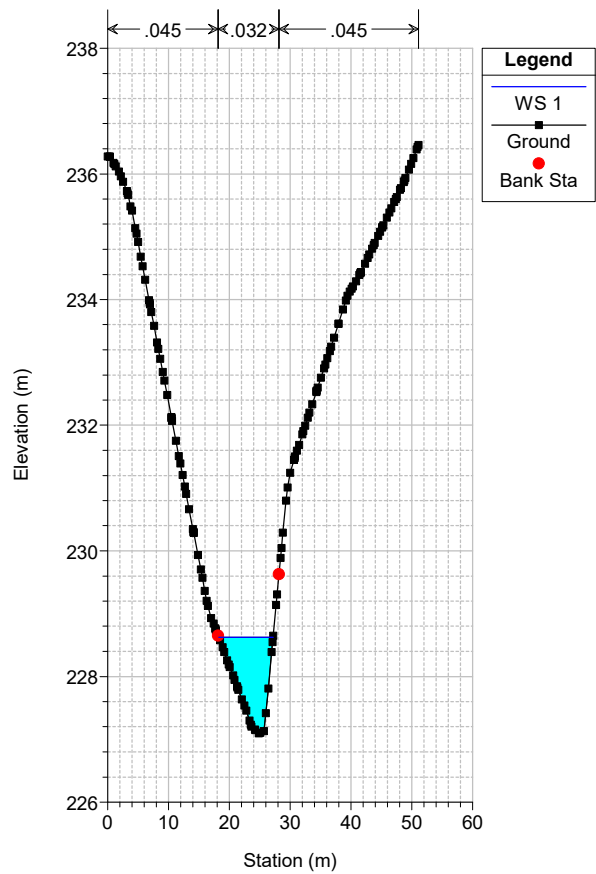
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



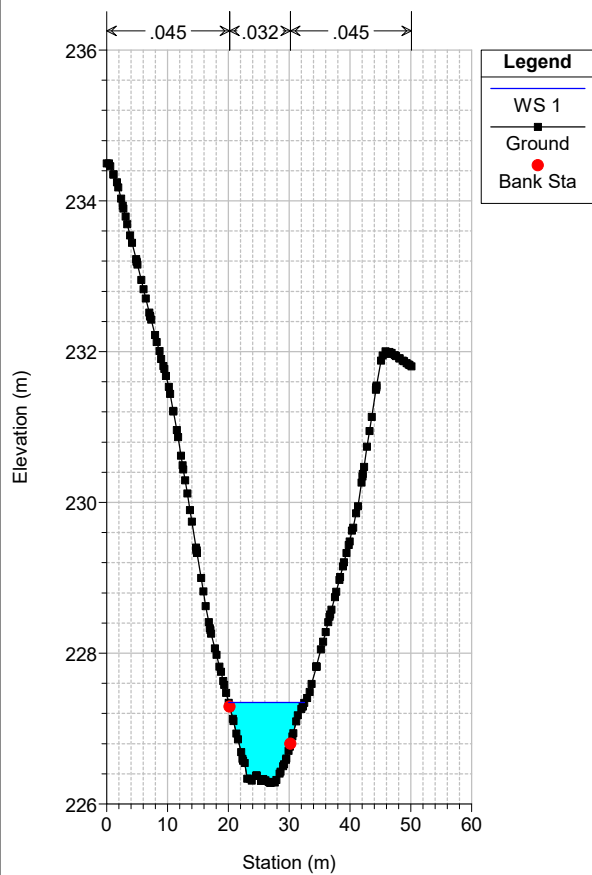
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



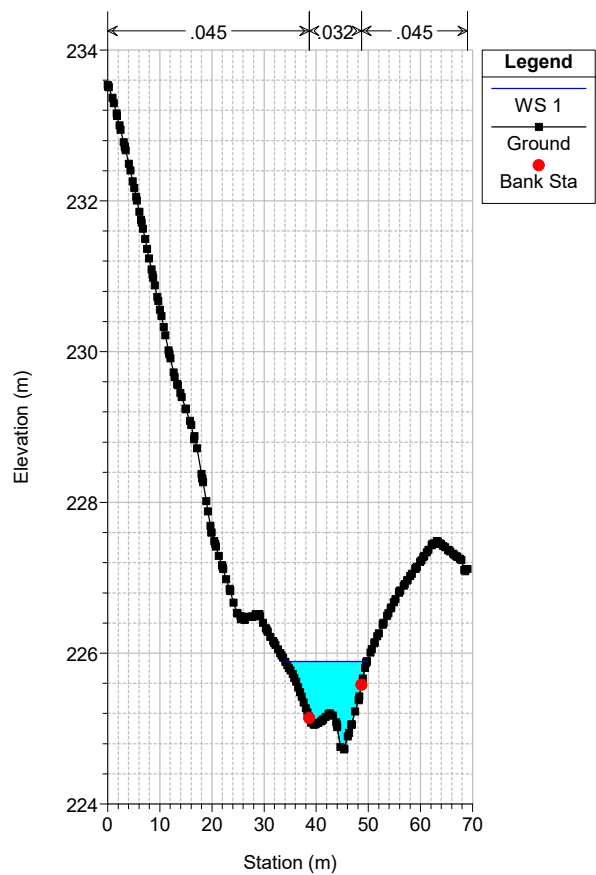
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023

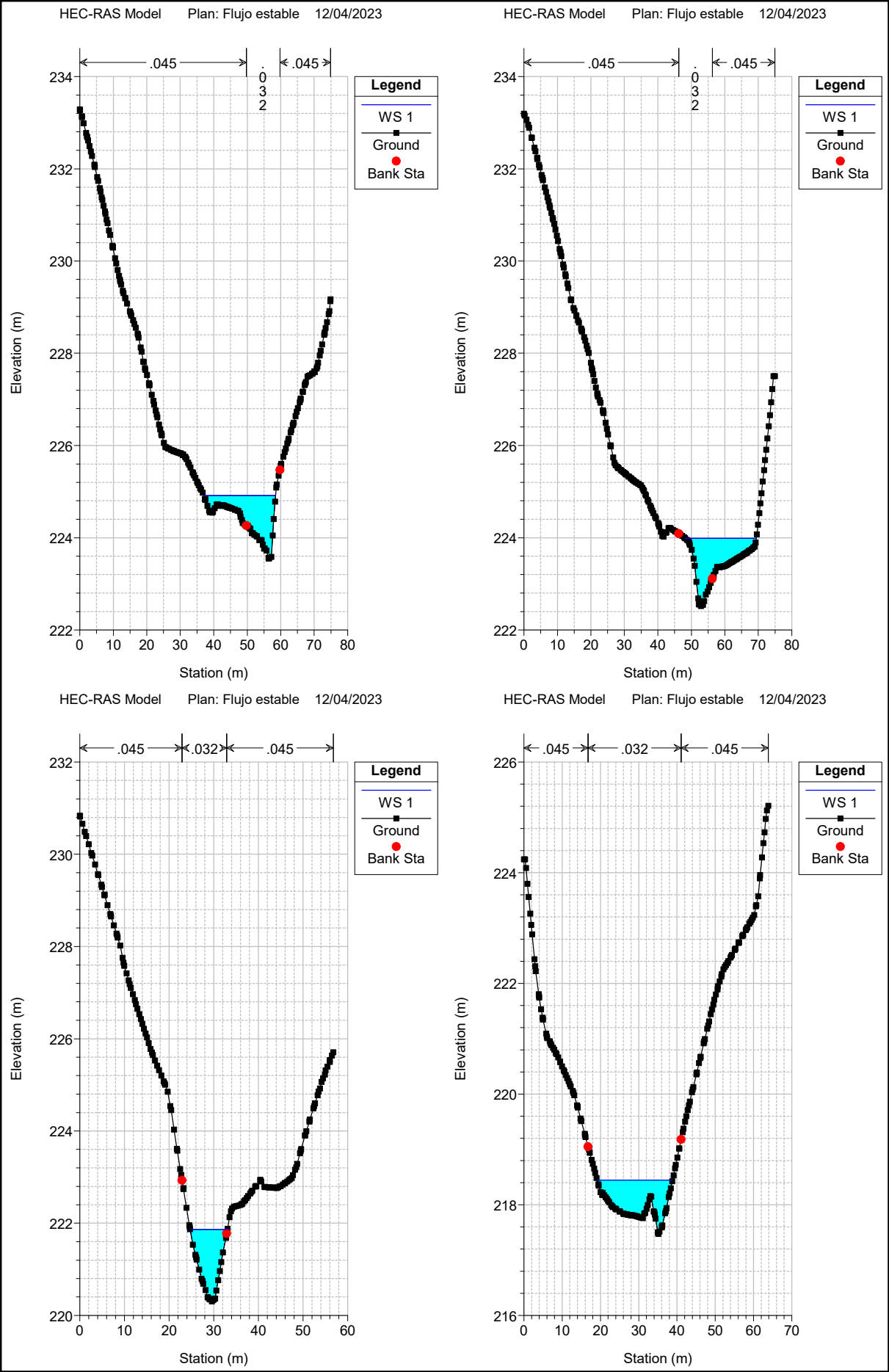


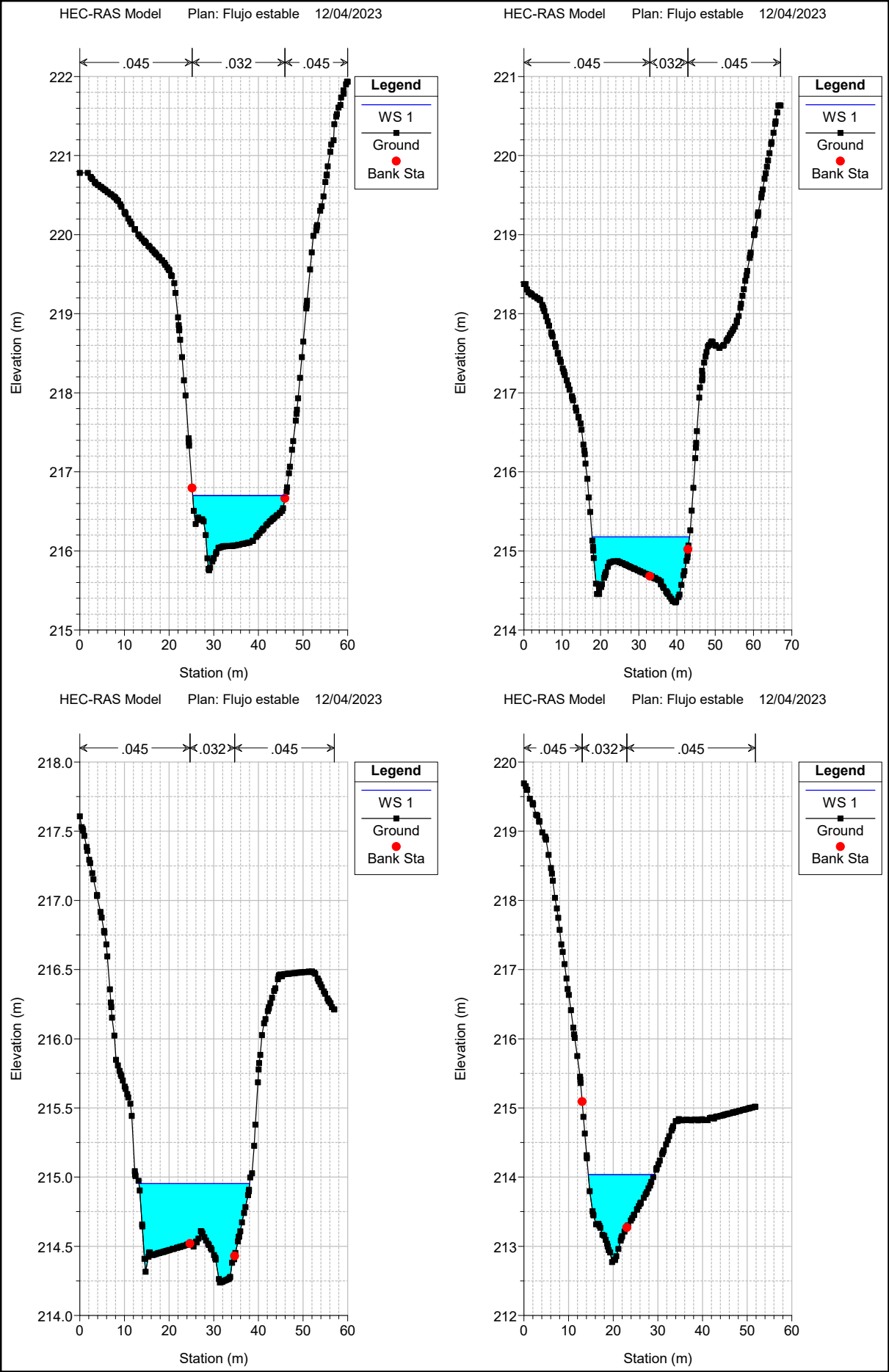
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



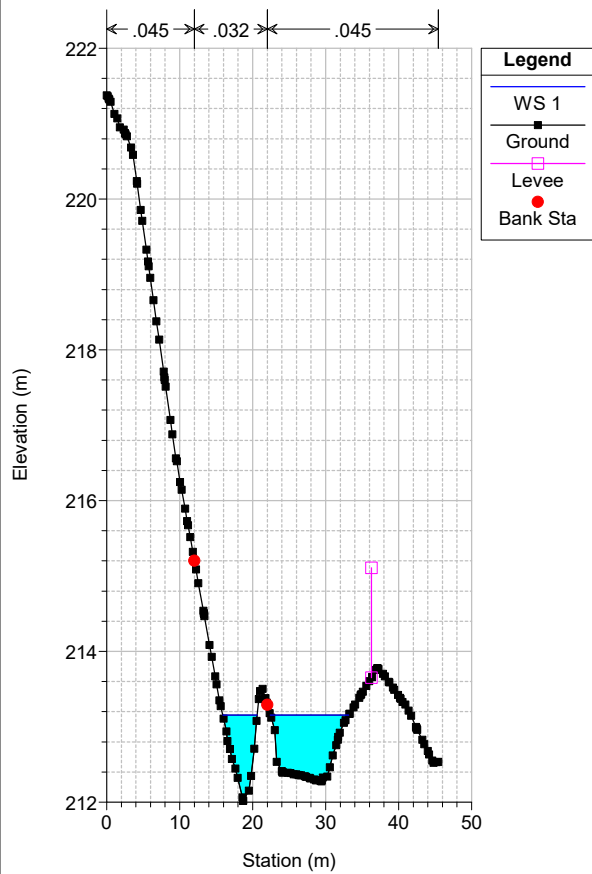
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



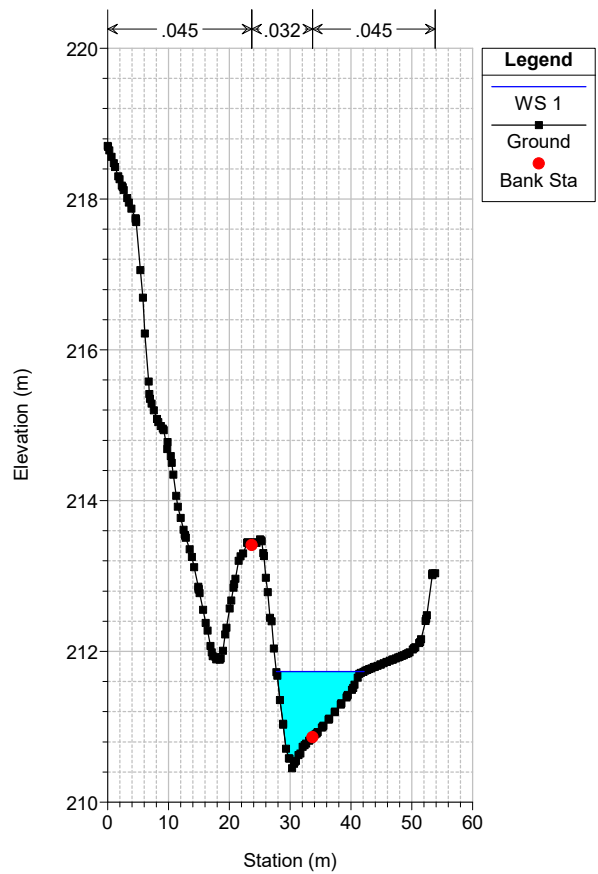




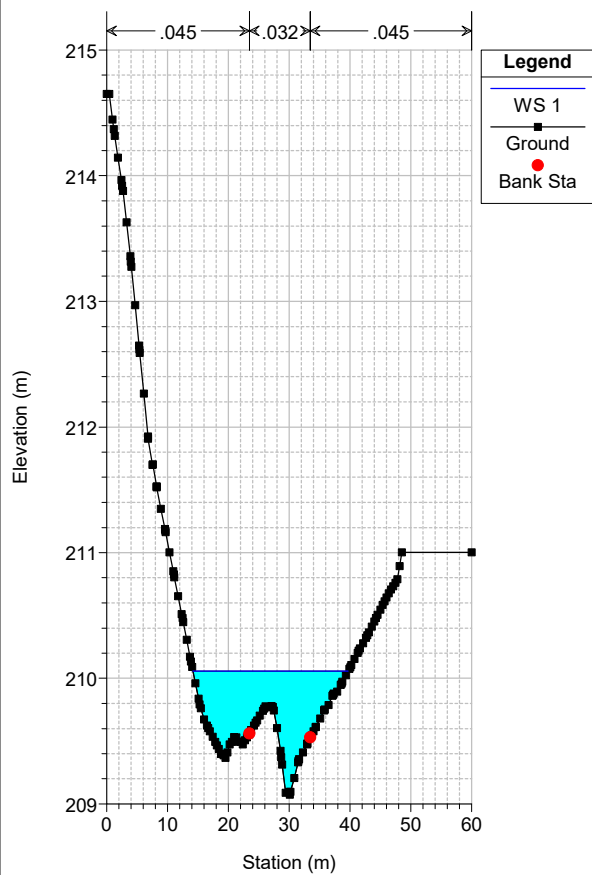
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



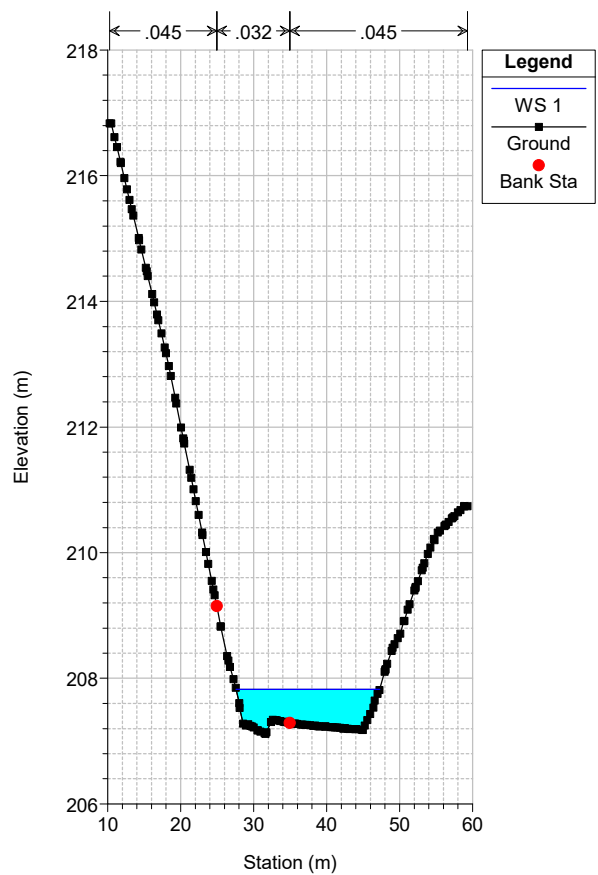
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023

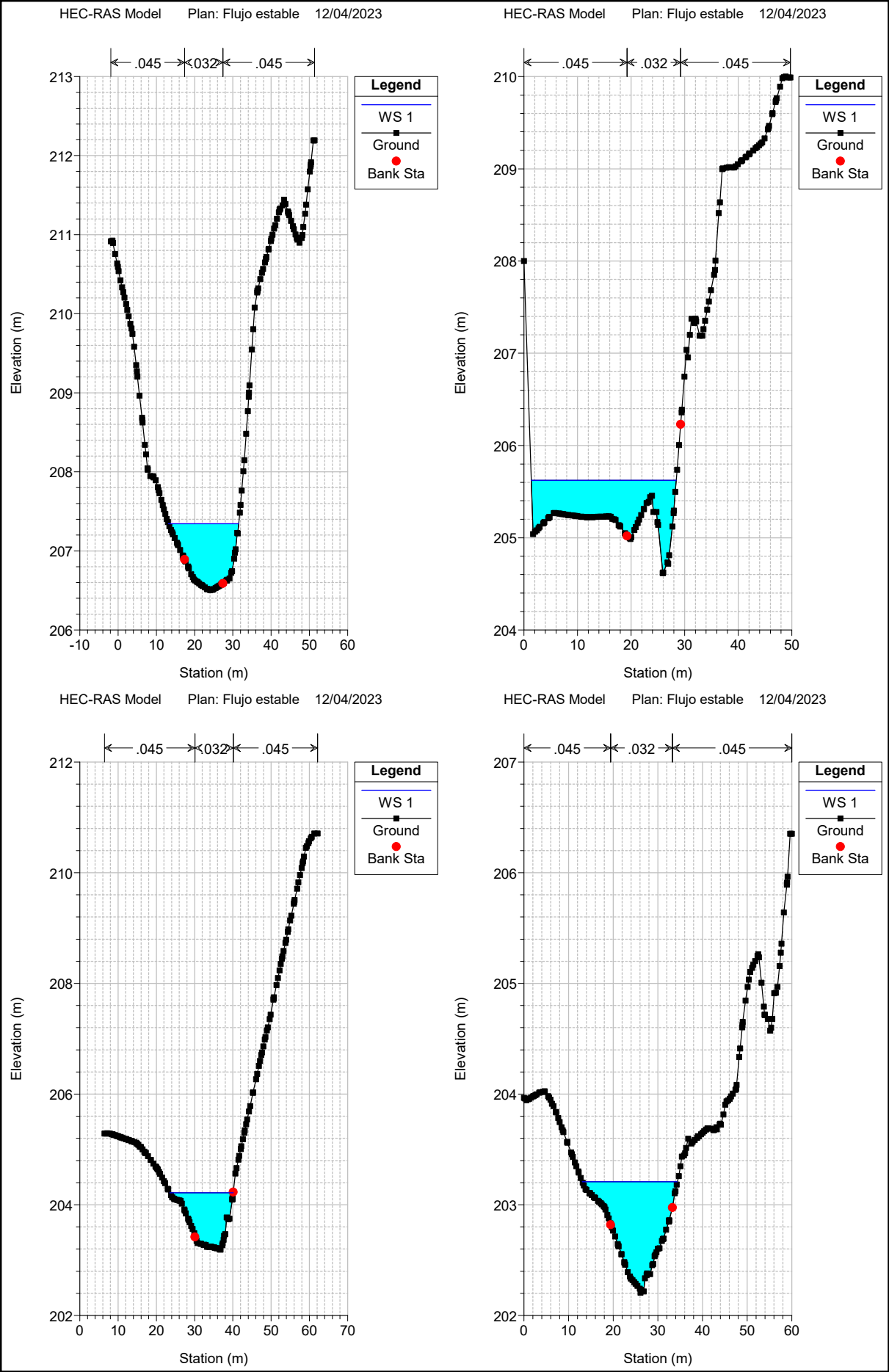


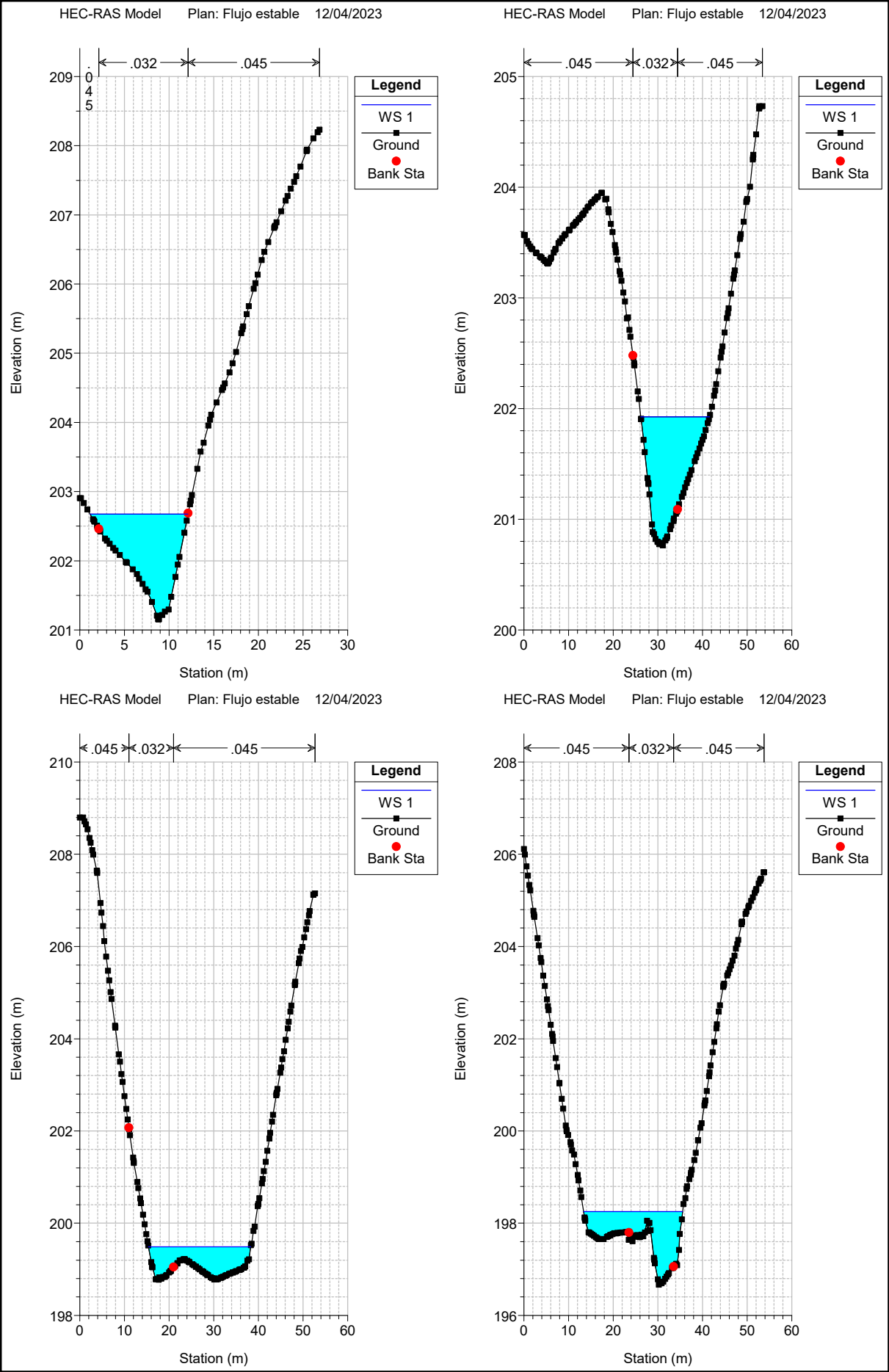
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



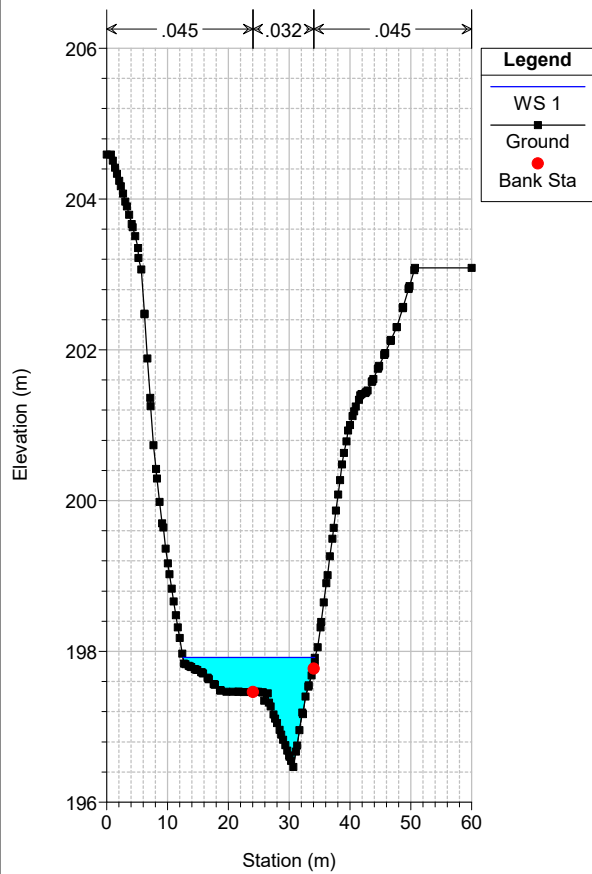
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



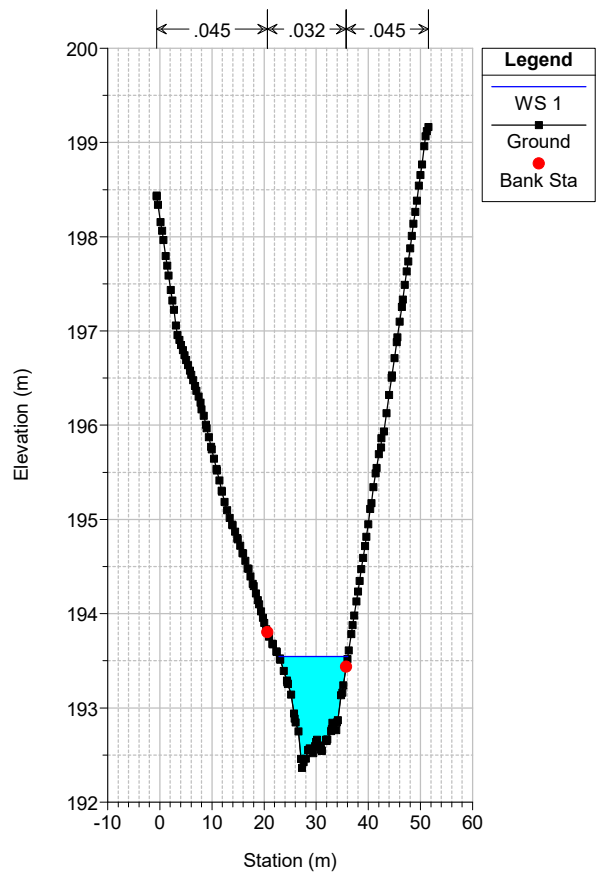




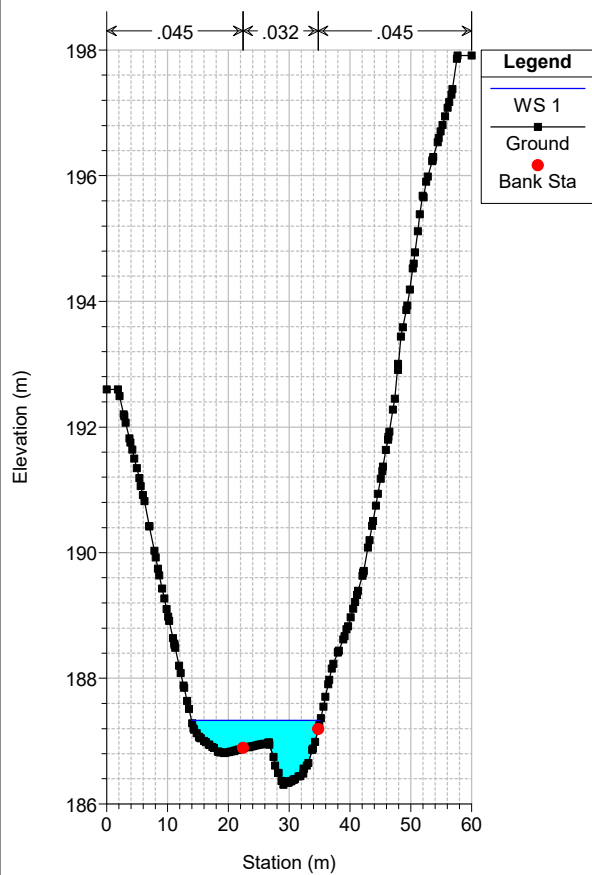
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023



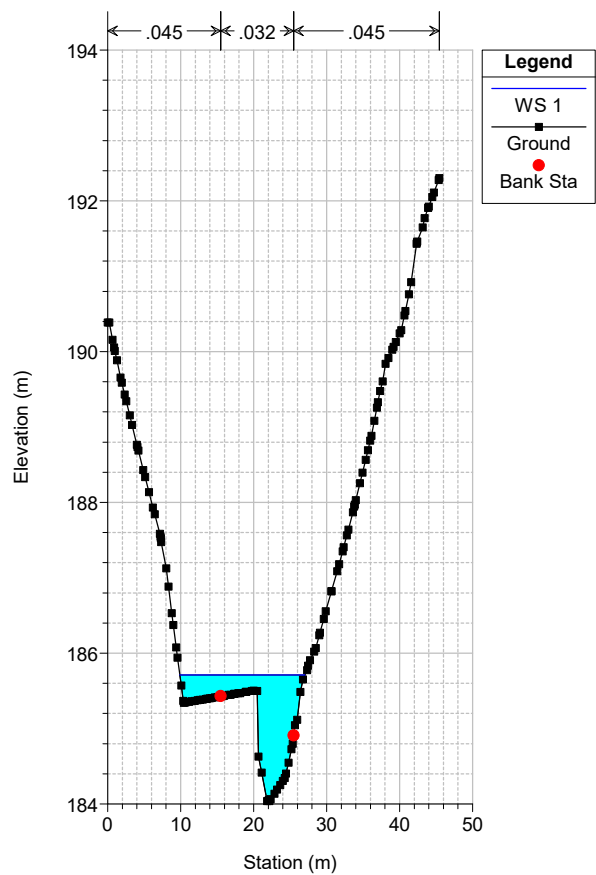
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023

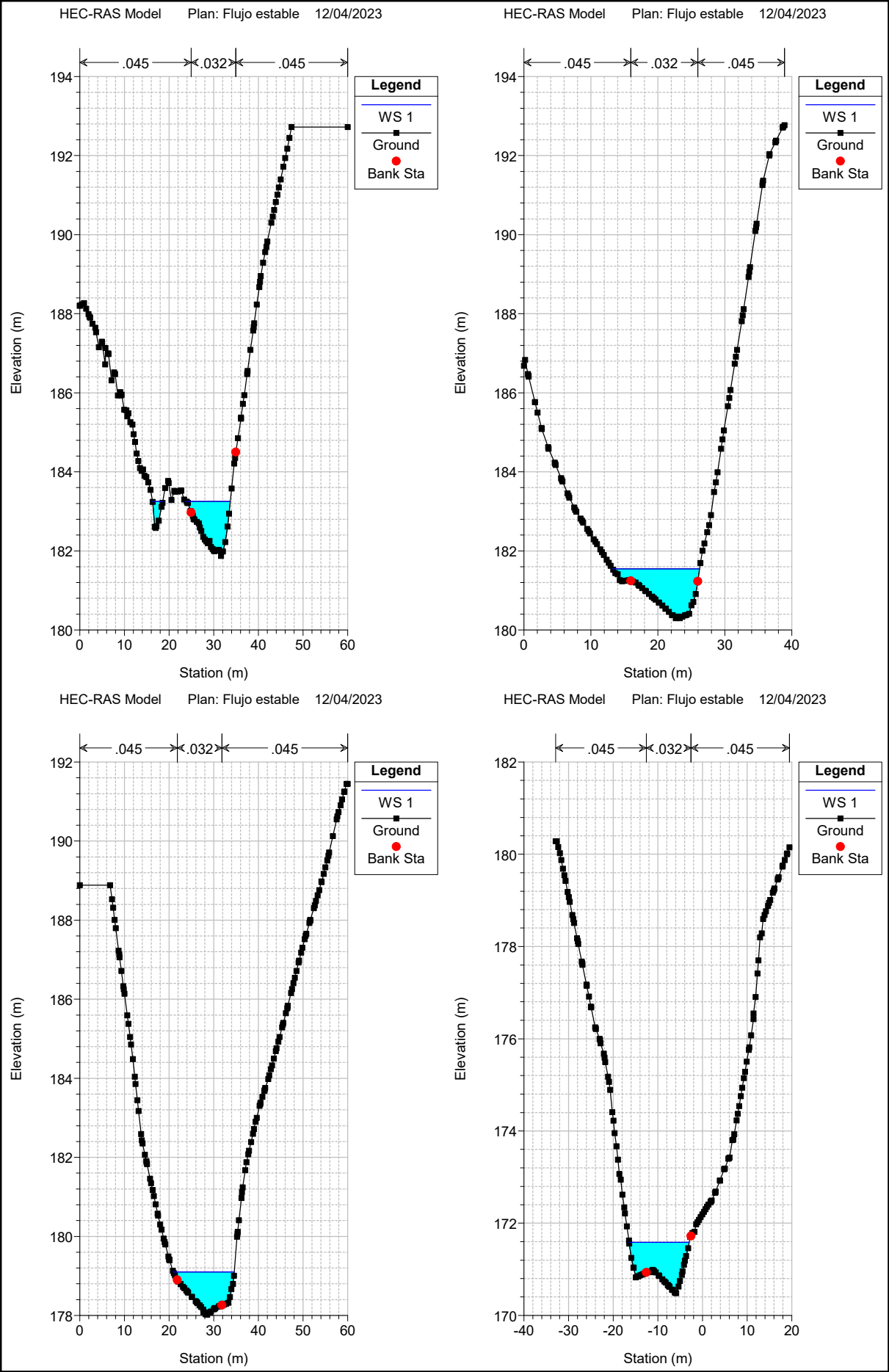


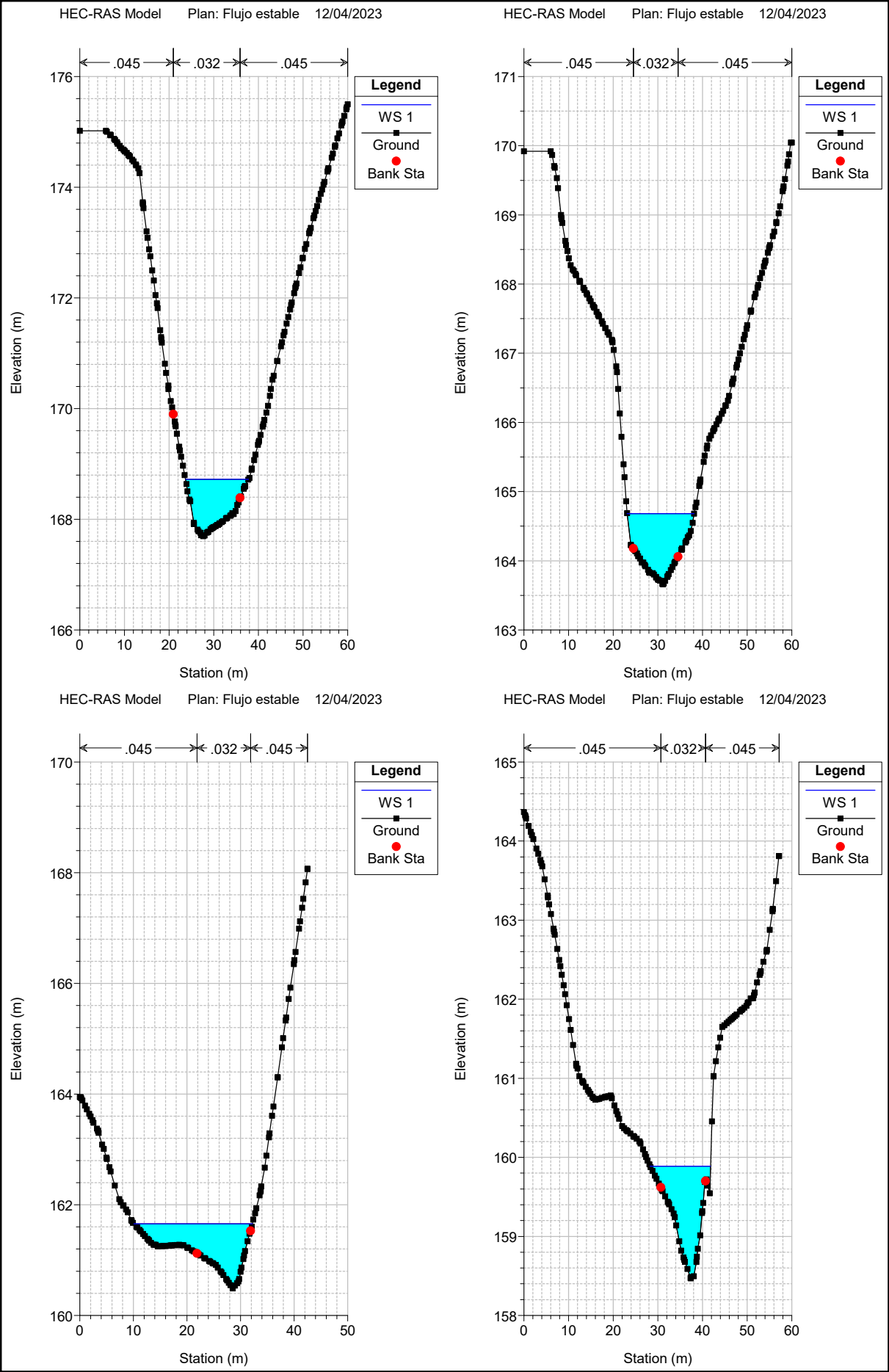
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023

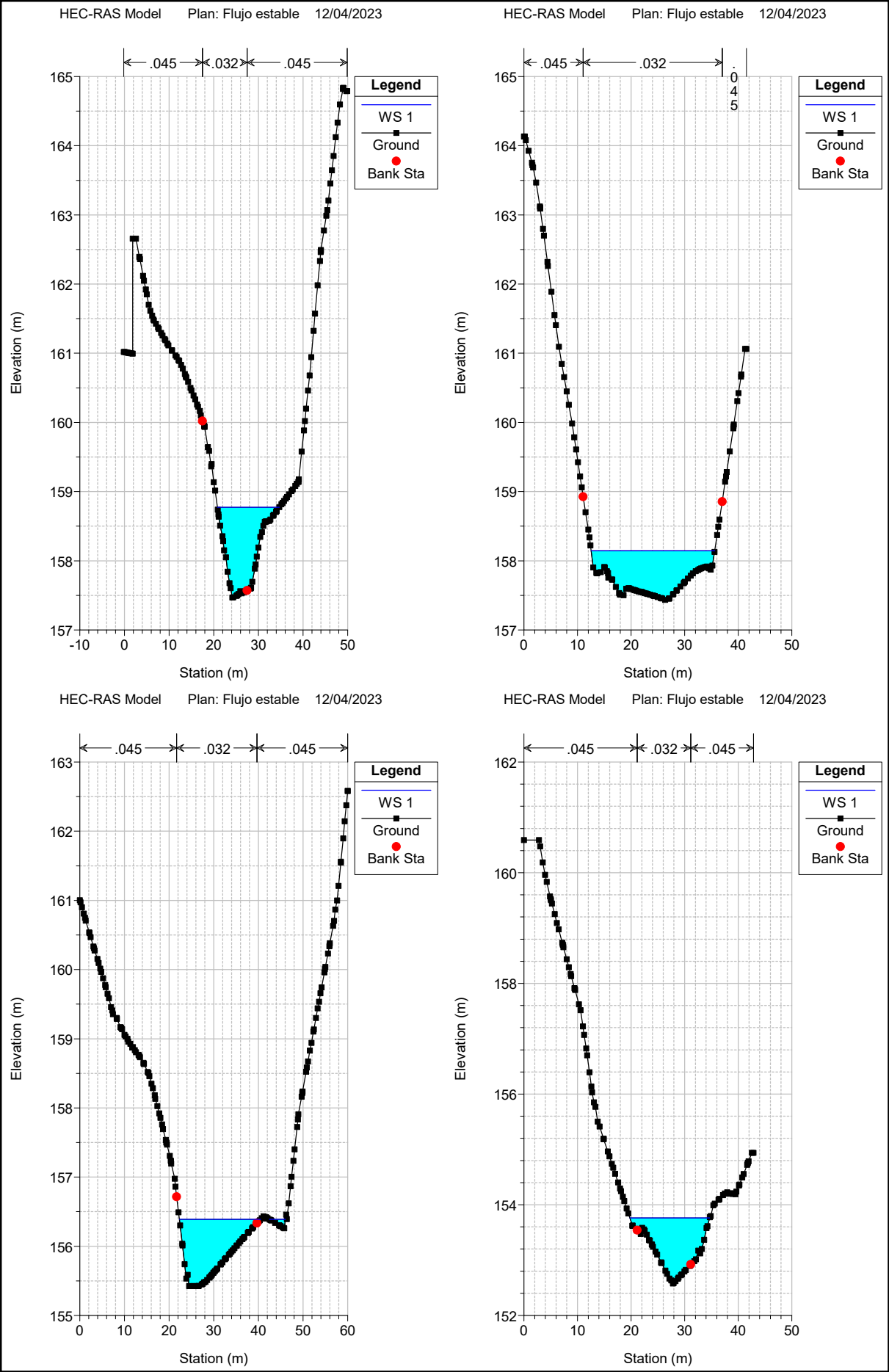


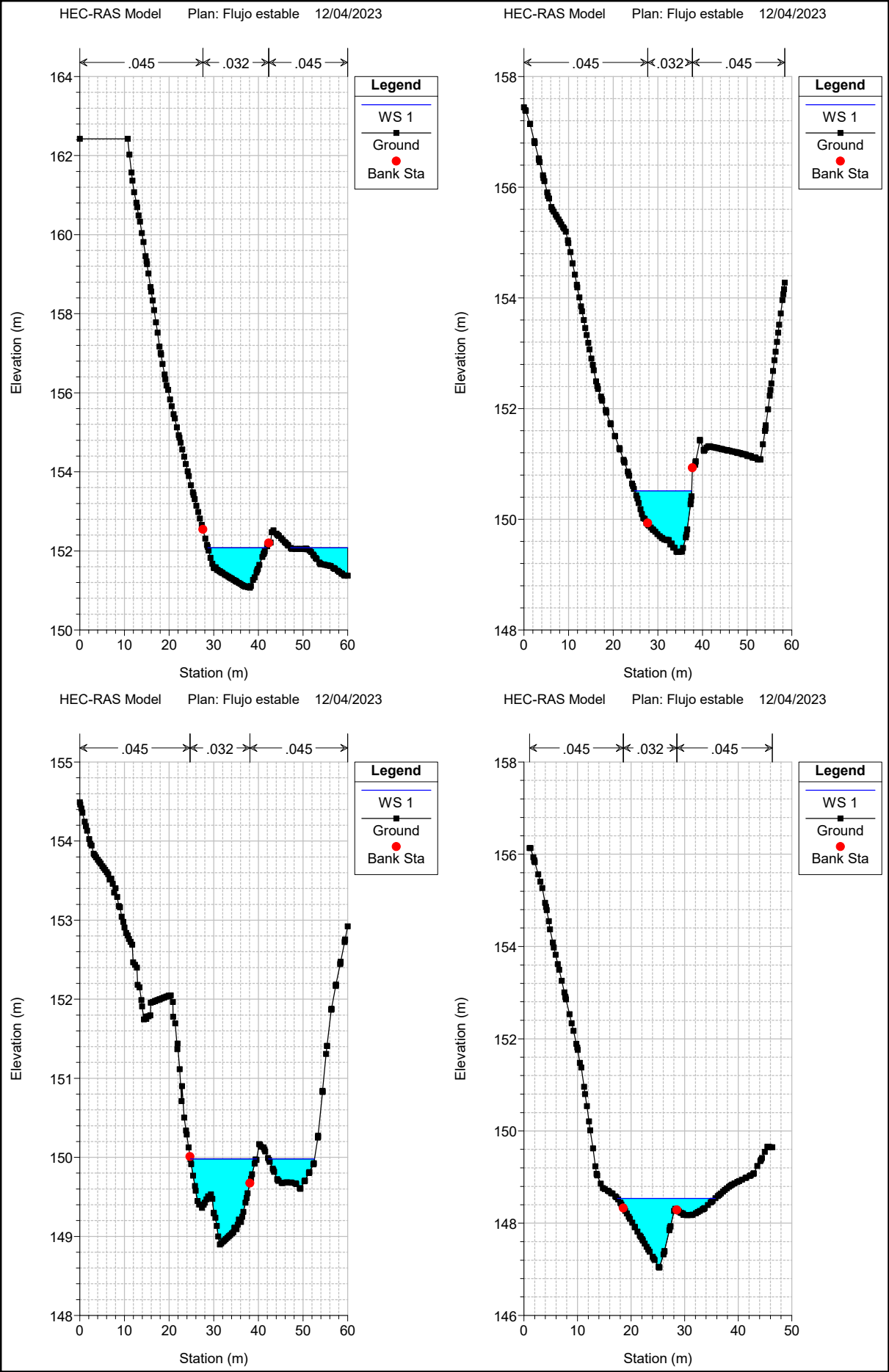
HEC-RAS Model Plan: Flujo estable 12/04/2023

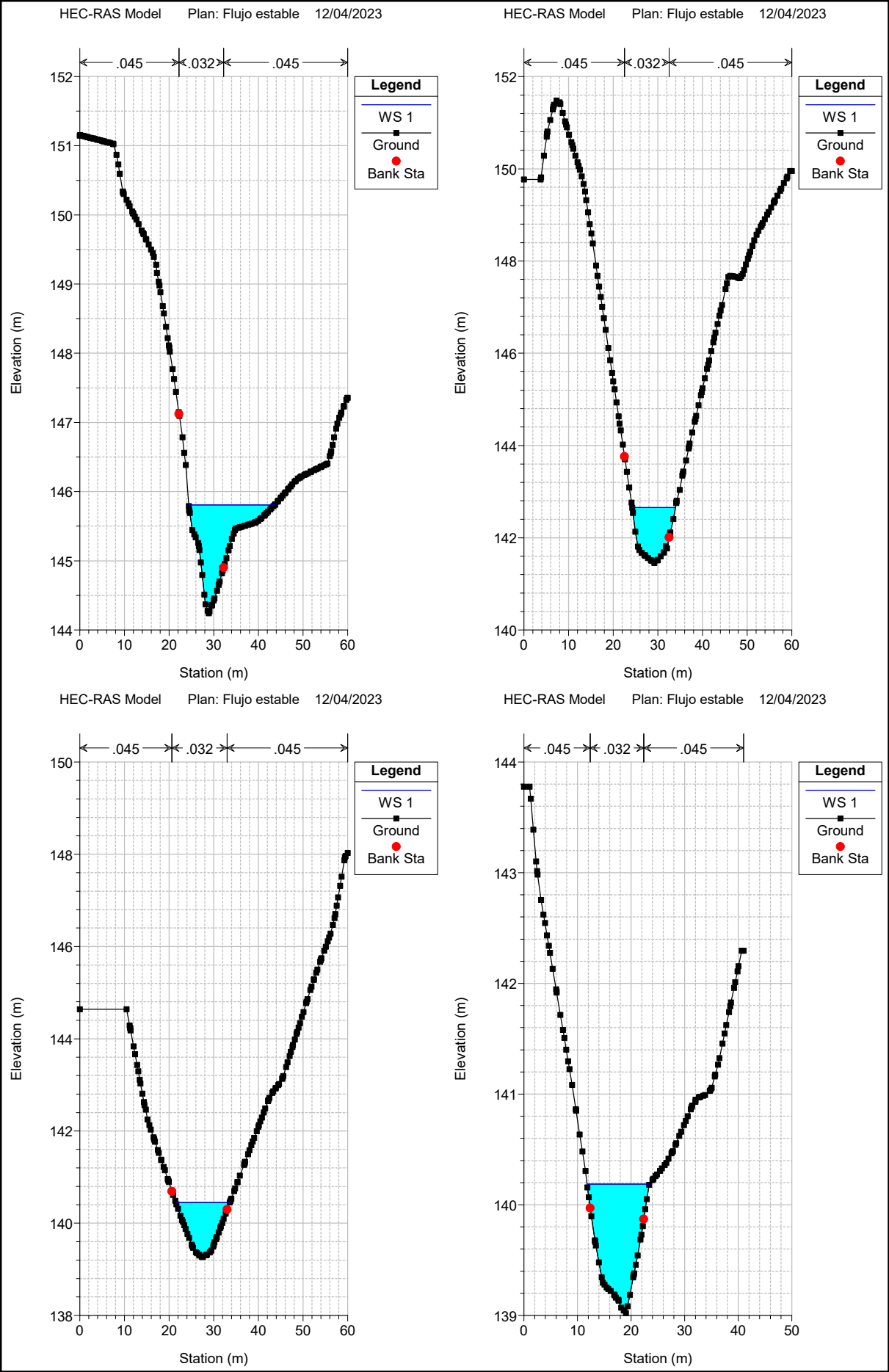


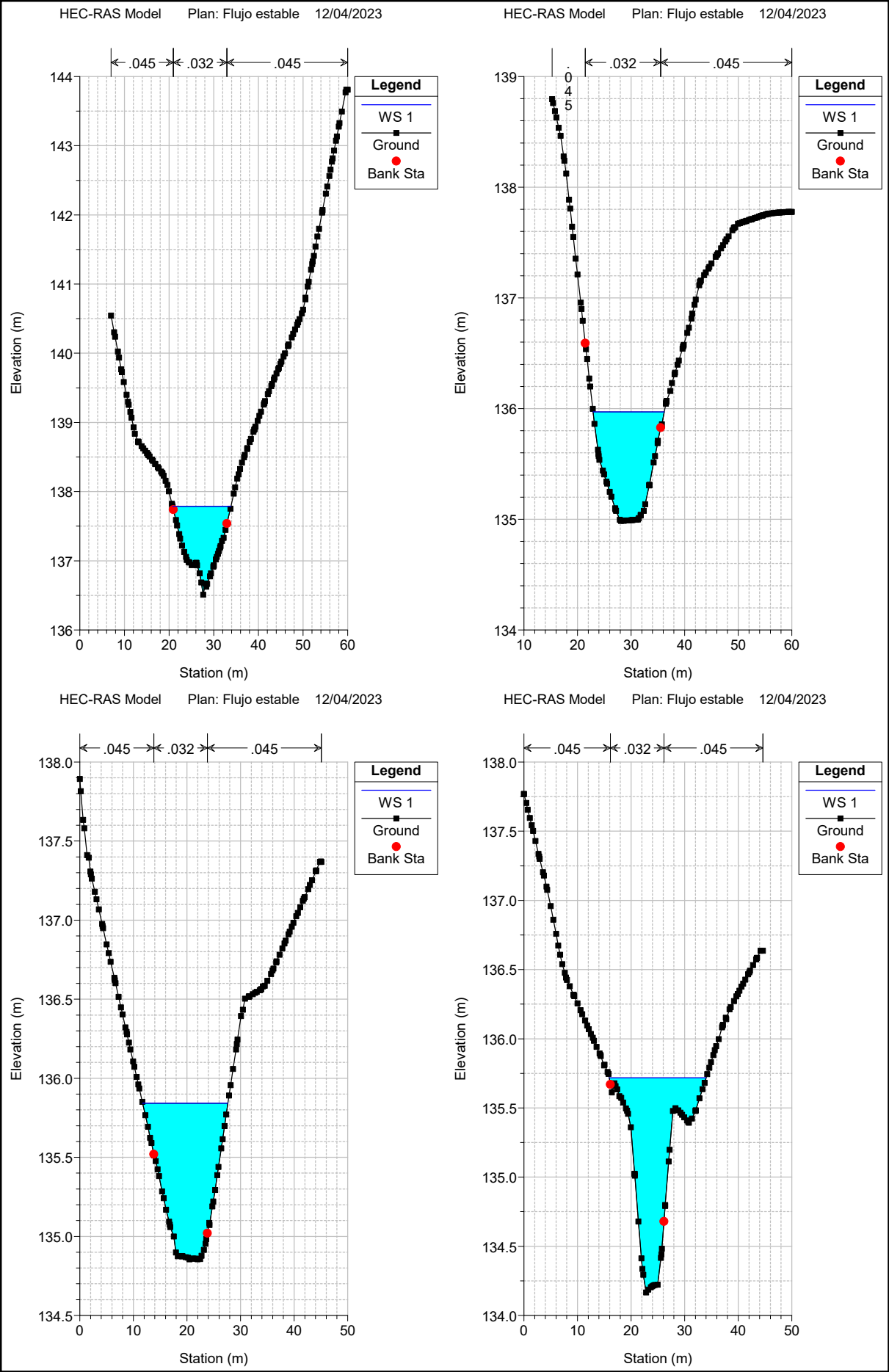


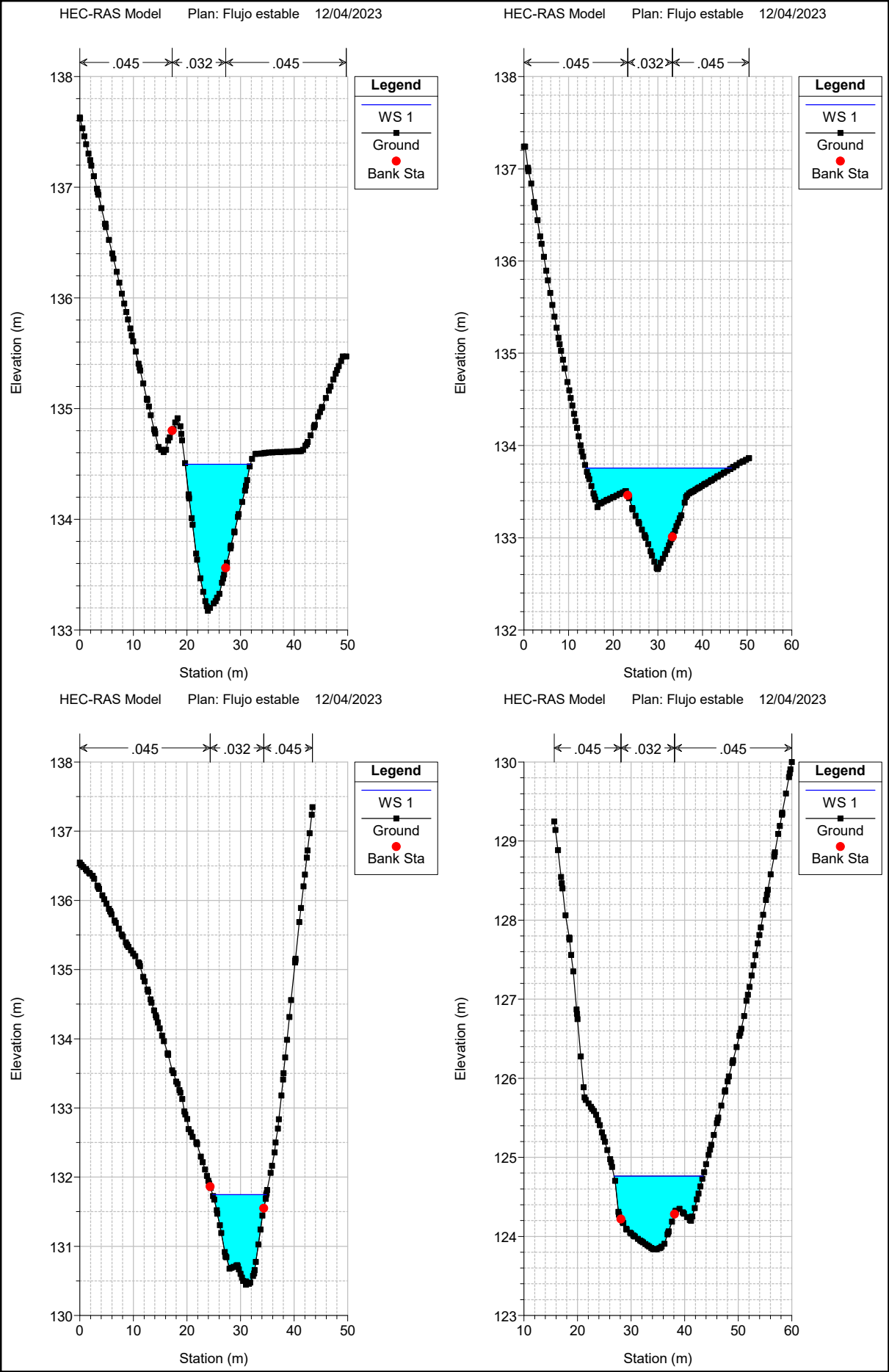




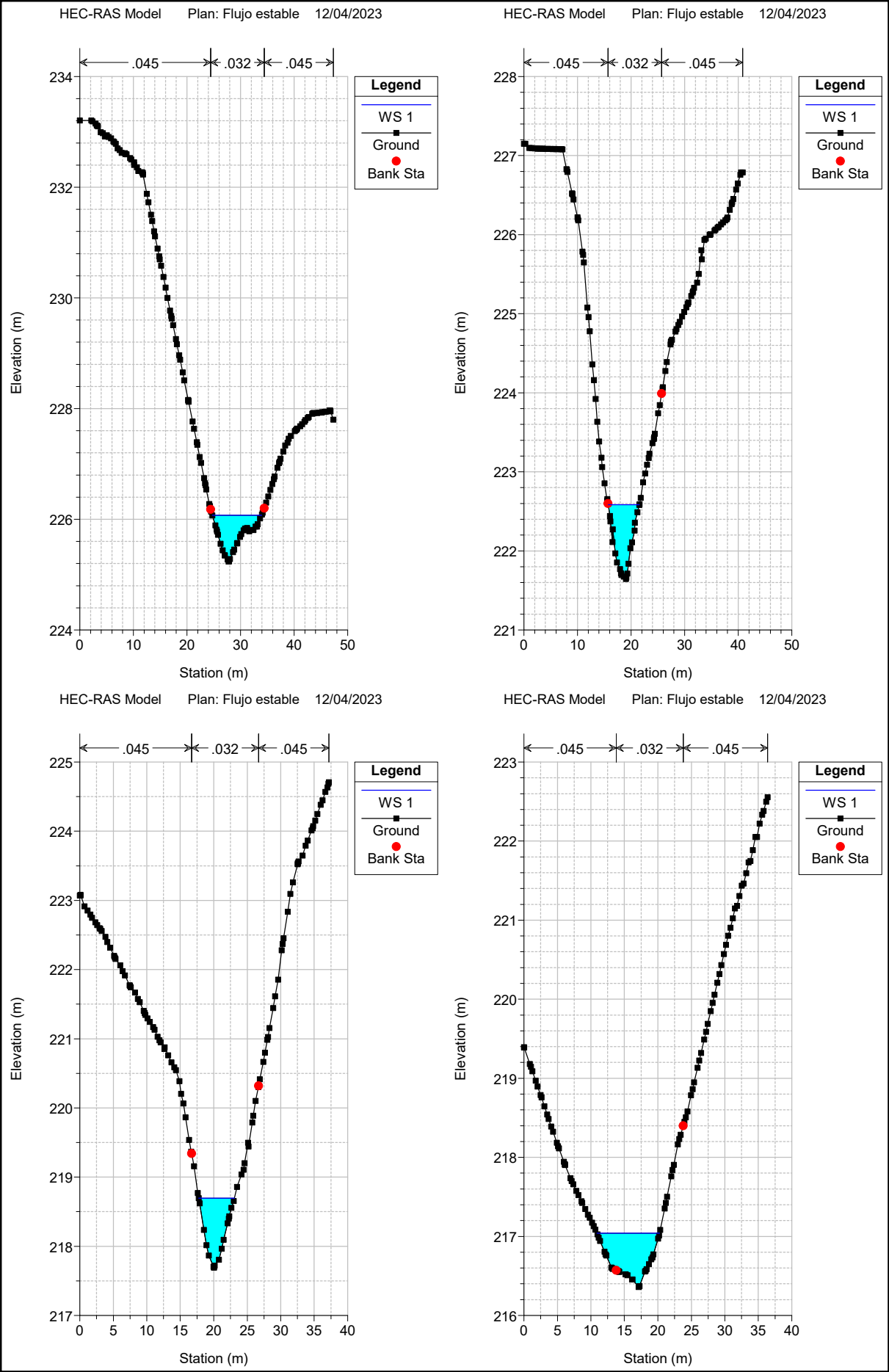


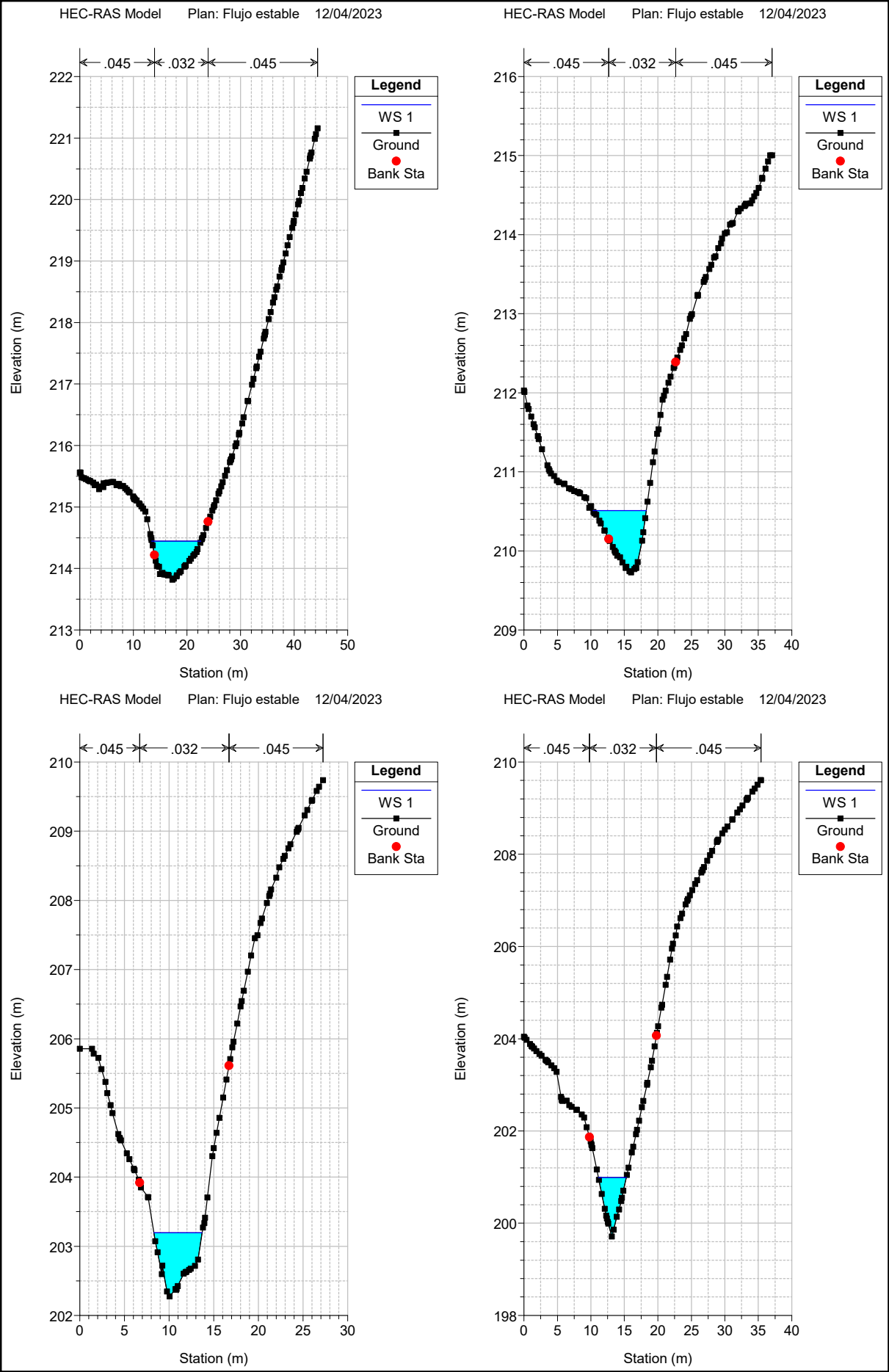


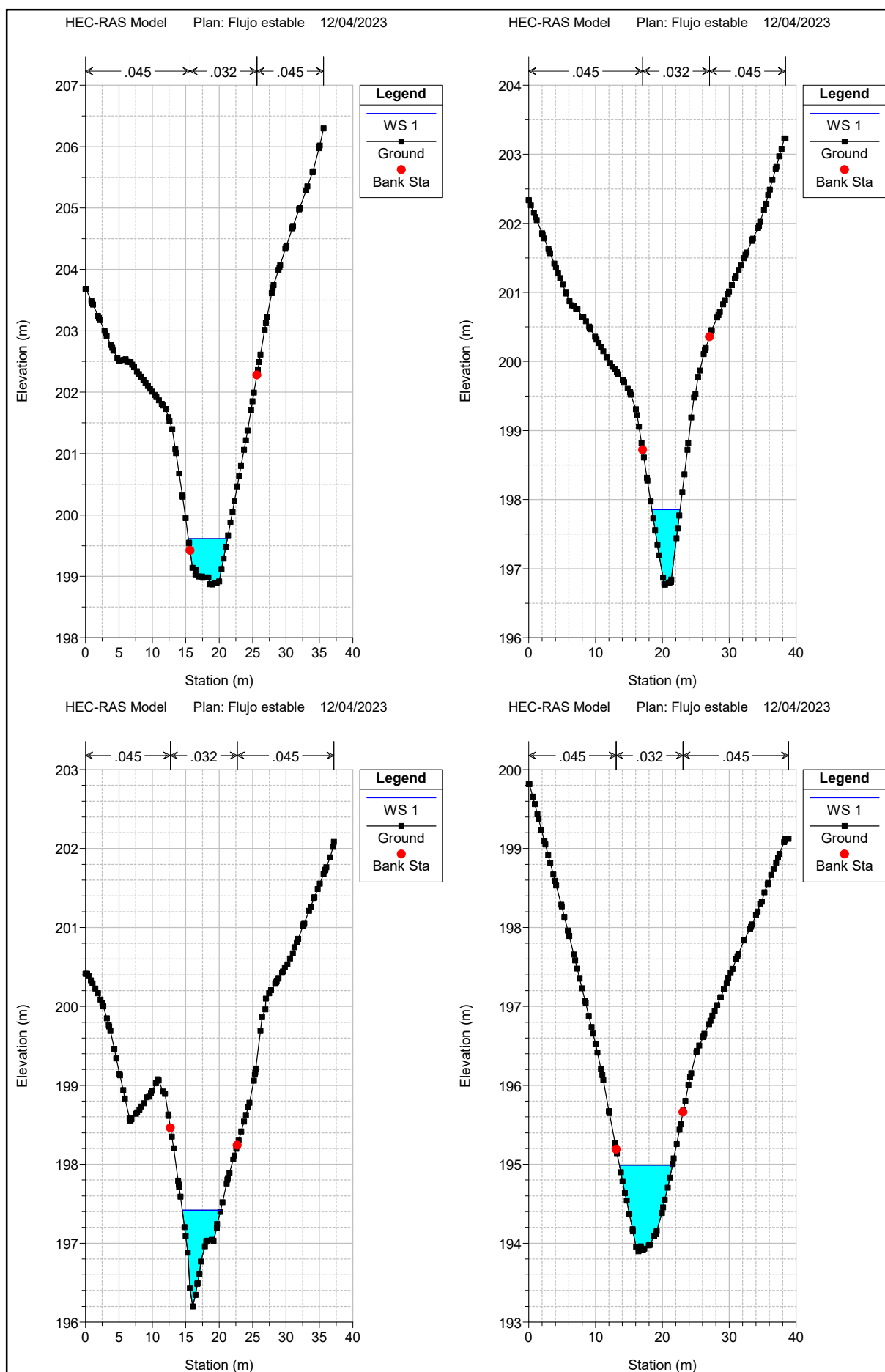


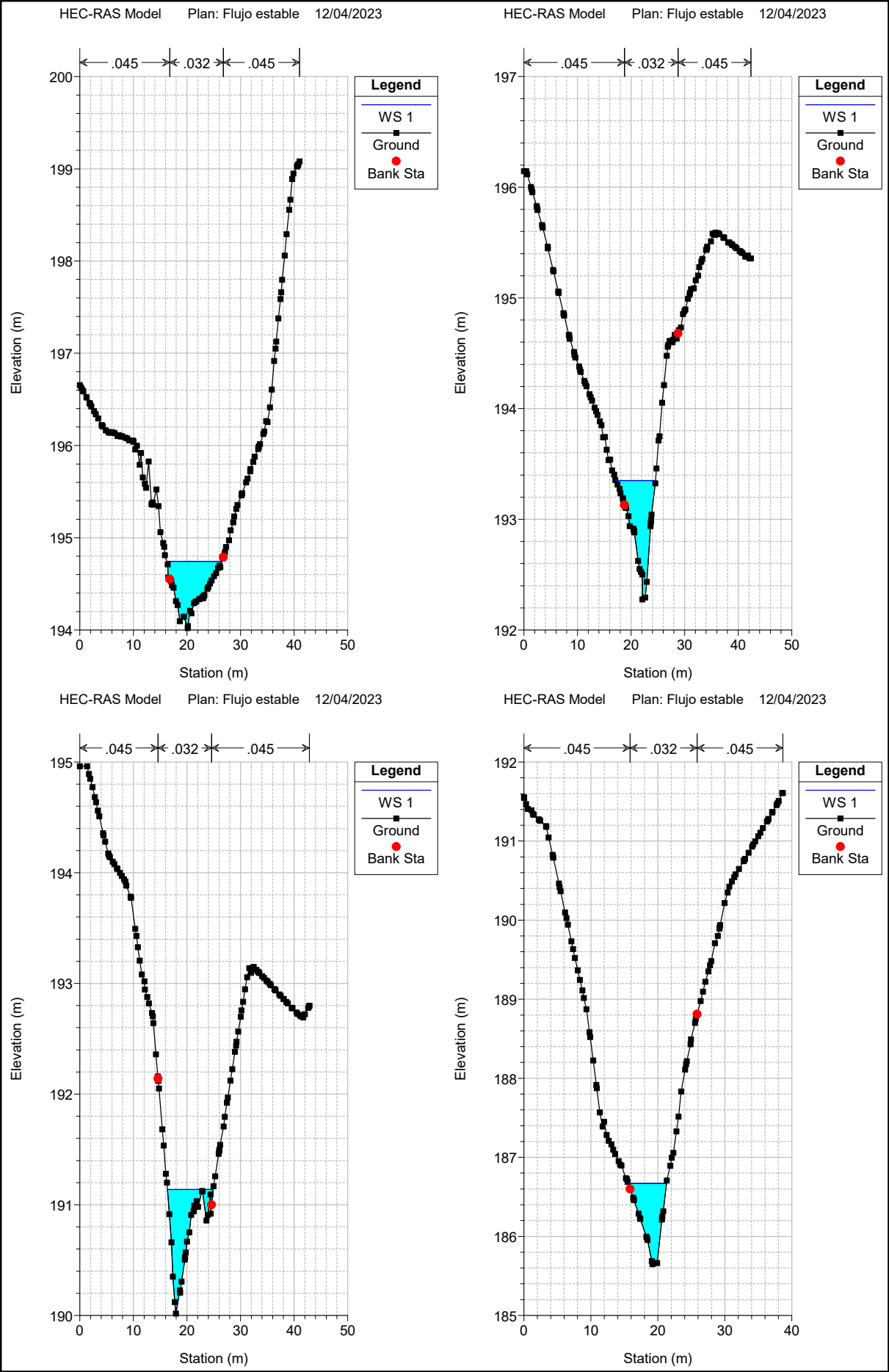


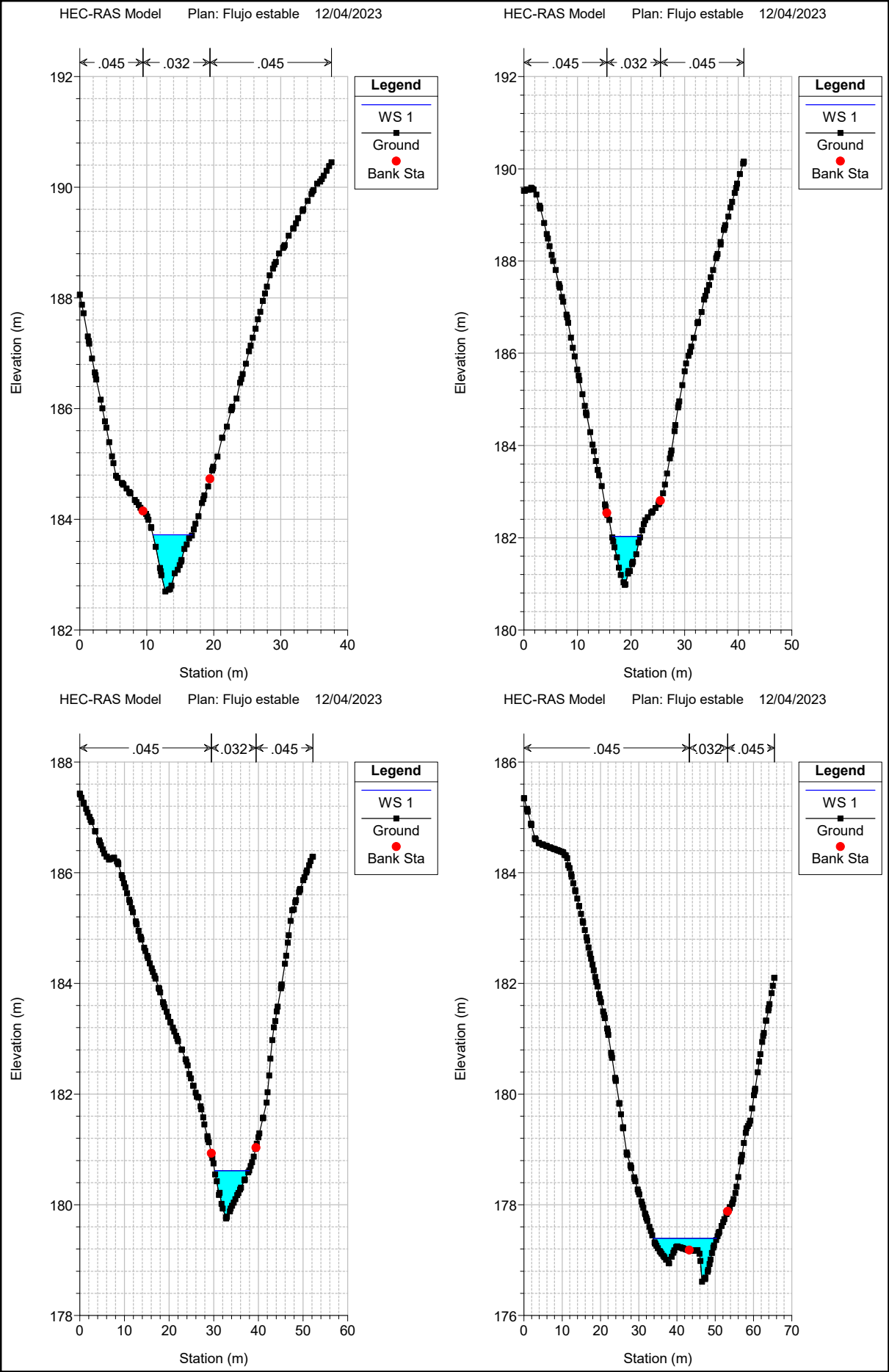
Secciones Transversales Quebrada 2

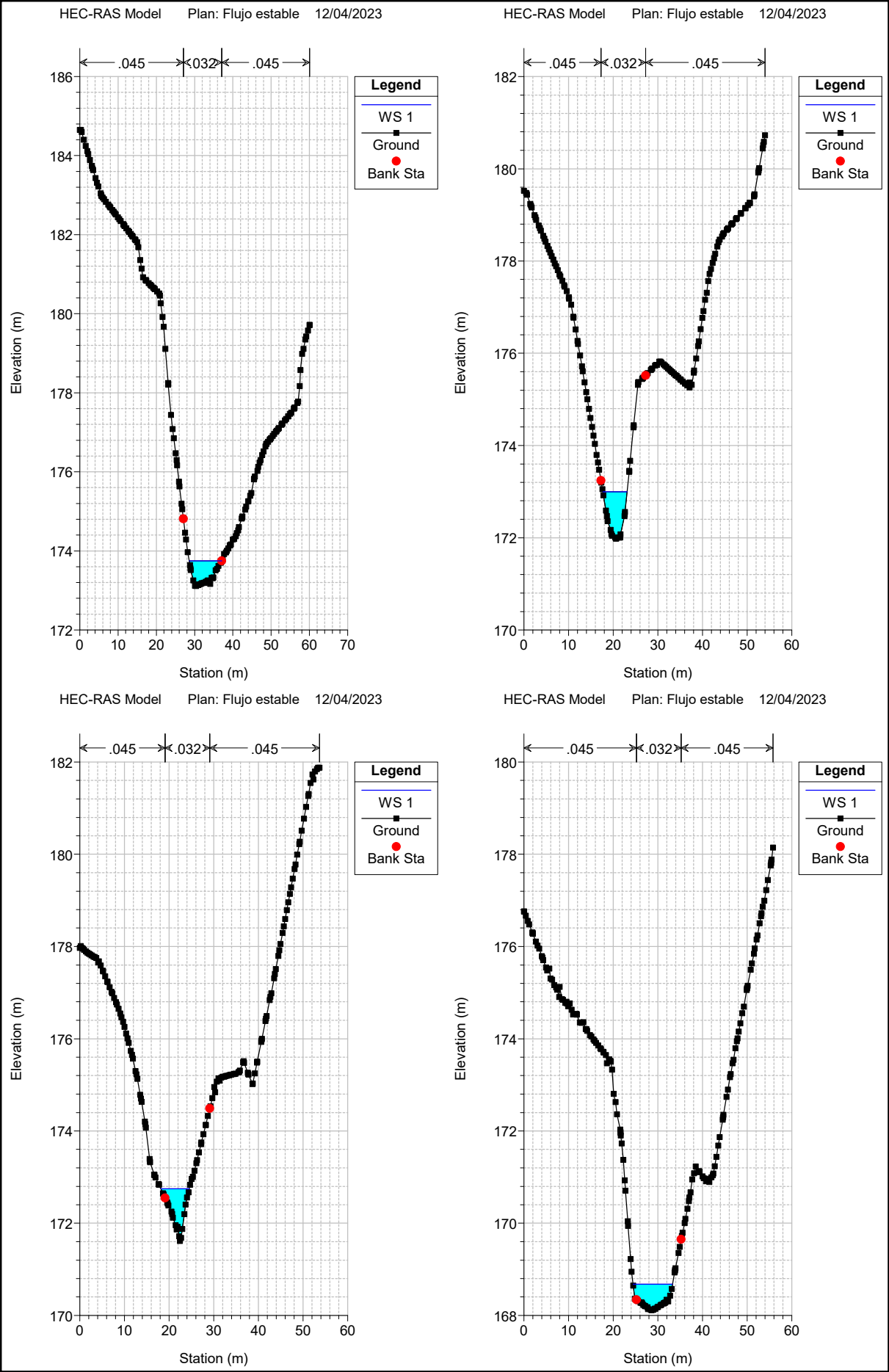


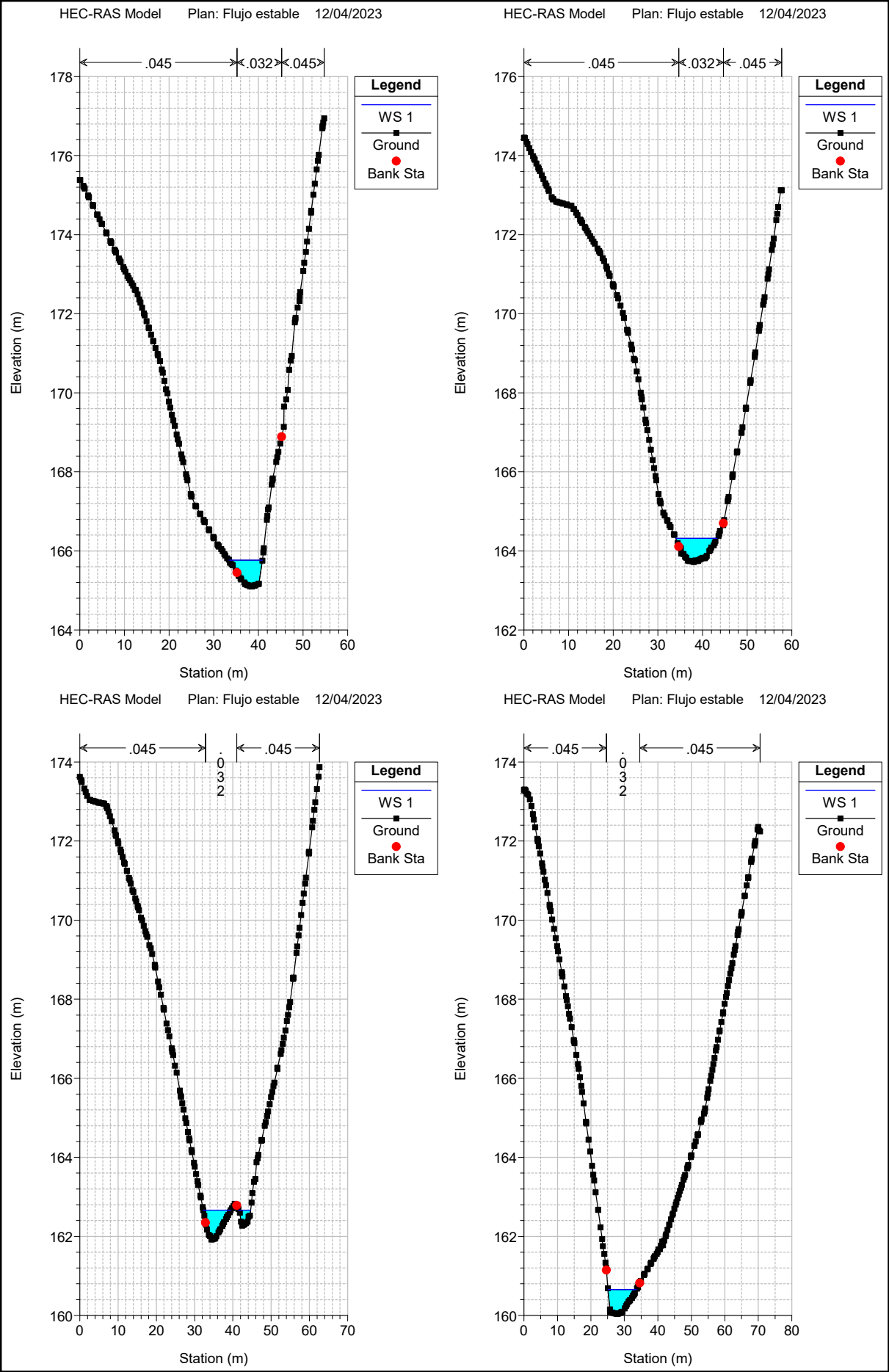


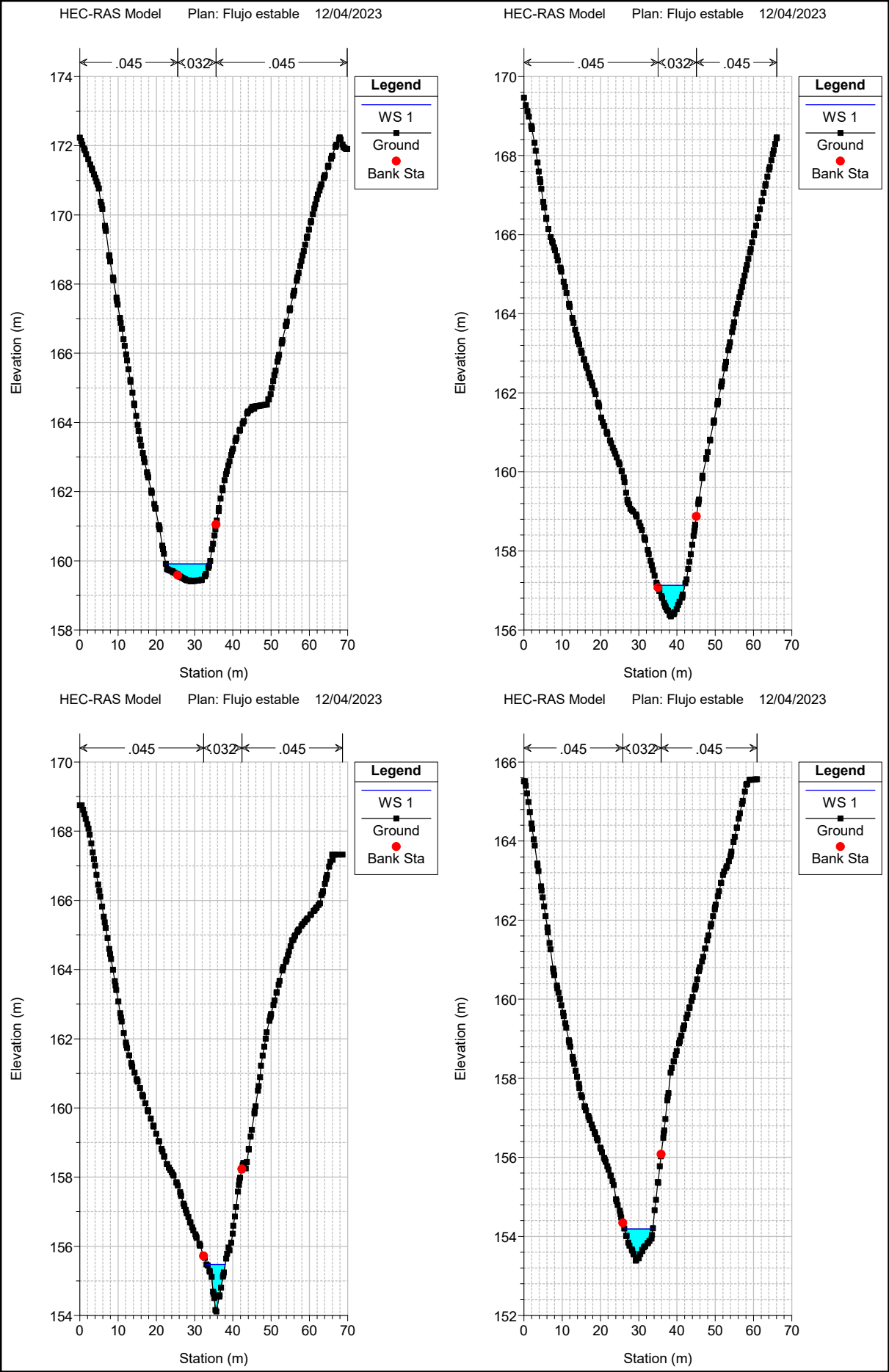


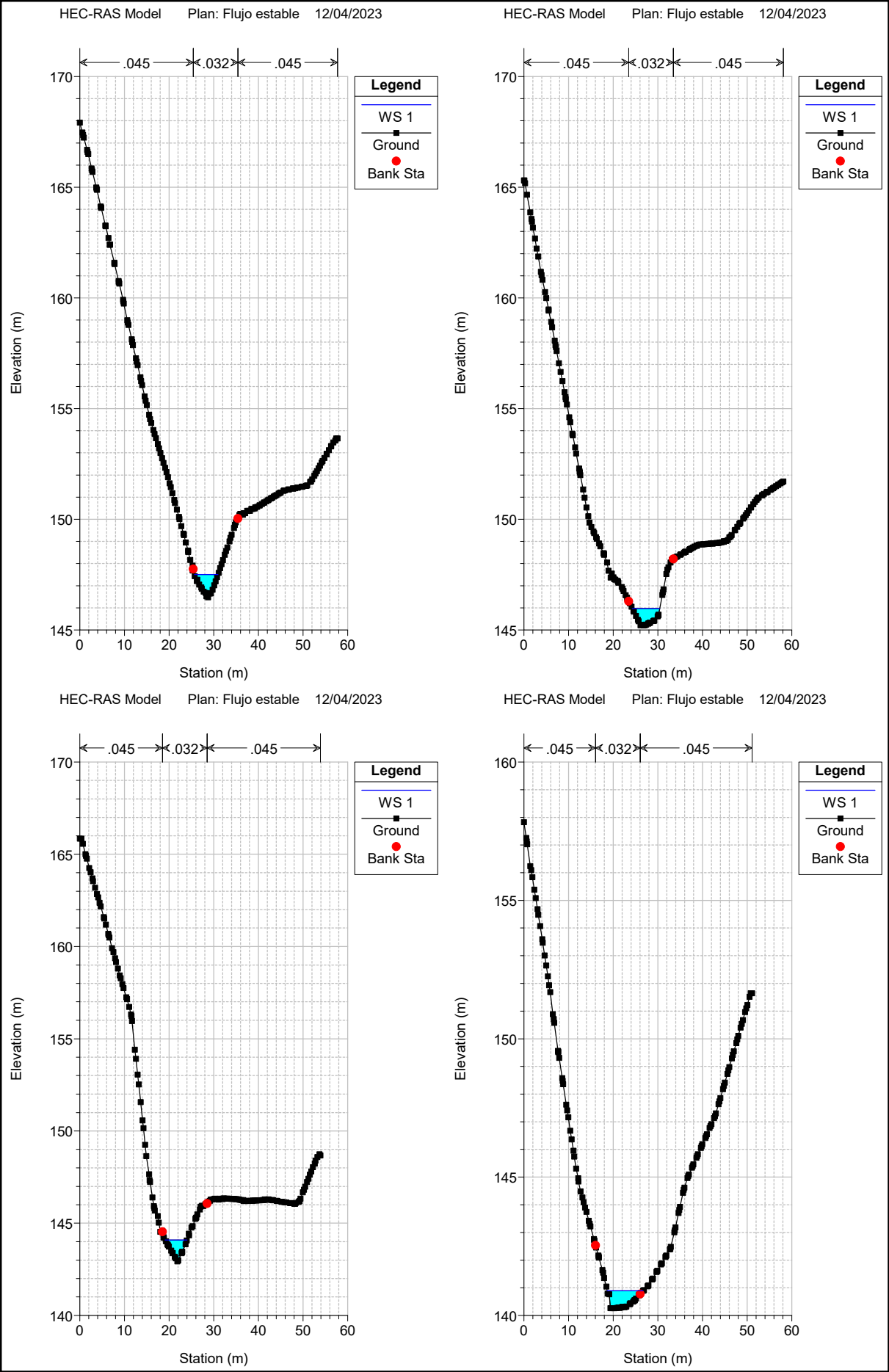


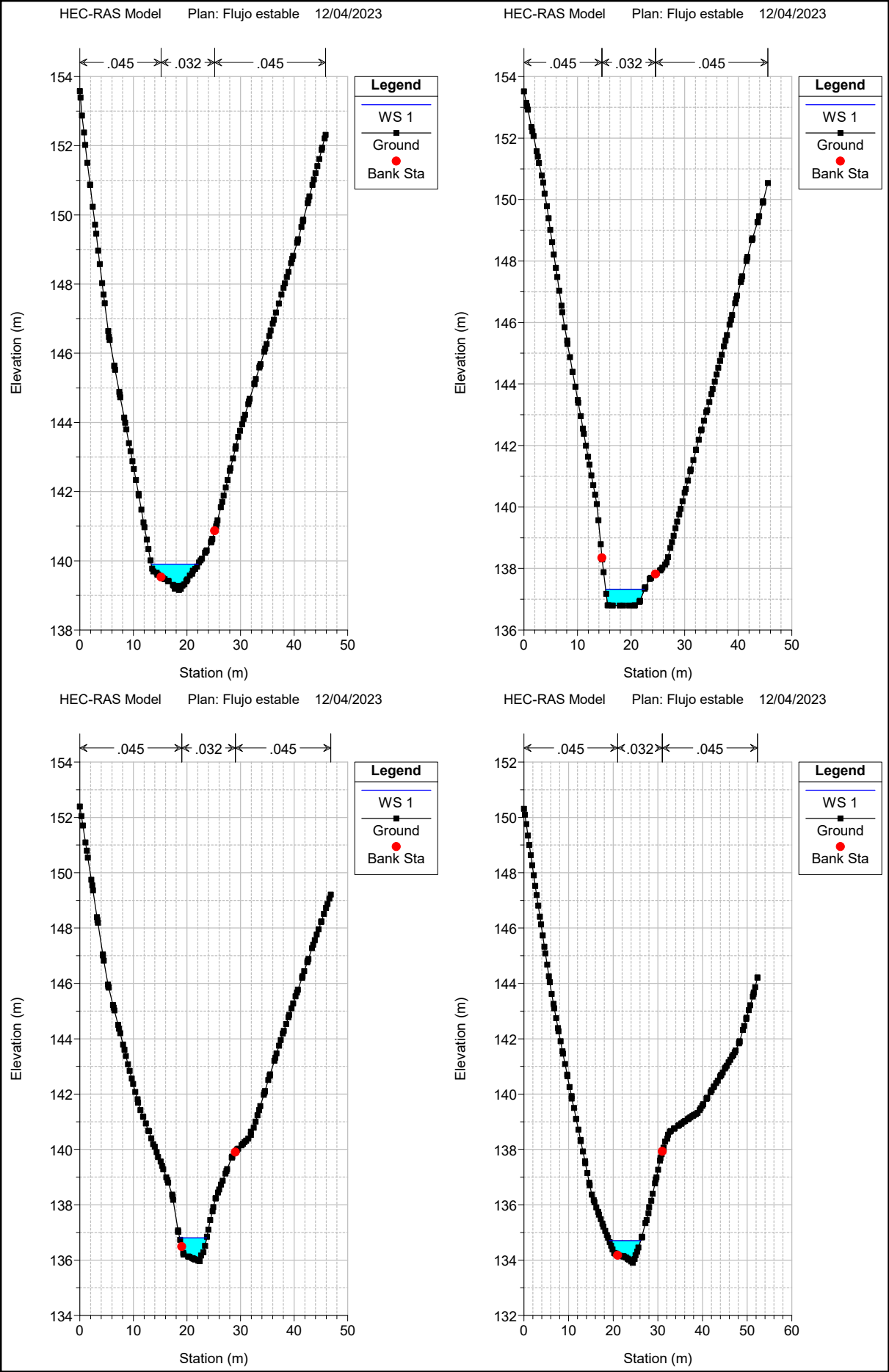


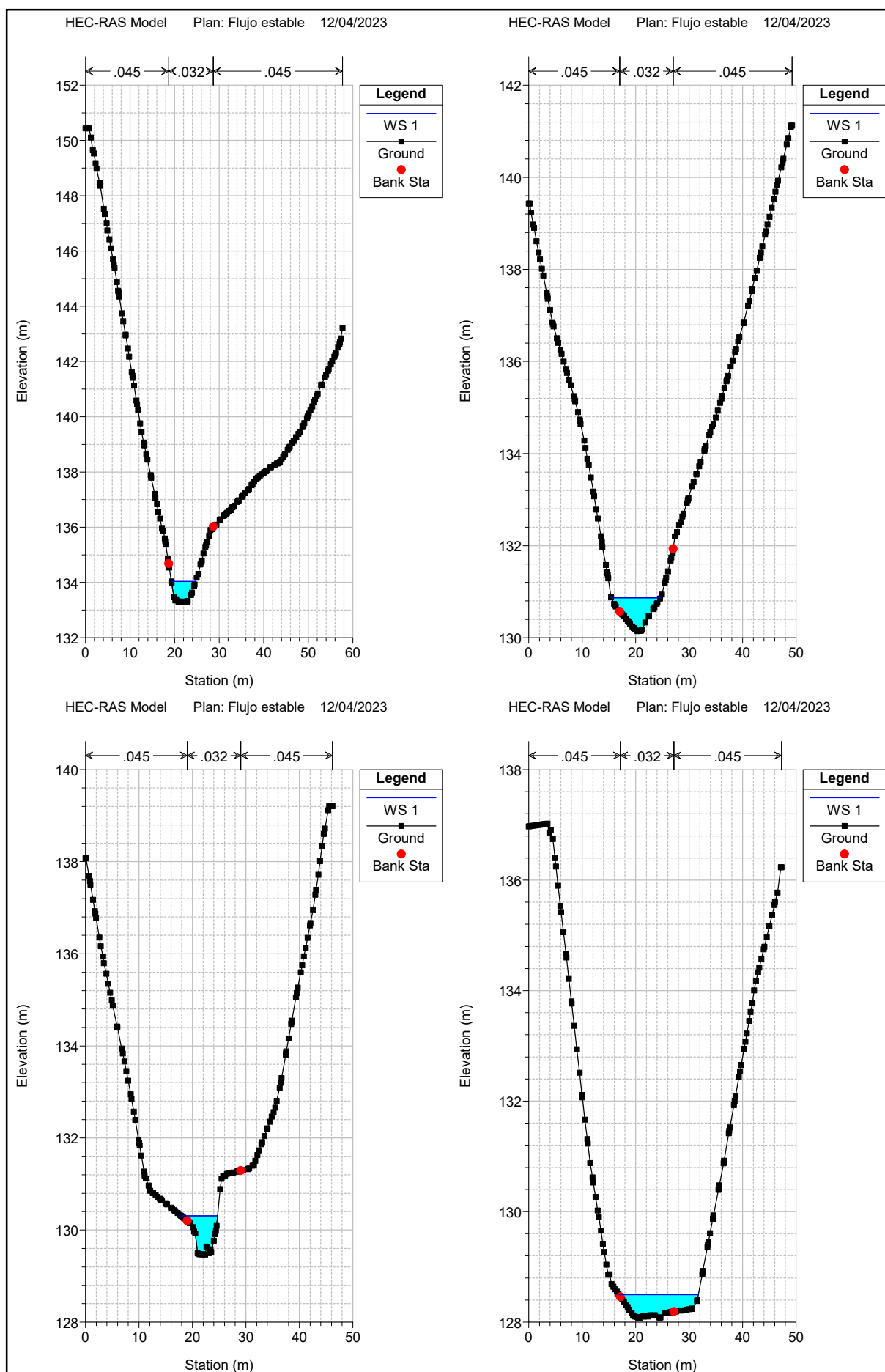


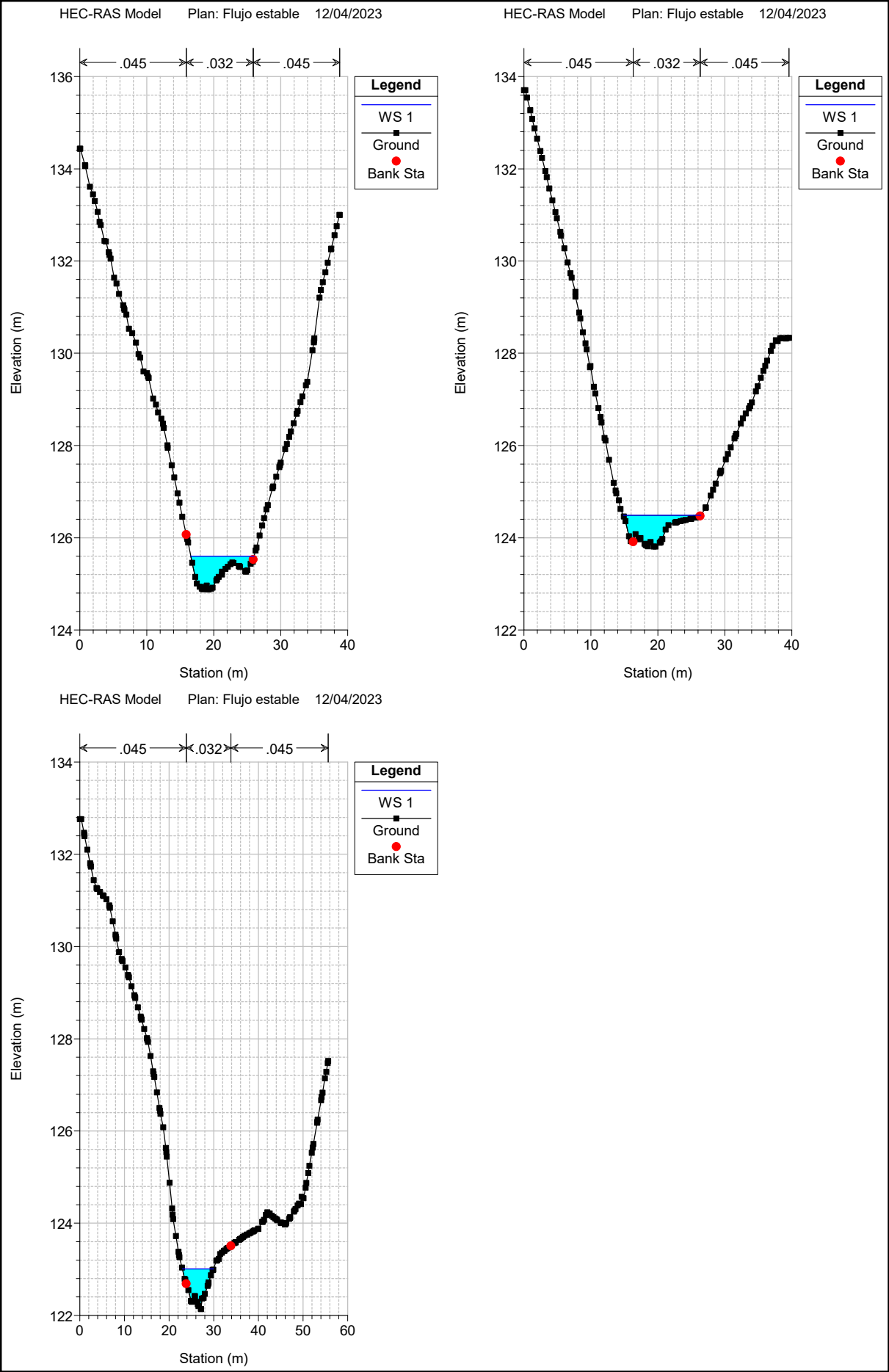




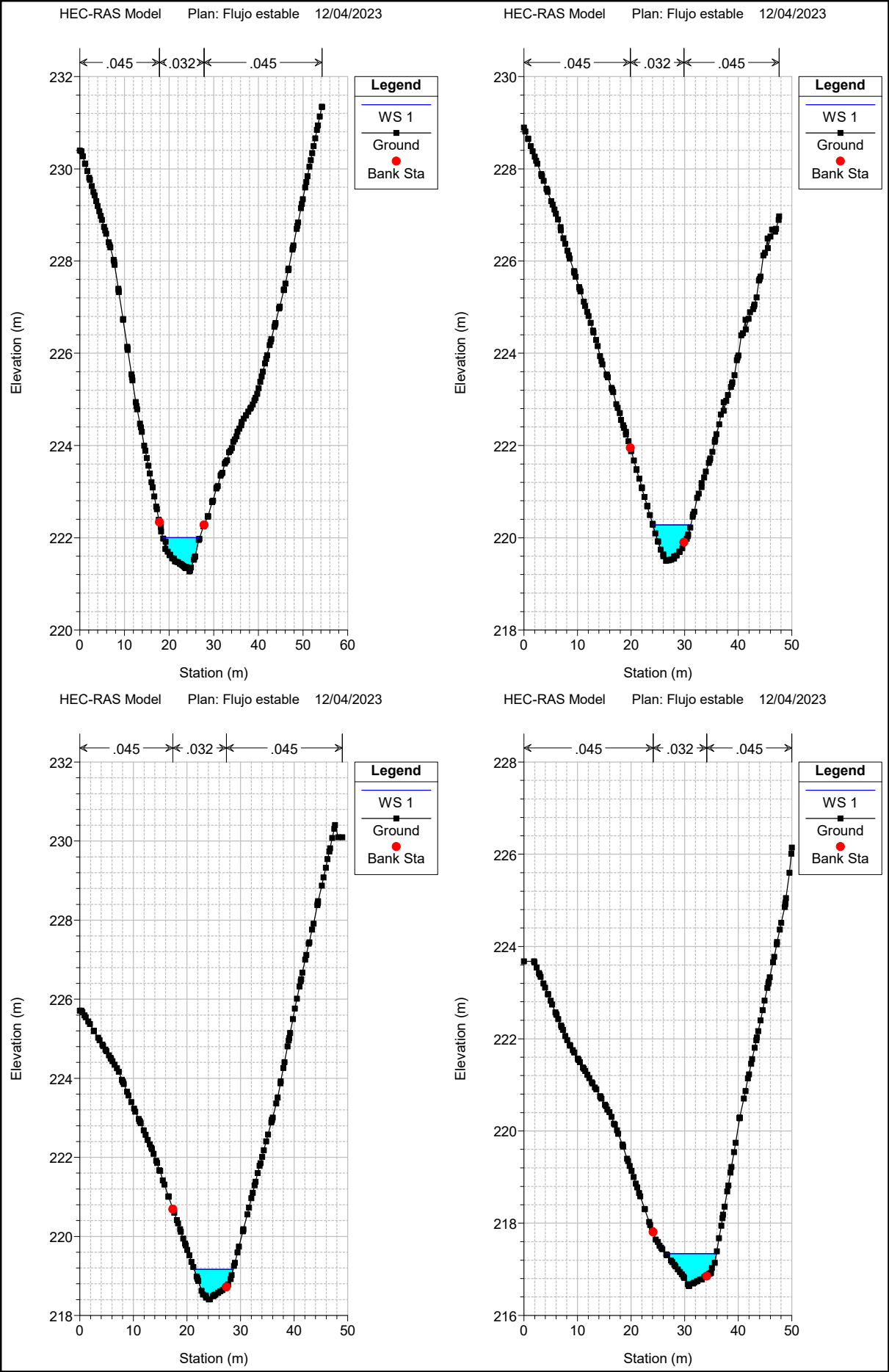


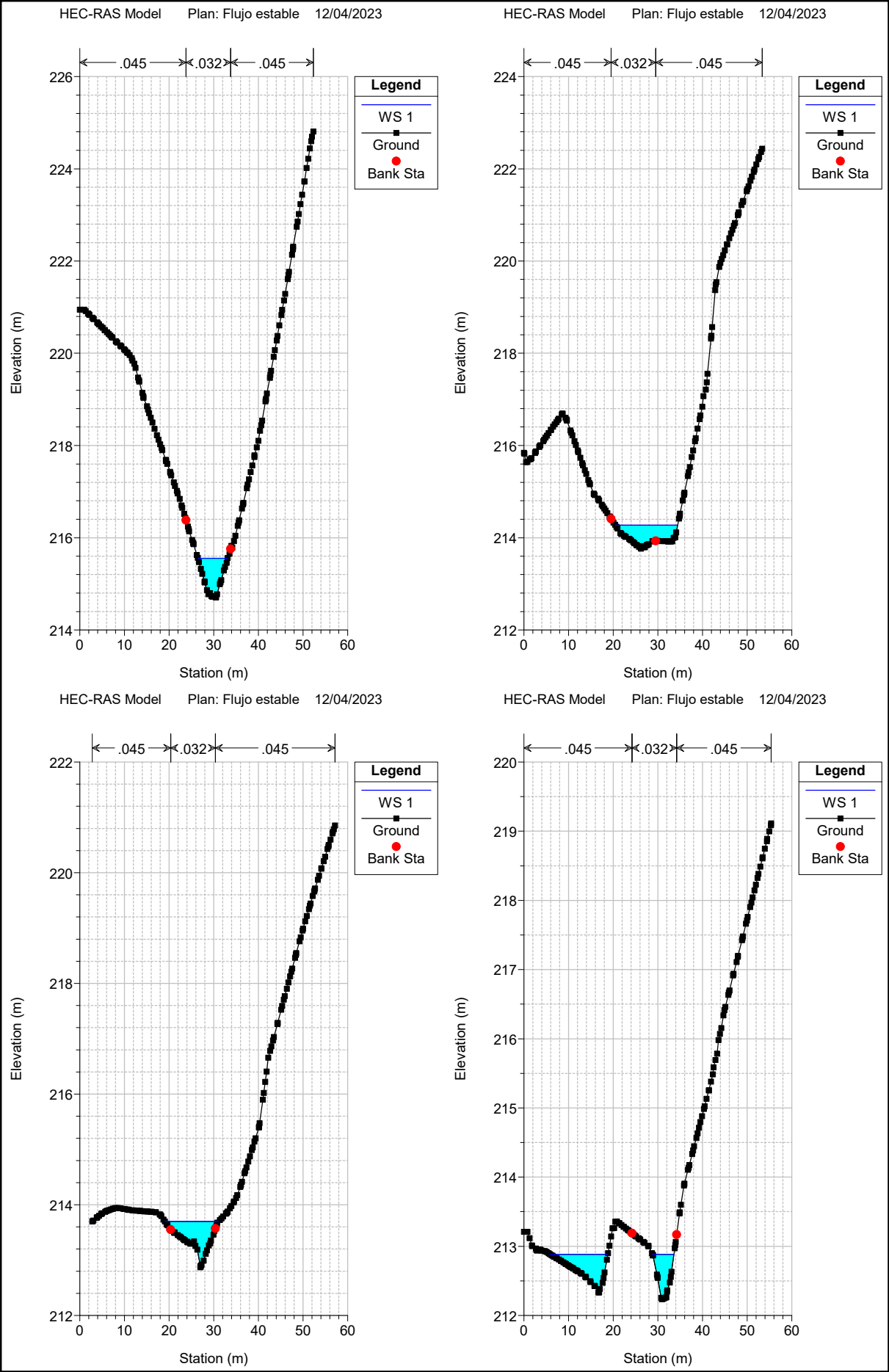


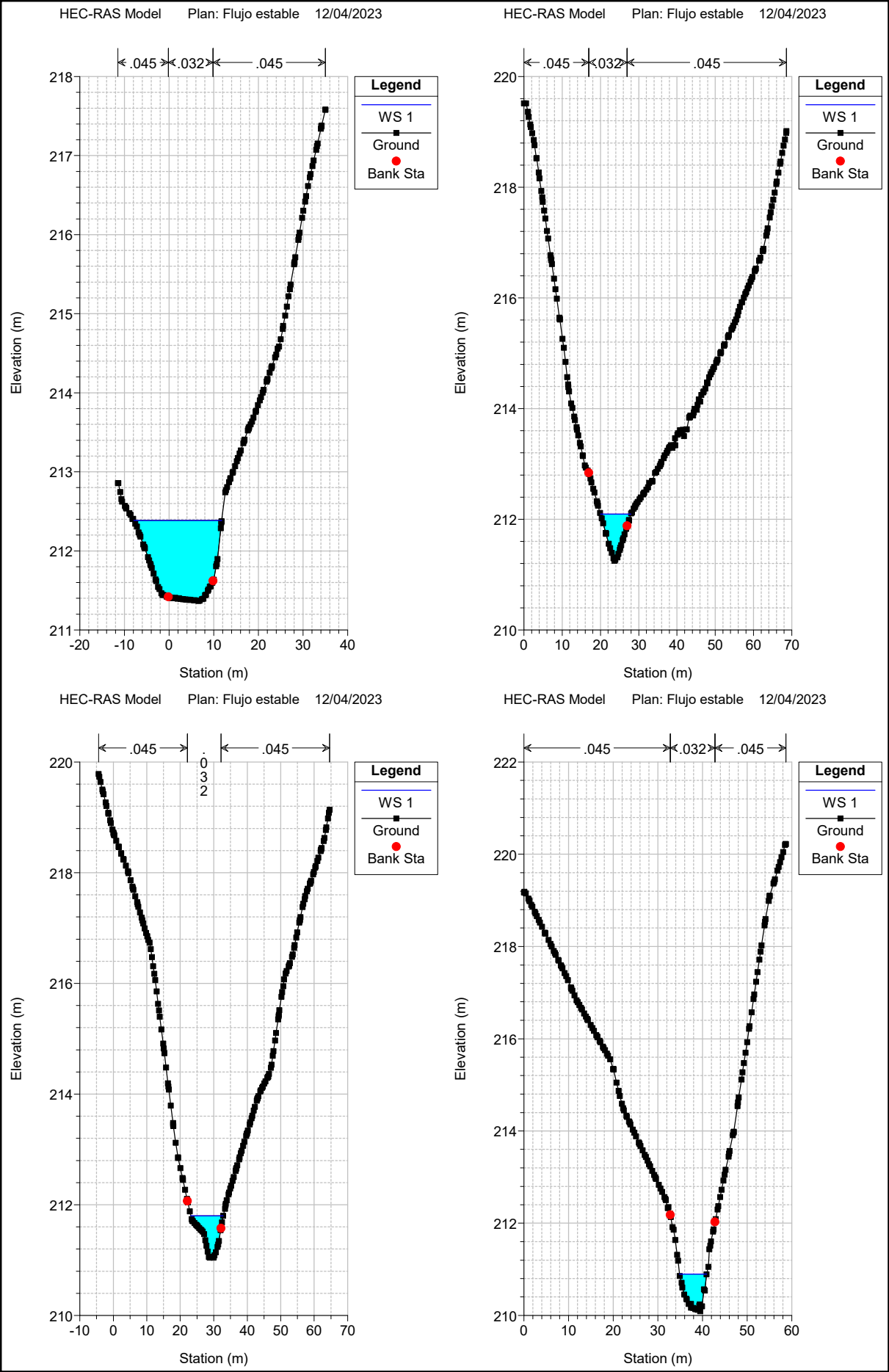


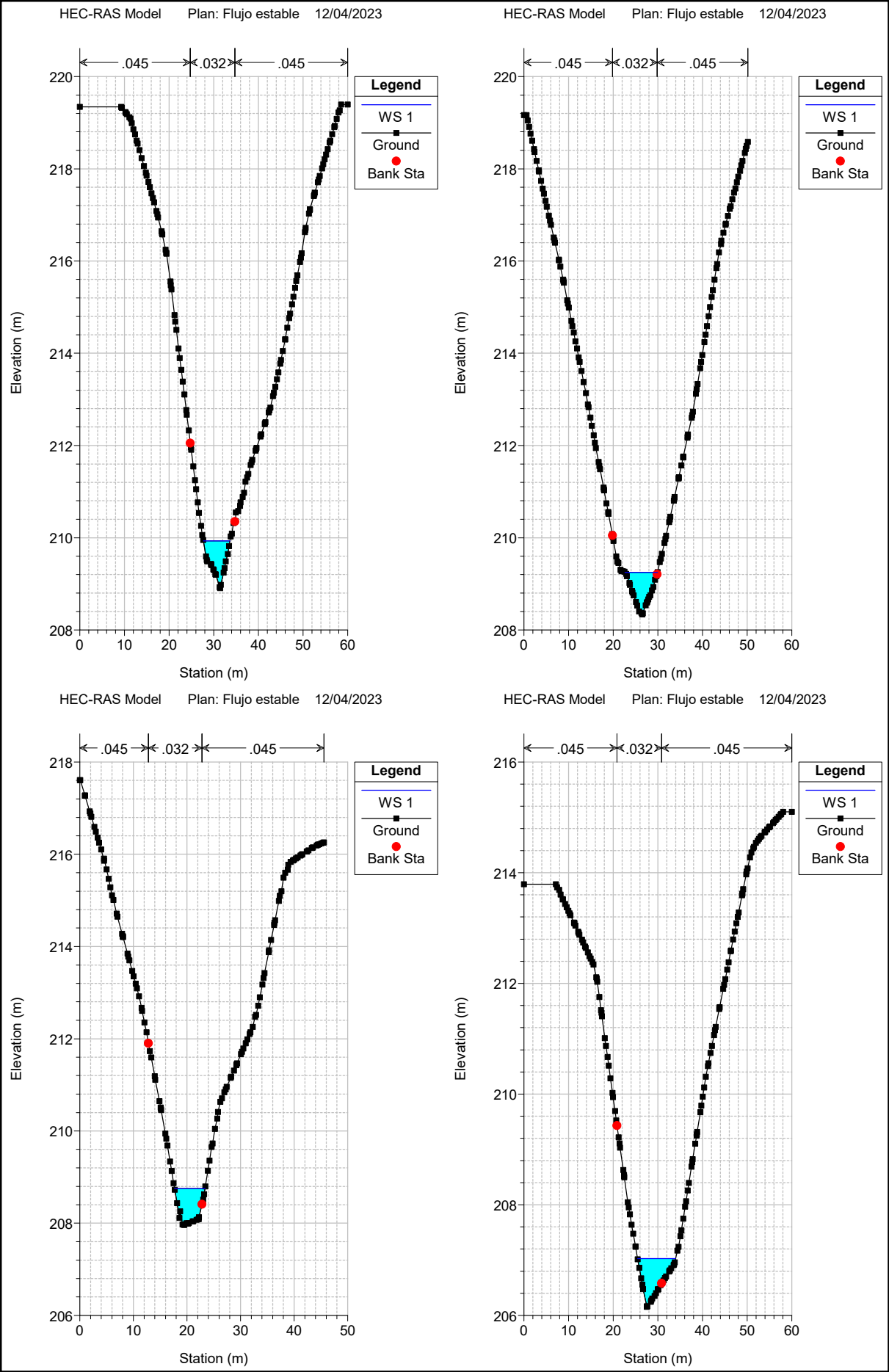


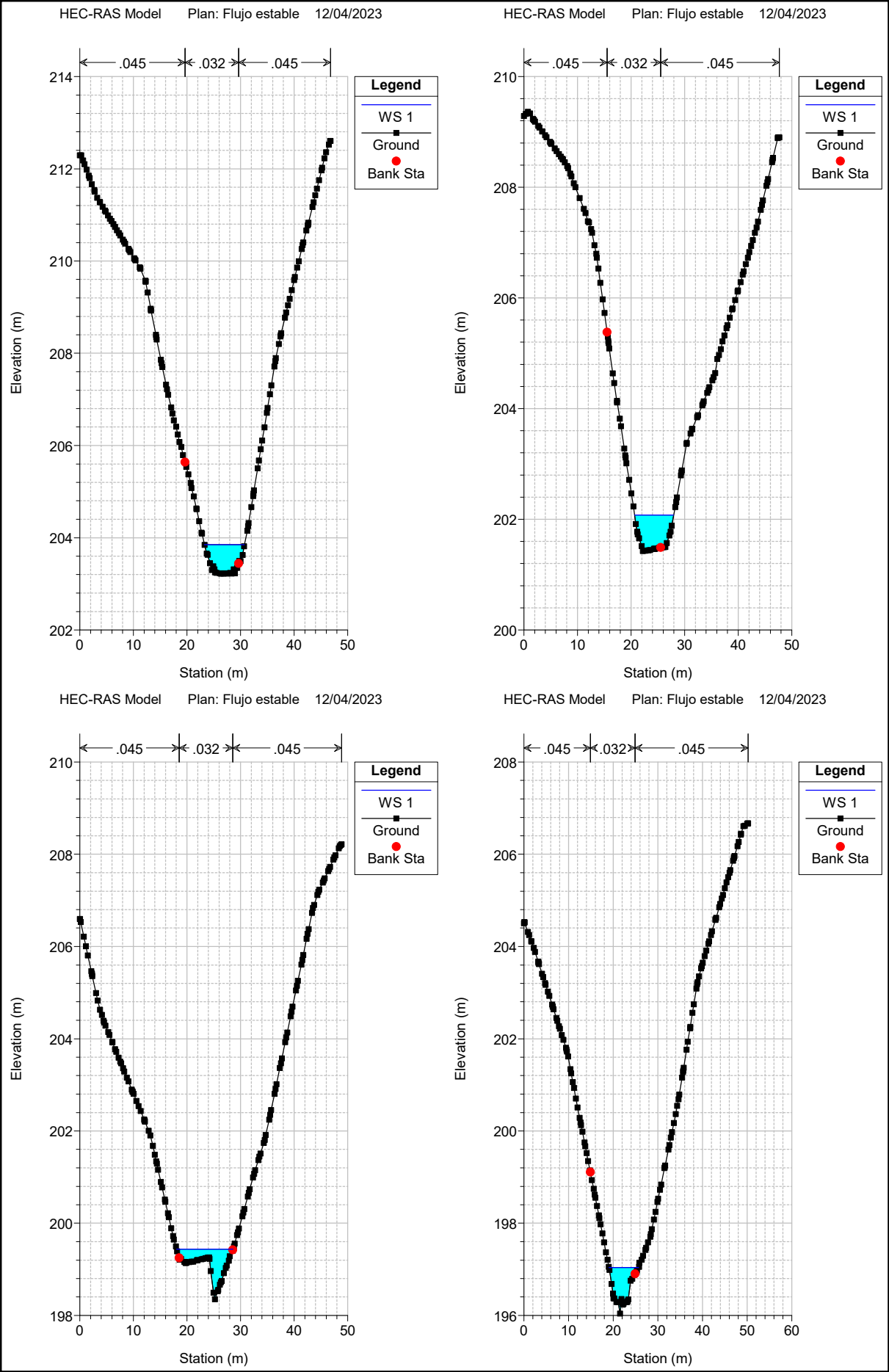
Secciones Transversales Quebrada 3

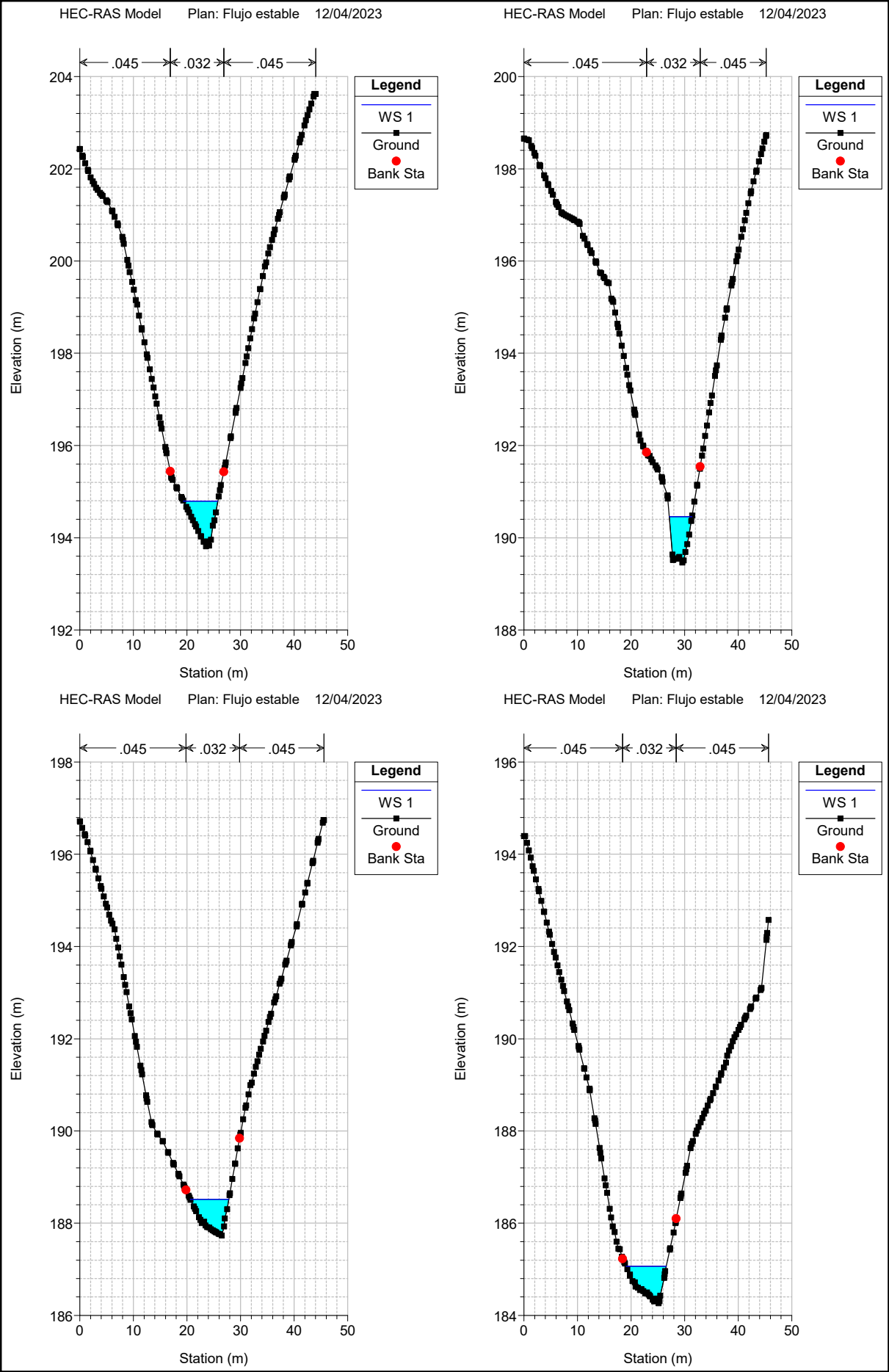


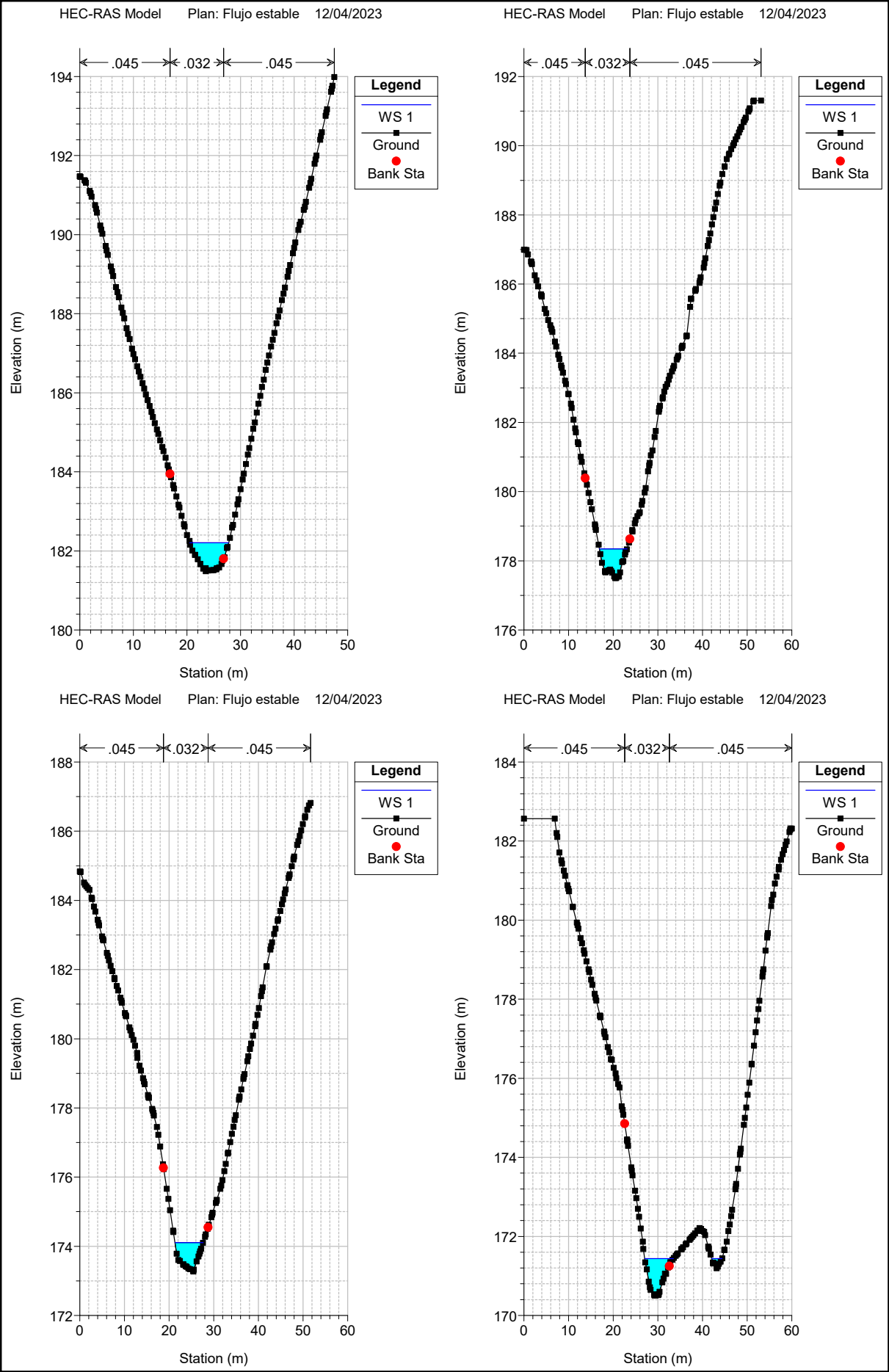


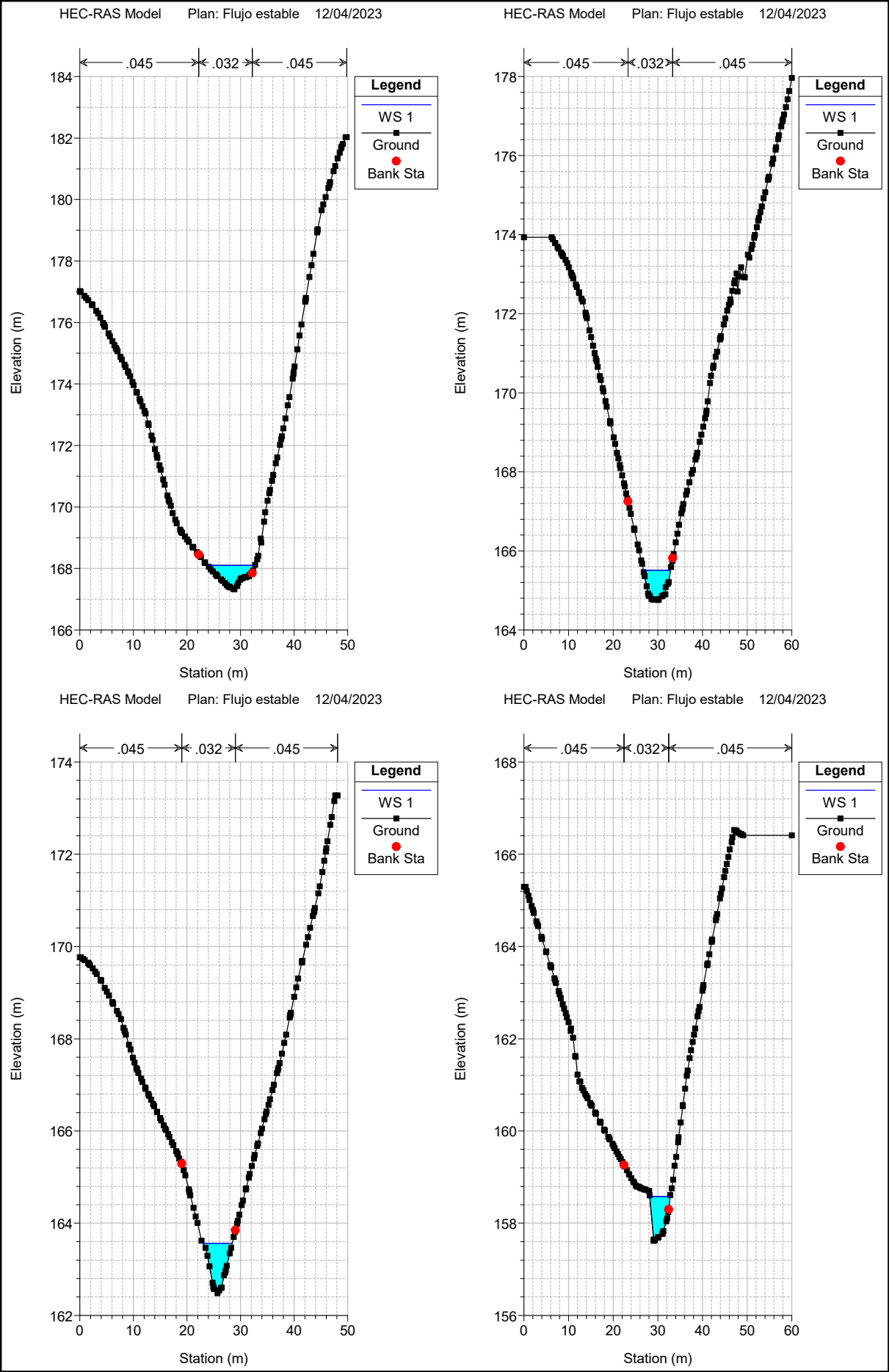


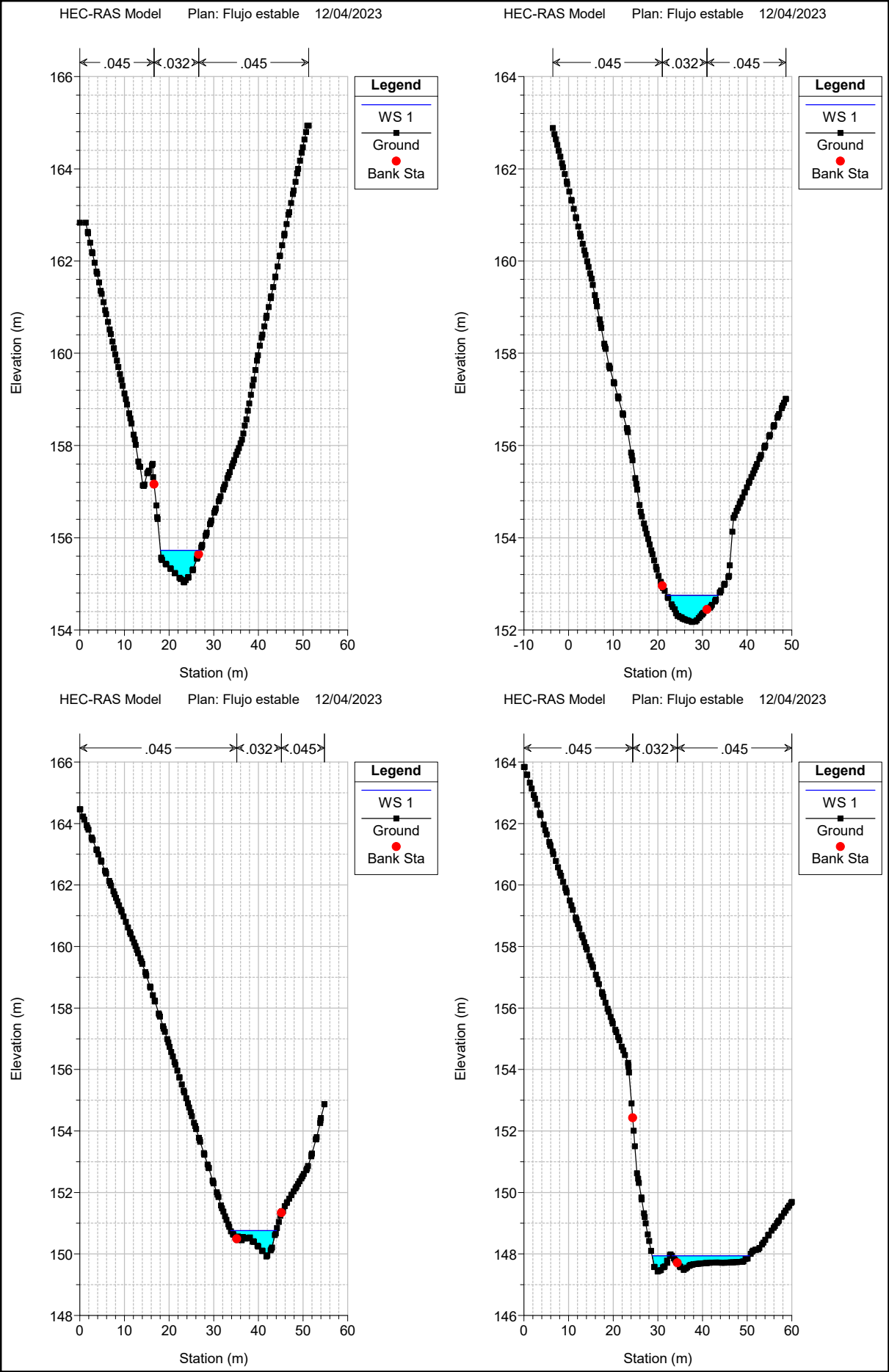


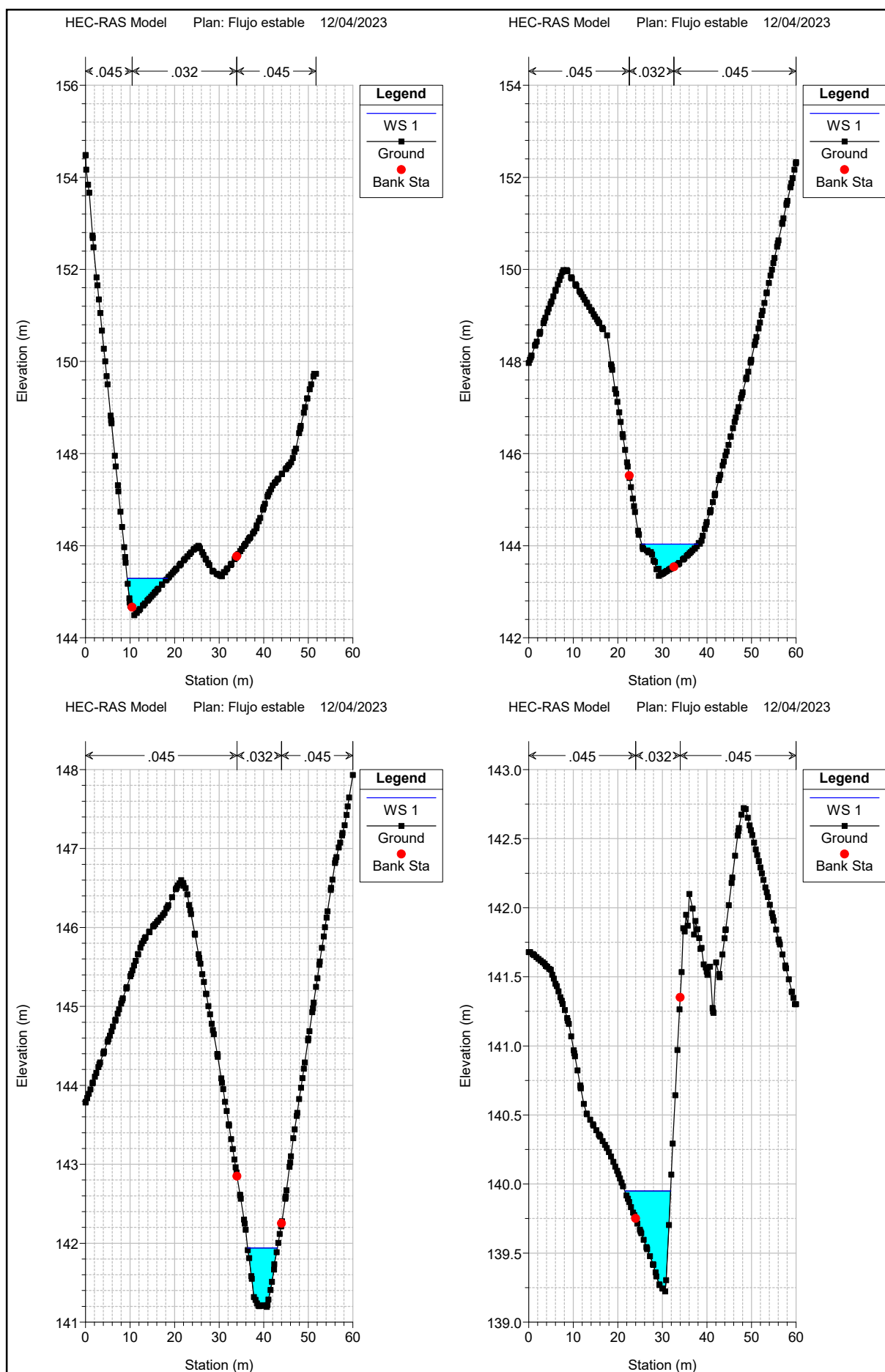


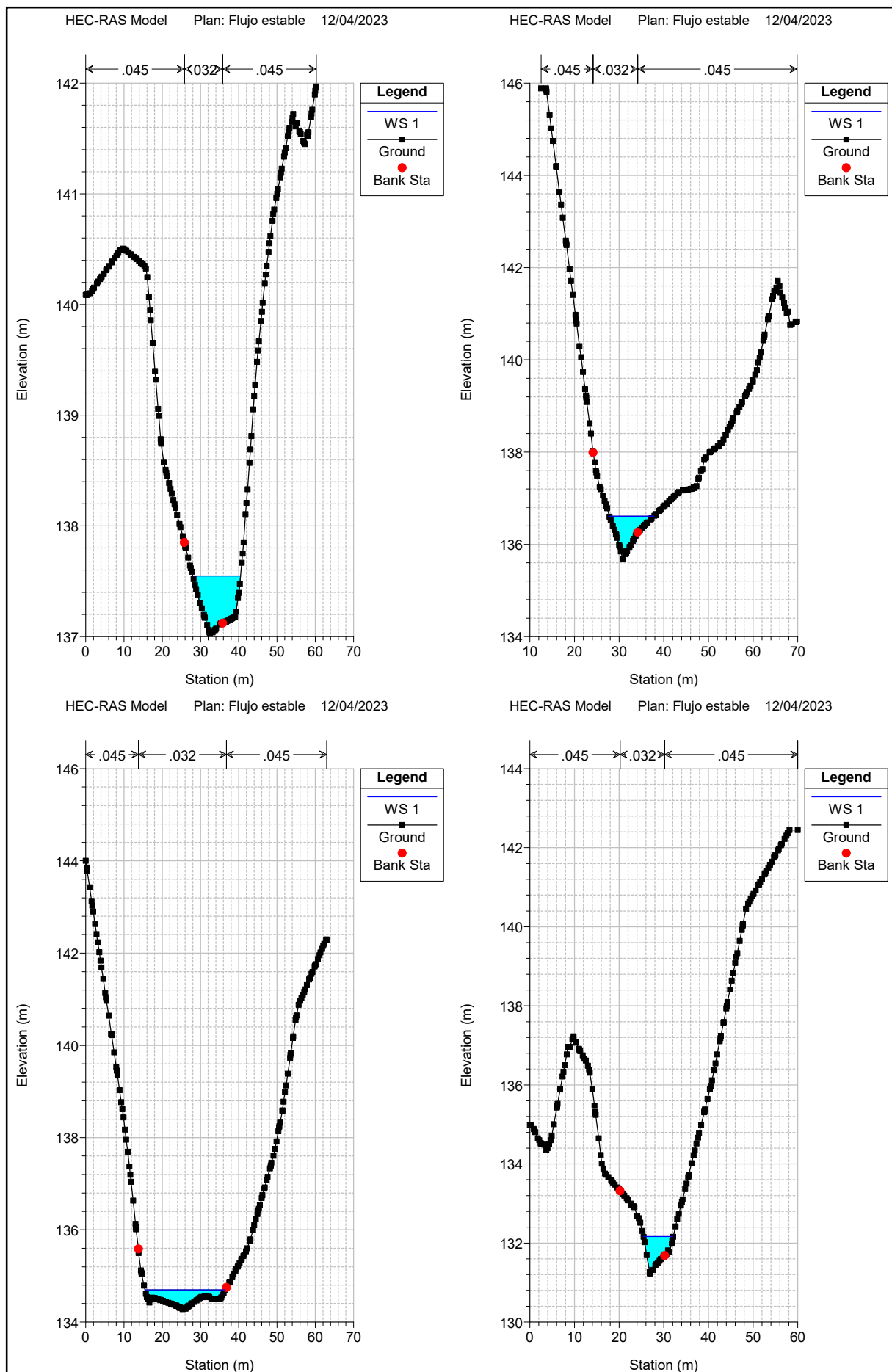


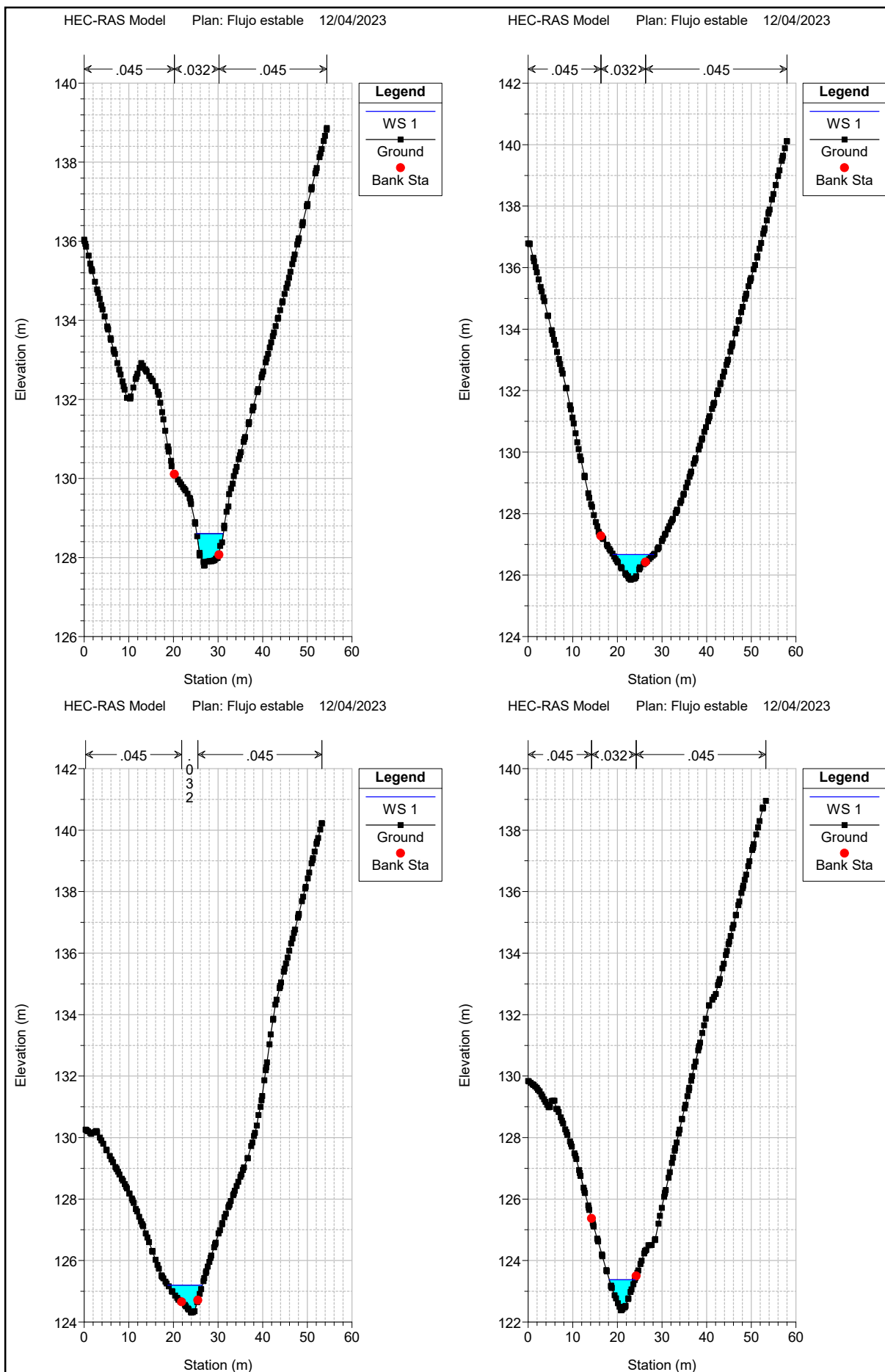


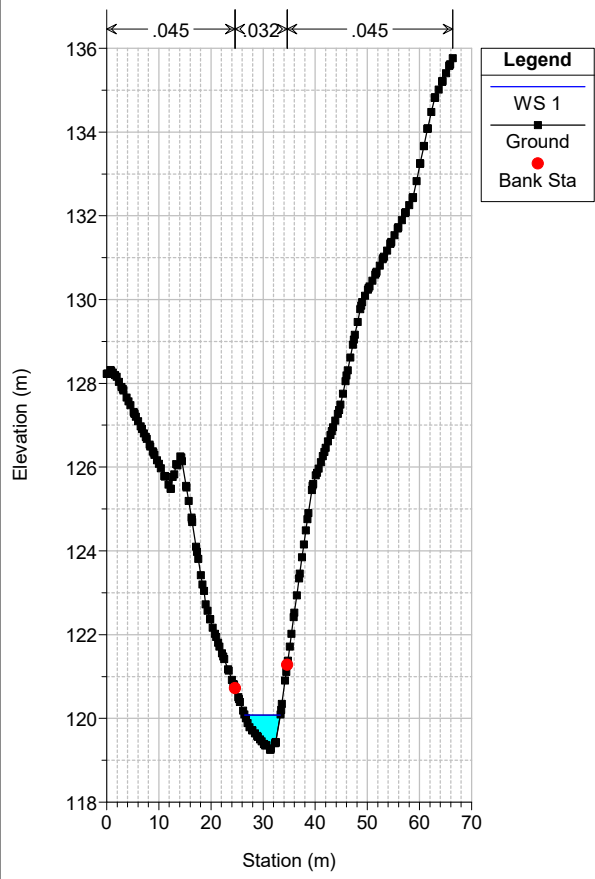




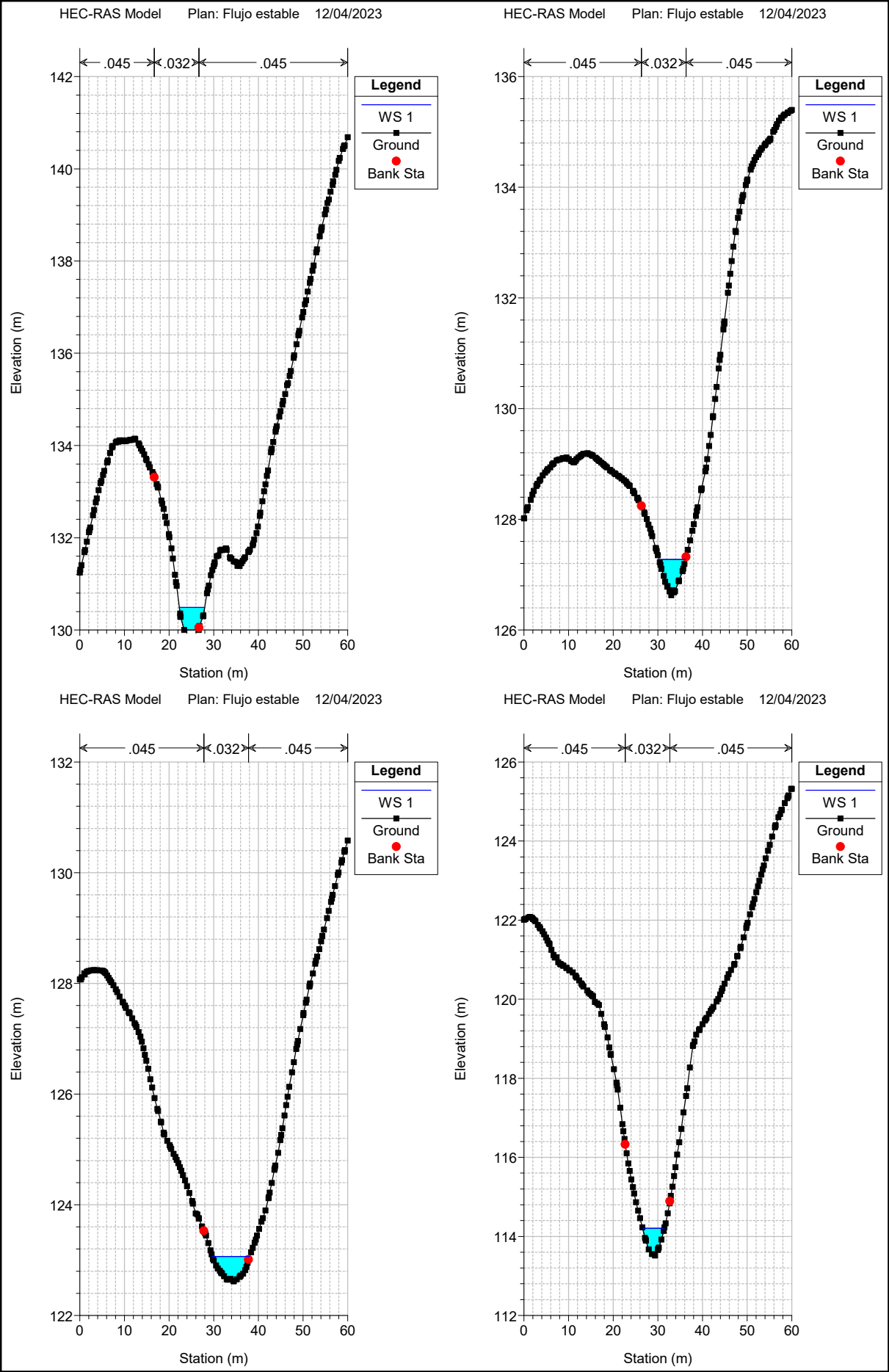


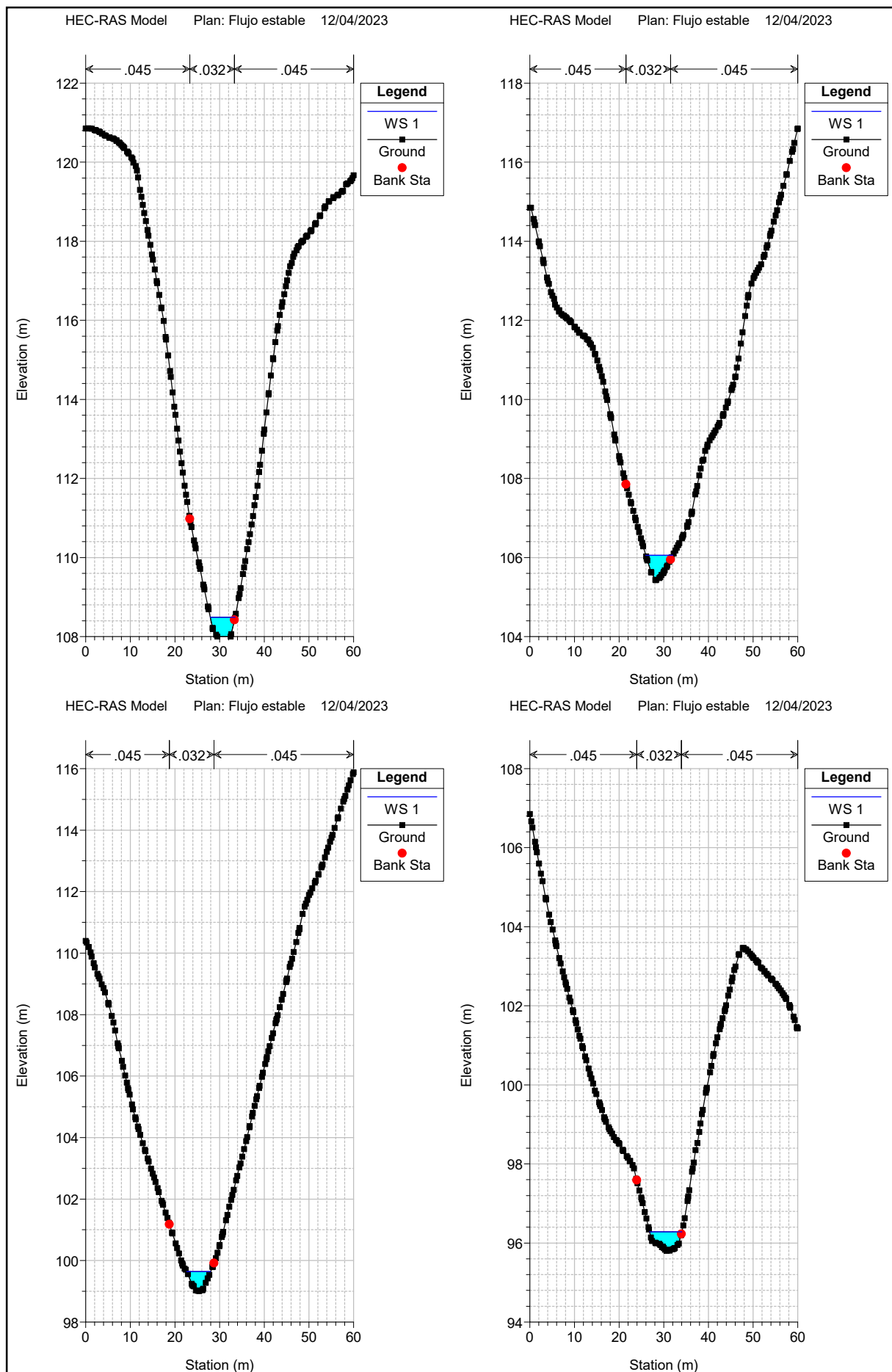


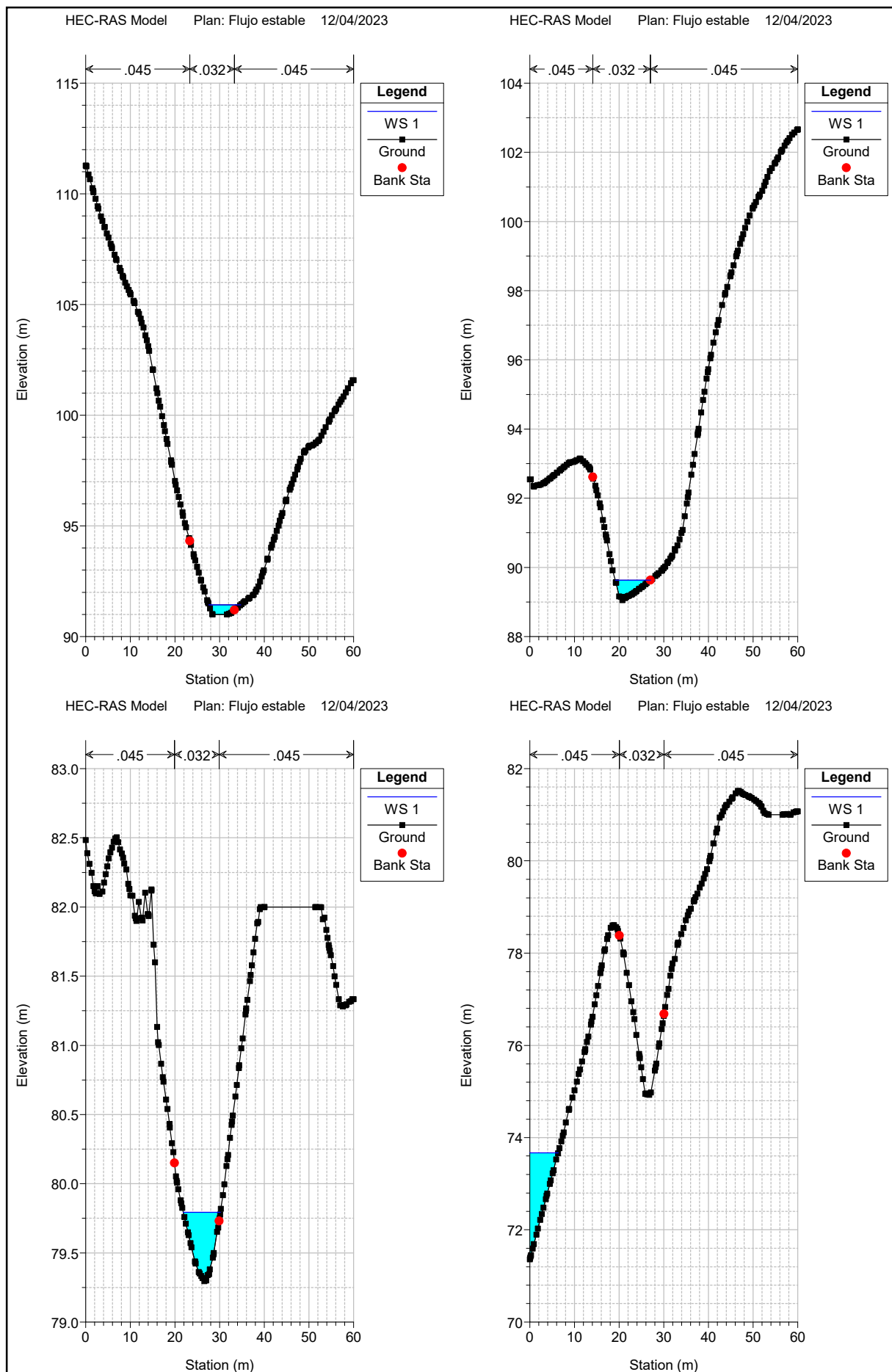




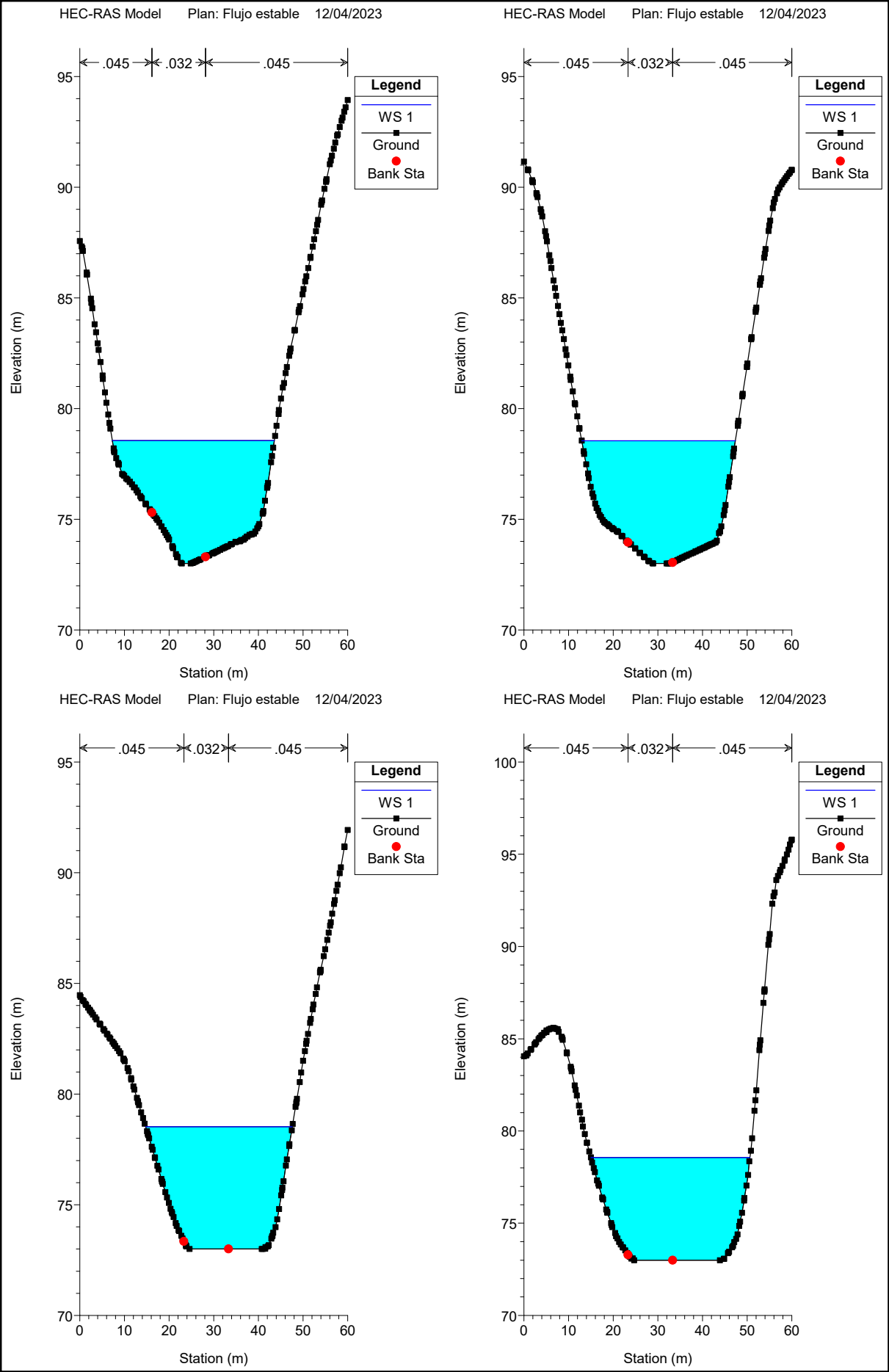
Secciones Transversales Quebrada 4

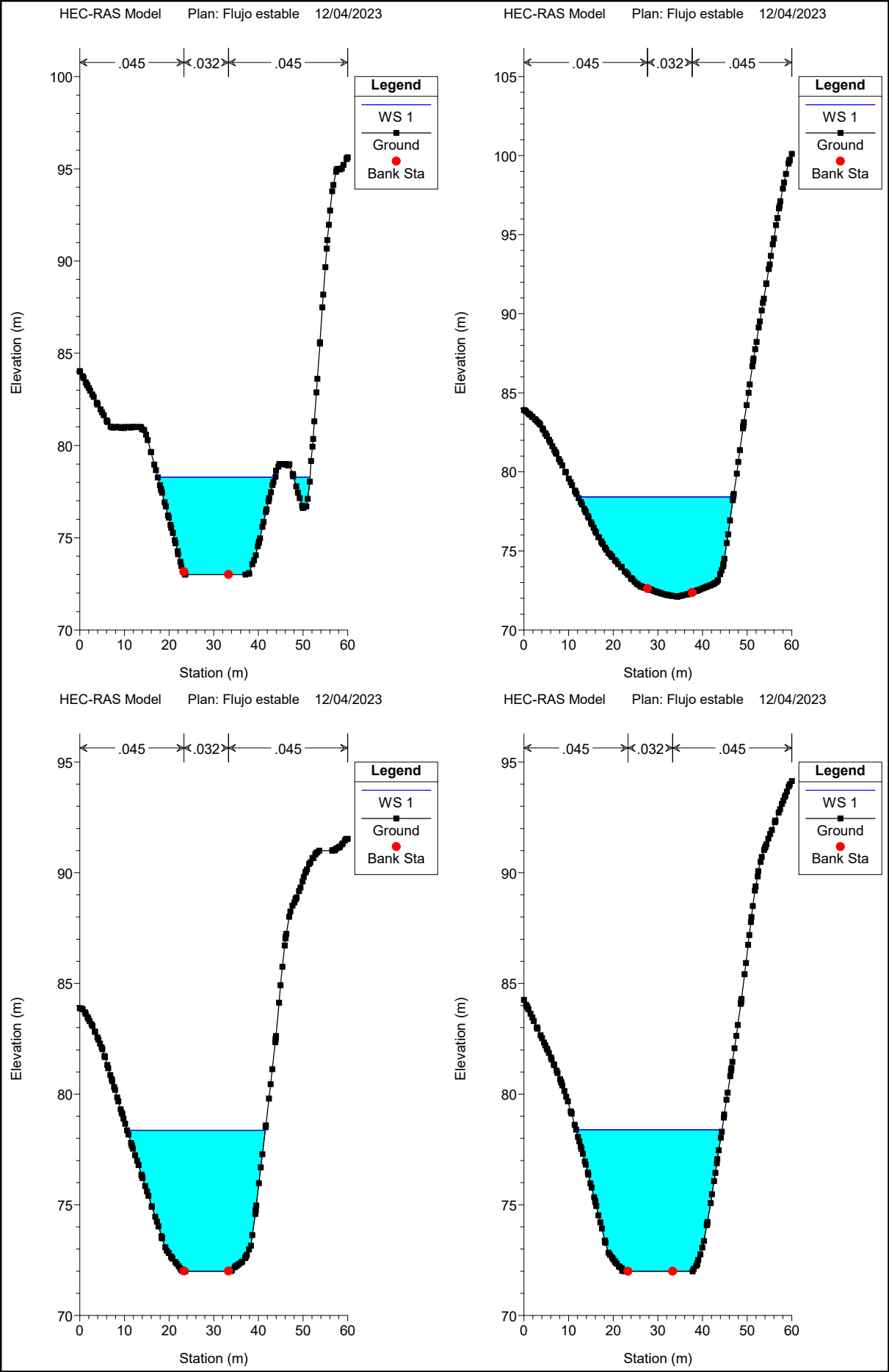


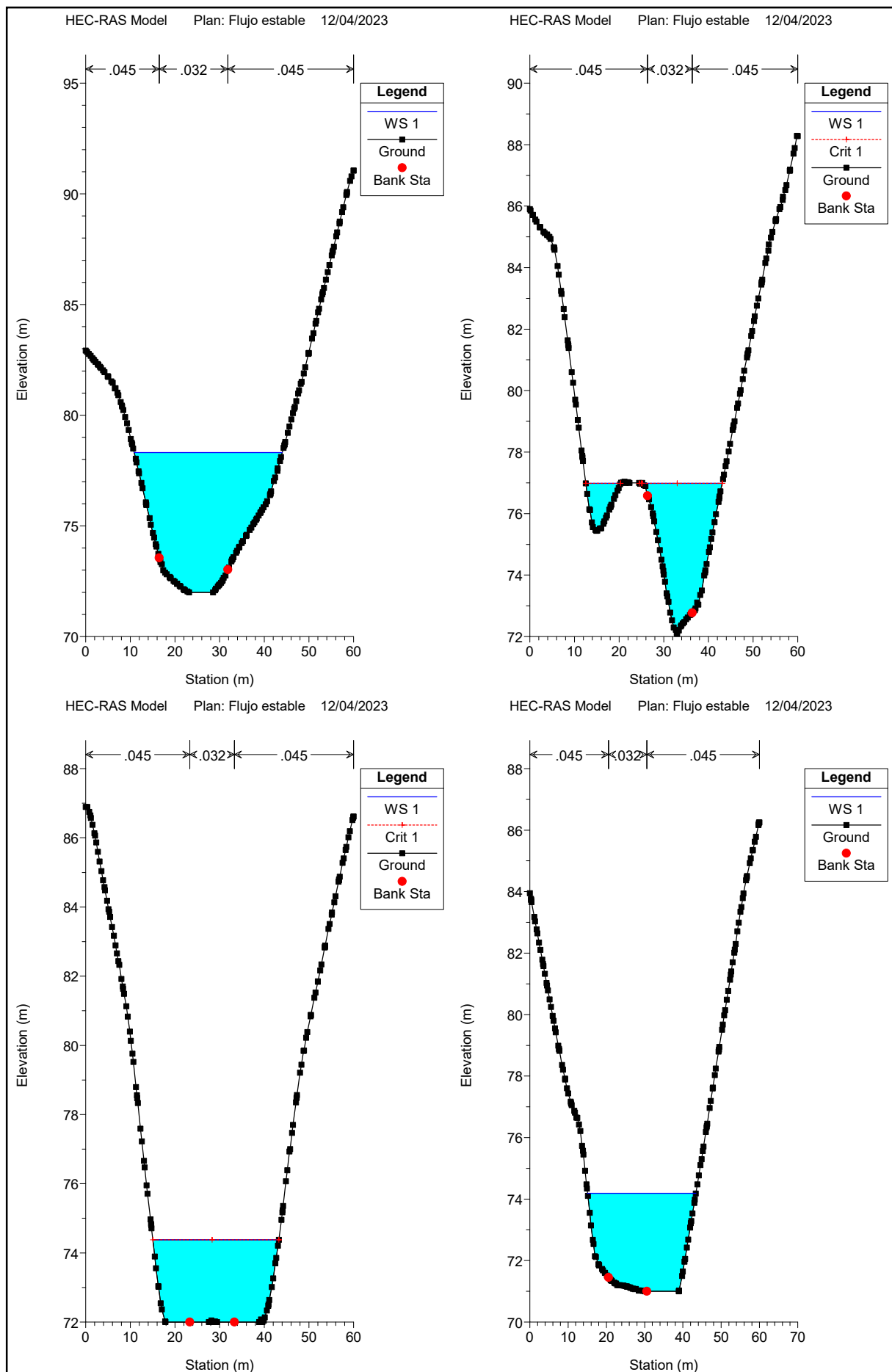


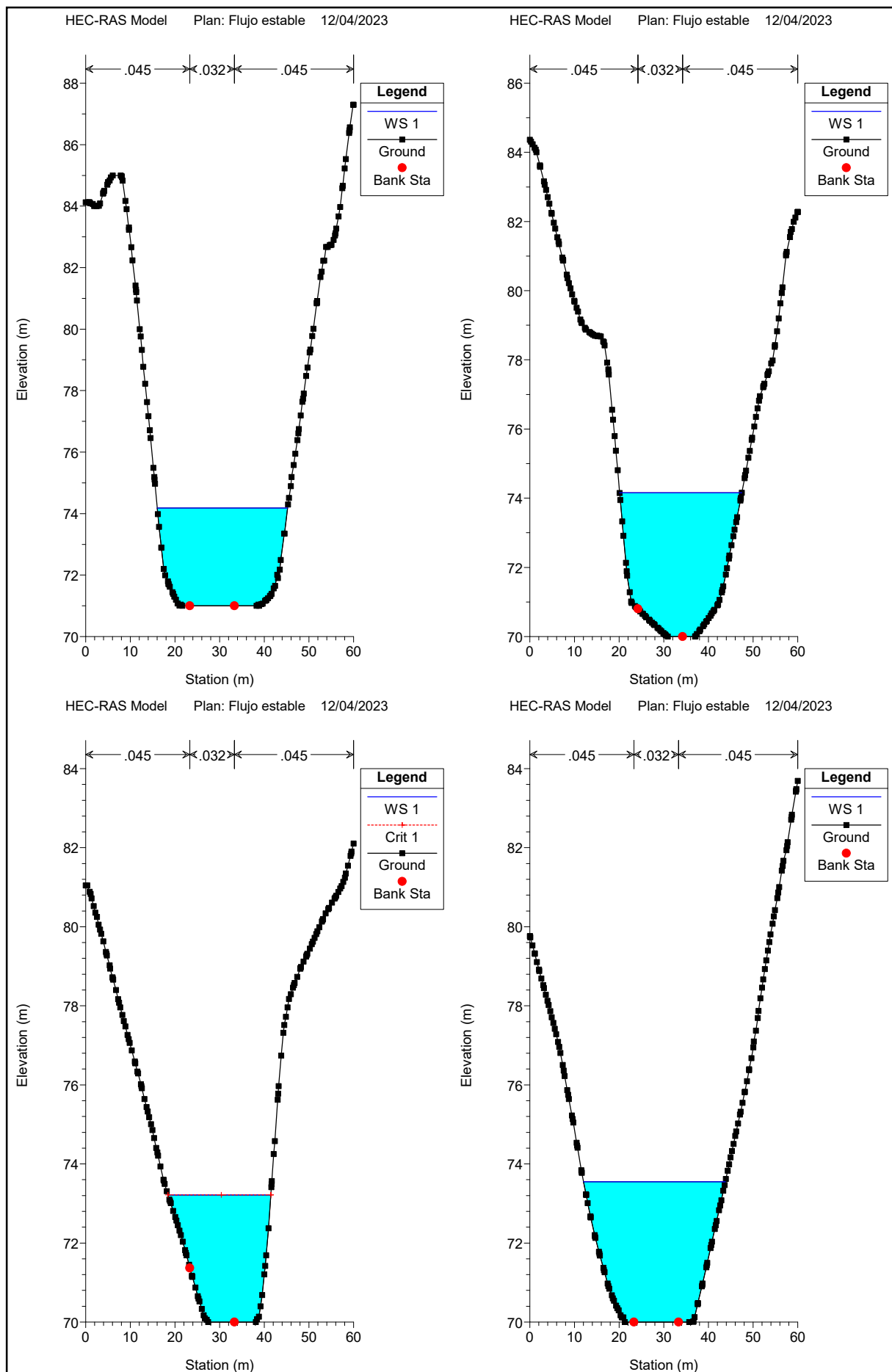


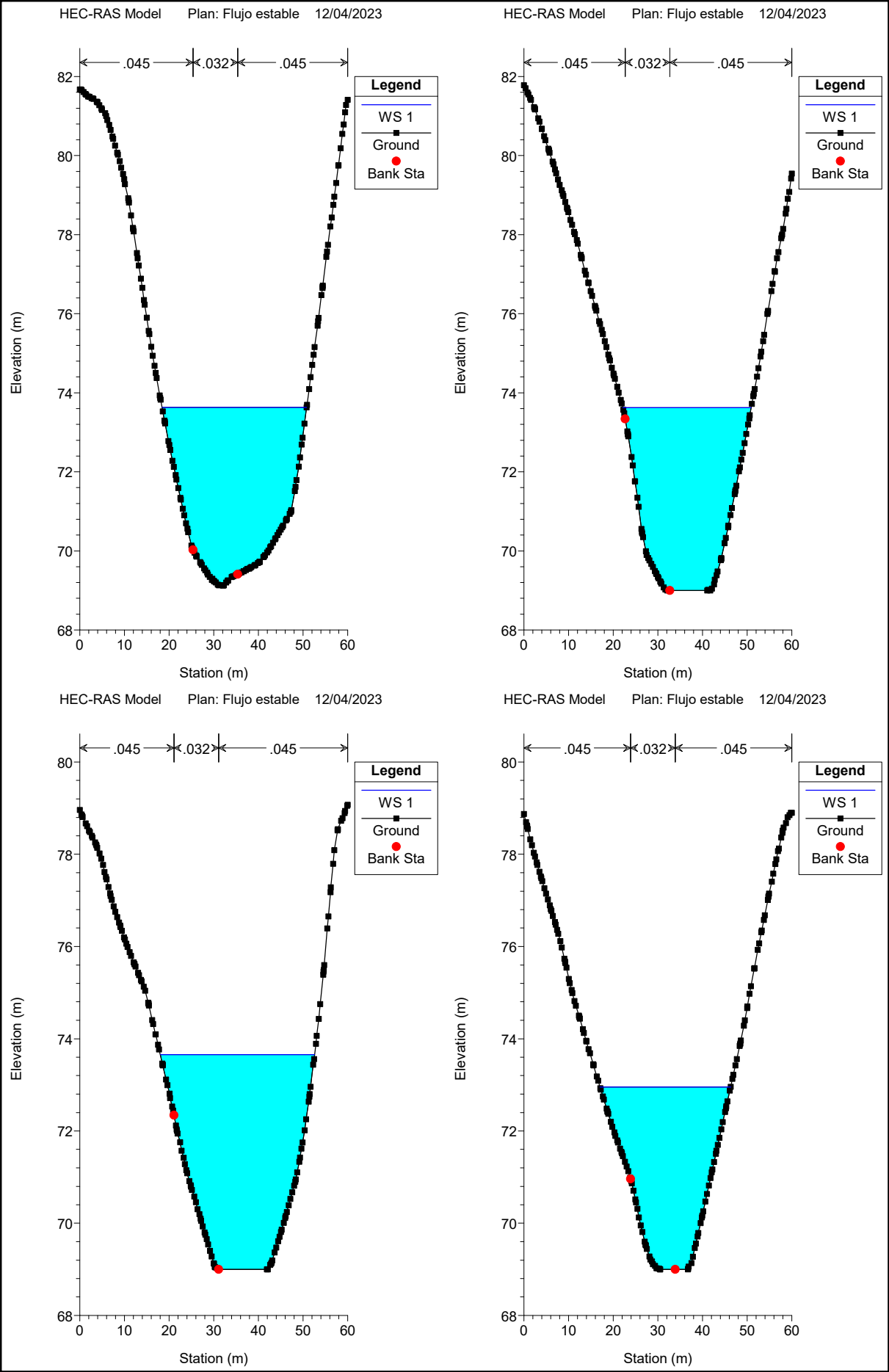
Secciones Transversales Río Juan Díaz

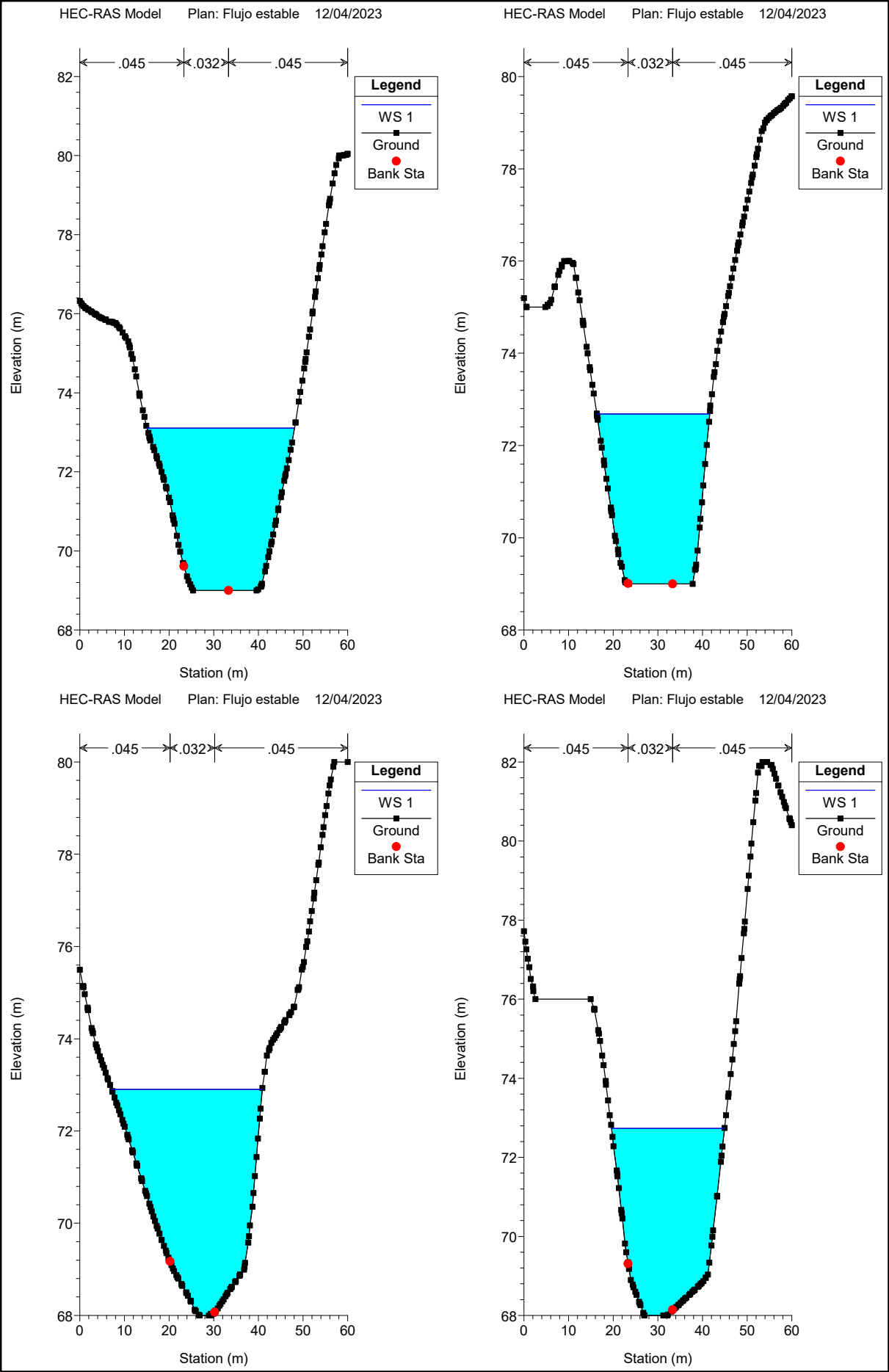


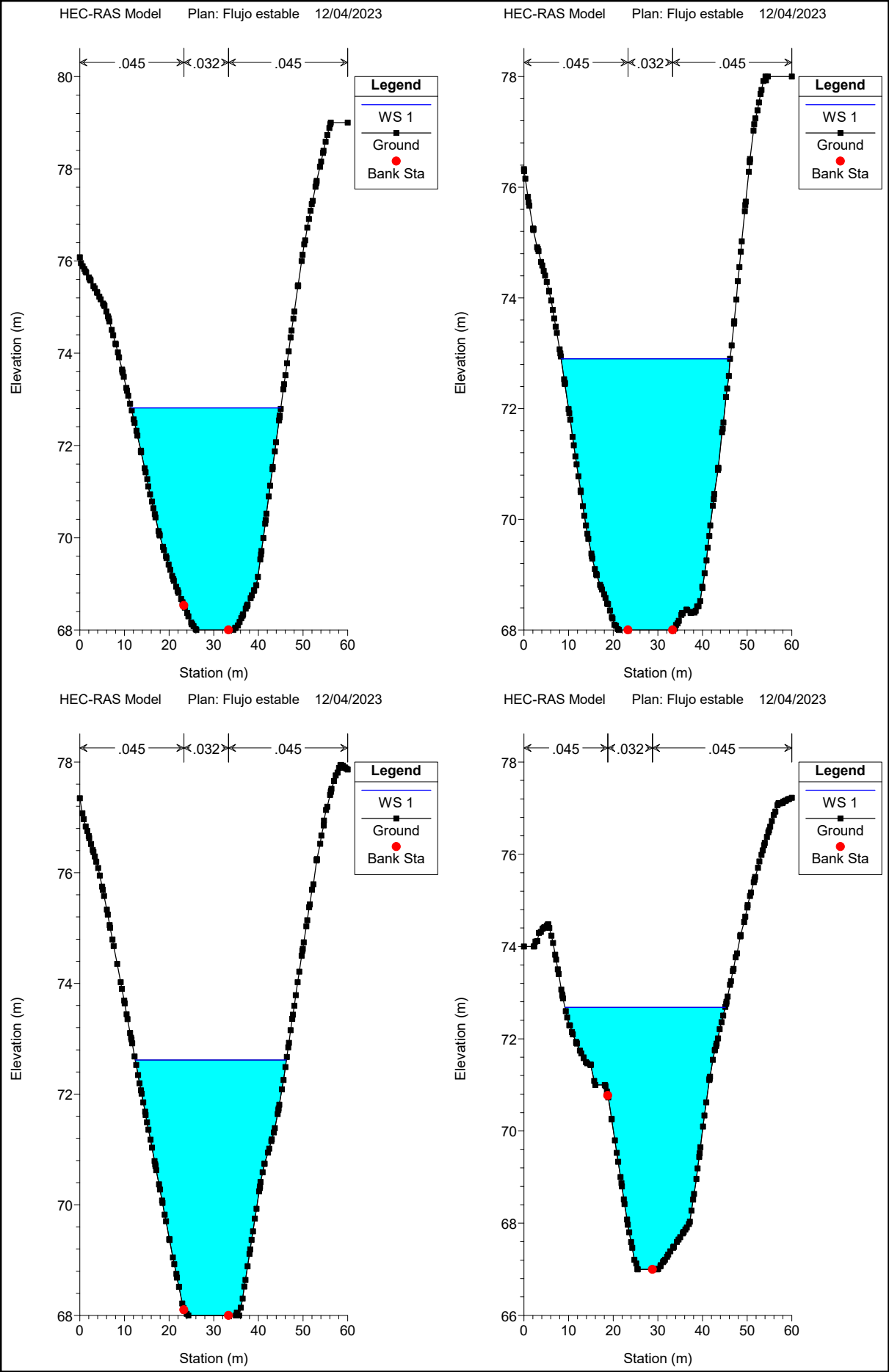


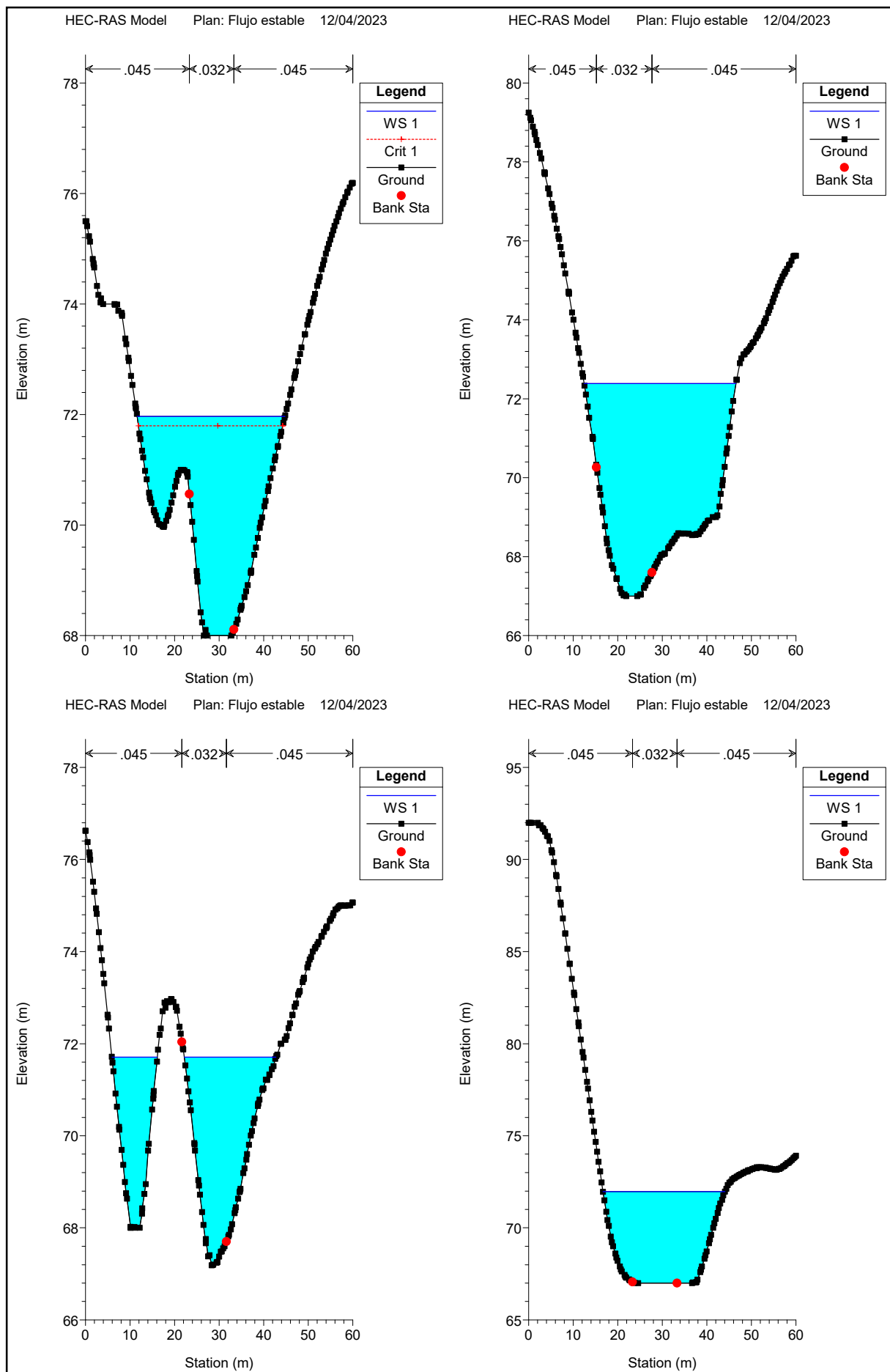






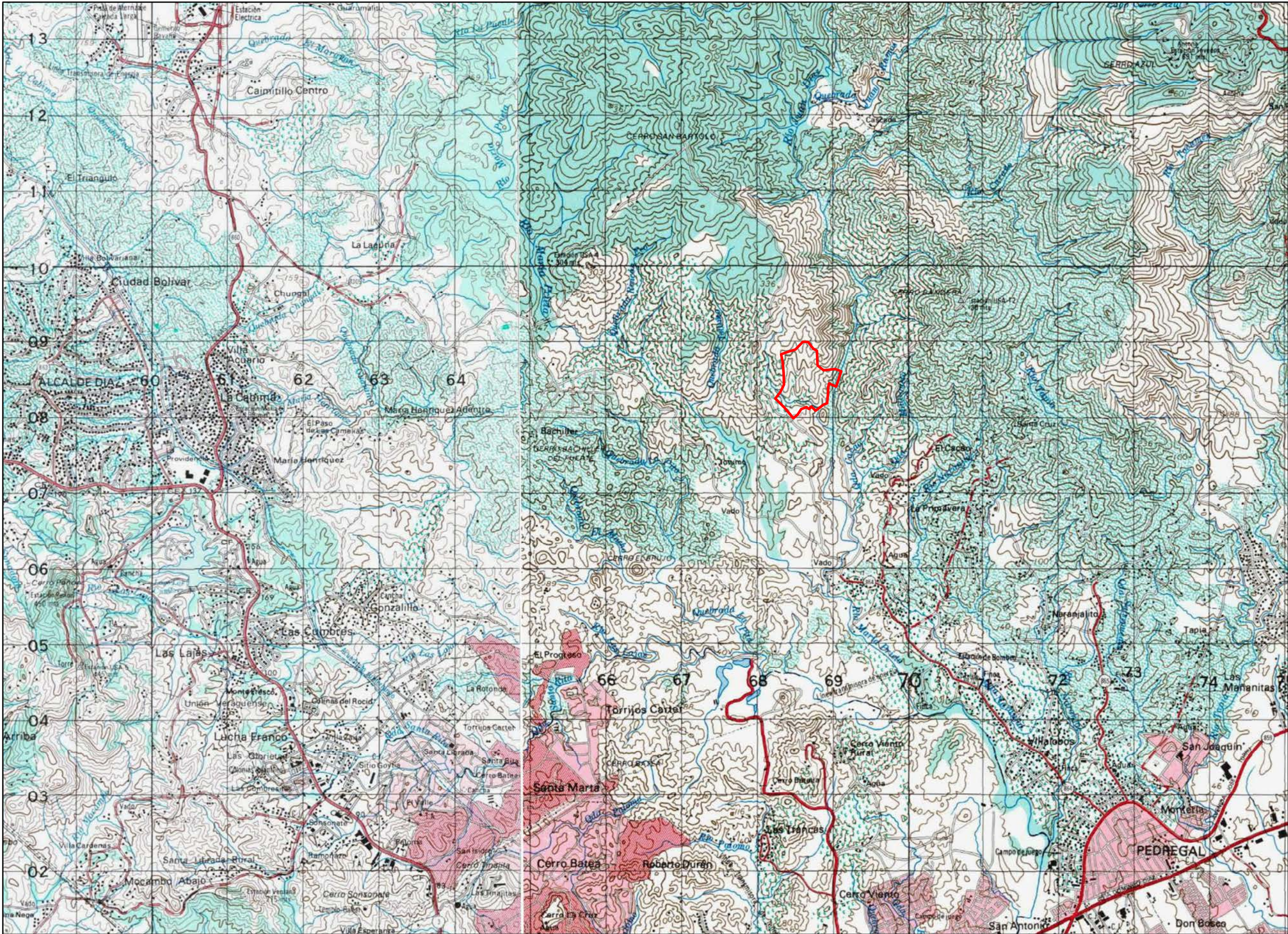






ANEXO No. 2

Mapas generados para representar la cuenca del río Juan Díaz y entre río Juan Díaz y río Pacora, la canalización del proyecto Terraventura, las microcuencas dentro del área del proyecto y la planicie de inundación.



**CONSULTORÍA,
ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A.**

Tumba Muerto PH Avión Torre1, Apto 1006
Piso 10, San Miguelito, Panamá
Teléfono: Tel. 387-4498
Correo: cedsaproyectos@gmail.com
<https://cedsa-panama.com/>

PROYECTO:

PARQUE ECOLÓGICO
TERRAVENTURA

PROMOTOR:
CAMSA
CONSULTORES AMBIENTALES
Y MULTISERVICIOS S.A

MAPA:
UBICACION REGIONAL

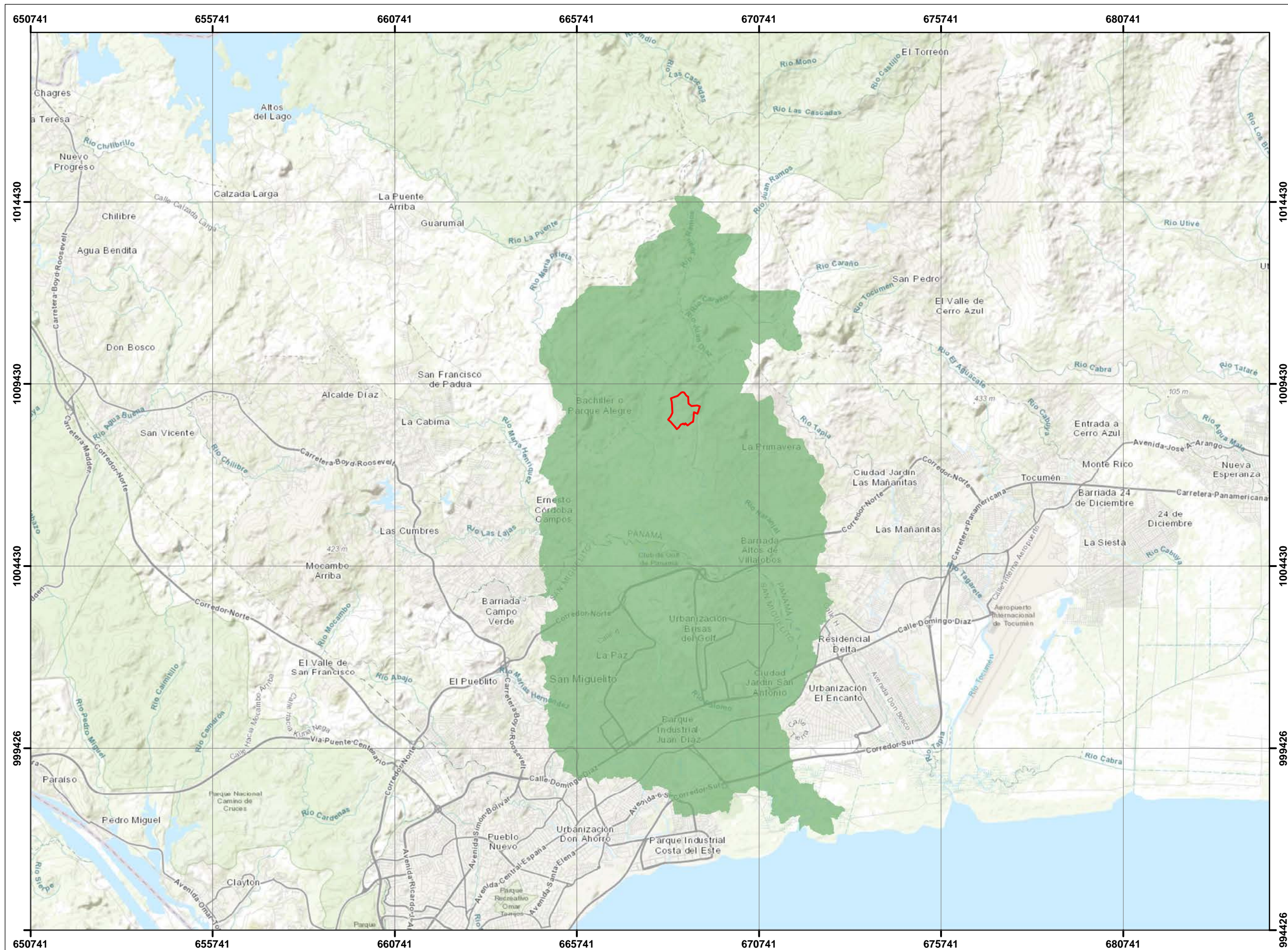
Proyección Universal de Mercator, Zona 17
Dato horizontal. Datum WGS 1984
Elipsoide Clarke 1866

ESCALA:

1:50,000

LEYENDA:

 PROYECTO TERRA VENTURA



**CONSULTORÍA,
ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A.**

**Tumba Muerto PH Aviñón Torre1,Apto 1006
Piso 10, San Miguelito, Panamá
Teléfono: Tel. 387-4498
Correo: cedsaproyectos@gmail.com
<https://cedsa-panama.com/>**

PROYECTO:

**PARQUE ECOLÓGICO
TERRAVENTURA**

PROMOTOR:
CAMSA
CONSULTORES AMBIENTALES
Y MULTISERVICIOS S.A

MAPA:
CUENCA
RÍO JUAN DIAZ

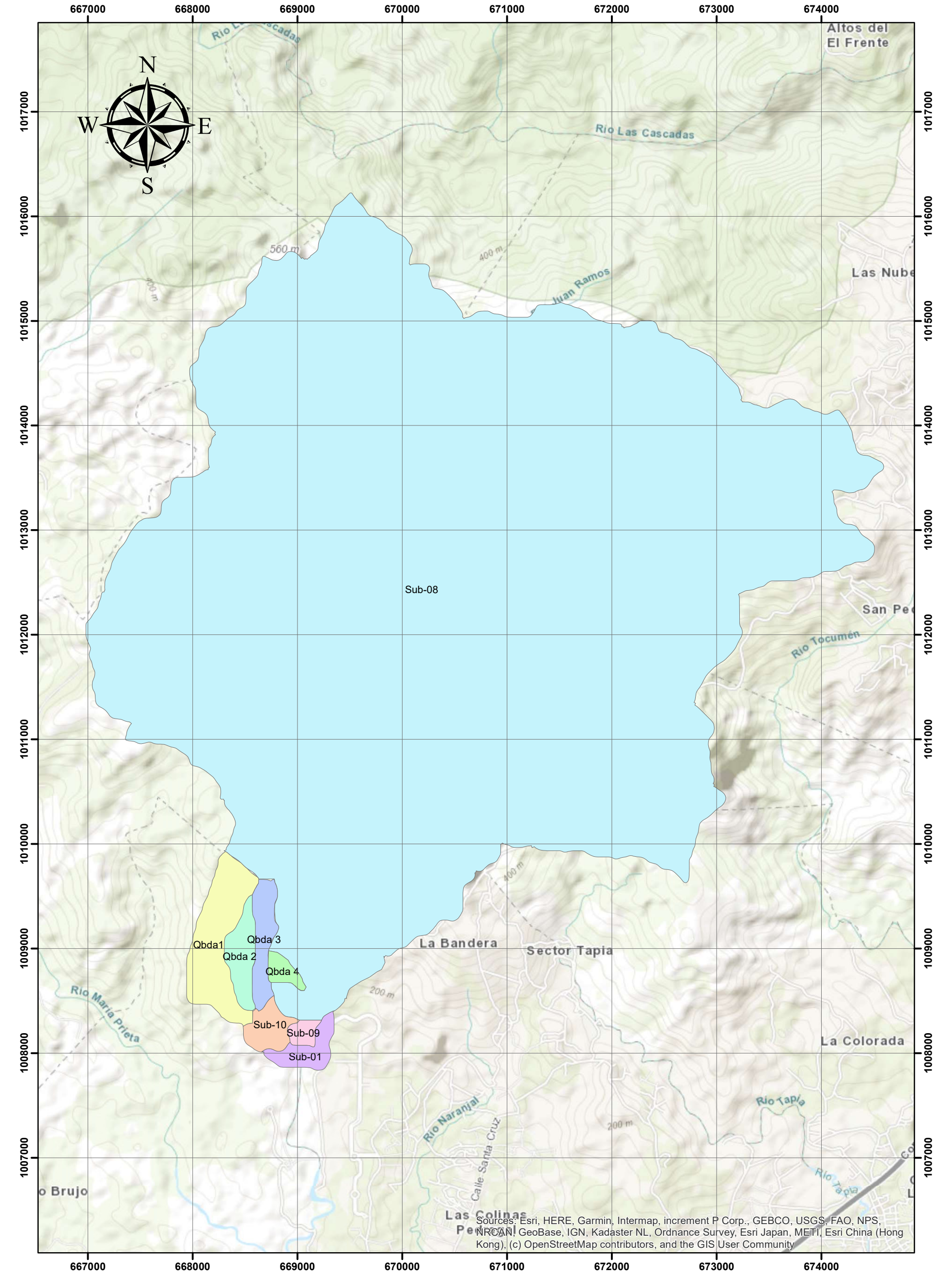
Proyección Universal de Mercator, Zona 17
Dato horizontal. Datum WGS 1984
Elipsoide Clarke 1866


ESCALA:

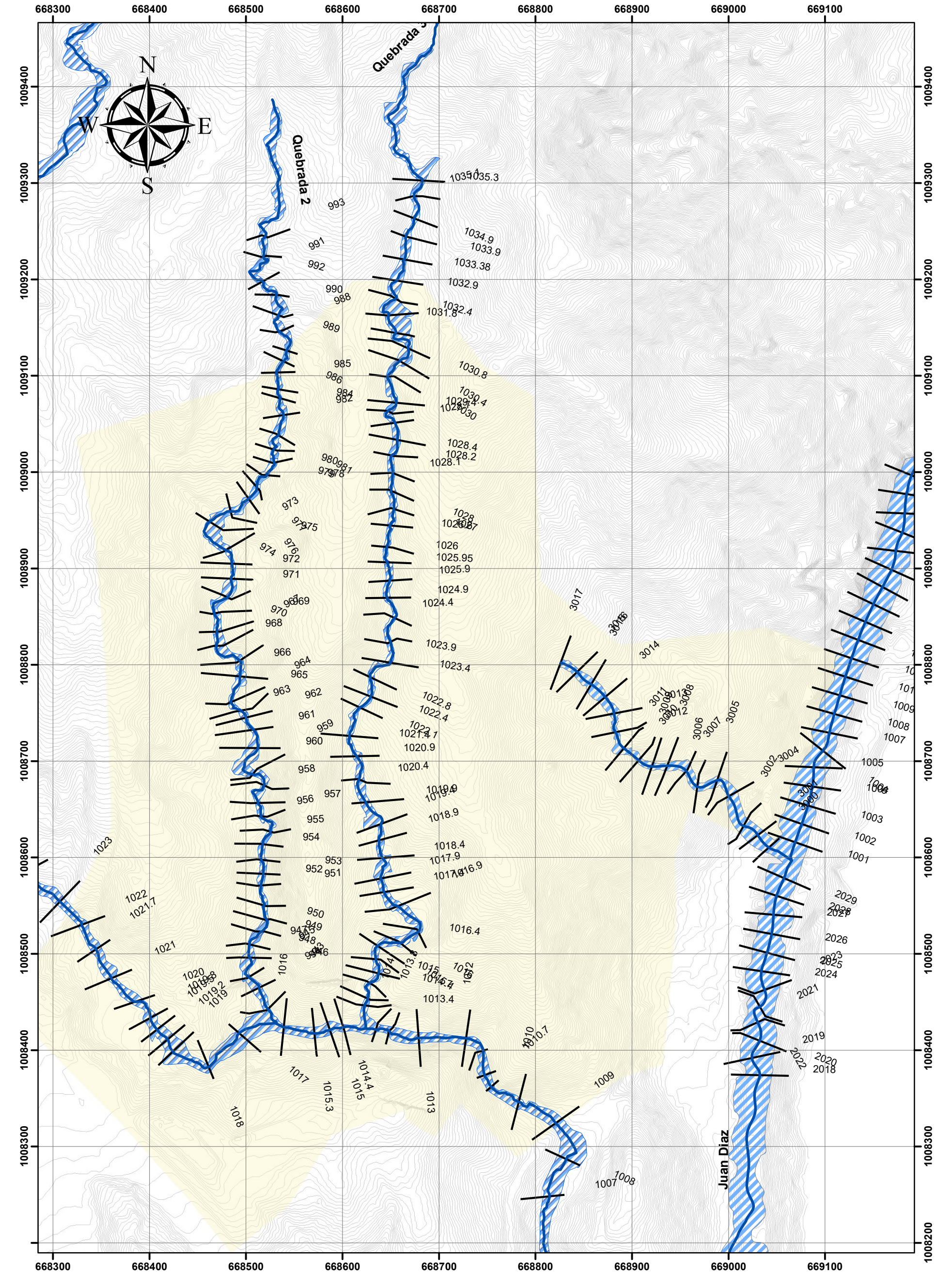
1:100,000


LEYENDA:

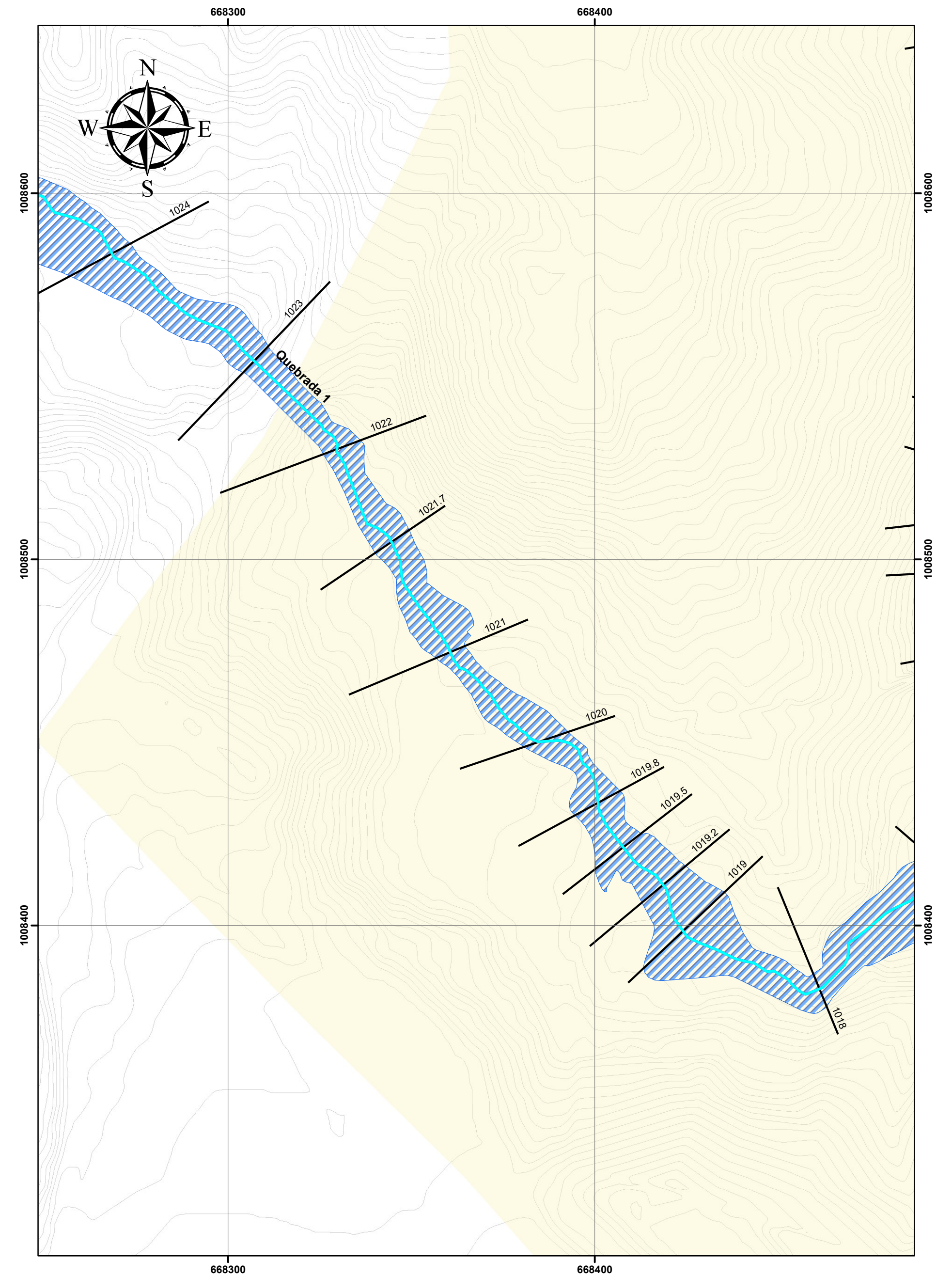
PROYECTO TERRA VENTURA
CUENCA RIO JUAN DIAZ




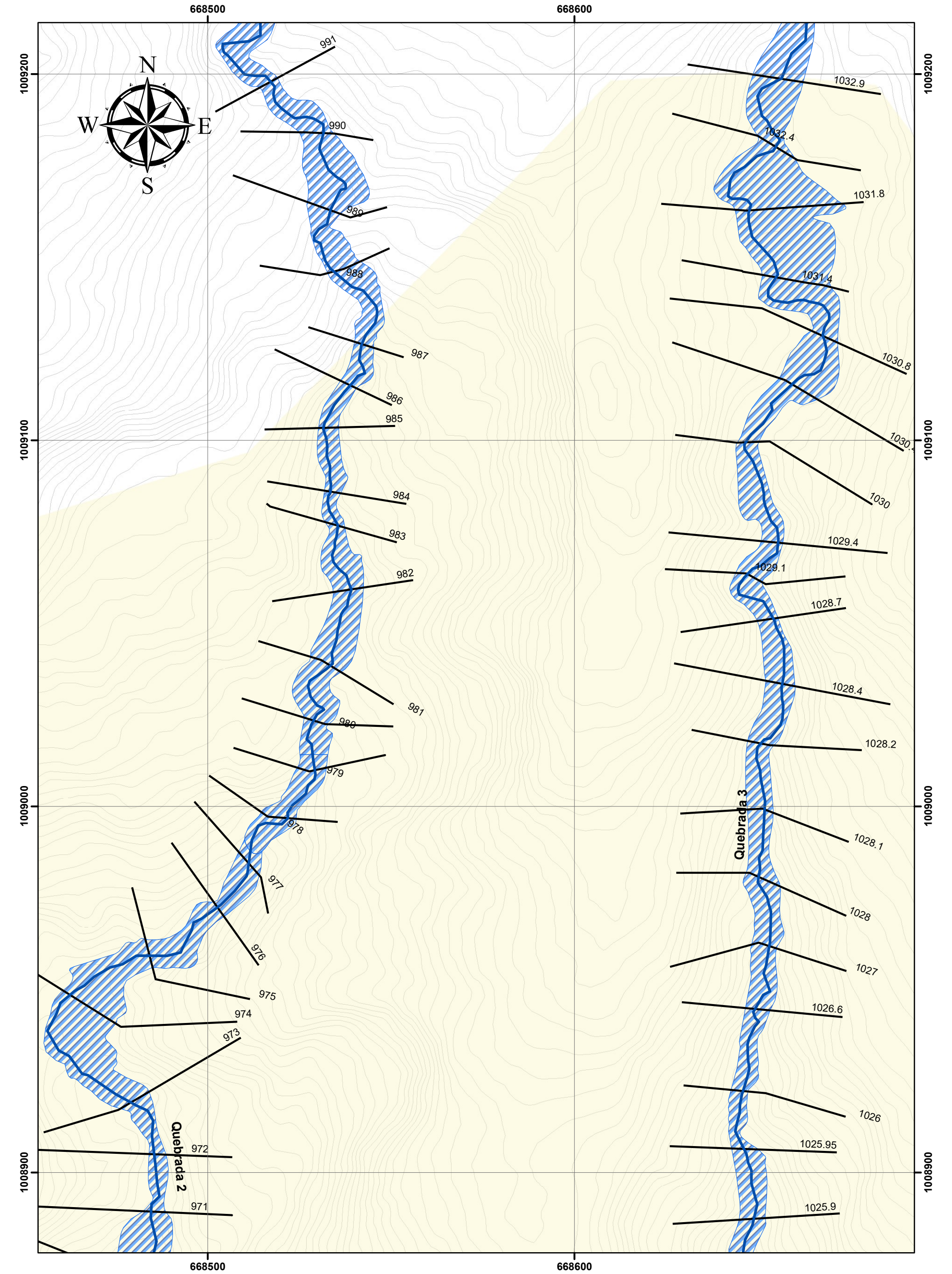
<div><div>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</div></div>	
<div>Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura</div> <div>Promotor: CAMSA</div>	
<div>ESCALA: 1:35,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84</div> <div><div>00.250.511.52</div><div>Km</div></div>	<div>MAPA:</div> <div>MICROCUENCAS DE INTERES</div>




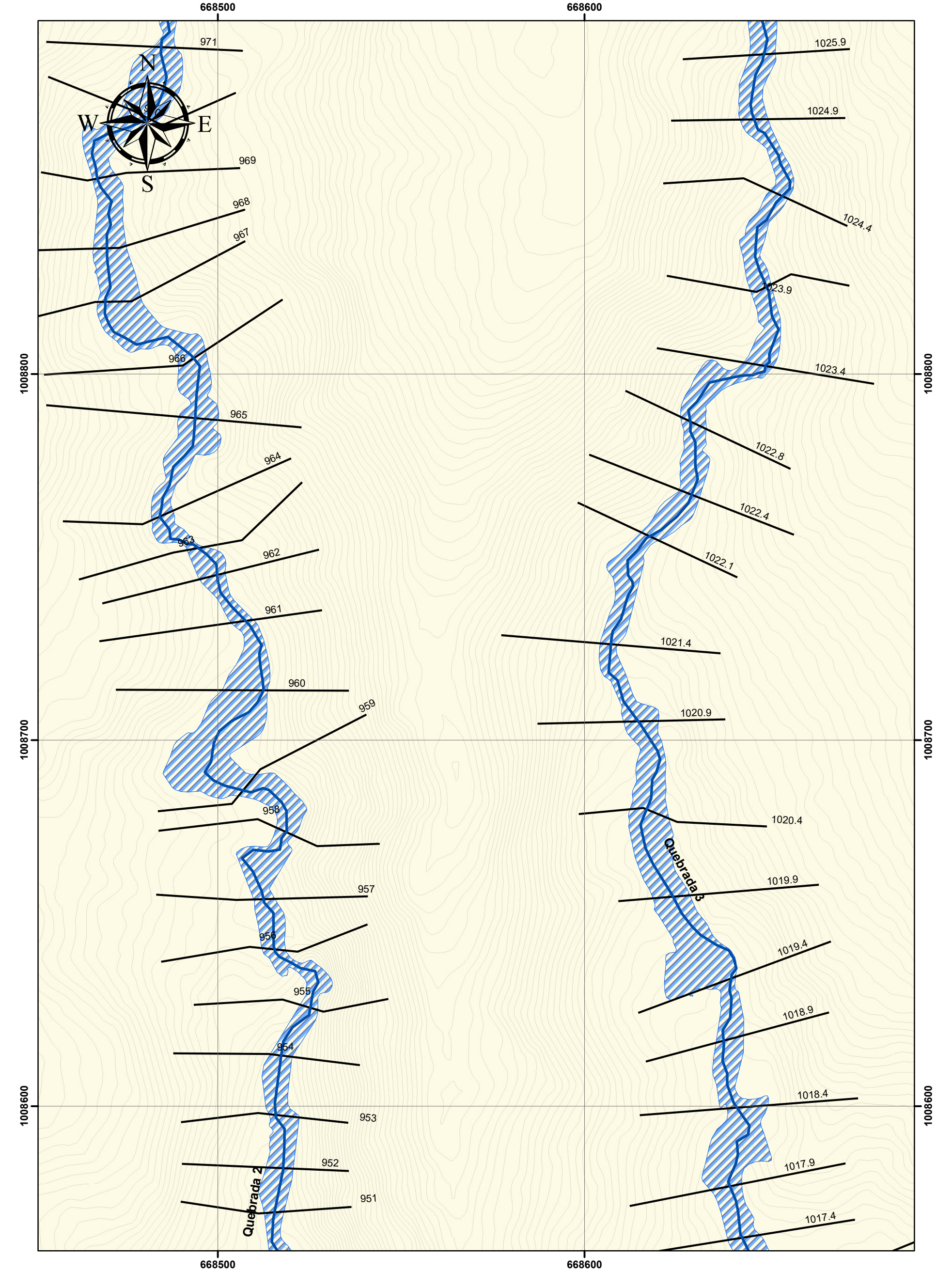
 <div>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</div>		
Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura Promotor: CAMSA		
ESCALA: 1:3,800 PROYECCIÓN: UTM WGS 84 <div>0 0.0275 0.055 0.11 0.165 0.22 Km</div>	MAPA: PLANICIE DE INUNDACIÓN SISTEMA COMPLETO	




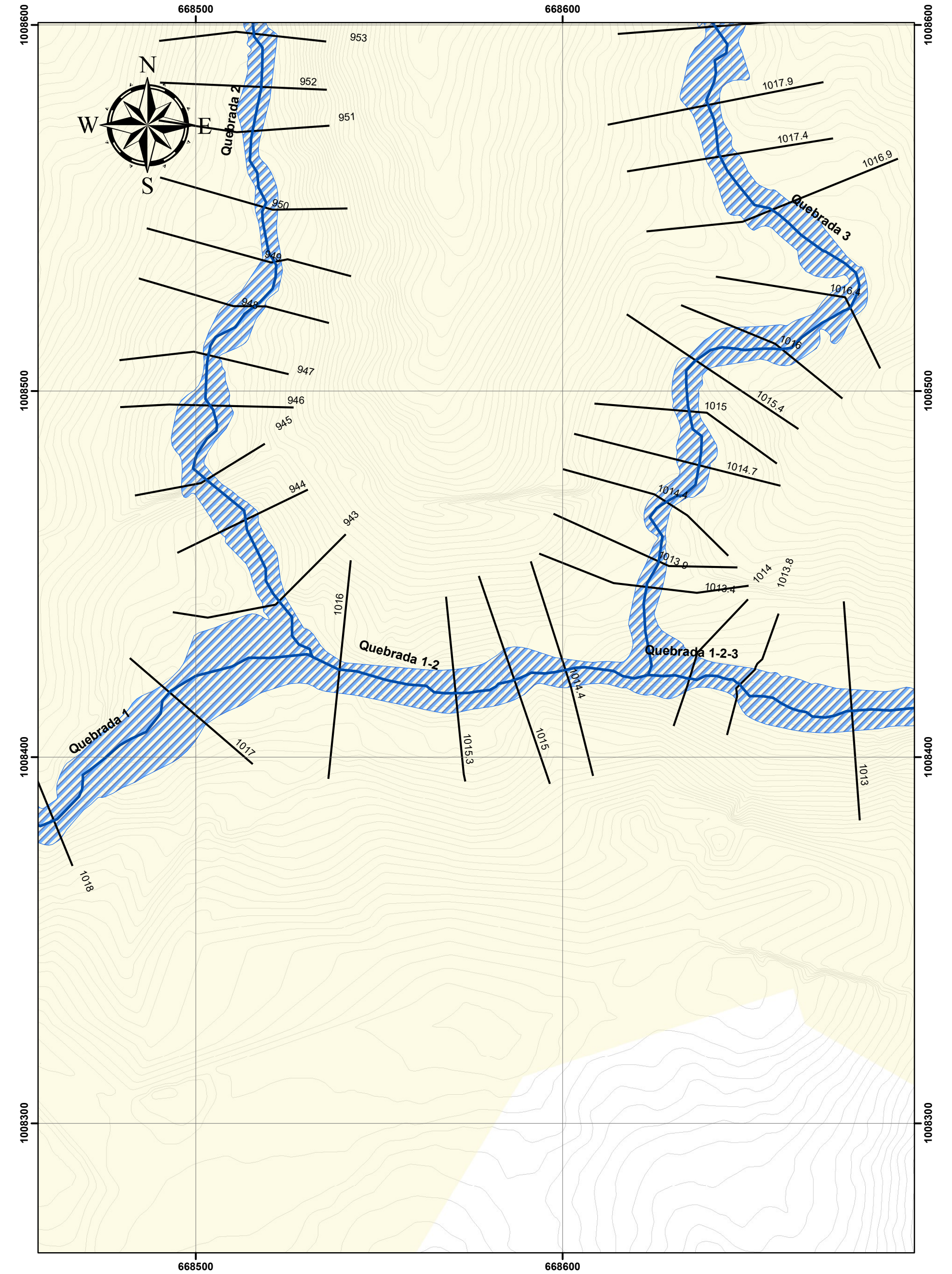
 <div>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</div>		
Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura Promotor: CAMSA		
ESCALA: 1:1,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84 <div><div>00.00750.0150.030.0450.06</div><div>Km</div></div>	MAPA: PLANICIE DE INUNDACIÓN QUEBRADA 1	




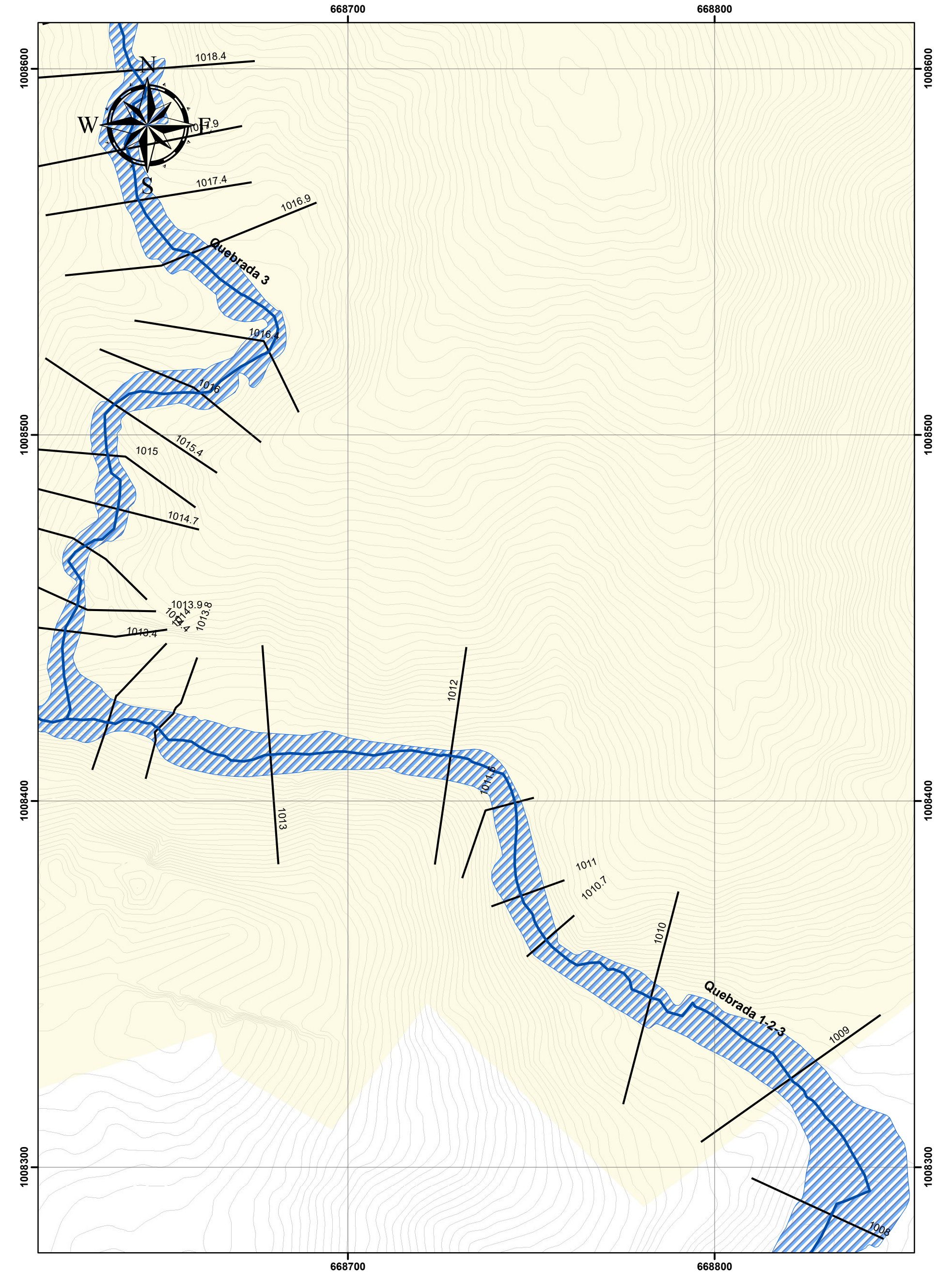
 <p>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</p>		
Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura Promotor: CAMSA		
ESCALA: 1:1,000 0 0.0075 0.015 0.03 0.045 0.06 Km	PROYECCIÓN: UTM WGS 84	MAPA: PLANICIE DE INUNDACIÓN QUEBRADA 2 - 3 (1)


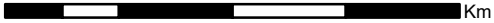


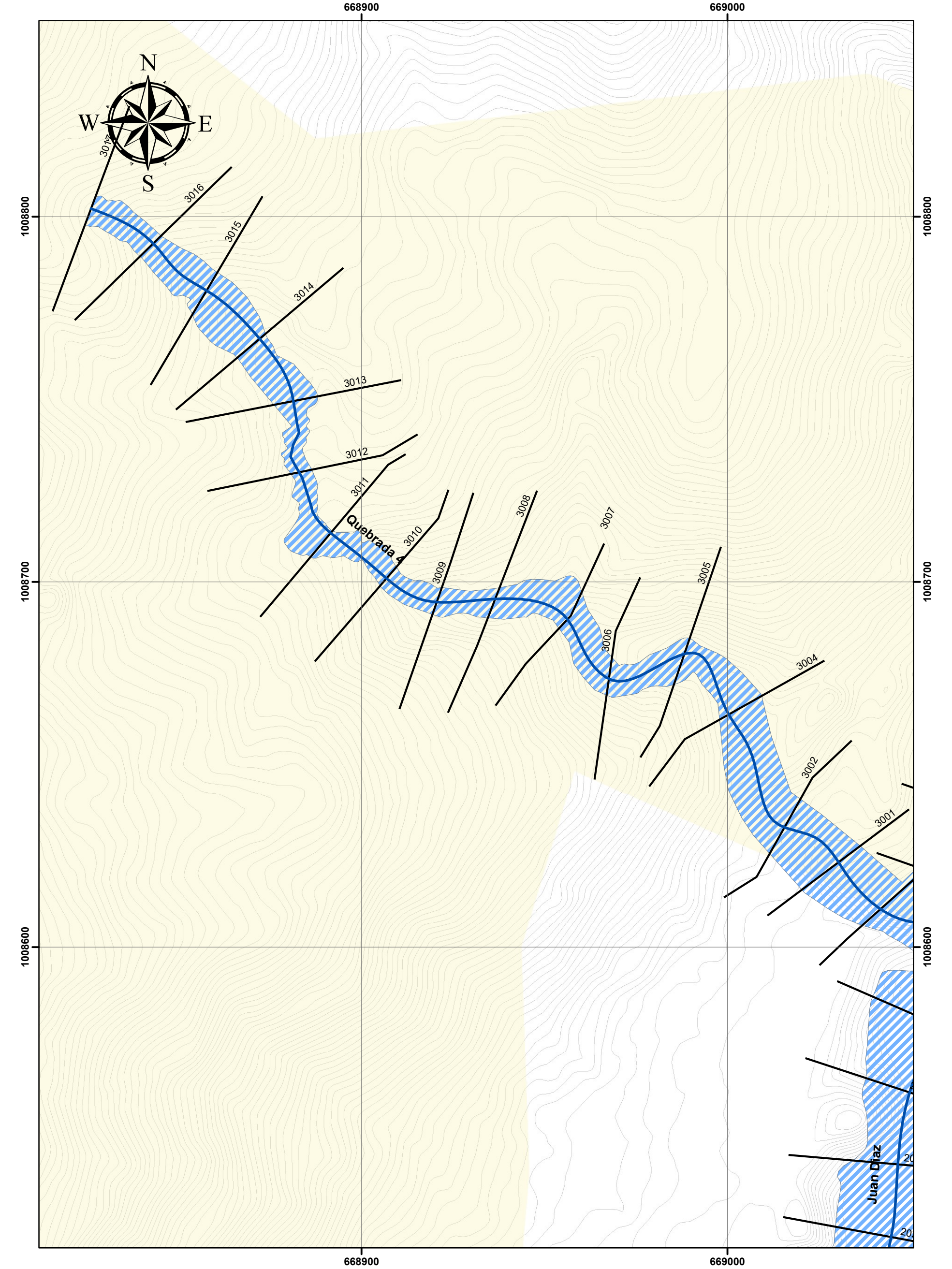
 <div>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</div>		
Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura Promotor: CAMSA		
ESCALA: 1:1,000 0 0.0075 0.015 0.03 0.045 0.06 Km	PROYECCIÓN: UTM WGS 84	MAPA: PLANICIE DE INUNDACIÓN QUEBRADA 2 - 3 (2)




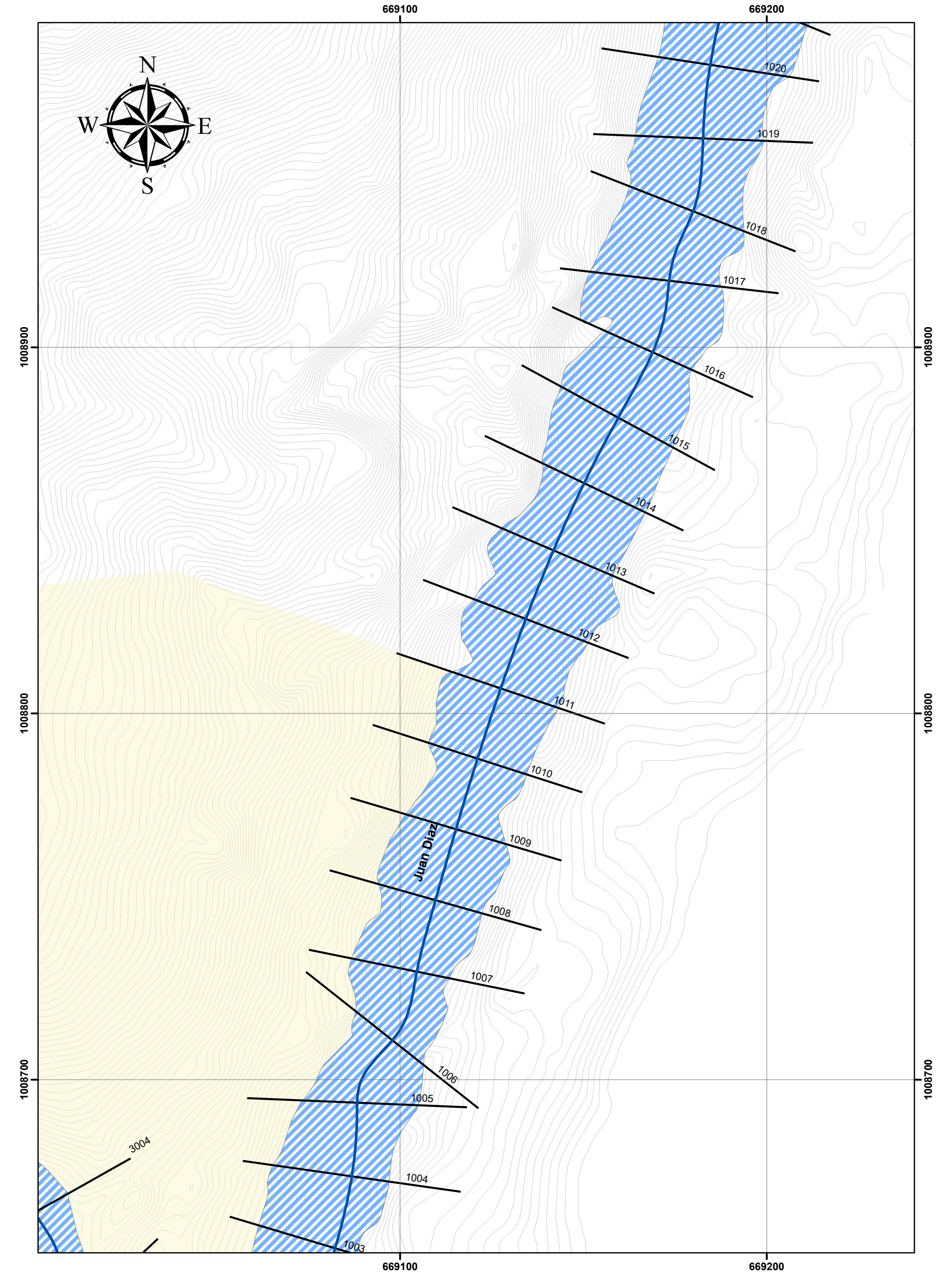
 <p>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</p>		
<p>Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura</p> <p>Promotor: CAMSA</p>		
<p>ESCALA: 1:1,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84</p> <p>0 0.0075 0.015 0.03 0.045 0.06</p> <p>Km</p>	<p>MAPA:</p> <p>PLANICIE DE INUNDACIÓN</p> <p>QUEBRADA 2 - 3 (3)</p>	




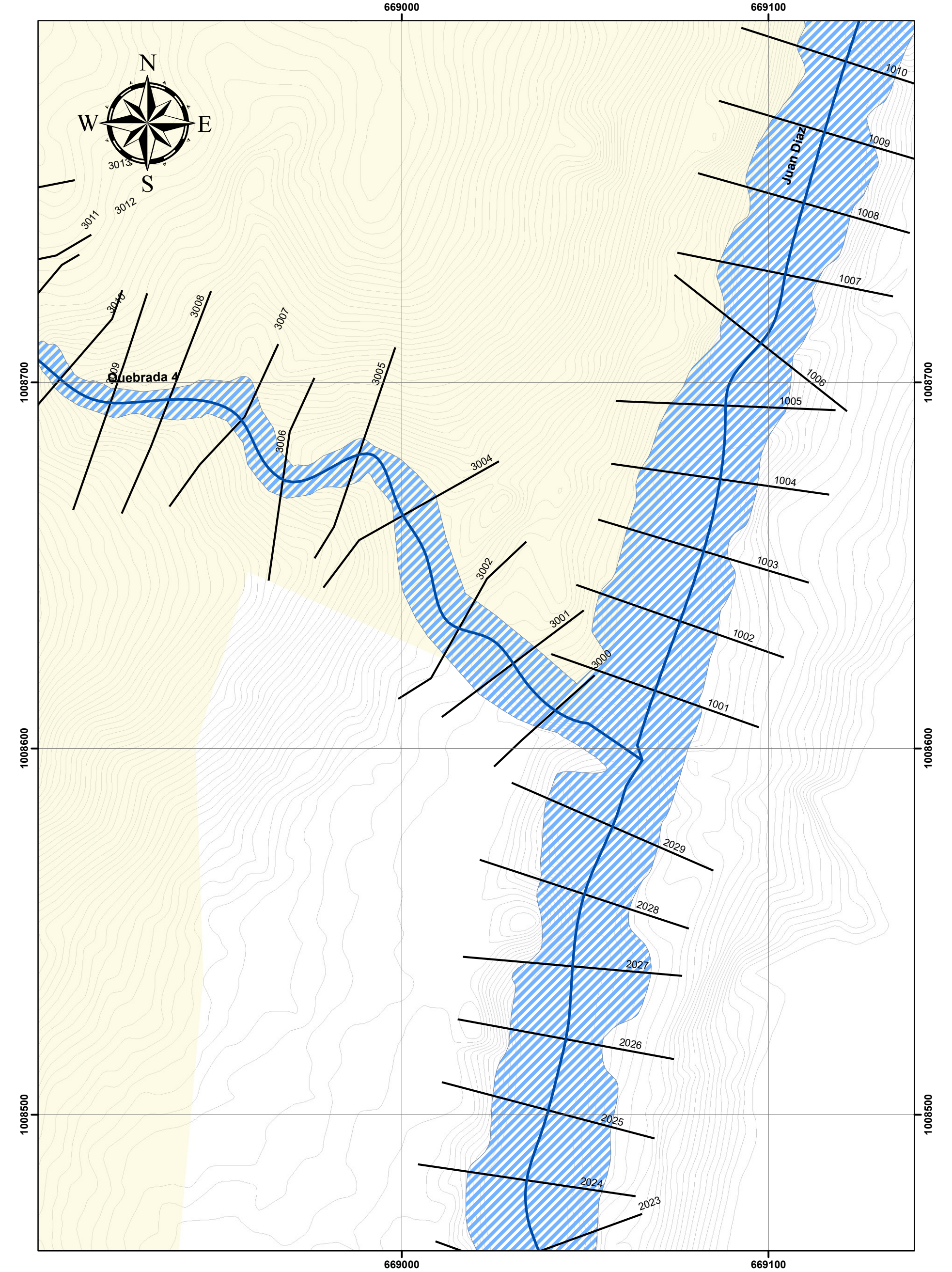
 <div>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</div>		
Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura Promotor: CAMSA		
ESCALA: 1:1,000 0 0.0075 0.015 0.03 0.045 0.06  Km	PROYECCIÓN: UTM WGS 84	MAPA: PLANICIE DE INUNDACIÓN QUEBRADA 2 - 3 (3)


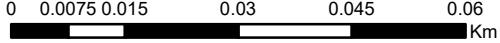


 <p>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</p>		
<p>Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura Promotor: CAMSA</p>		
<p>ESCALA: 1:1,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84</p> <p>0 0.0075 0.015 0.03 0.045 0.06 Km</p>	<p>MAPA: PLANICIE DE INUNDACIÓN QUEBRADA 4</p>	



 <div>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</div>		
Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura Promotor: CAMSA		
ESCALA: 1:1,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84 <div><div>00.00750.0150.030.0450.06</div><div>Km</div></div>	MAPA: PLANICIE DE INUNDACIÓN RÍO JUAN DÍAZ (1)	



 <p>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) Panamá, Ancón, Condado del Rey, Vía Principal, Plaza Altos de Panamá, Local 06A Teléfono: Tel. 277-4705 Correo: cedsaproyectos@gmail.com Web Page: www.cedsa-panama.com</p>	
Proyecto: Estudio Hidrológico e Hidráulico para el Parque Ecológico Terraventura Promotor: CAMSA	
ESCALA: 1:1,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84 	MAPA: PLANICIE DE INUNDACIÓN RÍO JUAN DÍAZ (2)

Fotografías

Fotos capturadas en el momento de la gira al sitio de estudio.



Fig. No. 1: Reunión en el sitio del proyecto



Fig. No. 2: Inspección al sitio del proyecto



Fig. No. 3 y 4: Secciones de las quebradas que atraviesan el proyecto.



Fig. No. 5 y 6: Mediciones realizadas a las estructuras presentes en el sitio del proyecto.