

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“PROPUESTA HIDRAULICA ENTRE GAVIÓN Y ENROCADO DEL RIO
CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE LIMITA LOS CASERIOS
CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY – DISTRITO DE LUCMA-
DEPARTAMENTO LA LIBERTAD”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRAULICA

AUTORES:

BACH. TEMOCHE OLIDEN, GUIDO HUMBERTO

BACH. QUIROZ ALAYO, ERICK EMILIO

ASESOR:

Dr. GUILLERMO JUAN CABANILLAS QUIROZ

TRUJILLO –PERU

2019

Nº REGISTRO

Tesis: "PROPUESTA HIDRAULICA ENTRE GAVIÓN Y ENROCADO DEL RIO
CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE LIMITA LOS CASERIOS CHUQUILLANQUI
Y PINCHADAY – DISTRITO DE LUCMA- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD"

JURADO EVALUADOR:

.....
Presidente

Dr. Fidel Germán Sagástegui Plasencia

CIP: 32720

.....
Secretario

Mg. Gilberto Anaximandro Velasquez Diaz

CIP: 29040

.....
Vocal

Mg. Ricardo Andres Narvaez Aranda

CIP 58776

ASESOR:

.....
Asesor

Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz

CIP 17902

DEDICATORIA

La presente tesis de investigación la dedico a mi familia y mis padres: Catherine Olden y Guido Temoche quienes me enseñaron grandes valores desde pequeño y a una persona muy especial Nicole Saldaña que siempre ha estado mi lado apoyándome en cada momento de la carrera. Gracias a ellos hoy se termina una gran etapa de mi vida.

Guido Temoche Olden

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por permitirme realizar uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, Emiliano Quiroz y Felicita Alayo, por su amor, paciencia y sacrificio de todos estos años, gracias a ustedes me he convertido en el hombre que soy y me siento muy orgullo de ser su hijo. En general a toda mi familia y amistades.

A nuestros docentes, que nos han apoyado para que este trabajo se realice con excito y en especial aquellos que nos brindaron sus conocimientos.

Erick Quiroz Alayo H

RESUMEN

La presente tesis de investigación tiene el propósito de determinar el comportamiento de las estructuras hidráulicas en el Río Chuquillanqui, debido a diversas inundaciones y pérdidas registradas en el tramo comprendido entre los caseríos de Chuquillanqui y Pinchaday. Es importante obtener información actualizada para poder realizar los diversos cálculos hidrológicos, los cuales son de suma importancia en el momento de realizar los dimensionamiento y simulaciones hidráulicas. La metodología usada tiene diversas partes las cuales fueron obtenidas y procesadas mediante programas de sumamente confiables como son: Google Mapper, Microsoft Office, AutoCAD Civil 3D y HEC RAS 5.0.6. los cuales son muy utilizados en nuestra realidad nacional y regional. Mediante los resultados y las observaciones obtenidas luego del modelamiento del cauce del Río Chuquillanqui en HEC RAS 5.0.6 podemos determinar cuál de las estructuras comprendidas entre Gavión y Enrocado es la que tiene un mejor comportamiento. Esto no llevara a tomar una decisión adecuada entre estas dos estructuras hidráulicas para la protección de las viviendas aledañas el Río Chuquillanqui

Palabras Clave: Inundaciones, Gavión, Enrocado, Google Mapper y HEC RAS 5.0.6

ABSTRACT

This research thesis is intended to determine the behavior of hydraulic structures in the Chuquillanqui River, due to various floods and losses in the section between the Chuquillanqui and Pinchaday farmhouses. It is important to obtain updated information to be able to perform the various hydrological calculations, the moment of addition at the time of sizing and hydraulic simulations. The methodology used has several parts, the parts have been processed and processed through reliable programs such as: Google Mapper, Microsoft Office, AutoCAD Civil 3D and HEC RAS 5.0.6. Those that are widely used in our national and regional reality. Through the results and the observations we can see the mode of the cause of the Chuquillanqui River in HEC RAS 5.0.6. This will not lead to an adequate decision between these two hydraulic structures for the protection of the houses surrounding the Chuquillanqui River

Keywords: Floods, Gabion, Castling, Google Mapper and HEC RAS 5.0.6

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:.....	3
1.3.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:.....	3
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL:.....	3
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
1.4.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	4
2.	MARCO DE REFERENCIA.....	4
2.1.	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	4
2.2.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.2.1.	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO DE ESTUDIO.....	8
2.2.1.1.	UBICACIÓN.....	8
2.2.1.1.1.	GEOGRÁFICA.....	8
2.2.1.1.2.	HIDROGRÁFICA.....	8
2.2.1.1.3.	POLÍTICA.....	9
2.2.1.2.	VÍAS DE ACCESO.....	9
2.2.1.3.	DETALLES DE LA SUB - CUENCA DEL RIO CHUQUILLANQUI.....	9
2.2.2.	MEDIDAS DE INGENIERÍA.....	11
2.2.3.	RECONOCIMIENTO DE CAMPO.....	15
2.2.4.	ESTUDIOS BASICOS.....	16
2.2.4.1.	ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA SUB CUENCA DEL RIO CHUQUILLANQUI.....	16
I.	INTRODUCCIÓN.....	16
1.1	ANTECEDENTES.....	16
1.2	OBJETIVO.....	16
II.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	17
2.1	UBICACIÓN.....	17
2.1.1	Geográfica.....	17
2.1.2	Hidrográfica.....	17
2.2	DESCRIPCIÓN DE LA SUB - CUENCA DEL RIO CHUQUILLANQUI.....	17
2.2.1	MICROCUENCA DEL RIO COSPAN.....	19
2.2.2	MICROCUENCA DEL RIO SAN JORGE.....	19
2.2.3	INTERCUENCA RIO CHIQUILLANQUI.....	19

2.3	ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS.....	20
2.4	GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL (río principal).....	21
III.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	24
3.1	MODELO PRECIPITACIÓN ESCORRENTÍA.....	24
3.2	MODELACIÓN HIDROLÓGICA - HEC HMS	24
3.2.1	DETERMINACIÓN DE ABSTRACCIONES.....	25
3.2.2	TRANSFORMACIÓN DE ESCORRENTÍA (RUNOFF TRANSFORMATION).....	25
3.2.3	TRÁNSITO EN CAUCES (CHANNEL ROUTING)	26
3.3	DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO.....	26
3.4	HISTOGRAMA DE LA TORMENTA.....	27
3.5	MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA SUBCUENCA CHUQUILLANQUI - HEC HMS	29
3.6	CAUDALES MÁXIMOS DE DISEÑO	30
3.7	ELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	30
3.8	INGRESO DE DATOS HIDRAULICOS: CAUDAL Y CONDICIONES DE CONTORNO	31
2.2.4.2.	ESTUDIO DE SUELOS.....	32
2.2.5.	DISEÑO DE DIQUES DE TIERRA Y ENROCADO	32
2.2.5.1.	GENERALIDADES	32
2.2.5.2.	FALLAS DE LOS DIQUES.....	33
2.2.5.3.	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO	34
2.2.5.4.	DISEÑO DE DIQUES	34
2.2.5.4.1.	DETERMINACIÓN DE LA ALTURA.....	34
2.2.5.4.2.	DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE CORONA.....	40
2.2.5.4.3.	CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN	40
2.2.5.4.4.	PROFUNDIDAD DE UÑA	43
2.2.5.4.5.	CALCULO ESTRUCTURAL	44
2.2.5.4.6.	SEGURIDAD CONTRA LAS FALLAS POR FILTRACIÓN.....	46
2.2.5.5.	DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO	47
2.2.5.5.1.	CONSIDERACIONES BASICAS.....	47
2.2.5.5.2.	ELEMENTOS DEL ENROCADO DE PROTECCION	47
2.2.5.5.3.	CAPA DE PROTECCION DE ENROCADO	49
2.2.5.5.4.	FILTROS.....	51
2.2.5.5.5.	PROTECCION AL PIE DEL TALUD.....	55

2.2.6.	DISEÑO DE MUROS DE GAVIONES	56
2.3.	MARCO CONCEPTUAL	68
2.4.	VARIABLES	68
3.	METODOLOGÍA	69
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	69
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	69
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	69
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	71
3.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	71
4.	RESULTADOS	75
4.1.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	75
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
6.	CONCLUSIONES	92
7.	RECOMENDACIONES	93
	REFERENCIAS	94
	ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	vías de acceso Fuente: Elaboración propia	9
Tabla 2	Precipitaciones Máximas para Diferentes Periodos de Retorno Fuente: ANA.....	27
Tabla 3	Precipitación Mensual (mm) – Estación Cachachi.....	27
Tabla 4	Parámetros de pérdida en la Subcuenca Chuquillanqui Fuente: ANA	29
Tabla 5	Parámetros de Transformación del SCS Fuente: ANA	29
Tabla 6	Cálculo del flujo base Fuente: Propia	29
Tabla 7	Distribución de Áreas para Polígono de Thiessen Fuente: Propia.....	30
Tabla 8	Caudales Máximos de Diseño Fuente: Propia	30
Tabla 9	Condiciones de Fondo de río K1 Fuente: Apuntes de clase	35
Tabla 10	Valores rugosidad de Manning (n) Fuente: Apuntes de clase.....	36
Tabla 11	Valores de tipo de material (K) Fuente: Apuntes de clase	36
Tabla 12	Valores de Factor de Fondo (Fb) Fuente: Apuntes de clase	37
Tabla 13	Valores de Factor de Orilla (Fs) Fuente: Apuntes de clase	37
Tabla 14	Recomendación Practica (Fs) Fuente: Apuntes de clase	38
Tabla 15	Coeficiente de Rugosidad según tipo de cauce natural (ks) Fuente: Apuntes de clase	38
Tabla 16	Valores rugosidad de Manning (n) Fuente: Apuntes de clase.....	39
Tabla 17	“c” según Caudal máximo m ³ /s Fuente: Apuntes de clase.....	39
Tabla 18	recomendaciones para el ancho de corona, en función de la avenida de diseño Fuente: Apuntes de clase	40
Tabla 19	recomendaciones para el talud Fuente: Apuntes de clase	40
Tabla 20	Valores del Coeficiente β Fuente: Apuntes de clase	41

Tabla 21 Clasificación Según el Tamaño de Partículas Fuente: Apuntes de clase	42
Tabla 22 Selección de X en Suelos Cohesivos (T_n/m^3) o Suelos No Cohesivos (mm)Fuente: Apuntes de clase.....	43
Tabla 23 Valores de Factor de seguridad (F_s) Fuente: Apuntes de clase.....	43
Tabla 24 Valores de Numero de Gaviones con relación de (H/h) Fuente: Apuntes de clase	57
Tabla 25 Valores de Brazo según el Numero de Gaviones Fuente: Apuntes de clase	59
Tabla 26 Valores de Factor (F) con relación de (H/h) Fuente: Apuntes de clase	59
Tabla 27 Valores de Brazo de Cuñas según el Numero de Gaviones Fuente: Apuntes de clase	59
Tabla 28 Operacionalización de la variable Fuente: Propia	69
Tabla 29 Caudal según años de retorno Fuente: Propia	70
Tabla 30 Caudal según años de retorno Fuente: Propia	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Fig. 1 Ubicación sub cuenca del rio Chuquillanqui Fuente: ANA.....	9
Fig. 2Limitación De La Sub - Cuenca Del Rio Chuquillanqui Fuente: ANA	10
Fig. 3Ejemplo de gaviones Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas.....	11
Fig. 4 Ejemplo de gaviones Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas.....	11
Fig. 5 Ejemplo de gaviones Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas.....	11
Fig. 6 Ejemplo de Revestimiento de Enrocado Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas	12
Fig. 7 Ejemplo de Matrices de Roca y Alambre Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas	12
Fig. 8 Ejemplo de Matrices de Roca y Alambre Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas	12
Fig. 9 Ejemplo de Sacos de Arena Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas	13
Fig. 10 Ejemplo de Sacos de Arena Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas.....	13
Fig. 11 Ejemplo de Matrices de Concreto Articulado Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas	13
Fig. 12 Ejemplo de Matrices de Concreto Articulado Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas	13
Fig. 13Ubicación De La Sub - Cuenca Del Rio Chuquillanqui Fuente: ANA.....	18
Fig. 14División De La Sub - Cuenca Del Rio Chuquillanqui Fuente: ANA.....	20
Fig. 15 Ubicación de las Estaciones Hidrometeorológica Fuente: ANA	21
Fig. 16 Características De La Sub - Cuenca Del Rio Chuquillanqui Fuente: ANA	22
Fig. 17Pendientes longitudinales De La Sub - Cuenca Del Rio Chuquillanqui Fuente: ANA.....	23
Fig. 18 Curva de Masa de Precipitación Fuente: Propia.....	28
Fig. 19 Histograma de Tormenta – Estación Cachachi Fuente: Propia	28
Fig. 20 Modelamiento Hidrológico de la Subcuenca Chuquillanqui en Hec Mms Fuente: Propia.....	29
Fig. 21 Caudales de Diseño Según Periodos de Retorno Fuente: Propia	31
Fig. 22 Condiciones de Contorno de un Flujo Permanente con Régimen Mixto Fuente: Propia.....	32
Fig. 23 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet.....	33
Fig. 24 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet.....	33
Fig. 25 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet.....	33
Fig. 26 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet.....	33

Fig. 27 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet.....	34
Fig. 28 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001Fuente: internet	34
Fig. 29 Diseño de la Uña Fuente: internet.....	44
Fig. 30 Falla de una defensa ribereña de tierra sin protección Fuente: internet.....	47
Fig. 31 Detalle del enrocado de protección Fuente: internet	48
Fig. 32 enrocado de protección al pie del talud Fuente: internet.....	48
Fig. 33 enrocado de protección al pie del talud Fuente: internet.....	48
Fig. 34 Dique de tierra con enrocado Fuente: internet.....	48
Fig. 35 Dique río Cautin Temuco Chile Fuente: internet.....	48
Fig. 36 protección Dique con geotextil Fuente: internet	54
Fig. 37 protección al pie del talud Fuente: internet.....	55
Fig. 38 protección al pie del talud Fuente: internet	56
Fig. 39 detalle de Muro de Gaviones Fuente: internet	57
Fig. 40 grafica de Empuje activo del suelo: internet	57
Fig. 41 Empuje activo del suelo en el Muro de Gaviones Fuente: internet	58
Fig. 42 detalle de una celda del Muro de Gaviones Fuente: internet.....	58
Fig. 43 Socavación local en gaviones colocados en las márgenes del RÍO CHILLÓN, para proteger la carretera a CANTA Km 83, en 1998 Fuente: internet	61
Fig. 44 protección de muros de gaviones - fusible Fuente: Maccaferri	62
Fig. 45protección de muros de gaviones – escollerado Fuente: Maccaferri	62
Fig. 46 a - b protección de muros de gaviones – siembra de plantas típicas Fuente: Maccaferri	62
Fig. 47 protección de muros de gaviones – troncos de madera Fuente: Maccaferri	63
Fig. 48 Aplicaciones de gaviones – Carretera la Merced-Satipo Junín-Perú Fuente: Internet.....	63
Fig. 49 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Llamoctachi (AYACUCHO) Fuente: Maccaferri	63
Fig. 50 Aplicaciones de gaviones – Río Tulumayo - San Ramón Junín-Perú Fuente: ANDEX	64
Fig. 51 Aplicaciones de gaviones – Muro de Encauzamiento Qda. Cieneguillo (SULLANA) Fuente: Maccaferri	64
Fig. 52 Aplicaciones de gaviones – Río Chanchamayo Junín-Perú Fuente: ANDEX.....	64
Fig. 53 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Tambogrande (SULLANA) Fuente: Maccaferri65	
Fig. 54 Aplicaciones de gaviones – Cochabamba – Bolivia Fuente: ANDEX.....	65
Fig. 55 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Río Huatanay (CUSCO) Fuente: Maccaferri....	65
Fig. 56 Aplicaciones de gaviones – Muro de Encauzamiento Pte. Montalvo (MOQUEGUA) Fuente: Maccaferri	66
Fig. 57 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Carretera Cusco Abancay (CUSCO) Fuente: Maccaferri	66
Fig. 58 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Pisonay - Curahuasi (APURIMAC) Fuente: Maccaferri	67
Fig. 59 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Casinchihua (ABANCAY) Fuente: Maccaferri..	67
Fig. 60 (Superficie del Rio Chuquillanqui entre los caseríos de Chuquillanqui y Pinchaday) Fuente: Propio	72
Fig. 61 (Interfaz del Programa HEC RAS 5.0.6) Fuente: Propio	72
Fig. 62 (Modelamiento del Rio Chuquillanqui) Fuente: Propio.....	73
Fig. 63 (Área de Chuquillanqui y Pinchaday) Fuente: Propio	73
Fig. 64 (Área de Trabajo Seleccionada) Fuente: Propio	74
Fig. 65 (Curvas de Nivel a 1m) Fuente: Propio	74

Fig. 66 Portada de la Hoja de Caculo Fuente: Propia	76
Fig. 67 Calculo del Ancho Estable del Rio Chuquillanqui Fuente: Propia	76
Fig. 68 Resultados de los Cinco Métodos Hidráulicos Fuente: Propia	77
Fig. 69 Calculo del Tirante Fuente: Propia	77
Fig. 70 Calculo de la Velocidad Fuente: Propia	78
Fig. 71 Calculo de Número de Froude y Altura de Dique Fuente: Propia	78
Fig. 72 Sección Típica del Dique Fuente: Propia.....	78
Fig. 73 Cálculo de la Profundidad de Socavación (Hs) Fuente: Propia	79
Fig. 74 Cálculo de la Profundidad de la Uña Fuente: Propia	80
Fig. 75 Cálculo de Estabilidad del Terraplén Fuente: Propia.....	81
Fig. 76 Cálculo de la Probabilidad de Movimiento de la Roca Fuente: Propia.....	82
Fig. 77 Cálculo de Revestimiento del Enrocado Fuente: Propia	83
Fig. 78 Diámetro de la Roca Fórmula de Maynord Fuente: Propia.....	84
Fig. 79 Cálculo de Peso de Roca Fuente: Propia.....	84
Fig. 80 Cálculo de Diámetro de Volumen Esférico Equivalente Fuente: Propia.....	84
Fig. 81 Diámetro de la Roca Fórmula De R. A. Lopardo Fuente: Propia.....	85
Fig. 82 Diámetro de la Roca Fórmula de la California División of Highways Fuente: Propia	85
Fig. 83 Cálculo de Factor de Talud Fuente: Propia.....	85
Fig. 84 Diámetro de la Roca Según la Fórmula de la California División of Highways Fuente: Propia	86
Fig. 85 Cálculo de Velocidad del Agua Entre el Enrocado y el Fondo (Va) Fuente: Propia	86
Fig. 86 Velocidad que Puede Soportar el Suelo sin Ser Erosionado (Ve) Fuente: Propia	87
Fig. 87 Cálculo de Elección del Tipo de Filtro Fuente: Propia	87
Fig. 88 Predimensionamiento de Muros de Gaviones Fuente: Propia.....	88
Fig. 89 Calculo de Verificación de Bloque en Bloque Fuente: Propia	89
Fig. 90 Calculo de Verificación de Volcamiento y Deslizamiento Fuente: Propia	90

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1 (B) Método De Simons y Henderson	35
Ec. 2 (B) Método de Altunin – Manning.....	35
Ec. 3 (B) Método de Blench.....	36
Ec. 4 (B) Método de Petits.....	37
Ec. 5 (Y) Tirante	38
Ec. 6 (V) Velocidad Media Formula de Manning.....	39
Ec. 7 (BL) El borde libre	39
Ec. 8 (e) Carga de Velocidad	39
Ec. 9 (HM) Altura de muro	40
Ec. 10 Profundidad de socavación (10a para suelos granulares y 10b para suelos cohesivos)	41
Ec. 11 Coeficiente de sección dependiente de las características hidráulicas.....	41
Ec. 12 (P uña) Profundidad de Uña	43
Ec. 13 (R) Fuerza Resistente	44
Ec. 14(P) Presión del Agua.....	44
Ec. 15 (F roca) Probabilidad De Movimiento De La Roca	44
Ec. 16 (Δ) Densidad Relativa del material.....	45
Ec. 17 Esfuerzo Máximo Cortante Actuante	45
Ec. 18 Esfuerzo Cortante Críticos	45
Ec. 19 (K) Factor de Talud.....	45

Ec. 20 (d50) diámetro medio de las rocas Fórmula de Maynard	49
Ec. 21 (F) Número de Froude	49
Ec. 22 (Ds) Diámetro de volumen esférico Fórmula De R. A. Lopardo.....	50
Ec. 23 (W) Peso de roca.....	50
Ec. 24 (d50)Diámetro de la roca Fórmula De La California División Of Highways	51
Ec. 25 (f) Factor de talud	51
Ec. 26 (Va) velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.....	54
Ec. 27 (Ve) velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado	54
Ec. 28 (Va1) Ec. para asumir un filtro de geotextil	54
Ec. 29 (Ec) Empuje activo por unidad de longitud	57
Ec. 30 (Ka) coeficiente de empuje activo	58
Ec. 31 Brazo de empuje activo	58
Ec. 32 Fuerza de gaviones	58
Ec. 33 Fuerza de cuñas de relleno	59
Ec. 34 Sumatoria de fuerzas	60
Ec. 35 Momento de fuerzas	60
Ec. 36 Momento por volcamiento.....	60
Ec. 37 Factor de seguridad a volcamiento	60
Ec. 38 Factor de seguridad a deslizamiento	60
Ec. 39 (β).....	60
Ec. 40 (X) Posición de la resultante	61
Ec. 41(Δ) Variación de momentos	61
Ec. 42 (E) Excentricidad	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Foto 1. Margen derecha tomando como referencia el rio Chuquillanqui en dirección rio arriba.....	97
Foto 2. Zona antes del puente se observa áreas de cultivo en su mayoría parcelas de arroz.....	97
Foto 3. Zona después del puente se observa áreas de cultivo en su mayoría parcelas de arroz	97
Foto 4. Margen izquierda tomando como referencia el rio Chuquillanqui en dirección rio arriba....	98
Foto 5. Zona antes del puente se observa áreas de cultivo en su mayoría de uva	98
Foto 6. Zona después del puente se observa áreas de cultivo en su mayoría parcelas de maíz y uva.	98
Foto 7. Confluencia entre los ríos Chuquillanqui y Huancay (a) y (b)	98
Foto 8. Margen derecho que se encuentra campos de cultivo de arroz, árboles frutales y viviendas.	98
Foto 9. Margen izquierdo del rio donde se encuentran la mayor parte de los campos de cultivo en su mayoría de arroz (a) y (b)	98
Foto 10. Desorden del cauce del rio (a), (b) y (c)	98
Foto 11. Exploración del suelo	98
Foto 12. Perfil del suelo.....	98
Foto 13 Visita en la Confluencia entre los ríos Chuquillanqui y Huancay	98
Foto 14 Visita en el puente Chuquillanqui	98

1. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

- Los cursos fluviales tales como ríos, quebradas, riachuelos o arroyos transportan lo que se denomina carga de agua y elementos sólidos. Si la carga rebasa la capacidad normal del cauce del río, ésta se vierte en los terrenos aledaños, sobre los que suelen crecer pastos, bosques y cultivos o a su paso por áreas urbanas (Olalla, 2008).

Las inundaciones en el Perú son un problema recurrente cada año, debido a la estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, la cual tiene una época seca y una época de lluvia bien diferenciada, esta última de diciembre a marzo, sumado a los años de presencia del fenómeno del niño hacen que los caudales de los ríos que bajan de la región andina a la costa aumenten varias veces su magnitud, desbordándose y ocasionando daños en ciudades de la costa específicamente en la región norte del país (García, 2008).

La zona costera del norte del país es la más afectada, pues presenta características geomorfológicas/topográficas que la hacen muy susceptible a desbordes, inundaciones, flujos de lodo y huaicos. Al respecto, las principales causas/efectos de los problemas causados por las intensas precipitaciones pluviales son:

1. Descarga de abundantes caudales en los ríos que nacen en las vertientes de la cordillera, inicialmente abruptas que se abren paso hacia valles inferiores y planicies costeras.
2. Alta recurrencia cuando se presentan abundantes lluvias: Fenómeno El Niño (Ejm. 1925, 1972, 1982-83, 1987-88; e incluso anteriores).
3. Cauces amplios con pendiente muy suave e insuficiente canal en ríos o quebradas, con desbordes y fuerte erosión en sus márgenes afectando ciudades, carreteras, terrenos de cultivo, canales, etc.
4. Inundaciones pluviales: deficiencia de drenaje natural (depresiones topográficas)
5. La erosión de laderas en las cuencas superiores genera mayor cantidad de material sólido produciéndose huaicos, aumentando el

poder erosivo en los ríos y quebradas.

6. No se respeta la franja marginal, ocupando sectores adyacentes a los ríos (viviendas, áreas de cultivo, carreteras, vía férrea, etc.), con defensas ribereñas insuficientes o mal diseñadas para soportar caudales extremos.

7. Ocupación de lechos de quebradas secas que se activan con lluvias excepcionales con recurrencia de 50, 100 ó más años, generando grandes efectos en poblaciones precarias y/o urbanizaciones (INGEMMET, 2017).

Los desbordes de los ríos ocasionan perjuicios a los pobladores dentro de muchos ámbitos como lo son: Laboral, Social y de Salud.

- Laboral: Las personas que tienen grandes lotes de sembrío a orillas de los ríos como las de arroz, palta y Uva, etc. Llegan a perder sus productos los cuales son de gran importancia para el sustento económico en sus hogares como también llegan a aportar una economía al País cuando son de gran producción y/o son de exportación.
- Social: Los propietarios llegan a tener daños en su infraestructura y en las vías de comunicación llegando hasta en muchos casos a perderlas.
- Salud: Estos empozamientos de agua se convierten en un almacenamiento de bacterias una de las más conocidas es el Dengue siendo el más perjudicial portando enfermedades que llegan a causar la muerte de muchos de los pobladores aledaños a los ríos.

El río Chuquillanqui aumenta su caudal entre los meses de enero y abril. No cuenta con una defensa Ribereña bien planteada en los bordes.

Los agricultores de los caseríos de Chuquillanqui y Pinchaday en épocas de verano y durante los fenómenos del niño son afectados por los desbordes del río Chuquillanqui que socaba las áreas de cultivo

teniendo como consecuencia grandes pérdidas económicas y materiales.

Otro problema que tiene Rio Chuquillanqui es que es de régimen irregular y torrencioso que durante épocas de verano acarrea gran cantidad de material sólido y flotante ocasionando que se sedimente y el río quede a nivel de las áreas de cultivo y produzca inundaciones. El problema de la sedimentación del material sólido que acarrea el río ha ocasionado que el puente Chuquillanqui sufra desbordes por detrás del estribo en su margen izquierda y la superestructura del puente funcione como un aliviadero, debido a la contracción del cauce e interrumpiendo el acceso principal al distrito de Lucma que se realiza a través del puente Chuquillanqui ubicado en el cauce del río del mismo nombre. Este puente sirve también de comunicación con otras localidades como son Chuquillanqui, Pinchaday, Chascon entre otros y el distrito de Huaranchal.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿Cuál de las estructuras gaviones y enrocado controla mejor el caudal del Rio Chuquillanqui?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.3.1. OBJETIVO GENERAL:

- Realizar un análisis comparativo entre gavión y enrocado para saber cuál de las dos propuestas hidráulicas es la mejor para reducir los riesgos de inundación del río Chuquillanqui

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- De Determinar el comportamiento del caudal del río Chuquillanqui.
- Determinar el comportamiento del suelo del río Chuquillanqui.
- Diseñar las estructuras Hidráulicas (gavión y enrocado)
- Realizar simulaciones para la comparativa del diseño de la estructura de Defensa Ribereña (gavión y enrocado)

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El proyecto de investigación es conveniente para proteger la crecida del río Chuquillanqui y tiene un valor teórico porque está orientada a la construcción de una defensa Ribereña y a la comparación entre gavión y enrocado para saber cuál de las dos propuestas hidráulicas es la mejor para reducir los riesgos de inundación del río en los caseríos Pinchaday y Chuquillanqui.

Tiene como relevancia social favorecer a los agricultores de Chuquillanqui y Pinchaday defendiendo sus áreas de cultivo de la crecida del río.

Con la investigación se podrá conocer en mayor medida el comportamiento de Río Chuquillanqui y se espera saber las características y dimensiones por ejemplo el ancho del río para poder sugerir ideas o recomendaciones a futuros estudios.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

- Alvaro Aguilar y Henriquez Fasanando (2014) en su investigación “DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO CHUQUILLANQUI TRAMO PUENTE PUNTA MORENO – PAMPAS DE JAGUEY APLICANDO EL PROGRAMA RIVER”, se propuso proteger las áreas de cultivo y la carretera de acceso a diferentes pueblos que están al margen izquierdo del río Chuquillanqui en el tramo puente Punta Moreno y Pampas Jaguey mediante el diseño de una estructura de defensa ribereña, para lo cual desarrolló la siguiente metodología, recolección de datos para lo cual se hizo los correspondientes estudios de ingeniería, estudio de suelos, de topografía e hidrológico para luego realizar el análisis de datos mediante cálculos estadísticos y el programa River, finalmente el diseño de la estructura de defensa ribereña . La investigación llegó a los siguientes resultados (el caudal de diseño máximo empleado por el programa fue de 1'134.84 m³/Seg, y el diseño del dique según el programa: Ancho corona 4.00m, Altura Enrocado 2.70m, Ancho de Uña

1.50m, Altura de Dique 2.70m, Altura de Uña 1.00m y Altura Total 3.70m). El principal aporte al trabajo de investigación son las características climatológicas de la zona, como la precipitación pluvial, la temperatura, humedad relativa, evaporación y el estudio hidrológico ya que pertenece a la misma cuenca de Chuquillanqui.

- El Br. VILLAR TAMBO CARLOS ENRIQUE (2017) en su investigación “SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO CHICO MODIFICADO POR CANALIZACIÓN Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN EN LADERAS DE LA ZONA URBANA DE LA LOCALIDAD DE CELENDÍN CAJAMARCA”, se propuso realizarla ubicación de los lugares críticos afectados por los desbordes del río Chico mediante la modelación hidráulica en el programa Hec - Ras , para lo cual desarrolló la siguiente metodología, se planteó modelar el río chico en su estado actual en el programa Hec – Ras (para esto se realizó los diversos estudios correspondientes a la ingeniería como son los estudios de suelos, topográficos e hidrológicos los cuales arrojarán datos para ingresarlos al programa) y zonificar las áreas más afectadas, luego diseñar las estructuras de contención de los bordes del río para nuevamente modelar con el programa Hec – Ras para aprobar la estabilidad de las laderas del río Chico. La investigación llegó a los siguientes resultados (el caudal máximo de diseño es 15. m³/s con dicho Q_{max.} y aplicando las siguientes dimensiones de muros de contención al programa Hec – Ras: ancho de la base = 1,60 m, altura de cimiento = 0,55 m, altura de pantalla = 2,60m, talones = 0,40m, corona = 0,40, talud exterior = 1:10. Se concluye que no se producen desbordamientos en el río Chico). El principal aporte al trabajo de investigación es de que manera usar el programa Hec – Ras para modelar el río Chuquillanqui para hacer el análisis comparativo.

- Los Brs. CASIANO RUBIO, JORGE LUIS y MONZÓN DE LA CRUZ, JOSÉ ARTEMIO (2017) en su investigación “INFLUENCIA DE ESTRUCTURAS DE ESTABILIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE Y CONTROL DEL FONDO SOBRE TRAMO LA ALAMEDA - TOMABAL DEL CAUCE DEL RIO VIRÚ EN SU PROCESO MORFODINAMICO”, se propuso proteger las estructuras de los puentes y muros de encausamiento que defienden las áreas de cultivo aledañas del efecto erosivo y los desbordes del río Virú respectivamente en el tramo Alameda – Tomabal, para lo cual desarrolló la siguiente metodología, se desarrolló los estudios de ingeniería, los más conocidos (estudio topográfico, de suelos, hidrológicos), luego el análisis de datos mediante el programa Hec – Ras se ubicaron las zonas críticas producidas por los efectos erosivos que son producidos por el acarreo de sedimentos y para mitigar este problema se pondrá en funcionamiento estructuras llamadas traviesas donde los sedimentos se colocan de tal manera para reducir el paso de los sedimentos y resguardar las estructuras anteriormente mencionadas. La investigación llegó a los siguientes resultados (la pendiente del río es de 8.5% los Caudales máximos según los siguientes periodos de retorno son: (Tr = 10 años, Q= 115.65 m³/s; Tr=50 años, Q= 382.95 m³/s ; Tr=100, Q= 592.95 m³/s) el estudio de suelo se obtuvo que la capacidad admisible del terreno es $q_a = 4.14 \text{ Kg/cm}^2$, la profundidad de socavación es $H_s = 2.86 \text{ m}$, las dimensiones de las traviesas, tirante normal del canal = 0.693m , carga de velocidad del canal = 0.122 y el ancho = 80m). El principal aporte al trabajo de investigación son la modelación y el uso del programa Hec – Ras. También para conocer la profundidad de socavación y como determinar la cantidad de sedimento.

- Los BRS. LYONELD CHACON YUPANQUI y VICTOR PORTILLA CASTILLO (2017) en su investigación “DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE MUROS DE CONTENCIÓN Y GAVIONES EN EL CAUCE DEL RIO TINGO EN EL ANEXO VIJUS - PATAZ ”, se propuso resguardar el limite izquierdo del rio tingo en el anexo Vijus –Pataz ya que a lo largo del rio mencionado se ubican viviendas y centros recreacionales para lo cual se determinó el diseño y la modelación del rio para el comportamiento hidráulico de gaviones y muros de contención , para lo cual desarrolló la siguiente metodología, se inició con la recolección de datos mediante los estudios de suelos, topográfico e hidrológicos que se obtuvo mediante software de cálculos hidrológicos estadísticos, para delimitación de la cuenca y datos geomorfológicos se usó ARC GIS luego se procedió a la modelación del rio en el programa HEC-RAS para luego diseñar los muros de contención y gaviones con periodos de retorno de $T = 500$ años y comprobar su estabilidad y funcionalidad. La investigación llegó a los siguientes resultados (se obtuvo el caudal $Q= 120.70 \text{ m}^3/\text{s}$ para $T = 500$ años, el tirante medio del rio es 1.64m. con esta medida se diseñó los muros de contención y gaviones, se llegó a determinar que el gavión es la estructura más favorable por ser más flexibles y sirven de drenaje para evacuar las aguas del rio filtradas en los terrenos aledaños). El principal aporte al trabajo de investigación es el uso de diferentes softwares (ARC GIS, AutoCAD /Civil 3D, HIDROESTA, HEC-RAS, HEC-HMS y HIDROLOGY TOOLBOX.)
- Los BRS. MUÑOZ AGUILERA GIANCARLO JUNIOR y TORRES ABANTO LUIS ALEJANDRO (2016) en su investigación “ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN PARA DEFENSA RIBEREÑA ANTE EL LATENTE FENÓMENO NATURAL DE EL NIÑO, DEL RIO ALTO CHUQUILLANQUI TRAMO EL MOLINO DISTRITO DE CASCAS PROVINCIA DE GRAN CHIMÚ – DEPARTAMENTO LA LIBERTAD”, se propuso diseñar estructuras de

contención de defensa riverena para la proteger del efecto erosivo del rio alto Chuquillanqui a las áreas de cultivo y a la carretera que está en el margen derecho del rio causadas por el fenómeno del niño, para lo cual desarrolló la siguiente metodología, se inició con la recolección de datos mediante los estudios hidrológicos, de suelos y topográfico para luego hacer el análisis de datos mediante el programa River para diseñar el dique de la defensa riverena. La investigación llegó a los siguientes resultados (El caudal de diseño máximo calculado por el programa fue de 1'134.84 m³/Seg, y el diseño del dique según el programa: Altura de Dique 2.70m, Altura de Uña 1.00m, Altura Total 3.70m, Ancho corona 4.00m, Altura Enrocado 2.70m, Ancho de Uña 1.50m). El principal aporte al trabajo de investigación son los datos climatológicos y es estudio geotécnico ya que se trata de un lugar vecino al lugar donde se desarrollará el presente proyecto.

(MUÑOZ AGUILERA & TORRES ABANTO , 2016)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO DE ESTUDIO

El ámbito para el estudio hidrológico comprende la sub cuenca del río Chuquillanqui.

2.2.1.1. UBICACIÓN

2.2.1.1.1. GEOGRÁFICA

Geográficamente se encuentra comprendido aproximadamente entre los paralelos 7°35'12" y 7°23'27" de Latitud Sur y los meridianos 78°41'36" y 78°25'17" de Longitud Oeste.

2.2.1.1.2. HIDROGRÁFICA

Hidrográficamente la Sub cuenca Chuquillanqui limita por el:

Norte: Cuenca del río Jequetepeque

Este: Cuenca del río Crisnejas

Sur: Sub Cuenca del río Huacaday

Oeste: Sub Cuenca Media del río Chicama

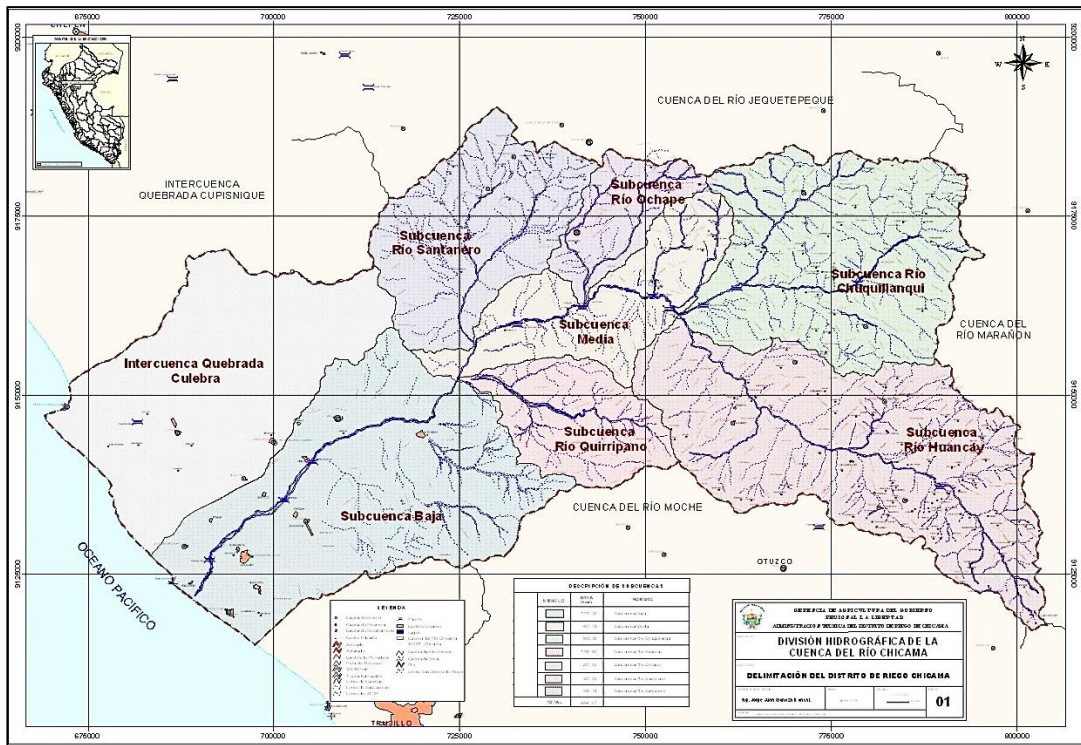


Fig. 1 Ubicación sub cuenca del río Chuquillanqui Fuente: ANA

2.2.1.1.3. POLÍTICA

Políticamente comprende parte de los distritos de Lucma y Sayapullo en la provincia de Gran Chimú, región La Libertad; los distritos de Cospan y Asunción en la provincia de Cajamarca, región Cajamarca.

2.2.1.2. VÍAS DE ACCESO

Ruta	Carretera	Km.	Horas	Vehículo	Frecuencia
Trujillo – Sausal	Asfaltada	60.1	1H	Ómnibus	Diaria
Sausal – desvío Cascas	Asfaltada	35.7	1H	Ómnibus	Diaria
desvío Cascas – 09 de Octubre (puente Chuquillanqui)	Asfaltada	22.9	40min	Ómnibus	Diaria
Total		118.7	2H:40min		

Tabla 1 vías de acceso Fuente: Elaboración propia

2.2.1.3. DETALLES DE LA SUB - CUENCA DEL RIO CHUQUILLANQUI

Nace en el riachuelo de Huaycot a 4000 m.s.n.m. y continua su recorrido por el río san Jorge hasta la confluencia con el río Cospan a la altura de los Baños Chimú. A partir de éste se denomina río Chuquillanqui. (Oruna, 2013)

Los principales afluentes al río Chuquillanqui son: por la margen izquierda el río San Jorge, cuya naciente se origina en las quebradas Sunchubamba, Agua Blanca y Huaycot; por la margen derecha el río

Cospan, cuya naciente se origina en las quebradas de la Cortadera y Chupicayacu. (Oruna, 2013)

El río Chuquillanqui tiene 02 tributarios que son el río San Jorge y el río Cospan hasta la desembocadura con el río Chicama que recorren un corto tramo aproximadamente 10.12 Km. (Oruna, 2013)

Uno de los principales usos de estos ríos es el uso Agrícola ocupando la mayor parte de sus áreas agrícolas por el cultivo de Pastos, Papa, Maíz y otros. A lo largo de estos ríos se distribuyen varios poblados importantes, siendo el de mayor importancia la ciudad de Cospan. Otro uso importante es el uso poblacional en menor magnitud debido a que su población es mínima, mientras que el uso minero en esta sub-cuenca es muy reducido. (Oruna, 2013)

La cuenca del río Chuquillanqui se ubica a partir de los 706 m.s.n.m. y tiene una extensión de 909.16 Km².

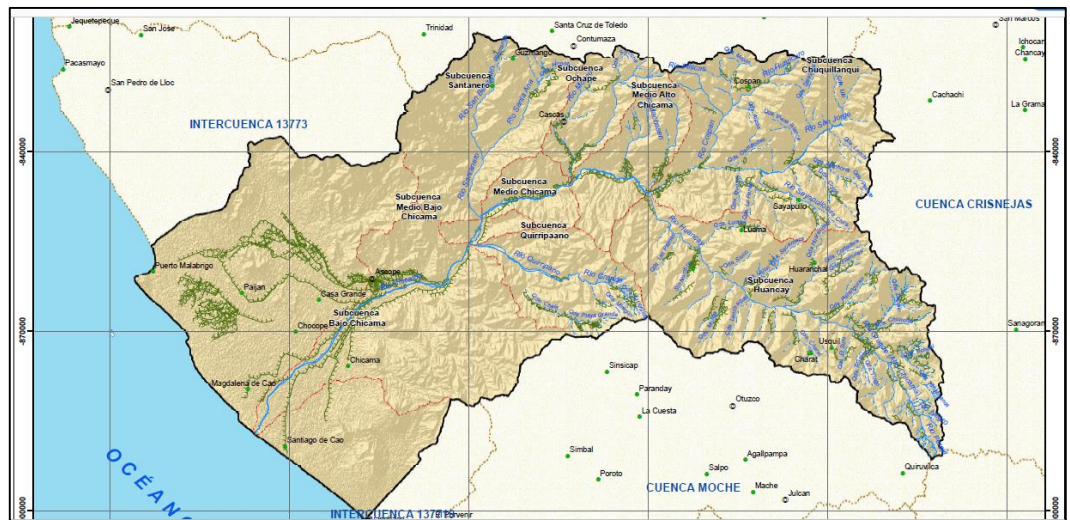


Fig. 2 Limitación De La Sub - Cuenca Del Río Chuquillanqui Fuente: ANA

La cuenca en estudio posee 02 Microcuencas y 01 Inter-cuenca, las cuales son:

- Microcuenca del Río Cospan
- Microcuenca del Río San Jorge
- Inter-cuenca del Río Chuquillanqui

2.2.2. MEDIDAS DE INGENIERÍA

Las medidas de ingeniería aplicadas en las defensas ribereñas son de dos tipos:

- Revestimiento de Orillas
- Alejamiento del Flujo de Orillas
- **Revestimiento de Orillas**

Gaviones

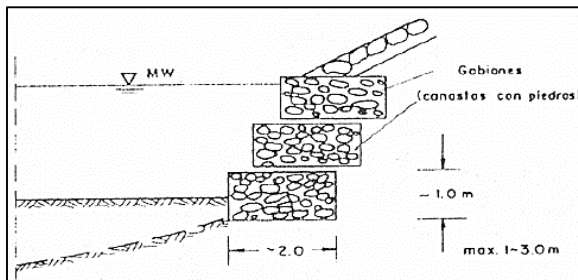


Fig. 3 Ejemplo de gaviones Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas

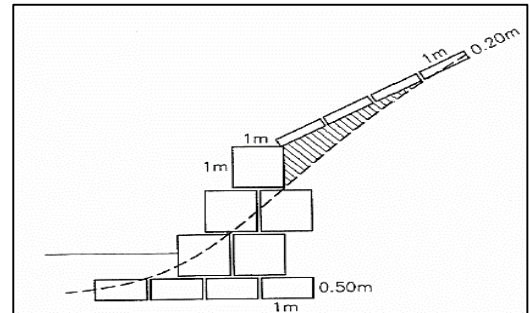


Fig. 4 Ejemplo de gaviones Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas

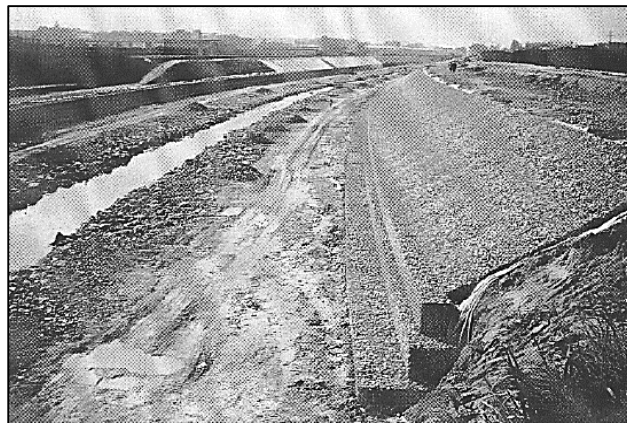


Fig. 5 Ejemplo de gaviones Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas

(Toro, INTRODUCCION A LOS PROYECTOS DE DEFENSAS RIBEREÑAS, 2002)

Revestimiento de Enrocado

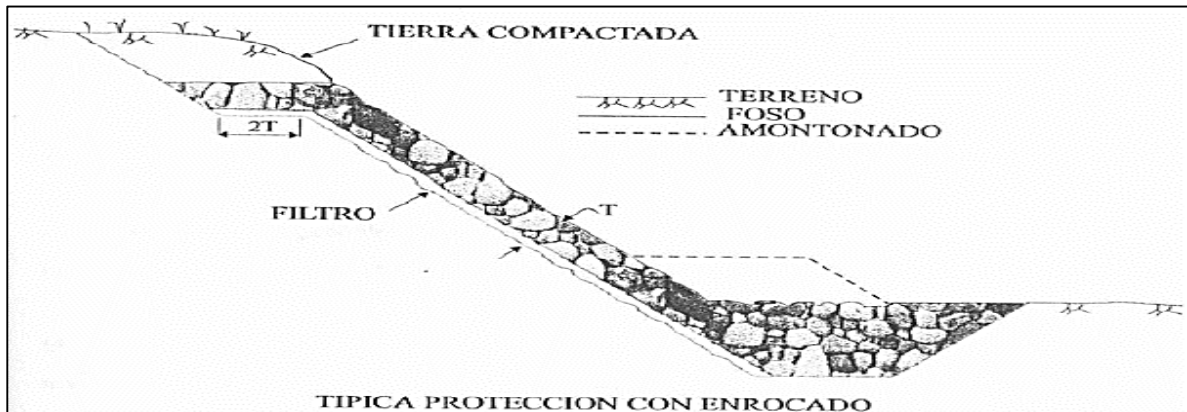


Fig. 6 Ejemplo de Revestimiento de Enrocado Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas

Matrices de Roca y Alambre

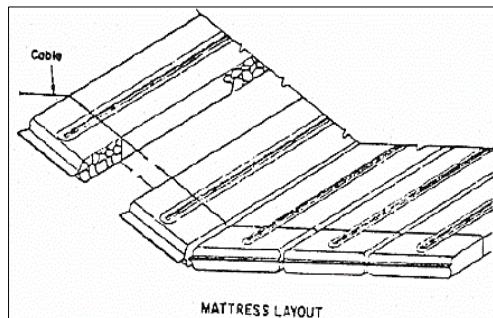


Fig. 7 Ejemplo de Matrices de Roca y Alambre Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas

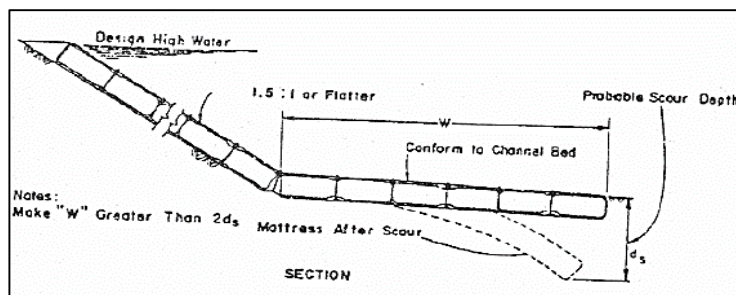


Fig. 8 Ejemplo de Matrices de Roca y Alambre Fuente: Toro, Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas

(Toro, INTRODUCCION A LOS PROYECTOS DE DEFENSAS RIBEREÑAS, 2002)

Sacos de Arena

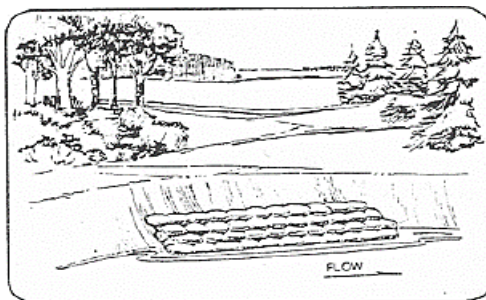


Fig. 9 Ejemplo de Sacos de Arena Fuente: Toro, *Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas*

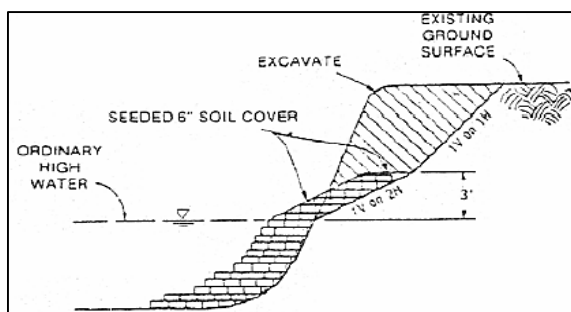


Fig. 10 Ejemplo de Sacos de Arena Fuente: Toro, *Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas*

Matrices de Concreto Articulado

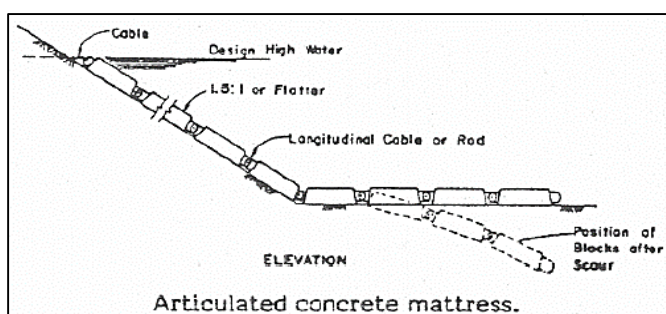


Fig. 12 Ejemplo de Matrices de Concreto Articulado Fuente: Toro, *Introducción a Los Proyectos De Defensas*

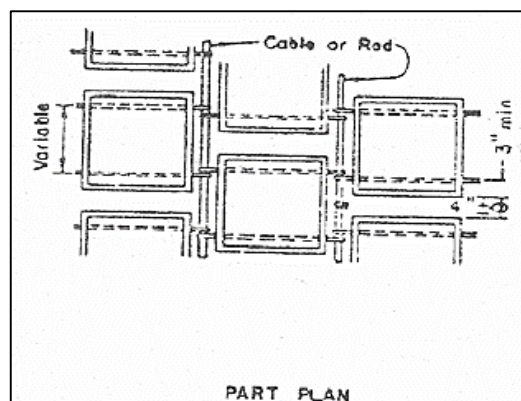


Fig. 11 Ejemplo de Matrices de Concreto Articulado Fuente: Toro, *Introducción a Los Proyectos De Defensas Ribereñas*

(Toro, INTRODUCCION A LOS PROYECTOS DE DEFENSAS RIBEREÑAS, 2002)

Estructura del Proyecto

El desarrollo de un proyecto tiene las siguientes fases:

- Reconocimiento de Campo.
- Estudios Básicos
- Diseño de la solución

Reconocimiento de Campo:

- El objetivo del reconocimiento de campo es tener una apreciación general del comportamiento del río
- Antes de iniciar el reconocimiento de campo se debe examinar la información disponible

Se Debe Obtener la Siguiete Información:

- Estudiar las características de las zonas inundables, y de los meandros
- Determinar si el río es estáticamente estable, dinámicamente estable, o inestable
- Rango de variaciones de los máximos niveles de agua Magnitud de los caudales de Avenida
- Ancho del cauce principal, y de las llanuras de inundación
- Granulometría del material del cauce
- Características de los terrenos que conforman las riberas.

Estudios Básicos:

a. Geología y Geotecnia

- Fallas - Estratos - resistencia del suelo
- Flujos subterráneos - Estudio del material del cauce del río
- Estudio de canteras, etc.

b. Topografía

c. Hidrología

- Avenida de Diseño

c. Hidráulica Fluvial

- Velocidades y direcciones del flujo
- Máximos niveles de agua.

(Toro, INTRODUCCION A LOS PROYECTOS DE DEFENSAS RIBEREÑAS, 2002)

2.2.3. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

El propósito de la visita de campo es poder reconocer la zona en donde se desarrollará el mencionado proyecto y comprobar la situación del mismo.

La expedición se dividió en dos partes; el inicio del tramo, río arriba cerca del puente Chuquillanqui en el límite de los caseríos Chuquillanqui y Pinchaday, y la segunda parte comprende el final de tramo de estudio que se ubica en la confluencia entre los ríos Chuquillanqui y Huancay.

La primera parte de la expedición del tramo en estudio que comprende el límite de los caseríos Chuquillanqui y Pinchaday tomando como referencia el río Chuquillanqui en dirección río arriba las zonas inundables de esta parte están en el margen derecho del río donde se encuentran los campos de cultivo en su mayoría de arroz y en el margen izquierdo se encuentra la carretera que se encuentra a una altura considerable para no verse perjudicada por el aumento del caudal del río y también hay campos de cultivo de uva, pero antes del puente Chuquillanqui río arriba la franja izquierda de campos de cultivo está siendo erosionada por el flujo del río, el largo y altura del puente Chuquillanqui no es suficiente para los máximos caudales y también ocurre un fenómeno especial de sedimentación y acumulación de material aluvial.

El río es dinámicamente inestable, el cauce y el flujo del río se modifica cada año por la crecida del caudal y los huaycos, esto lleva que el cauce del río puede apegarse al margen derecho o izquierdo, también la inestabilidad del río ha producido otros cauces distintos al ramal principal con caudales más pequeños que crea un desorden en las riberas del río.

La segunda parte de la expedición del tramo en estudio que se ubica en la confluencia entre los ríos Chuquillanqui y Huancay; como referencia el río Chuquillanqui en dirección río arriba las zonas inundables de esta parte están en el margen izquierdo del río donde se encuentran la mayor parte de los campos de cultivo en su mayoría de arroz y en el margen derecho se encuentran campos de cultivo de arroz, árboles frutales y viviendas.

El río es dinámicamente inestable, el cauce y el flujo del río se modifica cada año por la crecida del caudal y los huaycos, esto lleva que el cauce del río puede apegarse al margen derecho o izquierdo, también la inestabilidad del río ha producido otros cauces distintos al ramal principal con caudales más pequeños que crea un desorden en las riberas del río y esto provocando que cada año se pierda áreas de cultivo. Las imágenes de **reconocimiento de campo** se encuentran en el **Anexo 01**

2.2.4. ESTUDIOS BASICOS

2.2.4.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA SUB CUENCA DEL RIO CHUQUILLANQUI

I. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Hidrología es fundamental para el diseño de estructuras defensas ribereñas, de este estudio obtendremos los parámetros hidrológicos para el dimensionamiento hidráulico de las estructuras de gavión y enrocado que ante un eventual evento extraordinario la superestructura no se vea afectada.

El estudio hidrológico comprende la recopilación de datos pluviométrica e hidrométrica, el análisis de las máximas avenidas para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años en Hec HMS.

1.1 ANTECEDENTES

El material de referencia al presente estudio es los realizados en la cuenca del río Chicama por la ANA y el MINAG.

1.2 OBJETIVO

Establecer a través del estudio hidrológico los caudales de diseño para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años en el programa Hec HMS.

II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO HIDROLÓGICO

El área para el estudio hidrológico comprende la sub cuenca del río Chuquillanqui.

2.1 UBICACIÓN

2.1.1 Geográfica

Geográficamente se encuentra comprendido aproximadamente entre los paralelos 7°35'12" y 7°23'27" de Latitud Sur y los meridianos 78°41'36" y 78°25'17" de Longitud Oeste.

2.1.2 Hidrográfica

Hidrográficamente la Sub cuenca Chuquillanqui limita por el:

Norte: Cuenca del río Jequetepeque

Este: Cuenca del río Crisnejas

Sur: Sub Cuenca del río Huacaday

Oeste: Sub Cuenca Media del río Chicama

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SUB - CUENCA DEL RIO CHUQUILLANQUI

Nace en el riachuelo de Huaycot a 4000 m.s.n.m. y continua su recorrido por el río san Jorge hasta la confluencia con el río Cospan a la altura de los Baños Chimú. A partir de éste se denomina río Chuquillanqui. (ANA Y MINAGRI, 2015)

Los principales afluentes al río Chuquillanqui son: por la margen izquierda el río San Jorge, cuya nacimiento se origina en las quebradas Sunchubamba, Agua Blanca y Huaycot; por la margen derecha el río Cospan, cuya nacimiento se origina en las quebradas de la Cortadera y Chupicayacu. (ANA Y MINAGRI, 2015)

El río Chuquillanqui tiene 02 tributarios que son el río San Jorge y el río Cospan hasta la desembocadura con el río Chicama que recorren un corto tramo aproximadamente 10.12 Km.

Uno de los principales usos de estos ríos es el uso Agrícola ocupando la mayor parte de sus áreas agrícolas por el cultivo de

Pastos, Papa, Maíz y otros. A lo largo de estos ríos se distribuyen varios poblados importantes, siendo el de mayor importancia la ciudad de Cospan. Otro uso importante es el uso poblacional en menor magnitud debido a que su población es mínima, mientras que el uso minero en esta sub-cuenca es muy reducido.

La cuenca del río Chuquillanqui se ubica a partir de los 706 m.s.n.m. y tiene una extensión de 909.16 Km². (ANA Y MINAGRI, 2015)

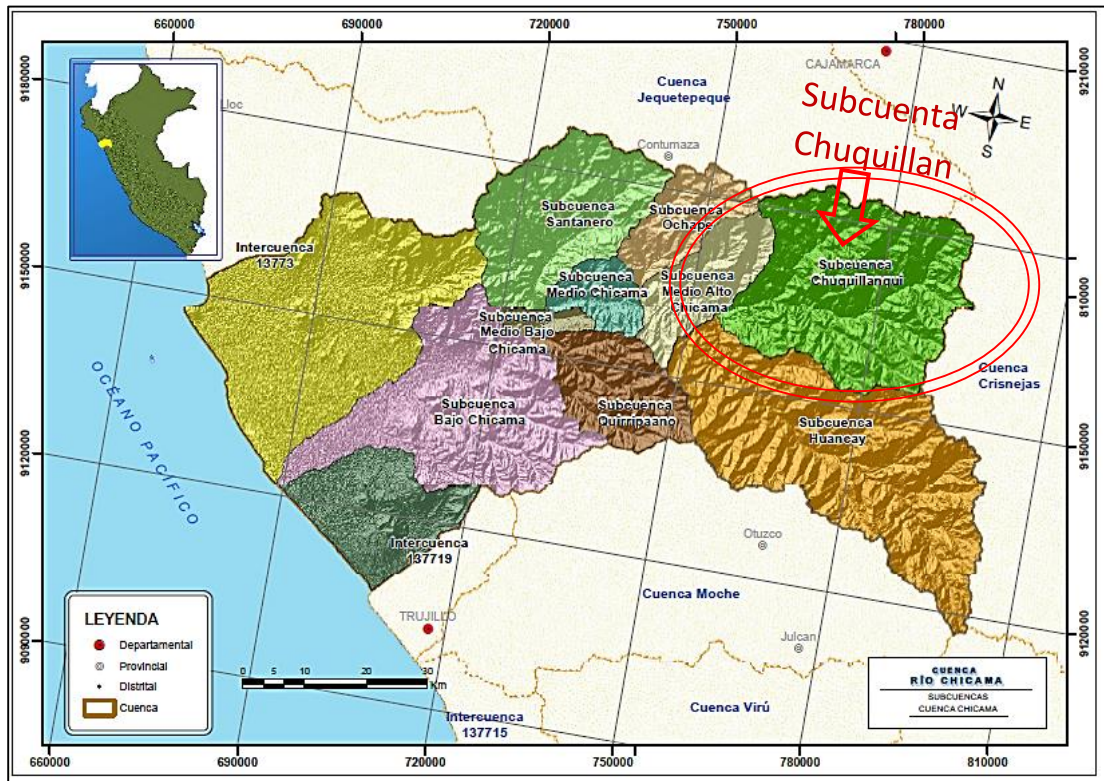


Fig. 13 Ubicación De La Sub - Cuenca Del Río Chuquillanqui Fuente: ANA

La cuenca en estudio posee 02 Microcuencas y 01 Inter-cuenca, las cuales son:

- Microcuenca del Río Cospan
- Microcuenca del Río San Jorge
- Inter-cuenca del Río Chuquillanqui

2.2.1 MICROCUENCA DEL RIO COSPAN

Nace en la localidad de Huaricuro a una altitud de 3800 m.s.n.m. y cuenta con un área de drenaje de 238.5Km².

Sus nacientes son alimentadas por la laguna Mamacocha que Hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Jequetepeque. Los riachuelos más importantes son Salcha, San Martín y Siracat. La quebrada de Salcha es la que alimenta a la Central Hidroeléctrica Cospan que genera 25 KW para el poblado del mismo nombre. (ANA Y MINAGRI, 2015)

La Microcuenca Cospan dentro del ámbito de estudio fue distribuida en principales afluentes al río Cospan en quebradas y ríos. (ANA Y MINAGRI, 2015)

2.2.2 MICROCUENCA DEL RIO SAN JORGE

Su nacimiento corresponde a las del cauce principal de la subcuenca del río Chuquillanqui a 4000 m.s.n.m y posee un área de drenaje de 580.8Km².

Existen tres lagunas que se encuentran en proceso de extinción. Los riachuelos más importantes son Quepayoc, Sacranchi, Casais, Salagual, Peña Blanca, La Colpa, Farrat y Simbrón. (ANA Y MINAGRI, 2015)

2.2.3 INTERCUENCA RIO CHIUILLANQUI

A. RÍOS

RIO CHUQUILLANQUI

El río Chuquillanqui es llamado así desde la intercepción del Río Cospan y el río San Jorge hasta la confluencia con el río Chicama; siendo sus tributarios las quebradas de Chacapunta, Pinchaday, Honda, Del Viejo y Del Cardinal. (ANA Y MINAGRI, 2015)

Este río representa un cauce exployado, predomina la erosión y transporte de sedimentos. La remoción proviene de las

quebradas tributarias, que alteran el curso del agua multiplicando la acción erosiva.

El río Chuquillanqui se encuentra ubicado a la margen derecha del río Chicama siendo sus tributarios principales el río San Jorge ubicada a la margen izquierda y el río Cospan ubicada a la margen derecha de dicho río, cuyo tramo tiene una longitud de su cauce de 10.221 Km, con una pendiente promedio de $S=0.0196$ m/m lo que significa que es una pendiente suave, con un desnivel de 200 m. (ANA Y MINAGRI, 2015)

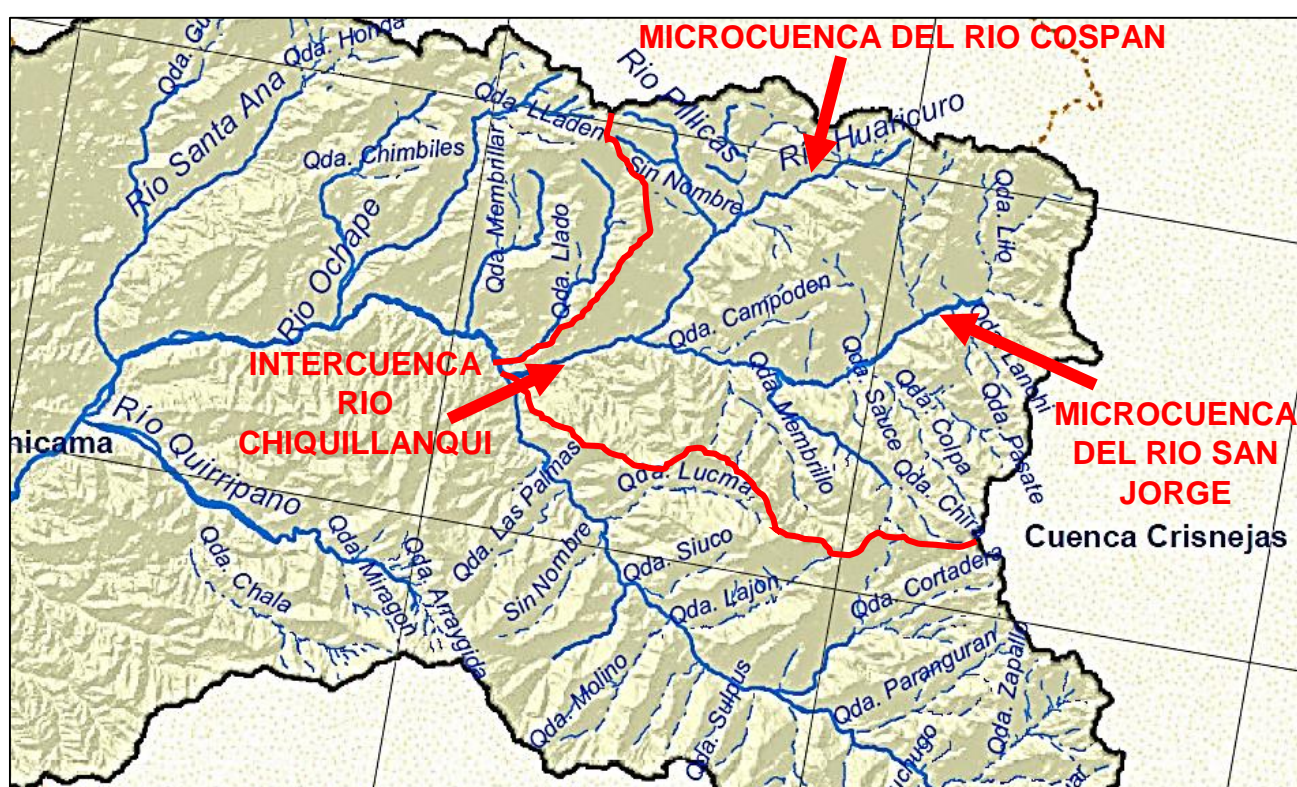


Fig. 14 División De La Sub - Cuenca Del Río Chuquillanqui Fuente: ANA

2.3 ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

Se ha recopilado la siguiente información de los estudios técnicos desarrollados anteriormente y del SENAMHI.

Para el análisis climático y pluviométrico se recurrió a los registros mensuales de 04 estaciones meteorológicas: Cospan, Cachachi, Callancas y Asunción, así como la estación hidrométrica de Salinar. Los parámetros existentes son precipitación mensual, evaporación

mensual, heliofanía media mensual, temperatura máxima, media y mínima mensual, humedad relativa máxima, media y mínima, velocidad del viento media mensual y descarga diaria. (ANA Y MINAGRI, 2015)

En el **ANEXO 2** se encuentra la compilación de la **información hidrometeorológica**.

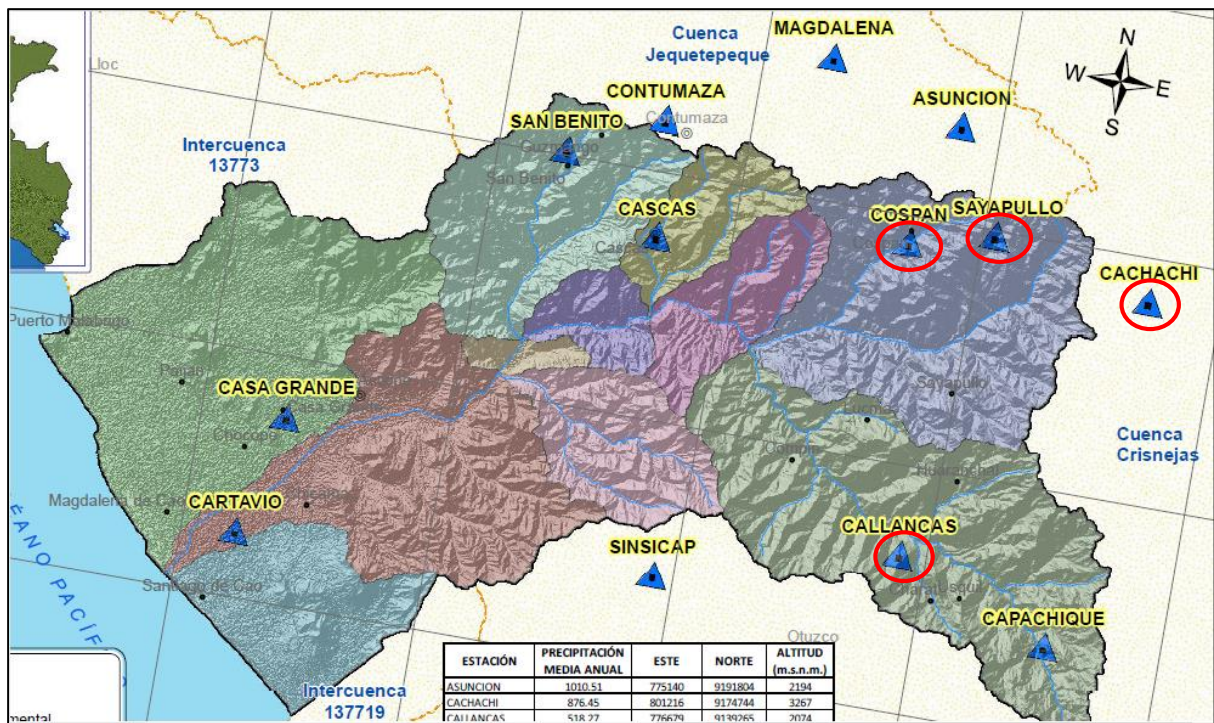


Fig. 15 Ubicación de las Estaciones Hidrometeorológica Fuente: ANA

2.4 GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL (río principal)

El río Chuquillanqui en su recorrido por la subcuenca del mismo nombre, adopta una serie de estados geomorfológicos resaltantes.

- Curso Superior: Comprende desde las nacientes hasta la localidad de Huaycos. El cauce es estable y poco profundo. La cobertura vegetal que cubre las riveras, se desprende paulatinamente. La erosión del cauce es incipiente. Se manifiesta pequeños y dispersas áreas de arrastre de suelo. Las áreas de cultivos se ubican en las colinas. (ANA Y MINAGRI, 2015)

Curso Medio: Comprende el tramo entre Casáis y Baños Chimù. Posee cauce encañonado y de fuerte pendiente. Predomina la erosión y transporte de sedimentos. La remoción que proviene de

las quebradas alteran el curso del agua y acrecientan la turbulencia y multiplican la acción erosiva. Las áreas de cultivo se ubican a media ladera. (ANA Y MINAGRI, 2015)

- Curso Inferior: Comprende desde el caserío de Baños Chimú hasta la confluencia con el río Huancay (Puente Tambo). El curso reduce su pendiente, el cauce se amplifica y se abre el abanico fluvial. Predomina la deposición de material grueso (bolonería) y fino (sedimentos). El curso es inestable, forma meandros y se bifurca, provocando inundaciones en las terrazas bajas, en época de avenidas. Las áreas de cultivo se concentran en las terrazas más altas del abanico. (ANA Y MINAGRI, 2015)

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES INTENDENCIA DE RECURSOS HIDRICOS ADMINISTRACION TECNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHICAMA Proyecto : Evaluación y Ordenamiento de los recursos hídricos de la cuenca del río Chicama HIDROLOGIA										
Cuadro Nro. 3.11 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS RIOS - SUBCUENCA CHUQUILLANQUI										
N°	Nombre del Río	NACIENTE		CARACTERISTICAS PRINCIPALES						Tipo de Uso
		Altitud (msnm)	Lugar	Estado geomorfológico	Regimen	Longitud (km)	Pendiente promedio	Q. aforado (m ³ /s)	Orden de río	
RIO PRINCIPAL SUBCUENCA										
1	Chuquillanqui	990 665	Checapunta Tambo	Cauce estable arrastre bolonería	Permanente	10.196	0.0236	1.108	5	Agrícola
RIO PRINCIPAL MICROCUENCAS										
1	San Jorge	3,950 990	Huayot Checapunta	Cauce estable arrastre bolonería	Permanente	41.51	0.0757	0.289	4	Agrícola
2	Cospan	3,800 920	Huaringuro Checapunta	Cauce estable con vegetación	Permanente	28.536	0.0963	0.782	4	Agrícola

Nota : La descarga de los rios principales es de acuerdo a la 1ra. Campaña de aforo (octubre 2003)

Fig. 16 Características De La Sub - Cuenca Del Río Chuquillanqui Fuente: ANA

PENDIENTE LONGITUDINAL - RIO CHUQUILLANQUI

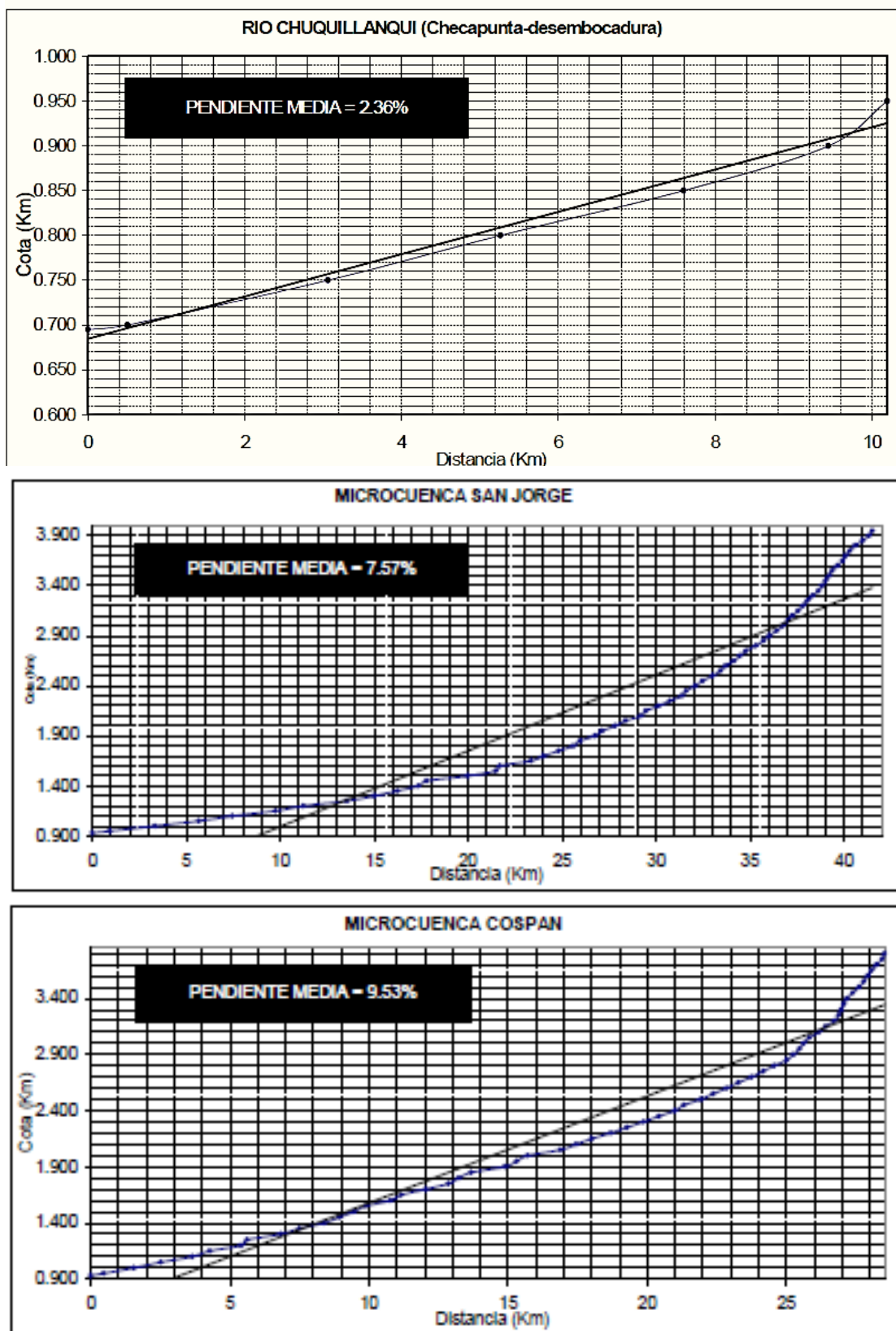


Fig. 17 Pendientes longitudinales De La Sub - Cuenca Del Rio Chuquillanqui Fuente: ANA

III. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico considera las características morfométricas de la cuenca, los tiempos de concentración, duración e intensidad de la lluvia para el cálculo de caudales máximos utilizando el método precipitación escorrentía para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

3.1 MODELO PRECIPITACIÓN ESCORRENTÍA

La modelación hidrológica de cuencas grandes, mayores a 1000 millas cuadradas (2589 km²), son comúnmente desarrollados con métodos determinísticos. Estos métodos dependen principalmente de los principios físicos, útiles para diseñar las diferentes interrelaciones hidrológicas que permiten determinar los hidrogramas de avenida.

En estas cuencas, las estimaciones de las abstracciones hidrológicas son complicadas debido al rango de condiciones anteriores de humedad, así mismo la selección de los parámetros que gobiernan el tránsito en los cauces y la distribución espacial y temporal de las tormentas que producirán el pico máximo de la avenida son grandemente complicados y requieren de una estimación cuidadosa.

El desarrollo del método determinístico ha dado grandes avances, apoyado en el desarrollo de la computación y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

3.2 MODELACIÓN HIDROLÓGICA - HEC HMS

HEC-HMS es un modelo hidrológico desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC), del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, que simula el proceso de precipitación - escorrentía.

HEC-HMS dispone de las siguientes opciones para esta simulación:

- Varias alternativas para la determinación de las abstracciones.
- Métodos agregados o lineales de transformación de la escorrentía distribuida.
- Opciones de tránsito hidrológico
- Un sistema de optimización de parámetros.

3.2.1 DETERMINACIÓN DE ABSTRACCIONES

Las abstracciones se refieren a la cantidad de lluvia infiltrada en la tierra. HEC-HMS emplea los métodos más comunes para calcular las pérdidas o abstracciones. El método que mejor se ajusta para el presente trabajo es el SCS (Soil conservation Service), en base a la curva numero característico, calculado a partir la cobertura de la cuenca.

Los valores de Numero de Curva de las subcuencas fueron calculadas a partir de los planos de cobertura vegetal, mapa de uso de suelo y el mapa de pendientes el valor final resulta de la ponderación de los valores individuales distribuidos espacialmente asignados según la tabla de Ven Te Chow.

3.2.2 TRANSFORMACIÓN DE ESCORRENTÍA (RUNOFF TRANSFORMATION)

Este módulo convierte el exceso de precipitación en la subcuenca a escorrentía directa en la salida. Tiene disponible los métodos agregados y distribuidos. En el método agregado, la escorrentía es determinada usando hidrogramas unitarios tales como: Clark, Snyder o SCS o métodos de onda cinemática.

En la cuenca estudiada se empleó el método del Hidrograma Unitario del SCS.

3.2.3 TRÁNSITO EN CAUCES (CHANNEL ROUTING)

El tránsito en cauces permite conocer el movimiento del flujo en el tramo del cauce desde las salidas de la subcuenca hasta la salida de la cuenca. Las opciones para el tránsito son: Muskingum, el Pulso Modificado, la Onda Cinemática y el método de Muskingum-Cunge.

La selección de la técnica a emplearse se basa en el tiempo de flujo del cauce y el delta de tiempo empleado para la simulación. Si el tiempo de traslado del flujo en el cauce es menor al delta de tiempo analizado (Δt) el tránsito en el canal se desarrolla con el método de desfase puro (pure lag), en caso contrario el tránsito se desarrolla con el método Muskingum.

Para el presente estudio en base a la información meteorológica procesada se ha obtenido precipitaciones para la subcuenca Chuquillanqui, no considerando tránsito por no unirse otra subcuenca o entre microcuencas.

3.3 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE PRECIPITACIONES

MÁXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

La precipitación areal media anual de la cuenca del río Chuquillanqui es de 738.3mm.

Siguiendo el método de precipitaciones máximas acumuladas para 5 días de lluvias consecutivas se ha determinado la lámina máxima para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años para las estaciones meteorológicas de Asunción, Callancas y Cospan.

Los datos y gráficos para la **determinación de láminas de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno** se encuentran en el **ANEXO 2** a continuación en el cuadro siguiente se muestran los resultados.

ESTACION	PP (mm) SEGÚN AÑOS DE RETORNO			
	10	25	50	100
ASUNCION	96.3	104.9	119.4	148.4
CALLANCAS	95.0	103.3	117.0	144.5
COSPAN	95.6	102.7	114.5	138.1

Tabla 2 Precipitaciones Máximas para Diferentes Periodos de Retorno Fuente: ANA

3.4 HISTOGRAMA DE LA TORMENTA

De la estación meteorológica de Cachachi se ha tomado el registro de la tormenta iniciada el 11 de marzo del 2009 a las 7:00 a.m. y terminada el 14 de marzo del 2009 a las 7:00 a.m.

Precipitación Mensual (mm) – Estación Cachachi

Lugar: Cajamarca - Cajabamba - Cachachi (Funcionando)

Latitud : 7° 27' 27" S

Longitud : 78° 16' 16" W

Altitud : 3267 msnm

FECHA	HORA		PP (mm)
11-mar-2009	07:00	19:00	20.0
	19:00	07:00	8.0
12-mar-2009	07:00	19:00	48.0
	19:00	07:00	38.0
13-mar-2009	07:00	19:00	34.0
	19:00	07:00	4.0

INTERVALO TIEMPO (Hr)	TIEMPO ACUM. (Hr)	PP ACUM. (mm)	PP (mm)	INTENSIDAD (mm/hr)
	0	0		
12	12	20	20	1.67
12	24	28	8	0.67
12	36	76	48	4.00
12	48	114	38	3.17
12	60	148	34	2.83
12	72	152	4	0.33

Tabla 3 Precipitación Mensual (mm) – Estación Cachachi

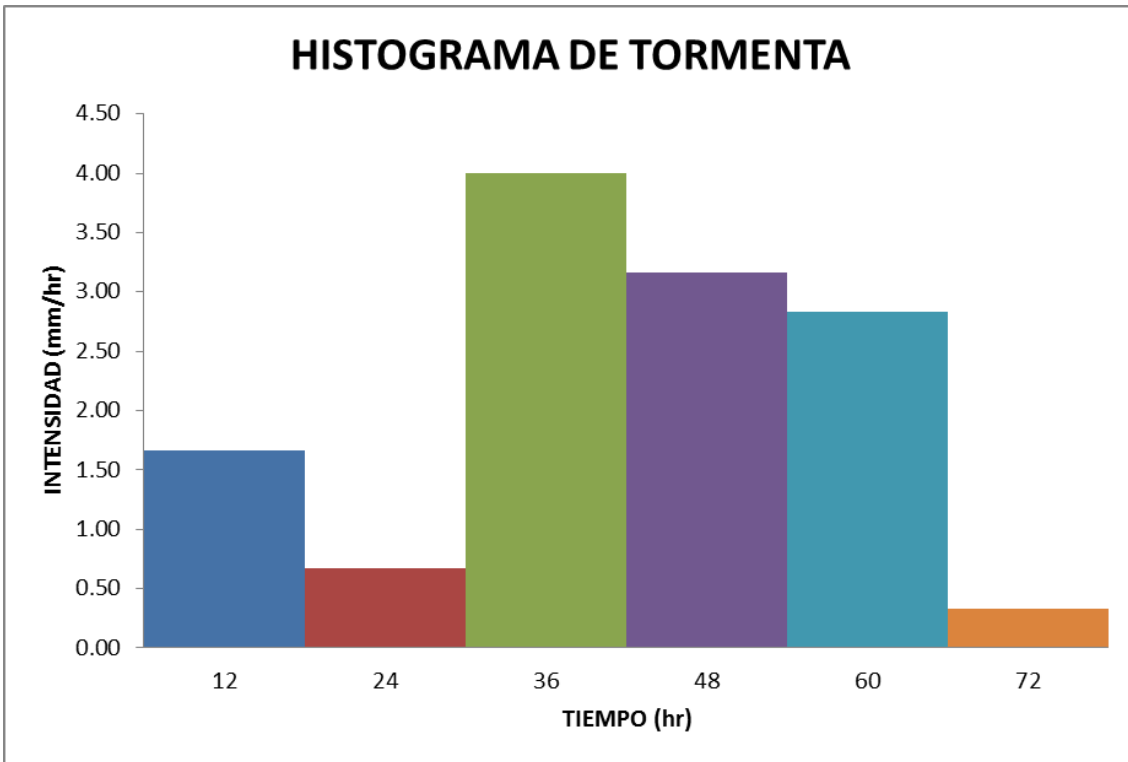


Fig. 19 Histograma de Tormenta – Estación Cachachi Fuente: Propia

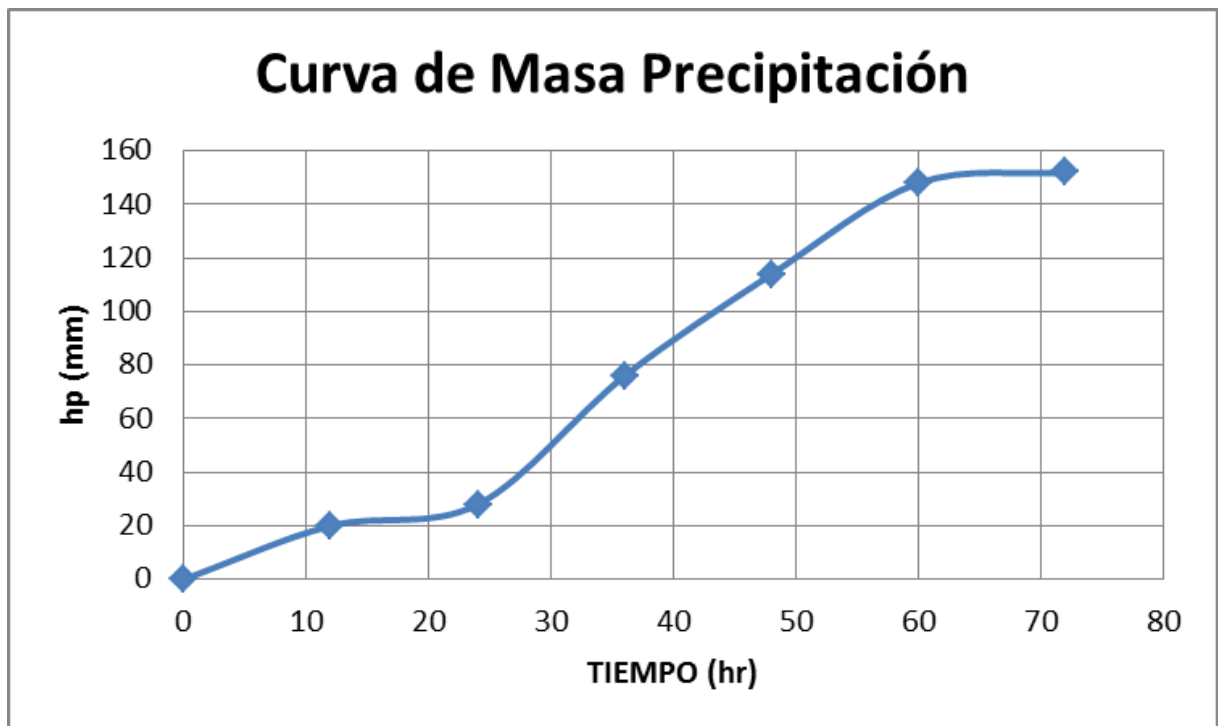


Fig. 18 Curva de Masa de Precipitación Fuente: Propia

3.5 MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA SUBCUENCA CHUQUILLANQUI - HEC HMS

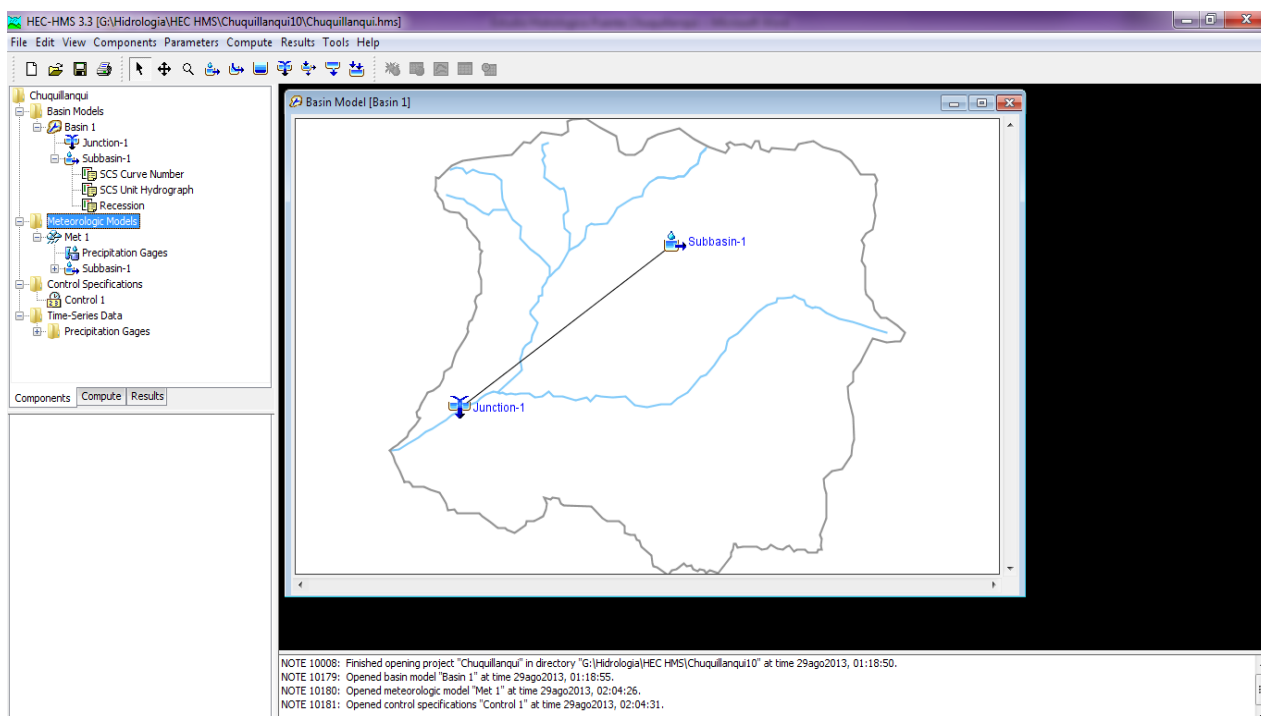


Fig. 20 Modelamiento Hidrológico de la Subcuenca Chuquillanqui en Hec Mms Fuente: Propia

En la simulación con el Sistema de Modelamiento Hidrológico (HEC HMS) de la Sub cuenca Chuquillanqui se emplearon los siguientes parámetros:

CN	S (mm)	%
80	65	0.0

Tabla 4 Parámetros de pérdida en la Subcuenca Chuquillanqui Fuente: ANA

Graph Type	Lag Time (min)
Standard	120

Tabla 5 Parámetros de Transformación del SCS Fuente: ANA

Descarga inicial (m3/s)	Constante de Recesión	Flujo (m3/s)
2.552	0.85	5.006

Tabla 6 Cálculo del flujo base Fuente: Propia

Modelo Meteorológico: Distribución de Áreas para Polígono de Thiessen

DETALLE	Km2	%	TIPO DE REGISTRO
Cospan	676.051	74.36	Pluviometro
Asuncion	56.186	6.18	Pluviometro
Callancas	52.622	5.79	Pluviometro
Cachachi	124.373	13.68	Pluviografo
Cuenca	909.160	100.00	

Tabla 7 Distribución de Áreas para Polígono de Thiessen Fuente: Propia

3.6 CAUDALES MÁXIMOS DE DISEÑO

En el ANEXO 2 se encuentra el registro de caudales en la cuenca del rio chicama – estaciones salinar y tambo, también se detalla los resultados de la simulación con Hec Hms en el siguiente cuadro se da un resumen:

CAUDAL (m3/s)	PP (mm) SEGÚN AÑOS DE RETORNO			
	10	25	50	100
	265.40	308.20	376.20	503.70

Tabla 8 Caudales Máximos de Diseño Fuente: Propia

3.7 ELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

El coeficiente de rugosidad de manning “n”, asumido se ha tomado del manual del US Army Corps of Engineers y son como siguen:



n=0.024 para el cauce central.



$n=0.032$ para la llanura de inundación.

3.8 INGRESO DE DATOS HIDRAULICOS: CAUDAL Y CONDICIONES DE CONTORNO

Como se indicó el modelamiento se ha realizado para un flujo permanente para condiciones de flujo mixto, es decir para un régimen subcrítico y supercrítico.

El programa solicita los caudales de diseño obtenido en el estudio hidrológico para los diferentes periodos de retorno. También se ingresan las condiciones de contorno para tirante normal con las pendientes aguas arriba y aguas abajo del tramo, tal como se muestra en las figuras.

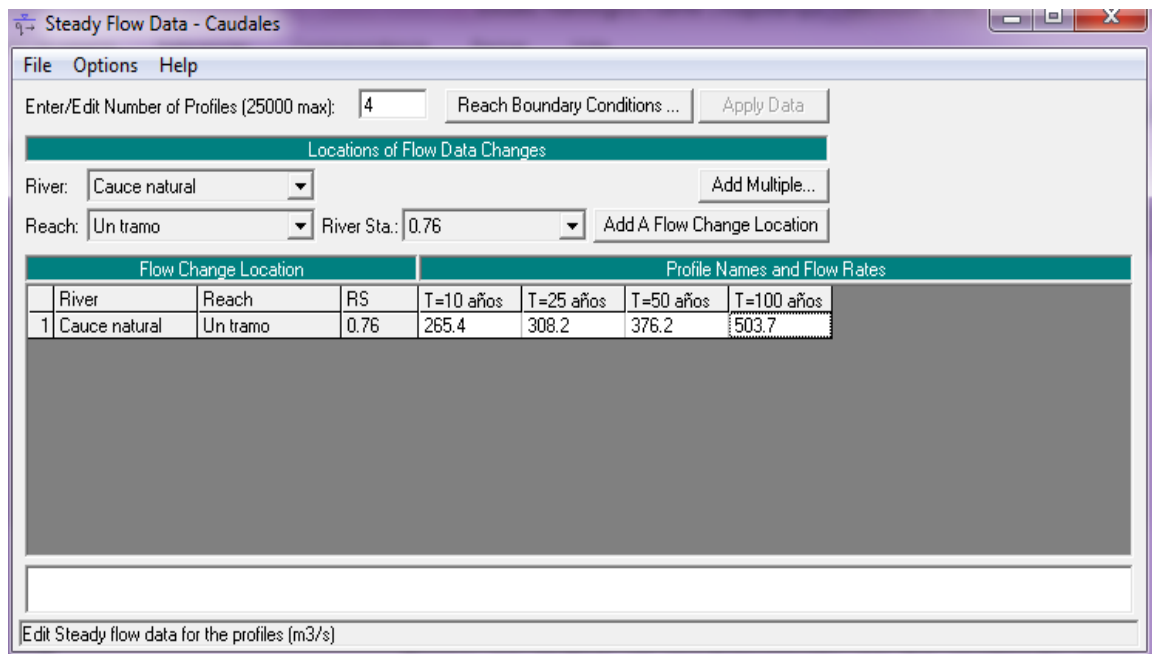


Fig. 21 Caudales de Diseño Según Periodos de Retorno Fuente: Propia

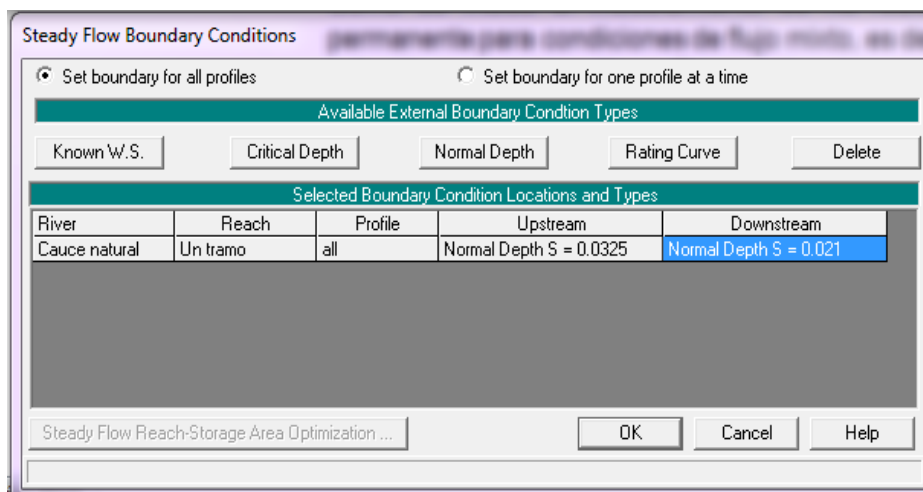


Fig. 22 Condiciones de Contorno de un Flujo Permanente con Régimen Mixto Fuente: Propia

2.2.4.2. ESTUDIO DE SUELOS

Los datos del estudio suelos fueron tomados de la tesis “ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN PARA DEFENSA RIBEREÑA ANTE EL LATENTE FENÓMENO NATURAL DE EL NIÑO, DEL RIO ALTO CHUQUILLANQUI TRAMO EL MOLINO DISTRITO DE CASCAS PROVINCIA DE GRAN CHIMÚ – DEPARTAMENTO LA LIBERTAD” que están en el Anexo 3

2.2.5. DISEÑO DE DIQUES DE TIERRA Y ENROCADO

2.2.5.1. GENERALIDADES

- Los diques en estudio son estructuras que evitan que el agua salga del cauce e inunde extensas áreas.
- Se tienen de tierra, enrocados con núcleo impermeable
- Los diques de tierra y enrocado tienen la ventaja de que son económicos y se aprovechan los materiales del lugar
- Un dique de tierra de cualquier altura requiere de un ancho de base grande, y algunas veces no se puede construir en ciudades, por el espacio que ocupan, se recurre en estos casos a los diques de concreto. (Toro, DIQUES DE TIERRA Y ENROCADO, 2002)

2.2.5.2. FALLAS DE LOS DIQUES

Principalmente los diques pueden fallar por:

- Erosión frontal directa debido a la corriente, generalmente en la zona expuesta, y es más común en los suelos poco cohesivos.
- Erosión directa del terreno que sigue al desbordamiento.
- Fenómenos de tubificación.
- Deslizamiento o hundimiento de las márgenes causado por la filtración.
- Colapso parcial o total del dique por aumento de la presión del agua en los estratos permeables subyacentes al dique.
- Fallas de cimentación. (Toro, DIQUES DE TIERRA Y ENROCADO, 2002)

Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001



Fig. 23 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet



Fig. 24 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet



Fig. 26 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet



Fig. 25 Inundación San Diego y Río Chillón – Lima 2001 Fuente: internet



Fig. 27 Inundación San Diego y Río Chillón
– Lima 2001 Fuente: internet



Fig. 28 Inundación San Diego y Río Chillón –
Lima 2001 Fuente: internet

El flujo de avenida ingresó por atrás de la estructura haciéndola colapsar

2.2.5.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO

- Tipo de suelo de cimentación
- Material utilizado
- Máximo nivel de agua durante la ocurrencia de la avenida de diseño
- Grado de protección requerido

2.2.5.4. DISEÑO DE DIQUES

El diseño de un dique consiste de:

- Determinación de la altura
- Determinación del ancho de corona
- Estudio de la cimentación
- Determinación de los taludes laterales, análisis de estabilidad
- Drenes
- Revestimientos de protección
- Protección al pie del talud

2.2.5.4.1. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA

Depende principalmente de:

- El máximo nivel de agua
- El borde libre

- **Calculo Hidráulico**
 - **Sección Estable o Amplitud de Cauce (B)**

Método De Simons y Henderson

Basado en la teoría de régimen estable y está en función del caudal de diseño y de las condiciones del fondo del río. Considerando un fondo de arena y orillas de un cauce de grava; la expresión indicada es:

$$B = K_1 \times Q^{1/2} \dots \dots \text{Ec. 01}$$

Ec. 1 (B) Método De Simons y Henderson

Q: caudal de diseño

Condiciones de Fondo de río	K ₁
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.20
Fondo y orillas de material cohesivo	3.60
Fondo y orillas de grava	2.90
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.80

Tabla 9 Condiciones de Fondo de río K1 Fuente: Apuntes de clase

Método de Altunin – Manning

Este método incluye los parámetros de coeficientes de rugosidad (n), tipo de material (K) y de cauce (m). la variación de los valores para K; va a depender del tipo de material, si es aluvial (12), erosionable (16) o muy resistente (3); sin embargo, se puede tomar un valor práctico (10). En el caso del coeficiente “m”, los valores varían según el tipo de cauce: aluvial (0.50), arenoso (0.70) o de montaña (1.00).

La expresión de este método es:

$$B = \left(\frac{Q^2}{S^5} \right) \times (nK^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}} \dots \dots \text{Ec. 02}$$

Ec. 2 (B) Método de Altunin – Manning

Donde “S”, es la pendiente en m/m.

Q: caudal de diseño

Valores rugosidad de Manning (n)	
Descripción	n
Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 0.025	0.025
Cauces de río con acarreo irregular = 0.030 - 0.029	0.03
Cauces de Ríos con Vegetación = 0.033 - 0.029	0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 0.033	0.033
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 0.040 - 0.036	0.04
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050	0.05

Tabla 10 Valores rugosidad de Manning (n) Fuente: Apuntes de clase

Descripción	K
Material de cauce muy resistente = 3 a 4	3
Material fácilmente erosionable = 16 a 20	16
Material aluvial = 8 a 12	12
Valor practico = 10	10

Tabla 11 Valores de tipo de material (K) Fuente: Apuntes de clase

Método de Blanch

Está basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, factor de fondo (Fb) y en el factor de orilla (Fs). Los factores Fb y Fs, tienen en cuenta la concentración del material transportado en suspensión, el diámetro de las partículas de fondo y la resistencia de las orillas a ser erosionada.

La expresión de este método es:

$$B = 1.81 \times \left(Q \times \frac{F_b}{F_s}\right)^{1/2} \dots \dots \text{Ec. 03}$$

Ec. 3 (B) Método de Blench

Q: caudal de diseño

Factor de Fondo	F_b
Material Fino	0.80
Material Grueso	1.20

Tabla 12 Valores de Factor de Fondo (F_b) Fuente: Apuntes de clase

Factor de Orilla	F_s
Materiales sueltos	0.10
Materiales ligeramente cohesivos	0.20
Materiales cohesivos	0.30

Tabla 13 Valores de Factor de Orilla (F_s) Fuente: Apuntes de clase

Un factor de orilla (F_s) puede tomar los siguientes valores:

Orilla de barro y arena toma el valor de F_s: 0.1 (material suelto).

Orilla de barro, arcilla, fangosa toma un valor de F_s: 0.2 (material ligeramente cohesivo).

Orilla de material muy cohesivo, toma un valor de F_s: 0.3 (material cohesivo)

El factor de fondo F_b, puede ser valuado con las expresiones siguientes:

Si el canal arrastra poco sedimento y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión: $Fb = 1.9x\sqrt{Dm}$ donde Dm es el diámetro medio de las partículas, en mm.

Si existe arrastre de sedimento y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión: $Fb = (Dm)^{1/3}$

F_b, puede tomar el valor de 0.8, para materiales finos (Dm menor a 0.50 mm) y 1.20 para materiales gruesos (Dm mayor a 0.50 mm)

Método de Petits

Este método está en función del caudal de diseño

$$B = 0.44 x Q^{0.66} \dots \dots Ec. 04$$

Ec. 4 (B) Método de Petits

Q: caudal de diseño

RECOMENDACIÓN PRACTICA

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M ³ /S)	ANCHO ESTABLE (B2)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

Tabla 14 Recomendación Practica (Fs) Fuente: Apuntes de clase

• CALCULO DEL TIRANTE

$$y = \left(\frac{Q}{K_s * B * S^{0.5}} \right)^{3/5} \dots \dots \text{Ec. 05}$$

Ec. 5 (Y) Tirante

Siendo:

y= Tirante Hidráulico de diseño (m)

Q= Caudal de diseño (m³/s)

B= Ancho estable

S= Pendiente del Tramo (m/m)

K_s= Coeficiente de Rugosidad según tipo de cauce natural:

Descripción	Ks
Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 40	40
Cauces de río con acarreo irregular = 33 - 35	33
Cauces de Ríos con Vegetación = 30 - 35	35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 30	30
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 25 - 28	25
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 19 - 22	20

Tabla 15 Coeficiente de Rugosidad según tipo de cauce natural (ks) Fuente: Apuntes de clase

• **Velocidad Media Formula de Manning:**

$$V = \frac{(R^{2/3} \times S^{1/2})}{n} \dots \dots \text{Ec. 06}$$

Ec. 6 (V) Velocidad Media Formula de Manning

Siendo:

V = Velocidad de diseño.

S = Pendiente de MANNING.

R = Radio Hidráulico.

n= Coeficiente de Rugosidad según tipo de cauce natural

Valores rugosidad de Manning (n)	
Descripción	n
Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 0.025	0.025
Cauces de río con acarreo irregular = 0.030 - 0.029	0.03
Cauces de Ríos con Vegetación = 0.033 - 0.029	0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 0.033	0.033
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 0.040 - 0.036	0.04
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050	0.05

Tabla 16 Valores rugosidad de Manning (n) Fuente: Apuntes de clase

• **El borde libre (BL)**

$$(BL) = \phi e \dots \dots \text{Ec. 07}$$

Ec. 7 (BL) El borde libre

Caudal máximo m ³ /s		ϕ
3000.00	4000.00	2
2000.00	3000.00	1.7
1000.00	2000.00	1.4
500.00	1000.00	1.2
100.00	500.00	1.1

Tabla 17 "ϕ" según Caudal máximo m³/s Fuente: Apuntes de clase

$$e = \frac{v^2}{2g} \dots \dots \text{Ec. 08}$$

Ec. 8 (e) Carga de Velocidad

$$g = 9.81$$

- **Altura de muro (H_M)**

$$HM = y + BL \dots \dots Ec. 09$$

Ec. 9 (HM) Altura de muro

y: Tirante de diseño (m)

*HM: múltiplo de 3

2.2.5.4.2. DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE CORONA

El ancho de corona se diseña de acuerdo a las características de cada río y de cada sección.

Depende principalmente:

- De la importancia del dique
- Del material utilizado en su construcción
- De la duración de la avenida, etc.

Descarga de diseño (m ³ /s)	Ancho de Corona (m)
Menos de 500	3.00
500 - 2000	4.00

*Tabla 18 recomendaciones para el ancho de corona, en función de la avenida de diseño
Fuente: Apuntes de clase*

TALUD	:	H	:	V
	Cara Húmeda	1.6	:	1
	Cara seca	1.5	:	1

Tabla 19 recomendaciones para el talud Fuente: Apuntes de clase

2.2.5.4.3. CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (HS)

Método de Lischtvan & Lebediev:

Suelos Granulares - No Cohesivos

$$t_s = \left(\frac{\alpha t^{5/3}}{0.68 D_m^{0.28} \beta} \right)^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(\text{Ec.10a})$$

Suelos Cohesivos

$$t_s = \left(\frac{\alpha t^{5/3}}{0.60 \gamma_s^{1.18} \beta} \right)^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(\text{Ec.10b})$$

Donde:

t_s = Tirante después de producirse la socavación (m)

t = Tirante sin socavación (m)

D_m = Diámetro Medio de las partículas (mm)

γ_s = Peso Específico suelo (Kg/m³)

μ = Coeficiente de Contracción

Ec. 10 Profundidad de socavación (10a para suelos granulares y 10b para suelos cohesivos)

α = **Coeficiente de sección dependiente de las características hidráulicas**

$$\alpha = \frac{Q}{(t_m^{5/3} B \mu)} \dots\dots\dots (\text{Ec. 11})$$

Ec. 11 Coeficiente de sección dependiente de las características hidráulicas

Tirante medio (t_m) = A/B

Q = (Caudal de Diseño)

Coeficiente de Contracción (μ) = Tabla

Ancho Estable = B

Valores del Coeficiente β		
Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07

Tabla 20 Valores del Coeficiente β Fuente: Apuntes de clase

CLASIFICACION SEGÚN EL TAMAÑO DE PARTICULAS			
Tamaño (mm)			Tipo de material
4000	-	2000	Canto rodado muy grande
2000	-	1000	Canto rodado grande
1000	-	500	Canto rodado medio
500	-	250	Canto rodado pequeño
250	-	130	Cascajo grande
130	-	64	Cascajo pequeño
64	-	32	Grava muy gruesa
32	-	16	Grava gruesa
16	-	8	Grava media
8	-	4	Grava fina
4	-	2	Grava muy fina
2	-	1	Arena muy gruesa
1	-	0.500	Arena gruesa
0.500	-	0.250	Arena media
0.250	-	0.125	Arena fina
0.125	-	0.062	Arena muy fina
0.062	-	0.031	Limo grueso
0.031	-	0.016	Limo medio
0.016	-	0.008	Limo fino
0.008	-	0.004	Limo muy fino
0.004	-	0.002	Arcilla gruesa
0.002	-	0.001	Arcilla media
0.001	-	0.0005	Arcilla fina
0.0005	-	0.00024	Arcilla muy fina

Tabla 21 Clasificación Según el Tamaño de Partículas Fuente: Apuntes de clase

Diámetro medio (D50) >0.062NO COHESIVO

SELECCIÓN DE x EN SUELOS COHESIVOS (Tn/m ³) o SUELOS NO COHESIVOS (mm)					
Peso específico Tn/m ³	X	1/(X +1)	D (mm)	X	1/(X +1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74

1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1,000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

Tabla 22 Selección de X en Suelos Cohesivos (Tn/m3) o Suelos No Cohesivos (mm) Fuente: Apuntes de clase

2.2.5.4.4. PROFUNDIDAD DE UÑA

$$\text{Profundidad de Uña (P}_{UÑA}) = FS * H_s \dots\dots\dots \text{Ec.12}$$

Ec. 12 (P uña) Profundidad de Uña

Profundidad de Socavación = (Hs)

Factor de seguridad = (Fs)

FS
1.00
1.10
1.15
1.20
1.25
1.50
1.75

Tabla 23 Valores de Factor de seguridad (Fs) Fuente: Apuntes de clase

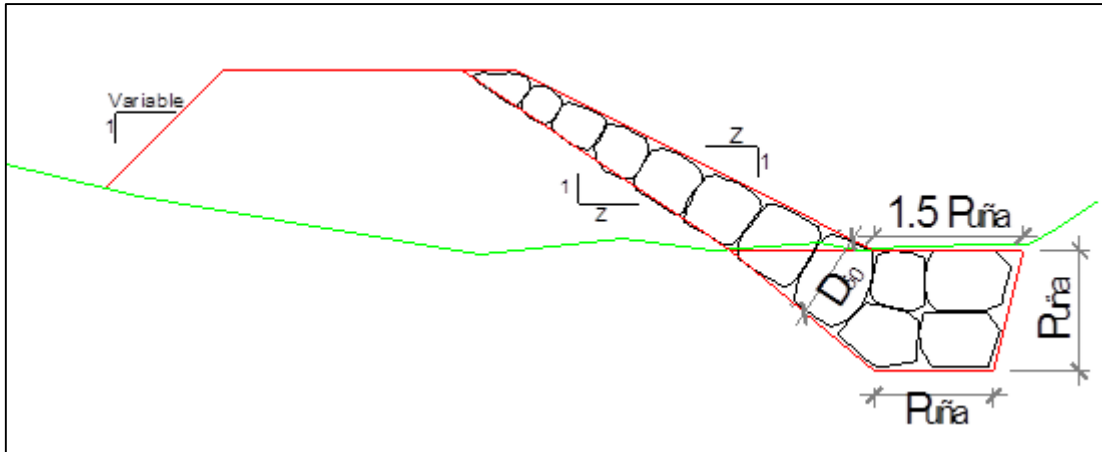


Fig. 29 Diseño de la Uña Fuente: internet

2.2.5.4.5. CALCULO ESTRUCTURAL

- Estabilidad del Terraplén

Fuerza Resistente (Kg/m) (R)

$$R = W * \text{Tag } \emptyset \dots \text{Ec.13}$$

Ec. 13 (R) Fuerza Resistente

$$W = \text{Área Dique (m}^2\text{)} \times \gamma_{\text{material (Kg / m}^3\text{)}}$$

\emptyset = Angulo de fricción interna

Presión del Agua (Kg/m²)

$$P = PW \times t^2 / 2 \dots \text{Ec.14}$$

Ec. 14(P) Presión del Agua

$$PW = 1000$$

$$t = y = \text{tirante}$$

Análisis de Estabilidad

Si $R > P$ el dique es estable

Si $R < P$ aumentar el área del dique

- Probabilidad De Movimiento De La Roca Froca (%)

$$F_{\text{roca (D50)}} = 0.56 \times (V^2/2g) \times (1/ D_{50}) \times (1/ \Delta) \dots \text{Ec15}$$

Ec. 15 (F roca) Probabilidad De Movimiento De La Roca

V = velocidad

$$g = 9.81$$

D_{50} = Diámetro medio de la roca

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a} \dots\dots Ec16$$

Ec. 16 (Δ) Densidad Relativa del material

γ_s = Peso específico de la roca (cantera) Kg/m³

γ_a = Peso específico del agua Kg/m³

**- Estabilidad Del Revestimiento Del Enrocado
Esfuerzo Máximo Cortante Actuante**

$$\tau_a = \gamma_a \times t \times S \dots\dots Ec17$$

Ec. 17 Esfuerzo Máximo Cortante Actuante

γ_a = Peso específico del agua Kg/m³

t = y = tirante

S = Pendiente Tramo de estudio

Esfuerzo Cortante Críticos

$$\tau_c = C \times (\gamma_s - \gamma_a) \times D_{50} \times K \dots\dots Ec18$$

Ec. 18 Esfuerzo Cortante Críticos

C = Coeficiente de Shields

K = Factor de Talud

$$K = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \phi}} \dots\dots Ec19$$

Ec. 19 (K) Factor de Talud

α = Angulo del Talud = arctan (1/Z)

ϕ = Angulo de fricción interna del material

$\tau_c > \tau_a$...el Revestimiento del Enrocado es Estable

2.2.5.4.6. SEGURIDAD CONTRA LAS FALLAS POR FILTRACIÓN

- a) Tal como se indica, el agua que filtra a través del cuerpo y cimentación de la presa, puede arrastrar partículas del suelo
- b) Toda superficie de descarga de filtración, que puede estar afectada al fenómeno de tubificación, debe ser protegida con filtros de materiales lo suficientemente seguros, que permitan al flujo escapar libremente
- c) Un dique de tierra debe tener un dren en el talud de aguas abajo, construido con un material más permeable, conocido como filtro, que el que forma la sección. (Toro, DIQUES DE TIERRA Y ENROCADO, 2002)

Filtros

Las funciones principales de los filtros son:

1. Abatir la presión neutral en el agua que se infiltra en la cortina, con lo que se tendrá un mejoramiento de la resistencia al esfuerzo cortante del material y de la estabilidad del dique
2. Un control del agua que se infiltra a través del dique, a la que se impide arrastrar el material fino del mismo

El dren puede estar compuesto de material granular (filtro), el cual debe satisfacer las siguientes condiciones:

- Debe ser capaz de pasar la máxima cantidad de flujo a través de él
- El material fino de la cimentación no debe entrar en el filtro, ya que podría producir erosión interna u obstrucción del dren
- Debe prevenirse el movimiento del material del filtro
- La curva granulométrica del filtro debe cumplir las siguientes condiciones: (Toro, DIQUES DE TIERRA Y ENROCADO, 2002)

$$d_{15f} / d_{85b} < 5$$

evita succión del material fino

$$d_{50f} / d_{50b} < 60$$

$$5 < d_{15f} / d_{15b} < 40$$

para mantener una permeabilidad aceptable

2.2.5.5. DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO

2.2.5.5.1. CONSIDERACIONES BASICAS

Los enrocados de protección de riberas y de diques son una parte importante en los trabajos de tratamiento de ríos, y sirven a los siguientes propósitos:

- Tratamiento del río para mantener el alineamiento de la ribera
- Protección de los terrenos adyacentes contra la erosión
- Protección de los diques de defensa contra inundaciones
- Protección de estructuras, como puentes, barrajes, presas, etc. (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)



Fig. 30 Falla de una defensa ribereña de tierra sin protección Fuente: internet

2.2.5.5.2. ELEMENTOS DEL ENROCADO DE PROTECCION

La protección se compone de los siguientes elementos:

- Capa de protección de enrocado. - La cual debe ser dimensionada contra los esfuerzos de corte, y contra las olas que pueden impactar al enrocado
- Filtro. - El cual protege al suelo de la erosión debido a la corriente de agua, ataque de olas, y de flujos subterráneos; y evita el movimiento de las partículas finas que conforma el suelo protegido
- Debajo del filtro el terreno base de la orilla, o del dique
- Enrocado de protección al pie del talud. - El cual evita que el talud protegido falle, debido a los efectos de socavación general.

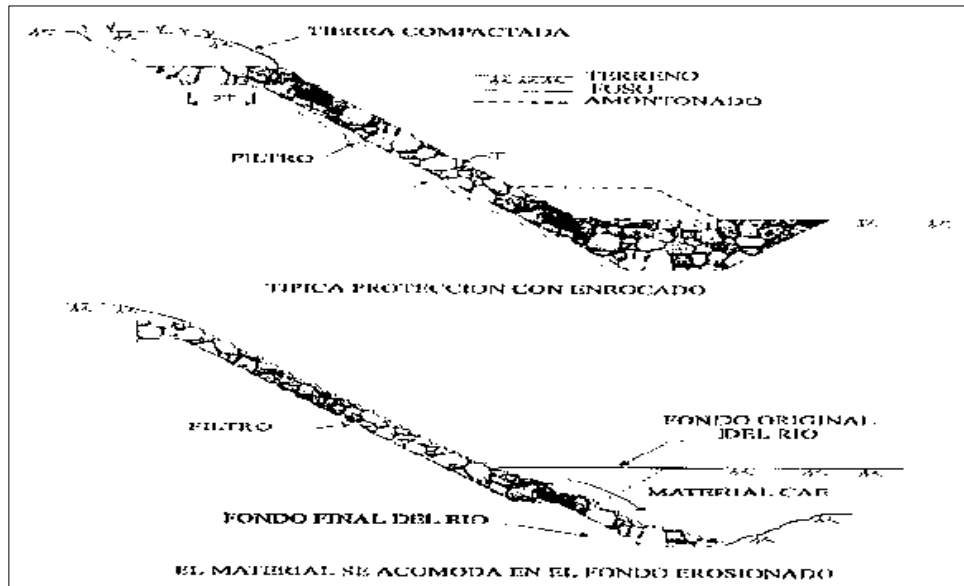


Fig. 31 Detalle del enrocado de protección Fuente: internet

Defensa de tierra con enrocado

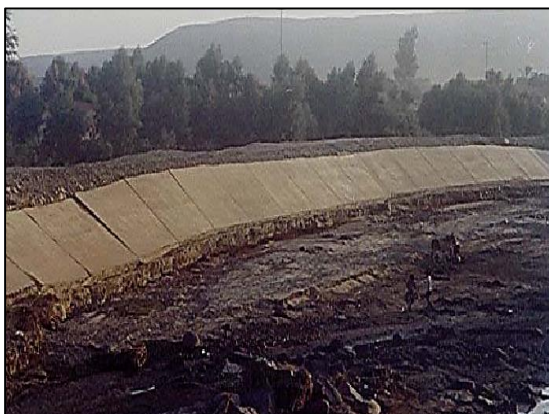


Fig. 33 enrocado de protección al pie del talud Fuente: internet



Fig. 32 enrocado de protección al pie del talud Fuente: internet



Fig. 34 Dique de tierra con enrocado Fuente: internet

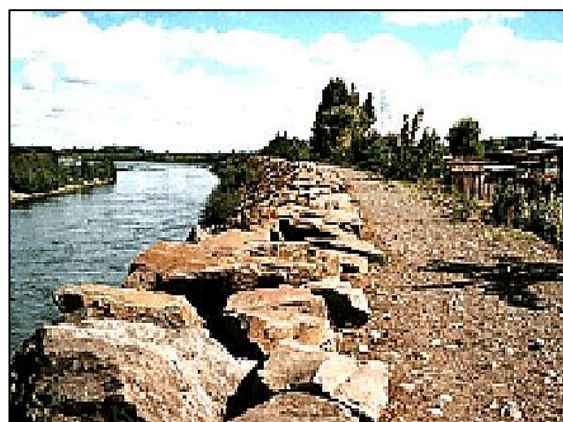


Fig. 35 Dique río Cautin Temuco Chile Fuente: internet

2.2.5.5.3. CAPA DE PROTECCION DE ENROCADO

a. Calidad de las rocas

- La roca debe ser sana, dura, de cantera
- Debe ser resistente al agua y a los esfuerzos de corte
- Se recomienda las rocas ígneas como: granito, granodiorita, diorita, basalto, riolita, etc., con densidad relativa $DR > 2$
- La mejor forma de la roca es la angular
- La estabilidad del enrocado depende de la forma, tamaño y masa de las piedras, y de una adecuada distribución de tamaños. (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

b. Tamaño de las rocas

- La estabilidad de una roca es una función de su tamaño, expresada ya sea en términos de su peso ó diámetro equivalente
- Se han efectuado muchos estudios para determinar el tamaño de las rocas, entre los que tenemos:

Fórmula de Maynard

$$d_{50} = t C_1 F^3 \dots\dots Ec20$$

Ec. 20 (d_{50}) diámetro medio de las rocas Fórmula de Maynard

$$F = C_2 V / (g y)^{0.5} \dots\dots Ec21$$

Ec. 21 (F) Número de Froude

Dónde: d_{50} es el diámetro medio de las rocas, y los valores recomendados de C_1 y C_2 se muestran a continuación:

$y = t$: altura hidráulica

V = velocidad del Cauce

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Valores de C_1 :

- Fondo plano $C_1 = 0.28$

- Talud 1V:3H $C_1 = 0.28$

- Talud 1V:2H $C_1 = 0.32$

Valores de C_2 :

- Tramos en curva $C_2 = 1.5$

- Tramos rectos $C_2 = 1.25$

- En el extremo de espigones C2 = 2.0

Fórmula De R. A. Lopardo

$$D_s = \left(\frac{6 * W}{\pi * \lambda_s} \right)^{1/3} \dots\dots Ec22$$

Ec. 22 (Ds) Diámetro de volumen esférico Fórmula De R. A. Lopardo

Ds = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft

W = Peso de roca, lb

λ_s = Peso específico de la roca, lb / ft³

$$W = \frac{0.011314 * \gamma_s * V^6}{\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) * \text{SENO}^3(\phi - \theta)} \dots\dots Ec23$$

Ec. 23 (W) Peso de roca

γ_s = **Peso específico de las partículas, Kg/cm³, Tn/m³**

γ = **Peso específico del fluido, Kg/cm³, Tn/m³**

V = Velocidad media, m/s

ϕ = **Angulo de reposo del material**

θ = **Ángulo del talud respecto a la horizontal**

W = **Peso, Kg**

D60 = D_s x 60/100

D40 = D_s x 40/100

Fórmula De La California División Of Highways

$$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f} \quad \text{.....Ec24}$$

Ec. 24 (d_{50}) Diámetro de la roca Fórmula De La California División Of Highways

b factor para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas,

y sin que permita movimiento de piedra, se adopta un valor $b = 1.4$

Δ Densidad Relativa del material $\implies \Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$

γ_s Densidad de la roca

γ Densidad del agua

V Velocidad media, m/s

g Aceleración Gravedad: 9.81

$$f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi}} \quad \text{.....Ec25}$$

Ec. 25 (f) Factor de talud

f = Factor de talud

θ = Angulo del Talud

ϕ = Angulo de Fricción Interna del material.

2.2.5.5.4. FILTROS

- La estabilidad del revestimiento, en una ribera o en un dique, depende no solamente del tipo y construcción del enrocado, sino que depende en gran medida del tipo y composición del filtro.
- El filtro protege al suelo de la erosión debido a la corriente de agua, ataque de olas, y de flujos subterráneos; y evita el movimiento de las partículas finas que conforma el suelo protegido. (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)
- Se tiene que tener en cuenta que, dependiendo de las condiciones de diseño, el flujo en el filtro puede tener componentes:
 - a lo largo del enrocado en la dirección del alineamiento del río
 - hacia arriba o hacia debajo del talud del enrocado
 - Perpendicular al talud
 - Hacia adentro o hacia fuera del suelo protegido
- Se puede tener filtros de material granular, o filtros de geotextil

a. Filtros de material Granular

- Para evitar la obstrucción del filtro es preferible que no más que 5% del material del filtro sea más pequeño que 0.75 mm.
- Las curvas granulométricas del filtro y del material del suelo deberán ser más o menos paralelas en el rango de los diámetros pequeños.
- En cuanto a la granulometría del material del filtro se han hecho muchas investigaciones entre las que tenemos:

- **Simons y Senturk** recomiendan que la granulometría de los filtros

debe cumplir con las siguientes ecuaciones:

$$d_{50}(\text{del filtro}) / d_{50}(\text{del terreno drenado}) < 40$$

$$5 < d_{15}(\text{del filtro}) / d_{15}(\text{del terreno drenado}) < 40$$

$$d_{15}(\text{del filtro}) / d_{85}(\text{del terreno drenado}) < 5$$

Se sugiere que el espesor mínimo del filtro de grava sea la mitad del espesor del enrocado.

- **Terzaghi** recomienda que la granulometría de los filtros debe cumplir con las siguientes ecuaciones:

$$5 < d_{15}(\text{del filtro}) / d_{15}(\text{del terreno drenado})$$

$$d_{15}(\text{del filtro}) / d_{85}(\text{del terreno drenado}) < 4$$

El espesor mínimo del filtro **emin** = 25 $d_{50}(\text{del filtro})$ (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

b. Filtros de Geotextil

b1 Ventajas y desventajas

Los filtros sintéticos son otra alternativa con respecto a los filtros Granulares.

Ventajas:

- La instalación es generalmente rápida y eficiente Son consistentes y tienen una calidad de material más confiable
- Son capaces de deformarse con el enrocado y permanecen continuos

Desventajas:

- Puede haber dificultad para colocarlos debajo el agua
- El desarrollo de bacterias dentro del suelo, o sobre el filtro puede alterar el comportamiento hidráulico definido en las especificaciones de fábrica. (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

b1 Características del geotextil

Los geotextiles que se colocan debajo de los enrocados de protección se recomiendan que cumplan con las siguientes especificaciones mínimas:

- Geotextil no tejido, de fibras continuas termoligado, de polipropileno estabilizado (para garantizar su resistencia al reventamiento durante el colocado de las piedras), del tipo Typar o similar, imputrescible Valor Norma Unidades Ensayo. (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

b2 Colocación

- Un buen contacto entre el geotextil y el suelo es esencial. Por esta razón la superficie de la ribera o del dique debe ser una superficie lisa, libre de protuberancias, depresiones y lentes de material suelto
- Debe ser colocado suavemente, sin pliegues, de arriba hacia abajo
- Se debe tener mucho cuidado al colocar el enrocado, pues puede romper el geotextil
- Si las rocas tienen aristas filudas se debe colocar una subcapa granular entre el enrocado y el geotextil
- Después de colocar el enrocado, el geotextil debe ser asegurado al pie de este, tal como se indica en la figura, y anclado en la parte alta de la ribera o dique. (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

Colocación del geotextil

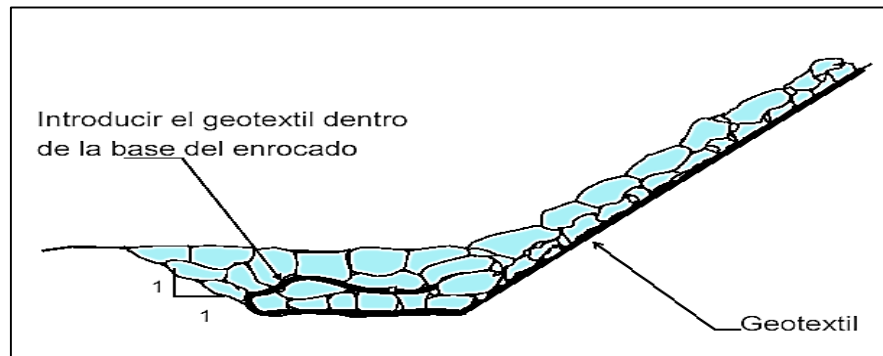


Fig. 36 protección Dique con geotextil Fuente: internet

c. Calculo Para Determinar El Uso De Filtros

1.- Determinación de Velocidad en el espacio entre el enrocado y material base :

$$V_a = (D_{50} / 2)^{2/3} \times S^{1/2} / n_f \dots\dots Ec26$$

Ec. 26 (V_a) velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.

D_{50} = Diámetro medio de la roca

S = Pendiente Tramo de estudio

n_f = Rugosidad del fondo

2.-Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V_e)

$$V_e = 16.1 \times (D_m)^{1/2} \dots Ec27$$

Ec. 27 (V_e) velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado

D_m = diámetro de partículas del suelo base (m)

Verificación:

$V_a > V_e$: Habrá Erosión ==> se recomienda utilizar un filtro de geotextil o un filtro de grava

Determinación Del Tipo De Filtro

Asumiendo un filtro de geotextil se tiene:

$$V_{a1} = V_a / 4 \dots\dots Ec28$$

Ec. 28 (V_{a1}) Ec. para asumir un filtro de geotextil

Se debe verificar que se cumpla que: $V_{a1} > V_e$

2.2.5.5.5. PROTECCION AL PIE DEL TALUD

- La socavación al pie del enrocado es uno de los principales mecanismos de falla
- Por lo tanto, se debe proteger la base del talud con enrocado. En la siguiente figura se muestra un esquema de protección
- Tal como se observa en la figura siguiente el enrocado al pie del talud es colocado en una zanja a lo largo de todo el tramo protegido, cuyo tamaño está relacionado con la profundidad de socavación general d_g . (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

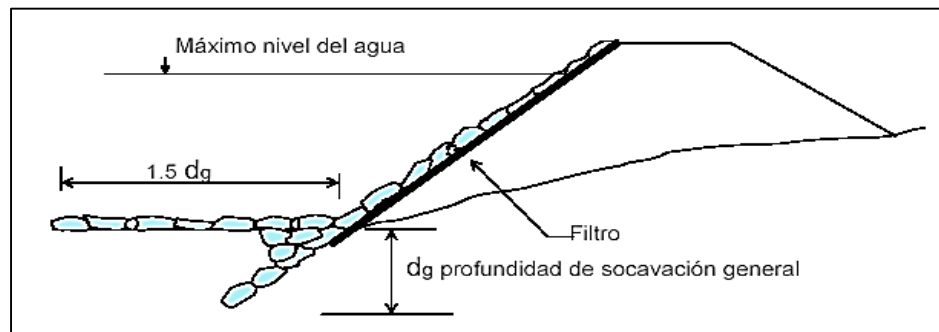


Fig. 37 protección al pie del talud Fuente: internet

- Se debe tener mucho cuidado, durante la colocación de las piedras que no se formen montículos, generando un dique bajo. Estos montículos a lo largo de la base del talud podrían resultar en una concentración de flujo a lo largo del tramo enrocado, produciendo su falla. (Toro, DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO, 2002)

Enrocado de protección al pie del talud

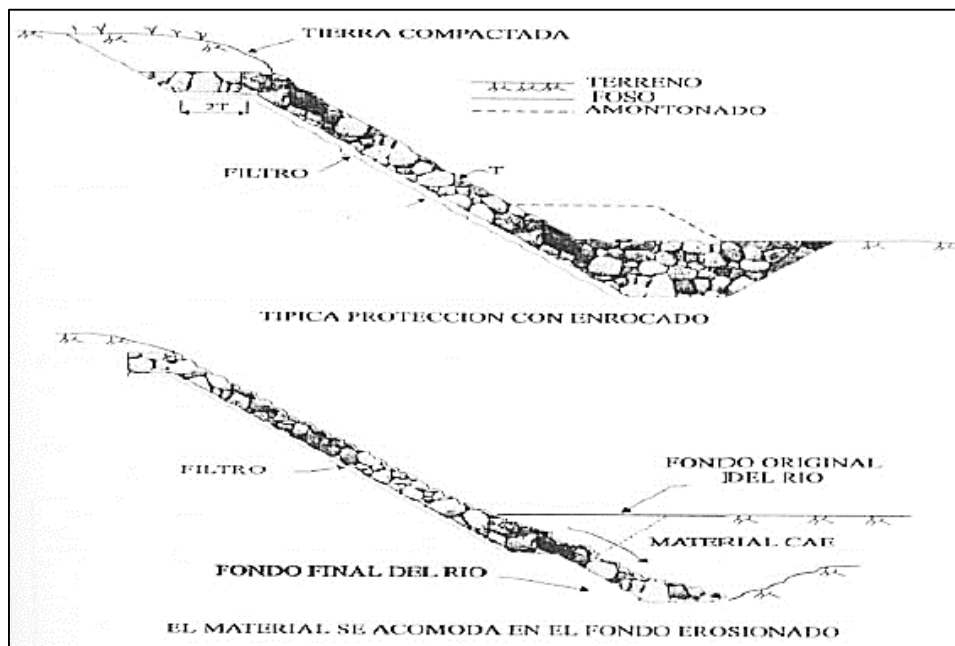


Fig. 38 protección al pie del talud Fuente: internet

2.2.6. DISEÑO DE MUROS DE GAVIONES

- Son estructuras flexibles construidas por una pared de malla hexagonal tejida a doble torsión. Se compone de alambre galvanizado con recubrimiento plastificado, que debe garantizar una vida útil adecuada del alambre.
- Son elementos permeables.
- Requieren de filtros para evitar pérdidas de sustrato y hundimientos.
- Son una solución en lugares donde no existe o es caro conseguir roca grande para enrocados. (Toro, DISEÑO DE MUROS DE GAVIONES, 2002)

2.2.6.1. Pre dimensionamiento de muro

- Se realiza en función de los análisis hidráulicos iniciales.
- La altura del muro de gaviones debe ser mayor que el máximo nivel de avenidas esperado.
- La sección transversal del muro debe ser estable. (Toro, DISEÑO DE MUROS DE GAVIONES, 2002)

Numero de Gaviones

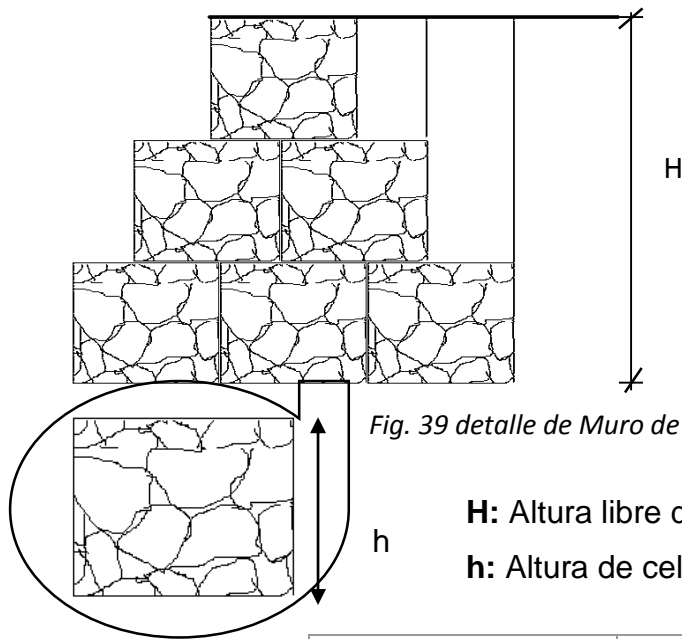


Fig. 39 detalle de Muro de Gaviones Fuente: internet

H: Altura libre de diseño
h: Altura de celda de gavión

Relación	Numero de gaviones
H/h =1	1
H/h =2	3
H/h =3	6
H/h =4	10

Tabla 24 Valores de Numero de Gaviones con relación de (H/h) Fuente: Apuntes de clase

2.2.6.2. Fuerzas que actúan sobre muro

Empuje activo por unidad de longitud (Ea):

$$Ea = \frac{\gamma_s \cdot K_a \cdot H^2}{2} \text{ (kg/m) } \dots\dots Ec29$$

Ec. 29 (Ec) Empuje activo por unidad de longitud

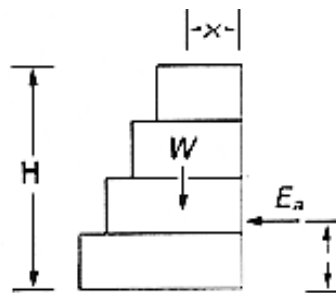


Fig. 40 grafica de Empuje activo del suelo: internet

donde:

K_a : coeficiente de empuje activo

γ_s : peso específico de material protegido.

H: altura del material protegido

actúa a: $d = H/3$ de la base

$$K_a = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots \text{Ec30}$$

Ec. 30 (K_a) coeficiente de empuje activo

donde:

ϕ : Angulo de fricción interno del terreno contenido

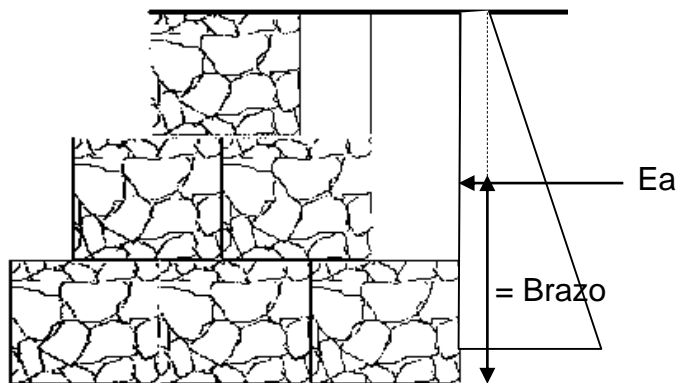


Fig. 41 Empuje activo del suelo en el Muro de Gaviones Fuente: internet

Brazo: altura a la que actúa las fuerzas sobre el muro

$$\text{Brazo: } \frac{\left(H^2 \times \frac{P}{6} \right)}{E_a} \dots\dots \text{Ec31}$$

Ec. 31 Brazo de empuje activo

FUERZAS RESISTENTES:

GAVIONES

$$\text{FUERZA (tf/m)} = h \times b \times n^{\circ} \text{gaviones} \times \gamma_g \times 1.06 \dots\dots \text{Ec32}$$

Ec. 32 Fuerza de gaviones

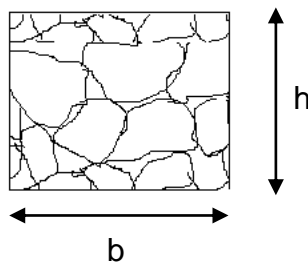


Fig. 42 detalle de una celda del Muro de Gaviones Fuente: internet

γ_g : Densidad del Gavión = Densidad de la piedra x 80%

BRAZO (m)

Según el número de gaviones	Brazo (m)
NºG =1	b/2
NºG =2	b
NºG =3	1.5 x b
NºG =4	2 x b

Tabla 25 Valores de Brazo según el Numero de Gaviones Fuente: Apuntes de clase

CUÑAS DE RELLENO

FUERZA (tf/m) = F x b/2 x h x γ_s x 1.05.....Ec33

Ec. 33 Fuerza de cuñas de relleno

F: relacion segun $\frac{H}{h}$

γ_s : Densidad del terreno

Relación	Factor (F)
H/h =1	0
H/h =2	1
H/h =3	3
H/h =4	6

Tabla 26 Valores de Factor (F) con relación de (H/h) Fuente: Apuntes de clase

BRAZO (m)

Según el número de gaviones	Brazo (m)
NºG =1	0
NºG =3	2.25 x b
NºG =6	2.583 x b
NºG =4	3.417 x b

Tabla 27 Valores de Brazo de Cuñas según el Numero de Gaviones Fuente: Apuntes de clase

$$\Sigma F_{vo} = \text{gavión (Fuerza) + cuñas de relleno (Fuerza)Ec34}$$

Ec. 34 Sumatoria de fuerzas

$$\Sigma M_{vo} = \text{gavión (Fuerza x Brazo) + cuñas de relleno (Fuerza x Brazo)..Ec35}$$

Ec. 35 Momento de fuerzas

FUERZAS ACTUANTES:

$$\Sigma F_{\gamma} = E_a \text{Ec29}$$

MOMENTO POR VOLCAMIENTO

$$\Sigma M_{\gamma} = E_a \times \text{Brazo} \text{Ec36}$$

Ec. 36 Momento por volcamiento

$$E_a = \frac{\gamma_s \cdot K_a \cdot H^2}{2} \text{ (kg/m)Ec29}$$

$$\text{Brazo: } \frac{(H^2 \times \frac{P}{6})}{E_a} \text{Ec31}$$

FACTOR DE SEGURIDAD A VOLCAMIENTO:

$$\frac{\Sigma M_{\gamma}}{\Sigma M_{vo}} \geq 2 \text{Ec37}$$

Ec. 37 Factor de seguridad a volcamiento

FACTOR DE SEGURIDAD A DESLIZAMIENTO:

$$F = f \times \Sigma F_v \text{Ec38}$$

Ec. 38 Factor de seguridad a deslizamiento

f: 0.5

$$\beta = \frac{F}{\Sigma F_h} \geq 1.50 \text{Ec39}$$

Ec. 39 (β)

POSICION DE LA RESULTANTE:

$$X = \frac{\Delta \sum M_{vo}}{\sum F_{vo}} \dots\dots Ec40$$

Ec. 40 (X) Posición de la resultante

$$\Delta \sum M_{vo} = \sum M_{vo} - \sum M_y \dots\dots Ec41$$

Ec. 41(\Delta) Variación de momentos

CALCULO DE EXCEENTRICIDAD

$$e = \left(\frac{L}{2}\right) - X \dots\dots Ec42$$

Ec. 42 (E) Excentricidad

SOCAVACIÓN LOCAL EN GAVIONES COLOCADOS EN LAS MÁRGENES DEL RÍO CHILLÓN, PARA PROTEGER LA CARRETERA A CANTA KM 83, EN 1998



Fig. 43 Socavación local en gaviones colocados en las márgenes del RÍO CHILLÓN, para proteger la carretera a CANTA Km 83, en 1998 Fuente: internet

PROTECCION DE MUROS DE GAVIONES

ESPIGON FUSIBLE

- Protege la malla del gavión del impacto de materiales gruesos y de la abrasión, alejando el flujo de agua hacia el centro del río.
- Provoca sedimentación natural.

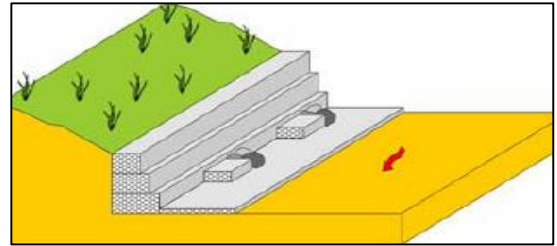


Fig. 44 protección de muros de gaviones - fusible Fuente: Maccaferri

ESCOLLERADO

- Protege la malla del gavión del impacto de materiales gruesos

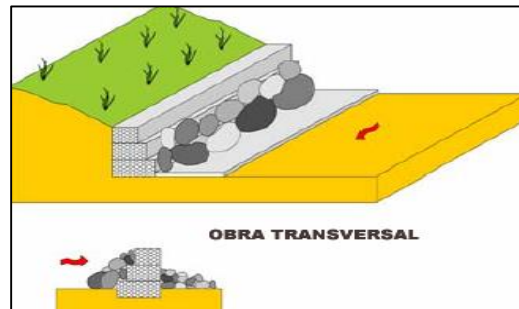
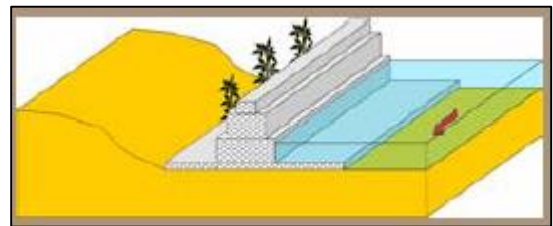


Fig. 45 protección de muros de gaviones – escollerado Fuente: Maccaferri

PLANTAS

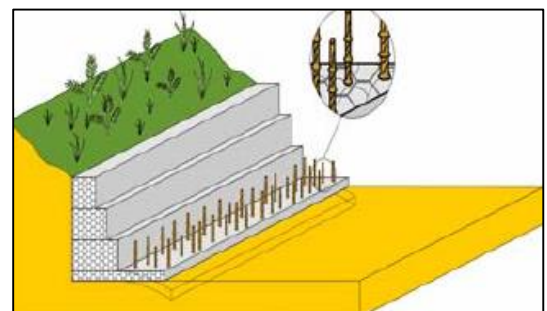
- Amortiguan el impacto del material de arrastre contra la malla del gavión
- Reducen la velocidad del agua para acelerar la retención de finos
- Reducen la abrasión de la malla
- Facilitan el rápido crecimiento de la vegetación



(a)

SIEMBRA DE PLANTAS TÍPICAS

- Aceleran el proceso de sedimentación natural (colmatación)
- Fortalecen la estructura



(b)

Fig. 46 a - b protección de muros de gaviones – siembra de plantas típicas Fuente: Maccaferri

TRONCOS DE MADERA

- Protegen la malla del gavión del impacto de materiales gruesos

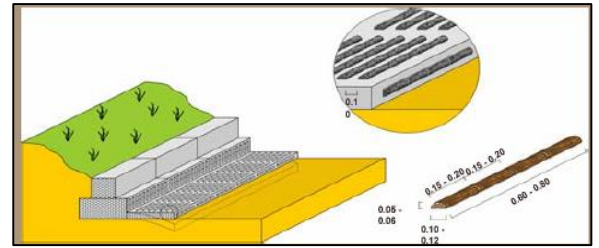


Fig. 47 protección de muros de gaviones – troncos de madera Fuente: Maccaferri



Fig. 48 Aplicaciones de gaviones – Carretera la Merced-Satipo Junín-Perú Fuente: Internet



Fig. 49 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Llamoctachi (AYACUCHO)
Fuente: Maccaferri



*Fig. 50 Aplicaciones de gaviones – Río Tulumayo - San Ramón Junín-Perú
Fuente: ANDEX*



*Fig. 51 Aplicaciones de gaviones – Muro de Encauzamiento Qda. Cieneguillo (SULLANA)
Fuente: Maccaferri*



*Fig. 52 Aplicaciones de gaviones – Río Chanchamayo Junín-Perú
Fuente: ANDEX*



*Fig. 53 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Tambogrande (SULLANA)
Fuente: Maccaferri*



*Fig. 54 Aplicaciones de gaviones – Cochabamba – Bolivia
Fuente: ANDEX*



*Fig. 55 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Río Huatanay (CUSCO)
Fuente: Maccaferri*



*Fig. 56 Aplicaciones de gaviones – Muro de Encauzamiento Pte. Montalvo (MOQUEGUA)
Fuente: Maccaferri*



*Fig. 57 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Carretera Cusco Abancay (CUSCO)
Fuente: Maccaferri*



Fig. 58 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Pisonay - Curahuasi (APURIMAC) Fuente: Maccaferri



Fig. 59 Aplicaciones de gaviones – Defensa Ribereña Casinchihua (ABANCAY) Fuente: Maccaferri
(Toro, DISEÑO DE MUROS DE GAVIONES, 2002)

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Espigón: Es una estructura no lineal construida con bloques de rocas de dimensiones considerables o de elementos prefabricados de hormigón.

Gaviones: Caja o una cesta de forma prismática rectangular la cual esta rellena de piedras o de tierra, consta de un enrejado de mimbre o alambre.

Caudal: Es una cantidad de fluido que circula a través de una sección (en nuestro caso Rio Chuquillanqui) por unidad de tiempo.

Estaciones Hidrometeorológicas: es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

2.4. VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

V. I: Estructuras de Gaviones y Espigones

V. D: Caudal del rio Chuquillanqui

Variable dependiente: Caudal del rio Chuquillanqui			
Dimensiones (si las hubiera)	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Estudio Hidrológico	Caudal	m ³ /s	Hidrómetro

Variable independiente: Estructuras de Gaviones y Espigones			
Dimensiones (si las hubiera)	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Estudio de Mecánica de Suelos	Análisis Granulométrico	%	Granulometría
	Contenido de Humedad	%	Peso
	Peso Específico	Kg/cm ³	Peso
	Límites de Atterberg	%	
	Perfil Estratigráfico del Suelo	m	
	Capacidad Portante	Kg/cm ²	

Levantamiento Topográfico	Red de Apoyo Planimétrico	m	
	Levantamiento Altimétrico	m	
	Perfil Longitudinal	m	
	Levantamiento a Curvas de Nivel	m	

Tabla 28 Operacionalización de la variable Fuente: Propia

3. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Investigación Correlacional, debido a que medimos las variables y establecemos una relación entre ella para ver cuál de estas es la más eficiente.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Población:**

- o Estructuras hidráulicas.

- **Muestra:**

- o Gaviones.
- o Dique con revestimiento de enrocado.

- **Unidad de Análisis**

Comportamiento de Estructuras Hidráulicas.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Estudio de la Cuenca:

- o Se realizó un estudio de la cuenca de Chuquillanqui, mediante este estudio podemos determinar las características físicas de nuestra cuenca, obtener las curvas de nivel de nuestra área de trabajo para poder determinar la pendiente de nuestro tramo a analizar el cual se encuentra entre los caseríos de Chuquillanqui y Pinchaday.
- o La cuenca del río Chuquillanqui se ubica a partir de los 706 m.s.n.m. y tiene una extensión de 909.16 Km².

- La longitud del tramo entre los caseríos de Chuquillanqui y Pinchaday que analizamos tiene una extensión de 3724.26 m.
- Obtuvimos una pendiente de 0.0188 con la cual trabajaremos todos nuestros análisis de nuestra cuenca.

2. Hidrología.

- Nos permitió la obtención de cada uno de los caudales los cuales fueron obtenidos de estudios hidrológicos realizados por el SENAMHI y de un Estudio de pre inversión a nivel de perfil realizado en dicha zona, gracias a ello obtuvimos los caudales para cada uno de los periodos de retorno del rio Chuquillanqui comprendido entre 10, 25, 50 y 100 años los cuales se muestran a continuación:

	PP (mm) Según Años de retorno			
	10	25	50	100
Caudal (m ³ /s)	265,40	308,20	376,20	503,70

Tabla 29 Caudal según años de retorno Fuente: Propia

3. Hidráulica.

- Nos permite el estudio de la mecánica y el movimiento de los fluidos del Rio Chuquillanqui, así como el coeficiente de Manning el cual resulto ser de 0.024 para todo nuestro cause, también determinamos que nuestro cause tiene derribo e irregularidades (ks) tomando un valor de 30 con esta información podemos diseñar cada una de las estructuras que son los gaviones y diques con revestimiento de enrocado.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño de investigación de campo, recolectaremos los datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar alguna variable.

La metodología que se ha tomado para validar la hipótesis de nuestra investigación es:

- Diseño de 2 estructuras para la comparación la eficiencia de controlar el caudal del Rio Chuquillanqui.
- Comparativa entre caudal del Rio Chuquillanqui sin estructuras y con estructuras para ver el comportamiento de este.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- Pluviométrica e Hidrométrica.
- Periodo de retorno comprendido entre los 10, 25, 50 y 100 años.
- Aplicación de software: los cuales nos ayudara a el procesamiento de los datos recopilados y a las simulaciones respectivas.
 - Microsoft Word: Recolección de Datos y procesado de información de nuestra tesis.
 - Microsoft Excel: Procesado de Tablas de datos numéricos y de estadística para la obtención de las dimensiones de las estructuras a diseñar como también diversos gráficos.

- AutoCAD y Civil 3D: Trazado de curvas de nivel, diseño de las Estructuras Hidráulicas y elaboración de superficies para la exportación al programa HEC RAS 5.0.6, elaboración de secciones del Rio Chuquillanqui.



Fig. 60 (Superficie del Rio Chuquillanqui entre los caseríos de Chuquillanqui y Pinchaday)
Fuente: Propio

- HEC-RAS 5.0.6: Programa especializado para la simulación hidráulica con diferentes caudales y coeficientes de Manning, dichas simulaciones están diseñadas para procesar datos georreferenciados en nuestro caso del Rio Chuquillanqui.

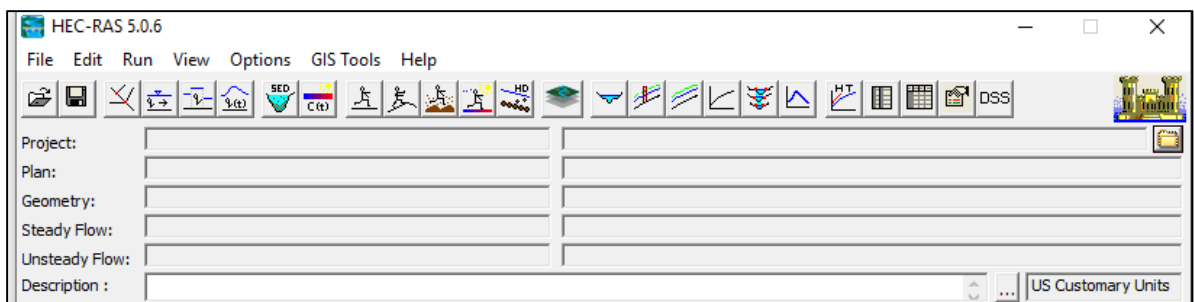


Fig. 61 (Interfaz del Programa HEC RAS 5.0.6) Fuente: Propio

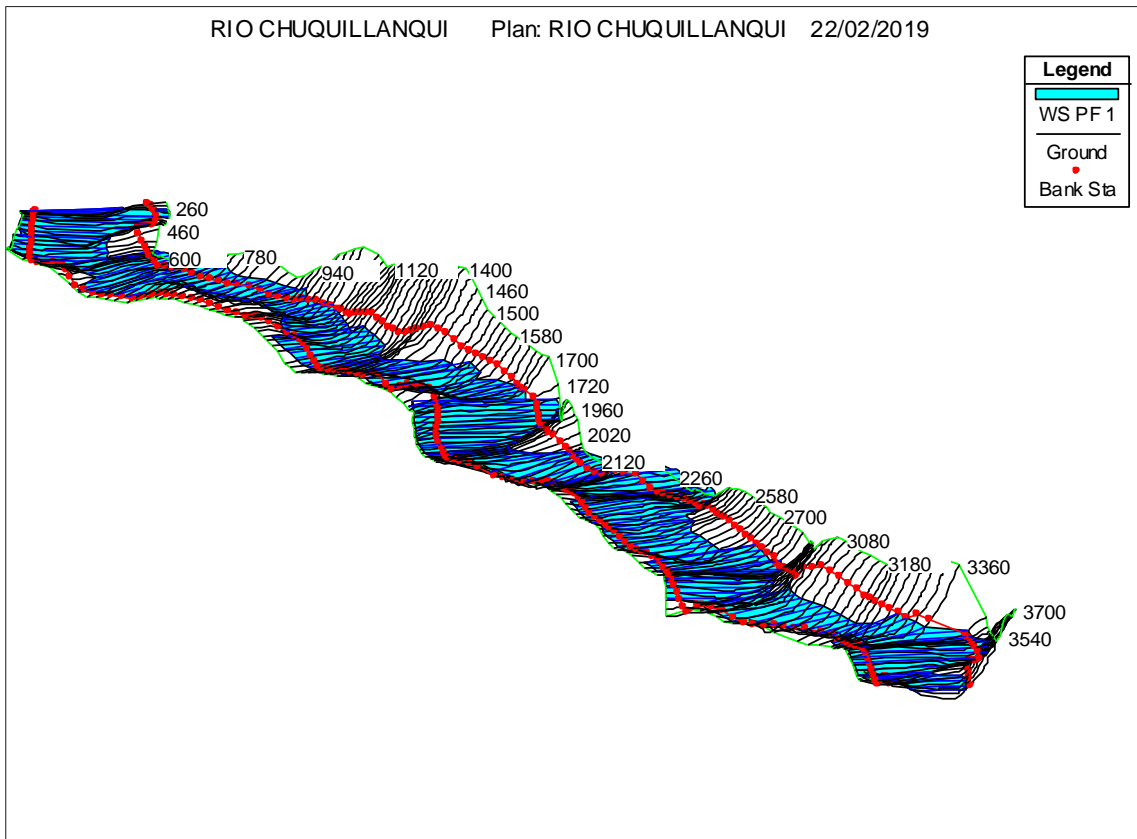


Fig. 62 (Modelamiento del Rio Chuquillanqui) Fuente: Propio

- Google Earth Pro: Programa informativo el cual nos enseña el globo terráqueo de una manera virtual, nos proporciona múltiples cartografías, con una base

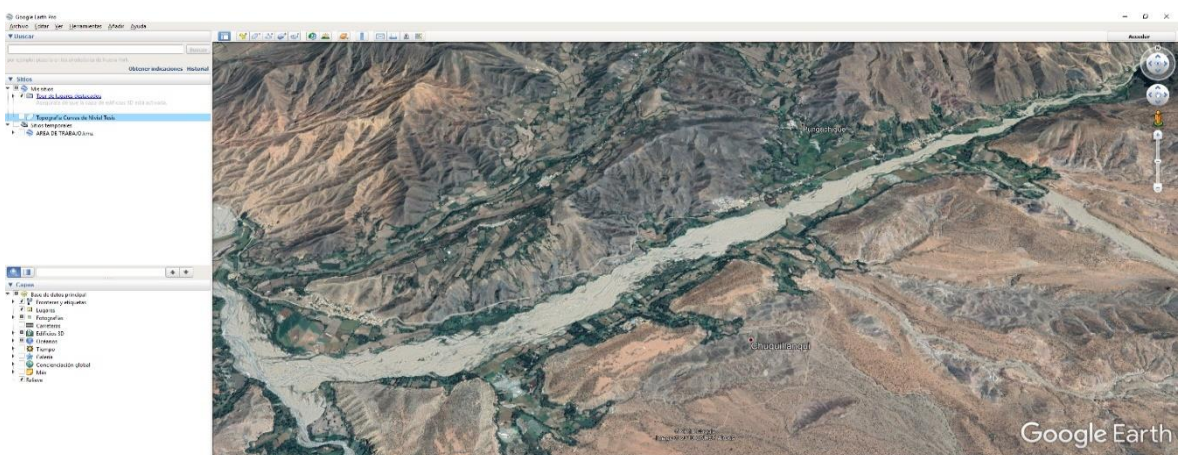


Fig. 63 (Área de Chuquillanqui y Pinchaday) Fuente: Propio

- satelital. Este nos permite ubicarnos en nuestra zona de estudio y a la obtención de las curvas de nivel de esta determinada zona de estudio, esto con combinación de un programa llamado Global Mapper 18.

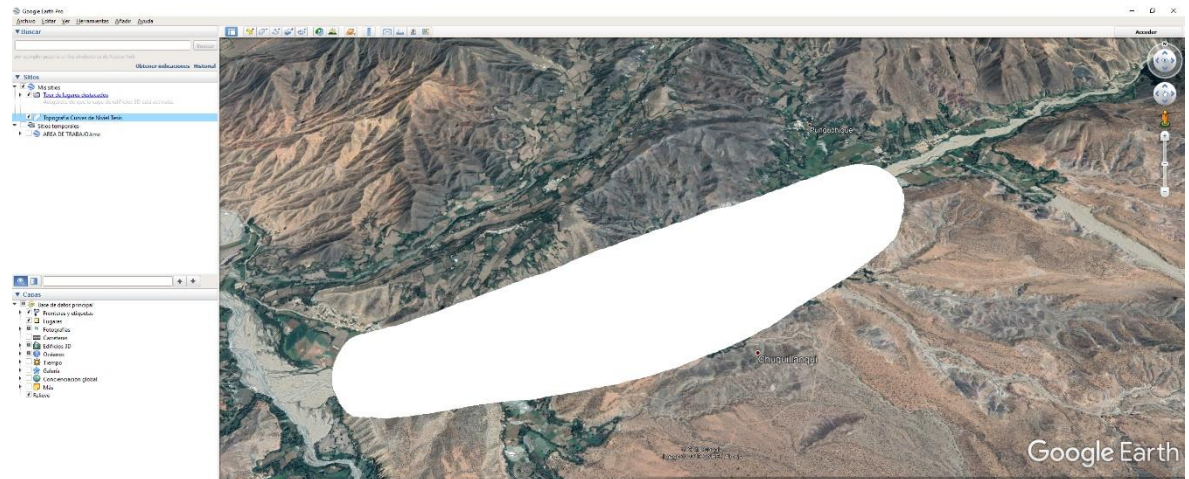


Fig. 64 (Área de Trabajo Seleccionada) Fuente: Propio

- Global Mapper 18: Software que permite el procesamiento de datos SIG (Sistema de Información Geográfica) que contiene todo tipo de información cartográfica y de mapas.

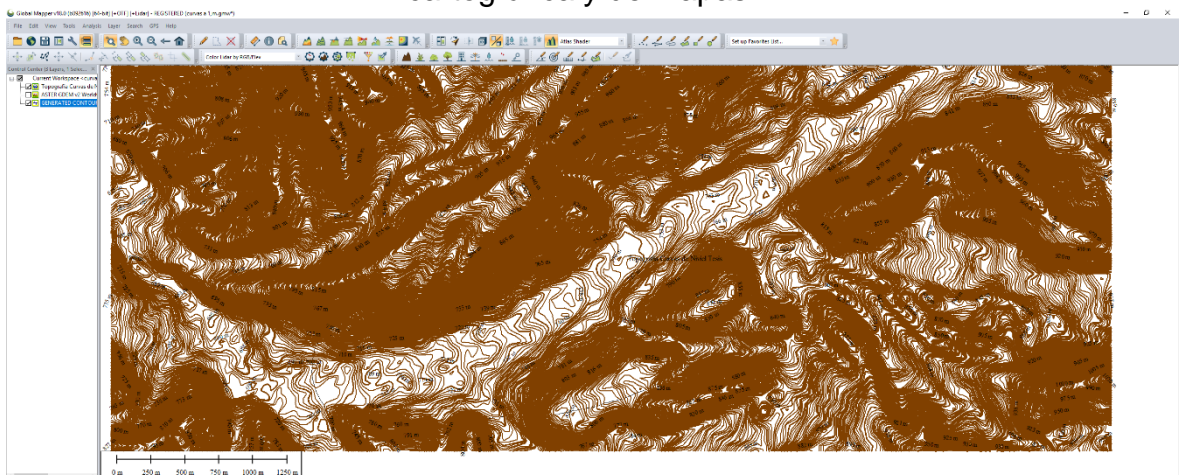


Fig. 65 (Curvas de Nivel a 1m) Fuente: Propio

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Análisis de la Cuenca Chuquillanqui

Pendiente del Rio Chuquillanqui

Cota Mayor: 784.99 m.s.n.m

Cota Menor: 715.04 m.s.n.m

Longitud del Tramo: 3724.26 m

$$P = \frac{Cota Mayor - Cota Menor}{Longitud de Tramo}$$

$$P = \frac{784.99 - 715.04}{3724.26}$$

$$P = 0.0188$$

Coefficiente de Manning el cual lo obtuvimos de un análisis de Pre inversión a nivel de perfil:

$$n = 0.024$$

Periodos de retornos determinados por Hidrometría y Pluviometría en un análisis de pre inversión:

	PP (mm) Según Años de retorno			
	10	25	50	100
Caudal (m ³ /s)	265,40	308,20	376,20	503,70

Tabla 30 Caudal según años de retorno Fuente: Propia

El flujo considerado dentro del Modelamiento del HEC RAS es un flujo subcrítico debido a que es una pendiente baja ($p= 0.0188$).

Las curvas de nivel de obtenidas de nuestro Rio Chuquillanqui están distanciadas a 1 metro, debido que el rio no presenta una pendiente bien pronunciada y por tal motivo se consideró esta separación para poder tener un mejor dimensionamiento de las estructuras hidráulicas consideras.

Análisis de Resultados del Calculo Hidráulico

El ancho estable del Rio Chuquillanqui lo determinamos de 120 m. el cual demostraremos mediante 5 métodos hidráulicos cuyos resultados se muestran a continuación:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Proyecto	:	"PROPUESTA HIDRAULICA ENTRE GAVIÓN Y ENROCADO DEL RIO CHUQUILLANQUI"					
3								
4								
5	Ubicación	:						
6			Region	:	La Libertad			
7			Provincia	:	GRAN CHIMU			
8			Distrito	:	LUCMA			
9			Sector	:	CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY			
10								
11	Rio	:	CHUQUILLANQUI					
12								
13	Fecha	:	oct-19					
14								
15	Elaborado	:	BACH. TEMOCHE OLIDEN, GUIDO HUMBERTO					
16			BACH. QUIROZ ALAYO, ERICK EMILIO					
17								
18	Asesor	:	Dr. GUILLERMO JUAN CABANILLAS QUIROZ					
19								

Fig. 66 Portada de la Hoja de Caculo Fuente: Propia

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6	Q DISEÑO (m³/seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING			MÉTODO DE BLENCH		
7		$B = K_1 Q^{1/2}$			$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3(3+5m)}$			$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$		
8	503.70	Condiciones de Fondo de río	K_1	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)			B (m)	Factores	
9					Descripción				Factor de Fondo	F_b
10	Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.8	62.84	Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 0.025			0.024	Material Grueso	1.2
11					Coeficiente Material del Cauce				Factor de Orilla	F_s
12	0.01880	MÉTODO DE PETTIS			Descripción			K		
13		$B = 4.44 Q^{0.5}$			Material aluvial = 8 a 12			12		
14		B (m)			Coeficiente de Tipo de Río					
15		99.65			Descripción			m	Material sueltos	0.1
16					Para cauces aluviales			1		

Fig. 67 Calculo del Ancho Estable del Rio Chuquillanqui Fuente: Propia

RESUMEN :	
MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	62.84
MÉTODO DE PETTIS	99.65
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	57.99
MÉTODO DE BLENCH	140.72
RECOMENDACIÓN PRACTICA	70.22
=====> PROMEDIO B :	86.28
=====> SE ADOPTA B :	120.00

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.

Fig. 68 Resultados de los Cinco Métodos Hidráulicos Fuente: Propia

Análisis de Resultados del diseño de Diques con revestimiento enrocado

-Determinamos el diseño del dique mediante una hoja de Excel la cual nos permitió obtener los resultados con más precisión.

Podemos apreciar las dimensiones que tomará nuestra sección típica del dique: la base de nuestro dique tomará una medida de 13 m dividido en secciones de 4.5, 4 y 4.5 m, tendrá una altura de 3 m.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	CALCULO HIDRÁULICO							
2	SECTOR :CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY							
3	CALCULO DEL TIRANTE							
4	MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M)							
5	$t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$ t							
6	Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n) (m)							
7	Descripción		Ks		1.01			
8	Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 30		30					
9	Caudal de Diseño (m ³ /seg)							
10	Q = 503.70							
11	Ancho Estable - Plantilla (m)							
12	B = 120.00							
13	Pendiente del Tramo de estudio							
14	s = 0.01880							
15								
16								
17								
18								

Fig. 69 Calculo del Tirante Fuente: Propia

18	Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$				
19					
20					
21	Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S	
22	Tirante medio (y)	Talud de Borde (Z)	0.99	S = 0.01880	
23	y = 1.01	Z = 2		Coefficiente de Rugosidad de Manning	
24	Ancho de Equilibrio (B)			Descripción	n
25	B = 120.00			Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 0.025	0.024
26	Área (m2)	Perímetro (m)			
27	A = 119.16	P = 120.48			
28					
29	>>>>>>>		V = 5.67	m/seg	
30					

Fig. 70 Calculo de la Velocidad Fuente: Propia

30	Numero de Froude : $F = V / (g * y)^{1/2}$				
31					
32					
33	Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)	
34	V = 5.67	g = 9.81	y = A / B >>> y = 0.99	1.82	
35	Página 1				
36	Tipo de Flujo : FLUJO SUPERCRITICO				
37	Calculo de la Altura de Dique >>>>>>>				
38					
39	Bordo Libre (BL) = ϕe			ALTURA DE MURO (H ₀)	
40	Caudal máximo m ³ /s	ϕ	$e = V^2/2g$	H _M = y + BL	
41	3000.00	4000.00	1.2	y : Tirante de diseño (m)	
42	2000.00	3000.00		1.7	y = 1.01
43	1000.00	2000.00		1.4	>>>>> H _M = 2.98
44	500.00	1000.00		1.2	Por Procesos Constructivos
45	100.00	500.00	1.1	>>>>> H _M = 3.00	
46	Caudal de Diseño (m ³ /seg) :		503.70		

Fig. 71 Calculo de Número de Froude y Altura de Dique Fuente: Propia



Fig. 72 Sección Típica del Dique Fuente: Propia

Análisis de Cálculo de la Profundidad de Socavación (Hs)

-Determinamos la profundidad de socavación que es fundamental para el caculo de profundidad de uña para evitar el peligro del movimiento o rodadura del enrocado. La profundidad de socavación es 1.25m

	A	B	C	D	E	F	G	H						
1	CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)													
2	METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV													
3	Suelos Granulares - No Cohesivos													
4	$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(1)$													
5	Suelos Cohesivos													
6	$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(2)$													
7	Donde:													
8	t_s = Tirante despues de producirse la socavacion (m)													
9	t = Tirante sin socavacion (m)													
10	$t = 1.01 \text{ m}$													
11	D_m = Diametro Medio de las particulas (mm)													
12	$D_m = 18 \text{ mm}$													
13	γ_s = Peso Especifico suelo (Kg/m3)													
14	μ = Coeficiente de Contraccion													
15	α = Coeficiente >>>>>													
16	$\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$													
17	Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion (μ) Tabla N° 01		Ancho Estable	α								
18	$t_m = 0.99$	503.70	$\mu = 0.99$		B = 120.00	4.29								
19														
20														
21	PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :													
22														
23	X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N°04)		TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS									
24	X (Tabla N° 03)		1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$									
25	x = 0.32		0.76		$\beta = 0.97$			$t_s = 2.26 \text{ m}$						
26														
27	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2">PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)</th> </tr> <tr> <td>H_s</td> <td>= $t_s - t$</td> </tr> <tr> <td>H_s</td> <td>= 1.25 m</td> </tr> </table>								PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)		H_s	= $t_s - t$	H_s	= 1.25 m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)														
H_s	= $t_s - t$													
H_s	= 1.25 m													
28														
29														
30														
31														
32														

1. Perfil antes de la erosión
2. Perfil de equilibrio tras la erosión

Página 1

Fig. 73 Cálculo de la Profundidad de Socavación (Hs) Fuente: Propia

Análisis de Cálculo de la Profundidad de la Uña

-Para la Profundidad de la Uña obtuvo el resultado de 1.5 m por lo tanto queda demostrado en el siguiente cálculo.

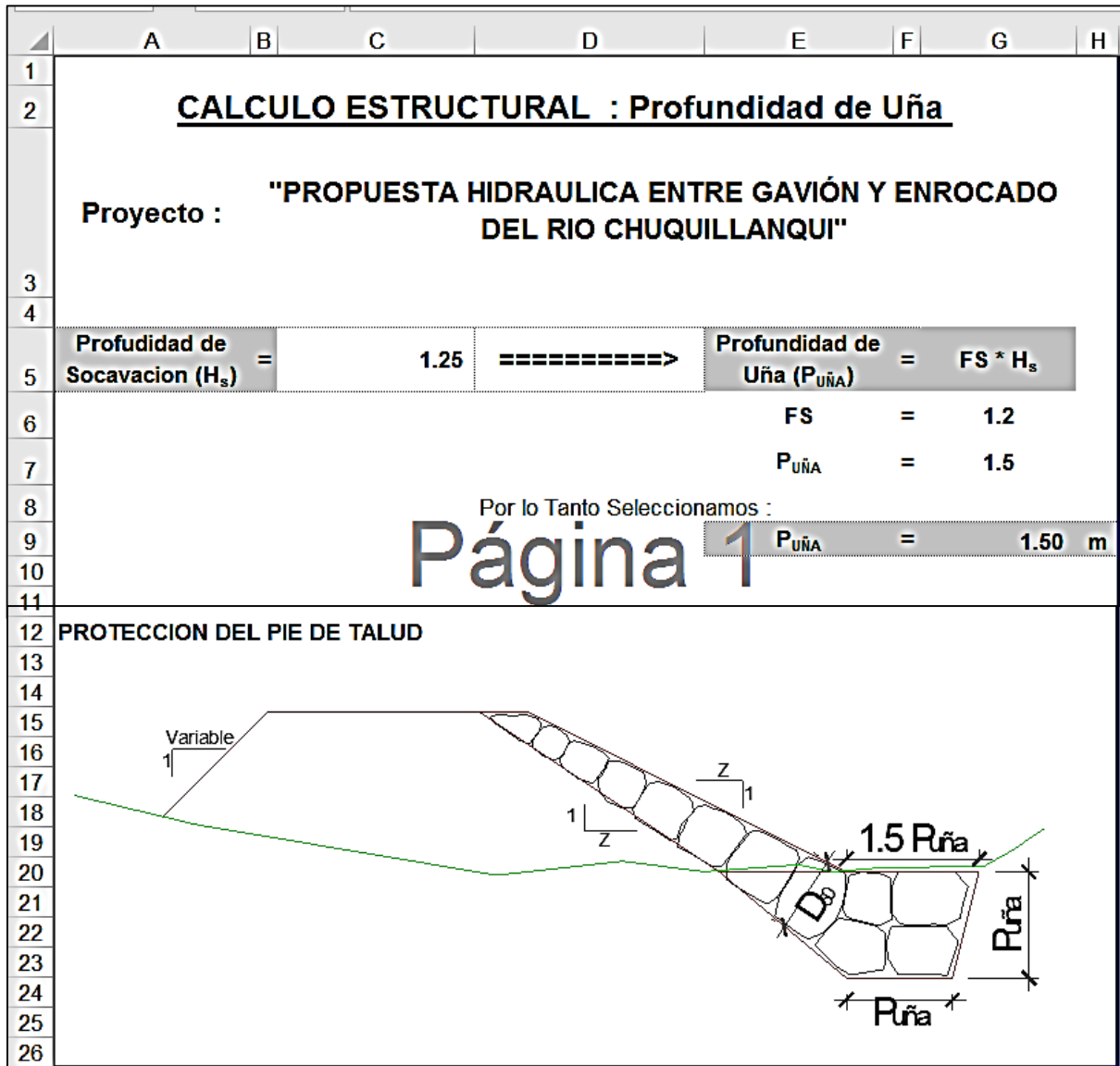


Fig. 74 Cálculo de la Profundidad de la Uña Fuente: Propia

Análisis de Cálculo Estructural

El cálculo estructural se divide en tres partes:

- **Estabilidad del Terraplén**

Analizamos la estabilidad del dique, sobre la presión que ejerce el río sobre el terraplén. Observamos en el siguiente cálculo que el dique es estable a la presión del agua del río.

ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN			
Fuerza Resistente (Kg/m)			ANALISIS DE ESTABILIDAD
$R = W * \text{Tag } \emptyset$			
W = Peso del Terraplen		R	R > P =====> EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA
Area Dique (m ²)	19.50	23,516.96	
Peso Especifico del material (Kg/ m ³)	1930.00		
W = 37,635.00			
Angulo de friccion interna en grados(tipo de material de rio)			
\emptyset	32		
Tag \emptyset	0.62		
Presion del Agua (Kg/m ²)			
$P = P_w * t^2/2$		P	
P _w =	1000.00	510.05	
Tirante			
t =	1.01		

Fig. 75 Cálculo de Estabilidad del Terraplén Fuente: Propia

- **Probabilidad de Movimiento de la Roca**

Analizamos la probabilidad del movimiento de la roca mediante un porcentaje que se afectada directamente por la velocidad del caudal del rio, en el siguiente calculo obtendremos este resultado

PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA		
$F_{roca (D50)} = 0.56 * (V^2/2g) * (1/ D_{50}) * (1/ \Delta)$		F_{roca} (%)
Velocidad caudal de diseño (V)		
Velocidad	5.67	0.28
$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$	Δ	
Peso especifico de la roca (cantera) Kg/m³	1.64	
$\gamma_s =$ 2,640.00		
Peso especifico del agua Kg/m³		
$\gamma_a =$ 1,000.00		
Diametro medio de la roca (D₅₀)		
D ₅₀ =	2.00	

Fig. 76 Cálculo de la Probabilidad de Movimiento de la Roca
Fuente: Propia

- **Estabilidad del Revestimiento del Enrocado**

Para que el revestimiento del enrocado sea estable, el esfuerzo cortante críticos debe ser mayor al esfuerzo máximo cortante actuante

$$\tau_c = 254.20 > \tau_a = 6.57$$

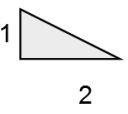
ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO			
ESFUERZO MAXIMO CORTANTE ACTUANTE		ESFUERZO CORTANTE CRITICOS	
$\tau_a = \gamma_a * t * S$	τ_a	$\tau_c = C * (\gamma_s - \gamma_a) * D_{50} * K$	τ_c
Peso especifico del agua Kg/m³	6.57	Peso especifico del agua Kg/m³	254.20
$\gamma_a = 1,000.00$		$\gamma_a = 1,000.00$	
Tirante de diseño (m)		Peso especifico de la roca (cantera) Kg/m³	
$t = 1.01$		$\gamma_s = 2,640.00$	
Pendiente Tramo de estudio		Factor de Talud (K)	
$S = 0.00650$	$K = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \phi}}$		
		Angulo del Talud (α)	
		Z = 2	
			
		Angulo de fricción interna del material (Enrocado) (Φ)	
		$\Phi = 45$	
		Factor de Talud (K)	
		$K = 0.775$	
		Coefficiente de Shields	
		$C = 0.100$	
			Si $\tau_a < \tau_c$
			EL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO ES ESTABLE

Fig. 77 Cálculo de Revestimiento del Enrocado Fuente: Propia

Análisis de Cálculo de Tamaño de las Rocas

Para determinar el diámetro de las rocas de la capa de protección del enrocado se analizó con los siguientes tres métodos:

- **Fórmula de Maynard**

FORMULA DE MAYNORD						
Caudal : Q = 503,70 m3/seg						
Sección Hidráulica	Altura Hidráulica (m)	Velocidad en el Centro del Cauce (m/s)	Coficiente C ₁	Coficiente por Ubicación de roca C ₂	F = C ₂ V / (g y) ^{0.5}	d ₅₀ = t C ₁ F ³
Rio Chicama	1.01	5.67	0.25	1.25	2.25	2.89
					D₅₀ =	2.89 m

Fig. 78 Diámetro de la Roca Fórmula de Maynard Fuente: Propia

- **Fórmula De R. A. Lopardo**

CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA RIO CHICAMA FÓRMULA DE FORMULA DE R. A. LOPARDO										
$W = \frac{0.011314 * \frac{\gamma_s * V^6}{\gamma}}{\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) * \text{SENO}^3(\phi - \theta)}$		γ_s	Peso específico de las partículas, Kg/cm ³ , Tn/m ³							
		γ	Peso específico del fluido, Kg/cm ³ , Tn/m ³							
		V	Velocidad media, m/s							
		ϕ	Angulo de reposo del material							
		θ	Ángulo del talud respecto a la horizontal							
		W	Peso, Kg							
Sección Hidráulica	γ_s	γ	Velocidad Media (m/s)	ϕ	Talud Z	θ	W (Peso)			
	Tn/m3	Tn/m3		(°)		(°)	KG	Tn	Lb	
Rio Chicama	2.68	1.00	5.67	45 °	2.00	26.57 °	19077.71	19.078	42059.15	

Fig. 79 Cálculo de Peso de Roca Fuente: Propia

$D_s = \left(\frac{6 * W}{\pi * \lambda_s} \right)^{1/3}$	<p>D_s = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft</p> <p>W = Peso de roca, lb</p> <p>γ_s = Peso específico de la roca, lb / ft³</p>
--	---

Fig. 80 Cálculo de Diámetro de Volumen Esférico Equivalente Fuente: Propia

$\gamma\sigma$ pcf	D_s ft (Pies)	D_s (m)
167.307	7.830	2.387
$D_{\text{calculado}} =$		
	2.39	m

Porcentaje	Diámetro de la roca, m		
100	\leq	$D_{\text{calculado}}$	$=$ 2.39
50	$>$	D_{60}	$=$ 1.43
80	$>$	D_{40}	$=$ 0.95

Fig. 81 Diámetro de la Roca Fórmula De R. A. Lopardo Fuente: Propia

- **Fórmula de la California División of Highways**

FÓRMULA DE LA CALIFORNIA DIVISIÓ N OF HIGHWAYS	
$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$	b factor para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas, y sin que permita movimiento de piedra, se adopta un valor $b = 1.4$
	Δ Densidad Relativa del material $\implies \Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$
	γ_s Densidad de la roca
	γ Densidad del agua
	V Velocidad media, m/s
g Aceleracion Gravedad : 9.81	

Fig. 82 Diámetro de la Roca Fórmula de la California División of Highways Fuente: Propia

f = Factor de talud	$f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2\theta}{\text{sen}^2\phi}}$
θ = Angulo del Talud	
ϕ = Angulo de Friccion Interna del material.	

Fig. 83 Cálculo de Factor de Talud Fuente: Propia

Sección Hidráulica	γ_s Tn/m3	γ Tn/m3	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud Z 1	θ (°)	Δ	f	d_{50} (m)
Rio Chicama	2.63	1.00	5.67	3 8°	2.00	2 6.57 °	1.63	0.687	2.05

Porcentaje	Diámetro de la roca, m		
100	\leq	$D_{\text{calculado}}$	= 2.05
50	$>$	D_{60}	= 1.23
80	$>$	D_{40}	= 0.82

Fig. 84 Diámetro de la Roca Según la Fórmula de la California División of Highways Fuente: Propia

Análisis de Calculo Para Determinar El Uso De Filtros

Para saber si se usara filtros geotextil o filtros con material de grava se analizará entre la velocidad del agua entre el enrocado (V_a) y la velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V_e) en el siguiente cálculo:

1.- Determinación de Velocidad en el espacio entre el enrocado y material base		
V_a : velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.		V_a (m/s)
$V_a = (D_{50} / 2)^{2/3} * S^{1/2} / n_f$		6.856
n_f =	Rugosidad del fondo	
Condicion	n_f	
Sin filtro o hay filtro de Geotextil	0.02	
Pendiente Tramo de estudio		
S =	0.01880	
Diámetro medio de la roca (D_{50})		
D_{50} =	2.00	

Fig. 85 Cálculo de Velocidad del Agua Entre el Enrocado y el Fondo (V_a) Fuente: Propia

2.-Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V_e)	
V_e = velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado	V_e (m/s)
$V_e = 16.1 * (D_m)^{1/2}$	
D_m =	diámetro de partículas del suelo base (m)
D_m =	0.018 m
Verificacion :	
Como $V_a > V_e$: Habra Erosión ==> SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL O UN FILTRO DE GRAVA	
	2.160

Fig. 86 Velocidad que Puede Soportar el Suelo sin Ser Erosionado (V_e) Fuente: Propia

DETERMINACION DEL TIPO DE FILTRO	
ASUMIENDO UN FILTRO DE GEOTEXTIL : Se tiene ==>	
$V_{a1} = V_a / 4$	
$V_{a1} =$ 1.714 m/s	
Se debe verificar que se cumpla que : $V_{a1} > V_e$	
Verificacion :	
Como $V_{a1} < V_e$: ==> USAR FILTRO DE GRAVA	

Fig. 87 Cálculo de Elección del Tipo de Filtro Fuente: Propia

Análisis de Resultados del diseño de Gaviones

-Mediante un análisis para el dimensionamiento de los diques obtuvimos datos los cuales no sirven para determinar las dimensiones de los gaviones, uno de los datos obtenidos es la densidad del terreno teniendo como resultado de 1.16 Tn/m^3 .

-También se obtuvo el coeficiente de presión activa del suelo el cual tiene un valor de 0.31.

-La altura libre del gavión nosotros consideramos de 4.50 m por el motivo de tener en nuestra base 3 bloques en la base y también 3 de altura, los bloques tuvieron una dimensión de (1.00 m x 1.50 m). La hoja de cálculo se mostrará en la siguiente pagina

DISEÑO DE MUROS EN GAVIONES

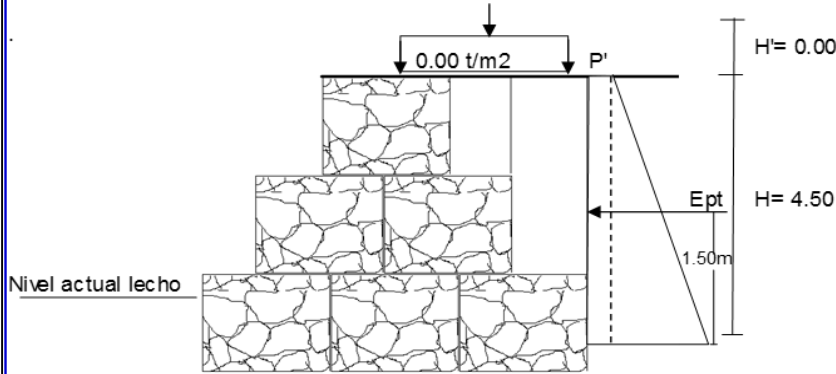
PARAMETROS DEL TERRENO

Coeficiente de Presión Activa (Ka)= **0.31**
 Densidad del terreno (γ_s)= **1.160** tf/m³
 Altura libre de diseño (H)= **4.50** m
 Sobre carga (w)= **0.00** t/m²
 Altura (Sobre carga H')= **0.00** m

$$K_a = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Nota: el coeficiente de presión activa dado por el Ing. de suelos contiene los efectos dinámicos que el terreno causa sobre el muro en un sismo

Muro Tipo 3 ALTURA TOTAL 4,50 m



Densidad de la piedra (γ_p)= **2.80** tf/m³
 Densidad del Gavión 80% (γ_g)= **2.24** tf/m³
 Numero de Gaviones: **6**
 h= 1.50 m
 b= 1.00 m

DISTRIBUCION DE PRESIONES

$P = K_a \cdot \gamma_s \cdot H = 1.618$ t/m/m

CALCULO DE EMPUJE ACTIVO

$E_{pt} = H(P/2 + P') = 3.641$ t/m

Brazo = $H^2(P/2 + P') / E_{pt} = 1.50$ m

FUERZAS RESISTENTES:

ELEMENTO	FUERZA (tf/m)	BRAZO (m)	MOMENTO (tf*m/m)
Gaviones	21.370	1.500	32.054
Cuñas de Relleno	2.741	2.583	7.079
$\Sigma F_{vo} =$	24.110	$\Sigma M_{vo} =$	39.133

FUERZAS ACTUANTES:

$\Sigma F_{\gamma} = (E_p - E_a) = 3.641$ t/m

MOMENTO POR VOLCAMIENTO

$\Sigma M_{\gamma} = E_{pt} \cdot \text{brazo} = 5.46$ tf*m/m

Fig. 88 Predimensionamiento de Muros de Gaviones Fuente: Propia

FACTOR DE SEGURIDAD A VOLCAMIENTO: caso de relleno en un solo lado

$$\frac{\Sigma M_{\gamma l}}{\Sigma M_{v o}} = 7.17 \quad \geq 2.00 \quad \text{OK}$$

FACTOR DE SEGURIDAD A DESLIZAMIENTO: caso de relleno en un solo lado

$$F = f \times \Sigma FV = 12.06$$

$$f = 0.5$$

$$\beta = F / \Sigma Fh = 3.31 \geq 1.50 \quad \text{OK}$$

POSICION DE LA RESULTANTE:

PUNTO DE APLICACIÓN DE LA NORMAL

$$x = \frac{\Delta \Sigma M_{v o}}{\Sigma F_{v o}} = \frac{39.133 - 5.461}{24.110} = 1.40 \text{ m}$$

CALCULO DE EXENTRIDAD

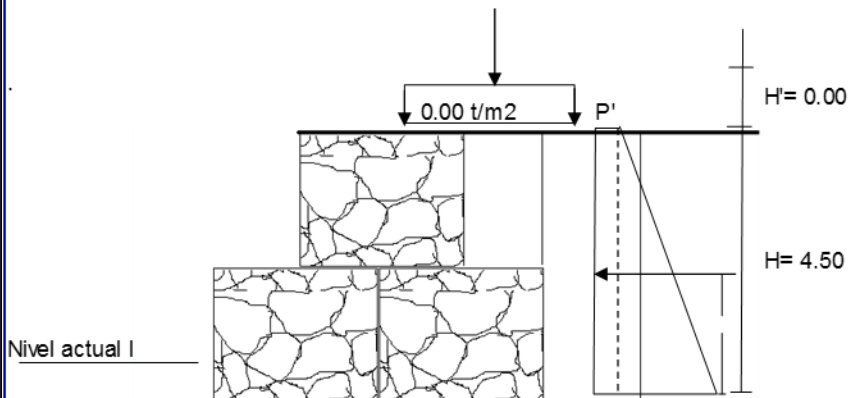
$$e = (L/2) - x = 1.500 - 1.40 = 0.10 < e_{\max} = (L/6) = 0.50 \quad \text{OK}$$

VERIFICACION DE BLOQUE EN BLOQUE

VERICANDO EN EL SEGUNDO BLOQUE

PARAMETROS DEL TERRENO

coeficiente de Presión Activa (K_a) = 0.31
 Densidad del terreno (γ_s) = 1.160 tf/m³
 Altura libre de diseño (H) = 4.50 m
 Sobre carga (w) = 0.00 t/m²
 Altura (Sobre carga H') = 0.00 m



Ángulo de fricción interna (ϕ) = 25.000 grados

h = 1.50 m
 b = 1.00 m
 Densidad de la piedra (γ_p) = 2.30 tf/m³
 Densidad del Gavión 80% (γ_g) = 1.84 tf/m³
 Numero de Gaviones: 6

Fig. 89 Calculo de Verificación de Bloque en Bloque Fuente: Propia

DISTRIBUCION DE PRESIONES

$$P = K_a \cdot \gamma_s \cdot H = 1.618 \text{ t/m/m}$$

$$P' = K_a \cdot \gamma_s \cdot H' = 0.00 \text{ t/m/m}$$

CALCULO DE EMPUJE ACTIVO

$$E_{pt} = H(P/2 + P') = 3.641 \text{ t/m}$$

$$\text{Brazo} = H^2(P'/2 + P/6) / E_{pt} = 1.50 \text{ m}$$

FUERZAS RESISTENTES:

ELEMENTO	FUERZA (tf/m)	BRAZO (m)	MOMENTO (tf*m/m)
Gaviones	17.719	1.500	26.579
Cuñas de Relleno	2.610	2.583	6.742
$\Sigma F_{vo} =$	20.329		$\Sigma M_{vo} =$ 33.320

FUERZAS ACTUANTES:

$$\Sigma F_{\gamma} = (E_p - E_a) = 3.64 \text{ t/m}$$

MOMENTO POR VOLCAMIENTO

$$\Sigma M_{\gamma} = E_{pt} \cdot \text{brazo} = 5.46 \text{ tf*m/m}$$

FACTOR DE SEGURIDAD A VOLCAMIENTO: caso de relleno en un solo lado

$$\boxed{\Sigma M_{\gamma} / \Sigma M_{vo} = 6.10} \quad \geq 2.00 \quad \text{OK}$$

FACTOR DE SEGURIDAD A DESLIZAMIENTO: caso de relleno en un solo lado

$$F = f \cdot \Sigma FV = 10.16$$

$$f = 0.5$$

$$\beta = F / \Sigma Fh = 2.79 \geq 1.50 \quad \text{OK}$$

POSICION DE LA RESULTANTE:**PUNTO DE APLICACIÓN DE LA NORMAL**

$$x = \Delta \Sigma M_{vo} / \Sigma F_{vo} = \frac{33.320 - 5.461}{20.329} = 1.37 \text{ m}$$

CALCULO DE EXENTRIDAD

$$e = (L/2) - x = 1.500 - 1.37 = 0.13 < e_{\max} = (L/6) = 0.50 \quad \text{OK}$$

Fig. 90 Calculo de Verificación de Volcamiento y Deslizamiento Fuente: Propia

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de observar los resultados en cada una de las estructuras hidráulicas apreciamos que tenemos datos en común, estos fueron usados para el cálculo de las dimensiones de cada una de ellas.

Durante el modelamiento en el Programa Civil 3D y HEC RAS 5.0.6 apreciamos diferentes comportamientos en el caudal del Rio Chuquillanqui por el motivo de tener dos estructuras distintas pero que cumplen la misma función, por ellos llegamos a diferentes conclusiones que se nos orientan cada vez mejor para poder tomar una decisión adecuada.

Cuadro de ventaja y desventaja:

	Gavión	Enrocado
	Ventaja	Desventaja
Material	Ínsito Mediante la morfología del Rio Chuquillanqui	No se encuentran materiales
Aspecto Social	Necesita mano de obra no calificada (personal de la localidad)	Necesita mano de obra calificada
Instalación	No necesita de equipamientos de maquinaria de alta complejidad	Necesita de equipamientos de maquinaria de alta complejidad
Impacto Ambiental	No es necesario explotar canteras	Es necesario explotar canteras
Económico	Esta solución presenta costos menores	Esta solución presenta costos mayores

Tabla 31 Cuadro de ventaja y desventaja

Cuadro de riesgo

	Gavión	Enrocado
Riesgo	Desarrollo del flujo	Menos seguridad
	Más seguridad en la resistencia a la energía cinética y potencial del Flujo del Rio Chuquillanqui	No seguridad de las juntas del enrocado
Derecho del vía	Conserva el derecho del vía del rio	No conserva el derecho de vía, porque no existe mucha estabilidad en la estructura
Estabilidad	Es una estructura flexible, se adapta a pequeño asentamientos del suelo	No es una estructura flexible, peligro de rodadura del enrocado a pequeños asentamientos del suelo
Drenaje	Tiene drenaje, el empuje hidrostático actuante sobre la estructura es menor	No tiene drenaje, el empuje hidrostático actuante sobre la estructura es mayor

Tabla 32 Cuadro de riesgo

6. CONCLUSIONES

Ambas (gavión, enrocado) estructuras cumplen una excelente función, pero nuestra propuesta es la elección de la estructura hidráulica de gaviones por las siguientes conclusiones:

- Se realizó un análisis comparativo entre gavión y enrocado donde la mejor propuesta de reducir riesgos de inundación del rio Chuquillanqui, es la estructura hidráulica de gavión, como se expone en **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**. (Página N°91).
- Además, se diseñó ambas estructuras hidráulicas, de las cual se determinó que el gavión no necesita una mano de obra especializada solo se le tiene que orientar a una pequeña capacitación lo que permite costo-beneficio.

- Se diseñó las estructuras Hidráulicas (gavión y enrocado), que se puede observar analíticamente y técnicamente en la hoja de cálculo de resultados. (Página N° 75), para precisar lo indicado en la primera conclusión de la presente Tesis.
- Se determinó el comportamiento y orientación del caudal del río Chuquillanqui en el trayecto propuesto, entre los caseríos de Chuquillanqui y Pinchada (Paginas N°119, 121, 123), además sobre el suelo se determinó que técnicamente cumple con las dimensiones calculadas con un alto grado de seguridad siendo de un tamaño integrado. (Factor de seguridad de volcamiento de 7.7 - 6.10 y un Factor de Seguridad de desplazamiento de 3.31 - 2.79) (Ver página N°89 y 90).
- Se realizó simulaciones del diseño de la estructura de Defensa Ribereña (gavión y enrocado), para mejor precisión de nuestra propuesta que es la primera conclusión. (Página N°121 y 123).
- No generan un impacto ambiental, ya que no es necesario traer material de canteras de otro lugar para el relleno, se puede usar el material del mismo Río Chuquillanqui porque las dimensiones de las piedras son coherentes al diseño (gavión).
- También es una solución ambiental porque permite el crecimiento de la vegetación que incide en la mejor resistencia de la estructura hidráulica, ante cualquier desastre y el área verde permite mejorar la ecología del lugar.

7. RECOMENDACIONES

- Análisis de mecánica de suelos cada 50 o 100 metros para poder obtener más datos sobre el terreno del Área de Estudio.
- Darle una orientación al Río Chuquillanqui en lo posible lejos de los habitantes para poder así resguardar la vida de ellos.
- Darle un mantenimiento adecuado cada cierto periodo de lluvias para mantener eficaz dicha estructura.
- Se recomienda re estructuración o un replanteo del Puente Lucma debió al incremento del ancho del río Chuquillanqui.
- Evitar curvas pronunciadas dentro del diseño para evitar los fenómenos de socavación y desbordamiento durante los caudales altos.

REFERENCIAS

- García, E. (Sabado 05 de Enero de 2008). *Rimd*. Obtenido de Rimd:
<http://www.rimd.org/documento.php?id=407>
- PORTILLA CASTILLO, V., & CHACON YUPANQUI, L. (2017). *“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE MUROS DE CONTENCIÓN Y GAVIONES EN EL CAUCE DEL RIO TINGO EN EL ANEXO VIJUS -PATAZ”*. TRUJILLO: UPAO.
- Alvaro , A., & Fasanando, H. (2014). *“DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO CHUQUILLANQUI TRAMO PUENTE PUNTA MORENO – PAMPAS DE JAGUEY APLICANDO EL PROGRAMA RIVER”*. Trujillo: UPAO.
- ANA Y MINAGRI. (Diciembre de 2015). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de Autoridad Nacional del Agua:
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/componente1_agua_superficial_memoria_anexos_mapas.pdf
- CASIANO RUBIO, J. L., & MONZÓN DE LA CRUZ, J. A. (2017). *“INFLUENCIA DE ESTRUCTURAS DE ESTABILIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE Y CONTROL DEL FONDO SOBRE TRAMO LA ALAMEDA - TOMABAL DEL CAUCE DEL RIO VIRÚ EN SU PROCESO MORFODINAMICO”*. TRUJILLO: UPAO.
- INGEMMET. (martes 21 de Marzo de 2017). *INGEMMET*. Obtenido de INGEMMET:
<http://www.ingemmet.gob.pe/-/inundaciones-y-huacos-en-la-costa-norte-causas-y-efectos>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (Octubre de 2003). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de Autoridad Nacional del Agua:
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrologico_chicama_0_0_8.pdf
- MUÑOZ AGUILERA , J. G., & TORRES ABANTO , L. A. (2016). *ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN PARA DEFENSA RIBEREÑA ANTE EL LATENTE FENÓMENO NATURAL DE EL NIÑO, DEL RIO ALTO CHUQUILLANQUI TRAMO EL MOLINO DISTRITO DE CASCAS PROVINCIA DE GRAN CHIMÚ – DEPARTAMENTO LA LIBERTAD*. TRUJILLO: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Olalla. (20 de Junio de 2008). *geowikilogy*. Obtenido de geowikilogy:
<http://geowikilogy.wikifoundry.com/page/Desbordamiento+de+r%C3%ADos+y+sus+cauces>
- Oruna, S. J. (2013). *ESTUDIO DE PRE INVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL “MEJORAMIENTO DEL PUENTE CHUQUILLANQUI –LUCMA – GRAN CHIMU – LA LIBERTAD”*. Tujillo.
- Toro, M. I. (2002). *DISEÑO DE MUROS DE GAVIONES*. Lima: MINISTERIO DE AGRICULTURA INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES.
- Toro, M. I. (2002). *DIQUES DE TIERRA Y ENROCADO*. Lima: MINISTERIO DE AGRICULTURA INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES .
- Toro, M. I. (2002). *DISEÑO DE REVESTIMIENTOS CON ENROCADO*. Lima: MINISTERIO DE AGRICULTURA INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES.

Toro, M. I. (2002). *INTRODUCCION A LOS PROYECTOS DE DEFENSAS RIBEREÑAS*. Lima: MINISTERIO DE AGRICULTURA INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES.

VILLAR TAMBO, C. (2017). *“SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO CHICO MODIFICADO POR CANALIZACIÓN Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN EN LADERAS DE LA ZONA URBANA DE LA LOCALIDAD DE CELENDÍN CAJAMARCA”*. TRUJILLO: UPAO.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1: RECONOCIMIENTO DE CAMPO

- La primera parte de la expedición del tramo en estudio



Foto 1. Margen derecha tomando como referencia el río Chuquillanqui en dirección río arriba



Foto 2. Zona antes del puente se observa áreas de cultivo en su mayoría parcelas de arroz



Foto 3. Zona después del puente se observa áreas de cultivo en su mayoría parcelas de arroz



Foto 4. Margen izquierda tomando como referencia el río Chuquillanqui en dirección río arriba



Foto 5. Zona antes del puente se observa áreas de cultivo en su mayoría de uva



Foto 6. Zona después del puente se observa áreas de cultivo en su mayoría parcelas de maíz y uva.

- La segunda parte de la expedición del tramo en estudio

Foto 7. Confluencia entre los ríos Chuquillanqui y Huancay (a) y (b)



(a)



(b)



Foto 8. Margen derecho que se encuentra campos de cultivo de arroz, árboles frutales y viviendas.

Foto 9. Margen izquierdo del río donde se encuentran la mayor parte de los campos de cultivo en su mayoría de arroz (a) y (b)



(a)



(b)

- Otra parte de la expedición del tramo en estudio

Foto 10. Desorden del cauce del río (a), (b) y (c)



(a)



(b)



(c)



Foto 11. Exploración del suelo



Foto 12. Perfil del suelo



Foto 13 Visita en la Confluencia entre los ríos Chuquillanqui y Huancay



Foto 14 Visita en el puente Chuquillanqui

ANEXO 2: ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA SUB CUENCA DEL RIO CHUQUILLANQUI

- INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

Precipitación Mensual (mm) – Estación Cospan

Lugar: Cajamarca - Cajamarca - Cospan (Funcionando)

Latitud : 7° 26' 26" S

Longitud : 78° 32' 32" W

Altitud : 2105 msnm

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROM	MAX	SUMA
1971	35	9	369	15	0	17	0	0	30	68	28	37	50.67	369	992.67
1972	39	66	347	76	40	4	2	0	41	23	14	22	56.17	347	1,038.17
1973	103	101	98	123	40	2	0	0	2	50	1	73	49.42	123	662.42
1974	36	123	119	47	0	10	0	0	38	35	5	64	39.75	123	603.75
1975	75	88	211	86	0	16	0	1	31	39	62	67	56.33	211	868.33
1976	26	18	152	54	37	4	0	2	3	112	33	27	39.00	152	633.00
1977	49	92	218	96	15	0	0	5	4	57	33	79	54.00	218	871.00
1978	54	75	93	39	41	4	2	6	50	67	40	53	43.67	93	606.67
1979	44	346	225	25	26	3	0	0	1	113	52	30	72.08	346	1,239.08
1980	27	32	214	27	177	3	1	0	3	2	5	36	43.92	214	757.92
1981	202	25	150	39	0	39	0	1	22	59	34	106	56.42	202	733.42
1982	53	14	196	37	3	11	0	0	5	113	14	114	46.67	196	749.67
1983	210	229	144	204	0	28	25	0	8	65	28	30	80.92	229	1,070.92
1984	74	133	98	23	2	189	2	0	53	5	128	56	63.58	189	941.58
1985	36	187	159	36	42	0	0	0	30	6	17	46	46.58	187	756.58
1986	145	3	58	90	8	0	0	0	12	0	30	62	34.00	145	442.00
1987	426	429	240	51	0	1	0	0	23	13	74	30	107.25	429	1,397.25
1988	135	26	206	116	39	4	1	3	7	15	3	49	50.33	206	725.33
1989	137	59	55	57	13	41	1	1	45	45	1	126	48.42	137	629.42
1990	103	124	255	16	4	23	0	2	3	84	0	115	60.75	255	941.75
1991	49	68	135	16	71	1	1	1	1	69	33	108	46.08	135	685.08
1992	15	29	164	57	2	3	0	0	4	1	71	5	29.25	164	529.25
1993	114	461	237	115	19	4	0	0	4	8	7	133	91.83	461	1,540.83
1994	224	138	132	112	29	20	6	1	27	110	40	137	81.33	224	1,057.33
1995	60	19	282	29	2	1	0	0	29	1	12	42	39.75	282	738.75
1996	56	93	201	59	32	11	0	0	27	27	48	21	47.92	201	767.92
1997	25	61	250	57	0	4	0	1	4	48	129	18	49.75	250	871.75
1998	437	234	205	100	13	8	0	0	17	59	37	100	100.83	437	1,310.83
1999	141	387	160	70	80	25	5	2	3	50	90	62	89.58	387	1,410.58
2000	80	256	203	114	63	15	1	5	40	28	53	100	79.83	256	1,213.83
2001	327	213	540	61	57	1	4	3	13	31	54	185	124.08	540	1,826.08
2002	58	265	354	137	25	7	1	0	41	48	104	69	92.42	354	1,497.42
2003	149	56	368	103	7	0	1	0	1	64	123	22	74.50	368	1,187.50
2004	15	182	174	100	6	0	0	18	1	12	65	132	58.75	182	930.75
2005	194	141	54	157	21	0	0	0	0	38	114	18	61.42	194	798.42
2006	142	220	123	91	25	1	0	0	3	12	22	127	63.83	220	907.83
2007	209	198	85	124	13	0	0	1	1	1	75	107	67.83	209	881.83
2008	187.8	339.7	199.4	96.8	0	26	0	0.5	12.3	76.5	42.6	43.7	85.44	339.7	1,262.64
2009	228.4	309.7	357.7	134.1	29.9	13.3	21.3	0	8.3	79.6	93	126.3	116.80	357.7	1,647.70
2010	120.3	257.5	237.3	98.3	33.3	9	12.3	0	17.1	18.5	30.7	61.4	74.64	257.5	1,107.54
2011	153.4	84.6	186.4	222.8	8.8	0.3	15.2	0	9.1	9	31	153.4	72.83	222.8	1,016.23
2012	237.9	262.4	336.7	156.2	49	3.3	0	8.5	8.6	66.9	103.4	62.6	107.96	336.7	1,502.26
Media	124.57	153.66	204.56	82.55	25.55	13.14	2.42	1.48	16.25	43.54	47.14	72.75	65.63	255.94	984.60
DesvStd	102.23	123.29	101.34	49.56	32.05	29.76	5.65	3.23	15.81	33.77	37.49	44.31	23.49	103.94	329.08
Min	15.00	3.00	54.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	29.25	93.00	442.00
Max	437.00	461.00	540.00	222.80	177.00	189.00	25.00	18.00	53.00	113.00	129.00	185.00	124.08	540.00	1,826.08

Precipitación Mensual (mm) – Estación Callancas

Lugar: La Libertad - Otuzco - Charat (Funcionando)

Latitud : 7° 46' 46" S

Longitud : 78° 29' 29" W

Altitud : 2074 msnm

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROM	MAX	SUMA
1971	135	107	108	74	0	5	0	1	10	8	26	51	43.75	135	568.75
1972	65	65	162	16	22	3	0	1	70	5	7	23	36.58	162	572.58
1973	105	41	111	138	38	12	1	0	7	7	24	49	44.42	138	610.42
1974	74	120	45	35	0	8	0	0	34	20	18	30	32.00	120	462.00
1975	71	146	198	69	6	8	1	0	15	15	2	20	45.92	198	723.92
1976	103	86	83	23	10	20	0	26	14	50	22	7	37.00	103	481.00
1977	143	163	83	43	11	0	2	0	0	7	0	26	39.83	163	537.83
1978	36	38	54	19	22	0	0	0	13	17	1	45	20.42	54	283.42
1979	17	26	147	20	7	0	4	0	14	1	18	21	22.92	147	427.92
1980	13	8	30	29	1	0	0	4	6	2	0	7	8.33	30	125.33
1981	64	176	82	33	0	1	0	0	0	45	30	25	38.00	176	606.00
1982	63	11	50	120	2	0	0	4	2	38	5	40	27.92	120	419.92
1983	155	143	94	18	51	0	2	0	4	3	82	19	47.58	155	618.58
1984	24	125	109	20	19	17	0	0	10	2	17	31	31.17	125	506.17
1985	2	72	50	18	0	0	0	2	3	2	68	18	19.58	72	324.58
1986	136	44	55	83	3	0	3	5	22	0	0	24	31.25	136	406.25
1987	124	85	64	68	3	0	4	10	0	10	25	39	36.00	124	468.00
1988	75	70	35	82	7	3	0	4	2	10	12	23	26.92	82	356.92
1989	59	132	98	62	2	4	0	0	2	27	11	9	33.83	132	512.83
1990	1	0	31	59	4	0	0	3	4	0	1	12	9.58	59	182.58
1991	1	34	68	54	8	1	0	0	15	25	10	12	19.00	68	314.00
1992	0	15	23	5	0	0	0	0	0	32	33	24	11.00	33	176.00
1993	0	97	164	65	21	0	0	0	0	0	0	2	29.08	164	542.08
1994	38	103	53	23	60	0	3	0	45	53	8	52	36.50	103	539.50
1995	51	70	32	65	15	12	5	0	8	0	44	52	29.50	70	402.50
1996	62	148	146	29	3	0	0	2	11	39	20	69	44.08	148	659.08
1997	8	115	25	52	13	3	0	0	7	62	0	6	24.25	115	422.25
1998	201	192	272	78	11	4	0	0	11	29	35	133	80.50	272	1,117.50
1999	77	266	72	68	47	9	3	0	5	22	7	12	49.00	266	826.00
2000	41	141	162	121	62	5	0	0	31	18	15	54	54.17	162	825.17
2001	323	76	164	28	27	1	1	4	20	0	20	74	61.50	323	799.50
2002	9	102	60	42	21	3	0	0	32	1	44	51	30.42	102	488.42
2003	130	88	115	73	9	6	4	1	7	6	17	34	40.83	130	530.83
2004	15	98	26	18	2	6	1	0	10	8	7	20	17.58	98	311.58
2005	48	143	147	39	1	4	0	4	9	5	8	6	34.50	147	547.50
2006	86	136	47	50	4	12	0	19	9	34	16	9	35.17	136	507.17
2007	122	141	72	21	2	0	0	0	0	2	0	28	32.33	141	439.33
2008	67.8	152	103.5	86.3	3.5	3.9	0.7	1.1	3.2	26.5	36.5	0.8	40.48	152	610.48
2009	75.6	106.3	161.2	67.6	6.4	2.7	0.7	0	0.1	43.3	53.2	62.1	48.27	161.2	713.07
2010	41.5	154.3	55.8	62.2	32.5	0.5	4.7	0	13.3	5.7	33.3	39.8	36.97	154.3	593.37
2011	59.9	20.8	80.7	151.2	2.6	0	1.1	0	4.5	2.7	27.8	57	34.03	151.2	533.63
2012	303.9	217.4	98.2	71.5	2.5	1.7	0	0	0.3	4.7	99.3	23	68.54	303.9	891.04
Media	76.80	101.76	91.34	54.73	13.37	3.71	0.98	2.17	11.27	16.38	21.50	31.90	35.49	138.85	523.45
DesvStd	72.38	59.54	55.04	34.34	16.64	4.91	1.53	5.10	13.85	17.22	22.34	24.93	14.58	63.49	195.58
Min	0.00	0.00	23.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	8.33	30.00	125.33
Max	323.00	266.00	272.00	151.20	62.00	20.00	5.00	26.00	70.00	62.00	99.30	133.00	80.50	323.00	1,117.50

Precipitación Mensual (mm) – Estación Asunción

Lugar: Cajamarca - Cajamarca - Asuncion (Funcionando)

Latitud : 7° 18' 43.56" S

Longitud : 78° 30' 55.8" W

Altitud : 2194 msnm

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROM	MAX	SUMA
1971	49	171	115	45	5	17	2	0	7	84	45	110	54.17	171	826.17
1972	94	214	77	128	57	11	5	0	11	59	135	252	86.92	252	1,287.92
1973	146	176	242	193	27	8	0	0	9	31	27	197	88.00	242	1,240.00
1974	33	134	180	113	26	39	0	1	38	37	37	93	60.92	180	938.92
1975	97	120	170	118	6	33	1	0	51	21	64	92	64.42	170	910.42
1976	53	106	57	94	17	1	0	1	19	102	70	83	50.25	106	706.25
1977	70	117	109	178	23	0	3	7	16	46	77	69	59.58	178	882.58
1978	155	156	241	79	24	2	1	0	44	50	22	83	71.42	241	1,014.42
1979	79	222	71	62	21	17	1	1	7	110	13	92	58.00	222	897.00
1980	71	180	88	62	76	1	0	0	3	5	52	68	50.50	180	765.50
1981	296	270	227	87	7	24	1	0	20	91	39	173	102.92	296	1,337.92
1982	18	118	28	76	30	23	1	0	1	94	16	79	40.33	118	624.33
1983	348	302	468	193	8	27	4	0	13	46	75	103	132.25	468	1,839.25
1984	229	161	451	48	30	34	0	0	4	13	116	98	98.67	451	1,504.67
1985	77	137	156	84	59	3	1	1	16	6	64	171	64.58	171	933.58
1986	205	96	296	149	10	1	4	0	4	0	92	110	80.58	296	1,138.58
1987	389	114	121	84	7	2	8	2	16	9	83	127	80.17	389	1,042.17
1988	212	143	51	118	48	17	1	11	28	13	75	49	63.83	212	829.83
1989	182	304	258	87	13	11	3	0	9	46	82	61	88.00	304	1,266.00
1990	88	142	154	48	33	24	1	4	20	92	15	16	53.08	154	756.08
1991	26	220	78	36	65	1	3	0	17	45	73	53	51.42	220	862.42
1992	47	109	103	95	15	3	1	0	3	4	206	89	56.25	206	890.25
1993	97	243	357	185	54	1	4	1	5	7	88	40	90.17	357	1,432.17
1994	233	247	295	210	35	21	13	1	29	86	80	149	116.58	295	1,577.58
1995	119	207	121	63	26	4	3	1	10	3	54	165	64.67	207	928.67
1996	151	206	283	78	10	10	0	0	4	32	40	95	75.75	283	1,116.75
1997	54	185	70	93	17	10	0	3	37	50	22	21	46.83	185	739.83
1998	436	481	474	181	51	5	0	0	33	58	11	279	167.42	481	2,221.42
1999	124	355	236	120	76	36	10	3	7	51	24	68	92.50	355	1,433.50
2000	120	343	332	139	74	26	1	0	59	36	74	121	110.42	343	1,658.42
2001	314	167	315	89	65	0	2	4	37	21	38	139	99.25	315	1,291.25
2002	18	231	312	201	15	7	4	0	12	28	107	65	83.33	312	1,377.33
2003	125	156	202	178	346	224	7	0	19	230	79	192	146.50	346	2,125.50
2004	224	373	277	259	80	20	8	2	22	72	54	153	128.67	373	1,821.67
2005	66	268	183	160	42	0	6	0	32	35	70	202	88.67	268	1,354.67
2006	27	14	63	42	91	56	1	2	70	164	3	9	45.17	164	724.17
2007	350	286	504	128	54	77	2	11	43	113	53	219	153.33	504	2,147.33
2008	276	399.6	198.3	193.8	19.2	3.5	0	4.1	32.6	70.5	85.1	9.5	107.68	399.6	1,523.48
2009	337.8	244.6	460	127.6	47.8	8.4	9.8	0	2.3	53.8	125.4	138	129.63	460	1,807.33
2010	67.1	227.5	154.6	123.2	40.8	3.6	3.8	0	24.2	10.4	43.2	33.8	61.02	227.5	953.62
2011	152.8	138.8	163.5	224.7	7.4	4.1	5.9	0	26.8	13.3	23.9	146.4	75.63	224.7	1,055.13
2012	326.6	227.7	165.4	112.5	1.7	0	0	0.3	4.7	99.4	88.1	78.4	92.07	326.6	1,196.87
Media	156.72	207.43	212.07	121.07	41.90	19.42	2.89	1.44	20.61	53.27	62.87	109.31	84.08	277.46	1,213.83
DesvStd	115.24	93.16	129.38	56.53	53.90	36.29	3.22	2.66	16.56	46.86	39.35	64.46	31.38	103.71	420.08
Min	18.00	14.00	28.00	36.00	1.70	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	3.00	9.00	40.33	106.00	624.33
Max	436.00	481.00	504.00	259.00	346.00	224.00	13.00	11.00	70.00	230.00	206.00	279.00	167.42	504.00	2,221.42

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA 5 DÍAS DE LLUVIA CONSECUTIVOS

Estacion: Cospan

Estacion: Asuncion

Estacion: Callancas

Lugar: Cajamarca - Cajamarca - Cospan (Funcionando)

Latitud : 7° 26' 26" S

Longitud : 78° 32' 32" W

Altitud : 2105 msnm

AÑOS	PRECIPITACION (mm)				
	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días
1971	46.0	50.0	51.0	75.0	92.0
1972	39.0	47.0	52.0	74.0	89.0
1973	38.0	47.0	58.0	72.0	91.0
1974	48.0	51.0	60.0	72.0	88.0
1975	46.0	44.0	59.0	79.0	91.0
1976	50.0	51.0	63.0	81.0	96.0
1977	44.0	52.0	67.0	72.0	95.0
1978	40.0	52.0	55.0	75.0	90.0
1979	38.0	49.0	51.0	74.0	95.0
1980	44.0	51.0	58.0	69.0	98.0
1981	41.0	49.0	59.0	76.0	89.0
1982	40.0	44.0	48.0	69.0	92.0
1983	50.0	63.0	72.0	88.0	106.0
1984	48.0	53.0	65.0	70.0	89.0
1985	39.0	44.0	53.0	76.0	96.0
1986	37.0	39.0	64.0	80.0	92.0
1987	41.0	46.0	65.0	78.0	94.0
1988	39.0	48.0	63.0	73.0	97.0
1989	42.0	49.0	51.0	69.0	96.0
1990	44.0	56.0	61.0	81.0	87.0
1991	45.0	51.0	63.0	78.0	99.0
1992	41.0	44.0	54.0	73.0	87.0
1993	44.0	54.0	55.0	78.0	97.0
1994	38.0	40.0	55.0	72.0	94.0
1995	55.0	61.0	61.0	75.0	97.0
1996	39.0	42.0	68.0	74.0	89.0
1997	46.0	48.0	59.0	68.0	88.0
1998	38.0	59.0	74.0	76.0	103.0
1999	42.0	53.0	54.0	69.0	90.0
2000	41.0	47.0	51.0	86.0	88.0
2001	43.0	49.0	52.0	74.0	87.0
2002	45.0	45.0	49.0	87.0	98.0
2003	43.0	43.0	63.0	79.0	87.0
2004	44.0	48.0	51.0	74.0	94.0
2005	42.0	52.0	59.0	76.0	96.0
2006	40.0	52.0	53.0	77.0	93.0
2007	41.0	54.0	57.0	88.0	94.0
2008	44.0	45.0	61.0	91.0	95.0
2009	44.0	47.8	51.0	69.0	89.0
2010	48.0	51.0	59.0	67.0	94.0
2011	43.0	48.0	55.0	66.0	87.0
2012	41.0	44.0	50.0	68.0	95.0

Lugar: Cajamarca - Cajamarca - Asuncion (Funcionando)

Latitud : 7° 18' 43.56" S

Longitud : 78° 30' 55.8" W

Altitud : 2194 msnm

AÑOS	PRECIPITACION (mm)				
	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días
1971	48.0	53.0	54.0	71.0	88.0
1972	43.0	47.0	51.0	75.0	98.0
1973	50.0	51.0	52.0	69.0	89.0
1974	40.0	45.0	49.0	74.0	81.0
1975	44.0	43.0	63.0	75.0	86.0
1976	42.0	48.0	51.0	80.0	80.0
1977	40.0	42.0	59.0	73.0	92.0
1978	41.0	52.0	53.0	69.0	93.0
1979	44.0	54.0	57.0	78.0	100.0
1980	46.0	50.0	51.0	75.0	92.0
1981	39.0	47.0	52.0	74.0	89.0
1982	47.0	47.0	58.0	72.0	91.0
1983	48.0	51.0	60.0	72.0	109.0
1984	46.0	44.0	59.0	79.0	91.0
1985	50.0	51.0	63.0	81.0	96.0
1986	44.0	52.0	67.0	72.0	95.0
1987	40.0	52.0	55.0	75.0	90.0
1988	49.0	49.0	51.0	74.0	95.0
1989	44.0	51.0	58.0	69.0	98.0
1990	41.0	49.0	59.0	76.0	89.0
1991	52.0	52.0	52.0	74.0	89.0
1992	44.0	47.0	58.0	72.0	91.0
1993	48.0	51.0	60.0	72.0	88.0
1994	46.0	49.0	59.0	79.0	91.0
1995	50.0	51.0	63.0	81.0	96.0
1996	44.0	52.0	67.0	72.0	95.0
1997	40.0	52.0	55.0	75.0	90.0
1998	38.0	49.0	51.0	74.0	105.0
1999	44.0	51.0	58.0	69.0	98.0
2000	41.0	49.0	59.0	76.0	89.0
2001	40.0	44.0	48.0	69.0	92.0
2002	50.0	63.0	72.0	88.0	101.0
2003	48.0	53.0	65.0	70.0	89.0
2004	54.0	56.0	66.0	76.0	96.0
2005	59.0	59.0	64.0	80.0	92.0
2006	41.0	46.0	65.0	78.0	94.0
2007	39.0	48.0	63.0	73.0	97.0
2008	42.0	49.0	51.0	69.0	96.0
2009	50.0	55.0	63.0	72.0	88.0
2010	48.0	49.0	51.0	71.0	99.0
2011	39.0	56.0	61.0	69.0	92.0
2012	44.0	51.0	63.0	68.0	97.0

Lugar: La Libertad - Otuzco - Charat (Funcionando)

Latitud : 7° 46' 46" S

Longitud : 78° 29' 29" W

Altitud : 2074 msnm

AÑOS	PRECIPITACION (mm)				
	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días
1971	44.0	50.0	51.0	69.0	92.0
1972	39.0	44.0	53.0	74.0	91.0
1973	44.0	59.0	64.0	72.0	88.0
1974	41.0	52.0	53.0	69.0	69.0
1975	44.0	54.0	57.0	78.0	78.0
1976	46.0	50.0	51.0	75.0	92.0
1977	39.0	47.0	52.0	74.0	89.0
1978	58.0	58.0	58.0	72.0	91.0
1979	48.0	51.0	60.0	72.0	101.0
1980	46.0	44.0	59.0	79.0	91.0
1981	50.0	51.0	63.0	81.0	96.0
1982	44.0	52.0	67.0	72.0	95.0
1983	40.0	52.0	55.0	75.0	108.0
1984	45.0	49.0	51.0	74.0	95.0
1985	44.0	51.0	58.0	96.0	98.0
1986	36.0	49.0	52.0	72.0	89.0
1987	40.0	68.0	81.0	88.0	97.0
1988	42.0	53.0	54.0	69.0	90.0
1989	41.0	47.0	51.0	86.0	88.0
1990	43.0	49.0	52.0	74.0	87.0
1991	45.0	45.0	49.0	87.0	98.0
1992	43.0	43.0	63.0	79.0	87.0
1993	44.0	48.0	51.0	74.0	94.0
1994	42.0	52.0	59.0	76.0	96.0
1995	40.0	52.0	53.0	77.0	93.0
1996	41.0	54.0	57.0	88.0	94.0
1997	44.0	45.0	61.0	91.0	95.0
1998	44.0	47.8	51.0	69.0	99.0
1999	40.0	42.0	51.0	91.0	91.0
2000	39.0	47.0	52.0	72.0	89.0
2001	40.0	40.0	58.0	74.0	87.0
2002	46.0	50.0	51.0	75.0	92.0
2003	39.0	47.0	52.0	74.0	89.0
2004	38.0	47.0	58.0	72.0	91.0
2005	48.0	51.0	60.0	72.0	88.0
2006	46.0	44.0	59.0	79.0	91.0
2007	50.0	51.0	63.0	81.0	96.0
2008	44.0	52.0	67.0	72.0	95.0
2009	40.0	52.0	55.0	75.0	90.0
2010	38.0	49.0	51.0	74.0	95.0
2011	44.0	51.0	58.0	69.0	98.0
2012	41.0	49.0	59.0	76.0	89.0

- LÁMINAS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

T=Periodo de retorno, en años

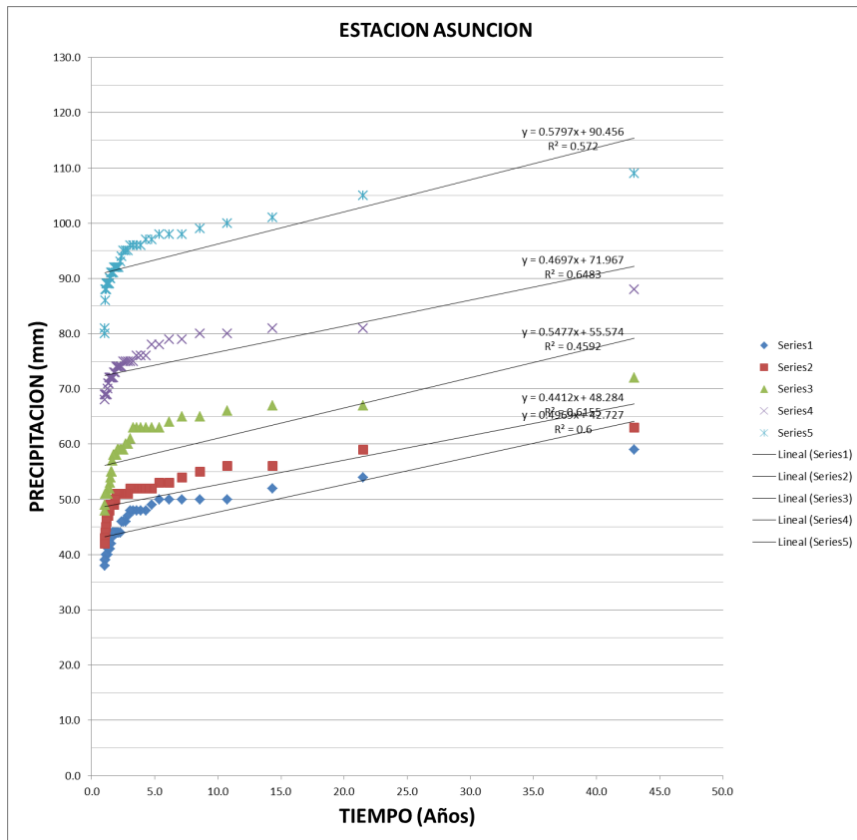
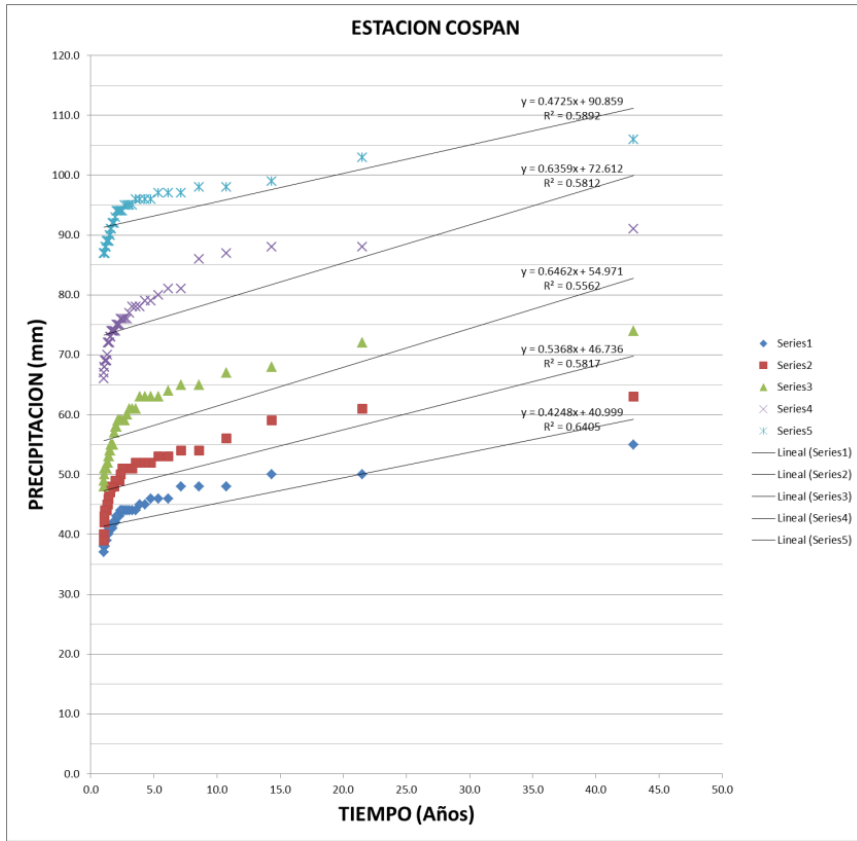
n=Número total de observaciones, en nuestro caso número de años

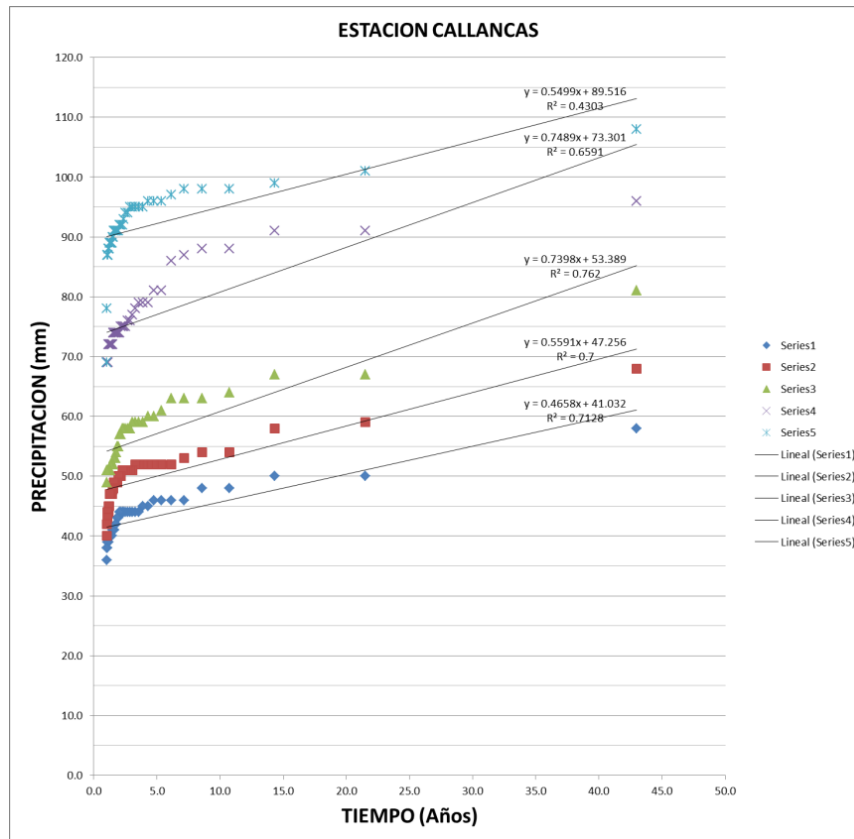
m= Número de orden

ESTACION COSPAN						
m	T	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días
1	43.0	55.0	63.0	74.0	91.0	106.0
2	21.5	50.0	61.0	72.0	88.0	103.0
3	14.3	50.0	59.0	68.0	88.0	99.0
4	10.8	48.0	56.0	67.0	87.0	98.0
5	8.6	48.0	54.0	65.0	86.0	98.0
6	7.2	48.0	54.0	65.0	81.0	97.0
7	6.1	46.0	53.0	64.0	81.0	97.0
8	5.4	46.0	53.0	63.0	80.0	97.0
9	4.8	46.0	52.0	63.0	79.0	96.0
10	4.3	45.0	52.0	63.0	79.0	96.0
11	3.9	45.0	52.0	63.0	78.0	96.0
12	3.6	44.0	52.0	61.0	78.0	96.0
13	3.3	44.0	51.0	61.0	78.0	95.0
14	3.1	44.0	51.0	61.0	77.0	95.0
15	2.9	44.0	51.0	60.0	76.0	95.0
16	2.7	44.0	51.0	59.0	76.0	95.0
17	2.5	44.0	51.0	59.0	76.0	94.0
18	2.4	44.0	50.0	59.0	76.0	94.0
19	2.3	43.0	49.0	59.0	75.0	94.0
20	2.2	43.0	49.0	59.0	75.0	94.0
21	2.0	43.0	49.0	58.0	75.0	94.0
22	2.0	42.0	49.0	58.0	74.0	93.0
23	1.9	42.0	48.0	57.0	74.0	92.0
24	1.8	42.0	48.0	55.0	74.0	92.0
25	1.7	41.0	48.0	55.0	74.0	92.0
26	1.7	41.0	48.0	55.0	74.0	91.0
27	1.6	41.0	47.8	55.0	73.0	91.0
28	1.5	41.0	47.0	54.0	73.0	90.0
29	1.5	41.0	47.0	54.0	72.0	90.0
30	1.4	41.0	47.0	53.0	72.0	89.0
31	1.4	40.0	46.0	53.0	72.0	89.0
32	1.3	40.0	45.0	52.0	72.0	89.0
33	1.3	40.0	45.0	52.0	70.0	89.0
34	1.3	39.0	44.0	51.0	69.0	89.0
35	1.2	39.0	44.0	51.0	69.0	88.0
36	1.2	39.0	44.0	51.0	69.0	88.0
37	1.2	39.0	44.0	51.0	69.0	88.0
38	1.1	38.0	44.0	51.0	69.0	87.0
39	1.1	38.0	43.0	51.0	68.0	87.0
40	1.1	38.0	42.0	50.0	68.0	87.0
41	1.0	38.0	40.0	49.0	67.0	87.0
42	1.0	37.0	39.0	48.0	66.0	87.0

ESTACION ASUNCION						
m	T	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días
1	43.0	59.0	63.0	72.0	88.0	109.0
2	21.5	54.0	59.0	67.0	81.0	105.0
3	14.3	52.0	56.0	67.0	81.0	101.0
4	10.8	50.0	56.0	66.0	80.0	100.0
5	8.6	50.0	55.0	65.0	80.0	99.0
6	7.2	50.0	54.0	65.0	79.0	98.0
7	6.1	50.0	53.0	64.0	79.0	98.0
8	5.4	50.0	53.0	63.0	78.0	98.0
9	4.8	49.0	52.0	63.0	78.0	97.0
10	4.3	48.0	52.0	63.0	76.0	97.0
11	3.9	48.0	52.0	63.0	76.0	96.0
12	3.6	48.0	52.0	63.0	76.0	96.0
13	3.3	48.0	52.0	63.0	75.0	96.0
14	3.1	48.0	52.0	61.0	75.0	96.0
15	2.9	47.0	51.0	60.0	75.0	95.0
16	2.7	46.0	51.0	60.0	75.0	95.0
17	2.5	46.0	51.0	59.0	75.0	95.0
18	2.4	46.0	51.0	59.0	74.0	94.0
19	2.3	44.0	51.0	59.0	74.0	93.0
20	2.2	44.0	51.0	59.0	74.0	92.0
21	2.0	44.0	51.0	59.0	74.0	92.0
22	2.0	44.0	51.0	58.0	74.0	92.0
23	1.9	44.0	50.0	58.0	73.0	92.0
24	1.8	44.0	49.0	58.0	73.0	92.0
25	1.7	44.0	49.0	58.0	72.0	91.0
26	1.7	44.0	49.0	57.0	72.0	91.0
27	1.6	43.0	49.0	55.0	72.0	91.0
28	1.5	42.0	49.0	55.0	72.0	91.0
29	1.5	42.0	49.0	54.0	72.0	90.0
30	1.4	41.0	49.0	53.0	72.0	90.0
31	1.4	41.0	48.0	52.0	72.0	89.0
32	1.3	41.0	48.0	52.0	71.0	89.0
33	1.3	41.0	47.0	52.0	71.0	89.0
34	1.3	40.0	47.0	51.0	70.0	89.0
35	1.2	40.0	47.0	51.0	69.0	89.0
36	1.2	40.0	47.0	51.0	69.0	89.0
37	1.2	40.0	46.0	51.0	69.0	88.0
38	1.1	40.0	45.0	51.0	69.0	88.0
39	1.1	39.0	44.0	51.0	69.0	88.0
40	1.1	39.0	44.0	51.0	69.0	86.0
41	1.0	39.0	43.0	49.0	69.0	81.0
42	1.0	38.0	42.0	48.0	68.0	80.0

ESTACION CALLANCAS						
m	T	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días
24	43.0	58.0	68.0	81.0	96.0	108.0
26	21.5	50.0	59.0	67.0	91.0	101.0
11	14.3	50.0	58.0	67.0	91.0	99.0
6	10.8	48.0	54.0	64.0	88.0	98.0
22	8.6	48.0	54.0	63.0	88.0	98.0
28	7.2	46.0	53.0	63.0	87.0	98.0
23	6.1	46.0	52.0	63.0	86.0	97.0
38	5.4	46.0	52.0	61.0	81.0	96.0
15	4.8	46.0	52.0	60.0	81.0	96.0
21	4.3	45.0	52.0	60.0	79.0	96.0
27	3.9	45.0	52.0	59.0	79.0	95.0
36	3.6	44.0	52.0	59.0	79.0	95.0
10	3.3	44.0	52.0	59.0	78.0	95.0
30	3.1	44.0	51.0	59.0	77.0	95.0
8	2.9	44.0	51.0	58.0	76.0	95.0
14	2.7	44.0	51.0	58.0	76.0	94.0
5	2.5	44.0	51.0	58.0	75.0	94.0
12	2.4	44.0	51.0	58.0	75.0	93.0
39	2.3	44.0	51.0	58.0	75.0	92.0
25	2.2	44.0	50.0	57.0	75.0	92.0
37	2.0	44.0	50.0	57.0	74.0	92.0
17	2.0	43.0	50.0	55.0	74.0	91.0
29	1.9	43.0	49.0	55.0	74.0	91.0
1	1.8	42.0	49.0	54.0	74.0	91.0
4	1.7	42.0	49.0	53.0	74.0	91.0
34	1.7	41.0	49.0	53.0	74.0	91.0
3	1.6	41.0	49.0	53.0	74.0	91.0
7	1.5	41.0	48.0	52.0	74.0	90.0
33	1.5	41.0	47.8	52.0	72.0	90.0
40	1.4	40.0	47.0	52.0	72.0	89.0
2	1.4	40.0	47.0	52.0	72.0	89.0
35	1.3	40.0	47.0	52.0	72.0	89.0
42	1.3	40.0	47.0	51.0	72.0	89.0
19	1.3	40.0	47.0	51.0	72.0	89.0
13	1.2	40.0	45.0	51.0	72.0	88.0
18	1.2	39.0	45.0	51.0	72.0	88.0
31	1.2	39.0	44.0	51.0	72.0	88.0
32	1.1	39.0	44.0	51.0	69.0	87.0
41	1.1	39.0	44.0	51.0	69.0	87.0
20	1.1	38.0	43.0	51.0	69.0	87.0
9	1.0	38.0	42.0	51.0	69.0	78.0
16	1.0	36.0	40.0	49.0	69.0	69.0





De los gráficos de PP vs Tiempo (años) se obtiene el siguiente cuadro:

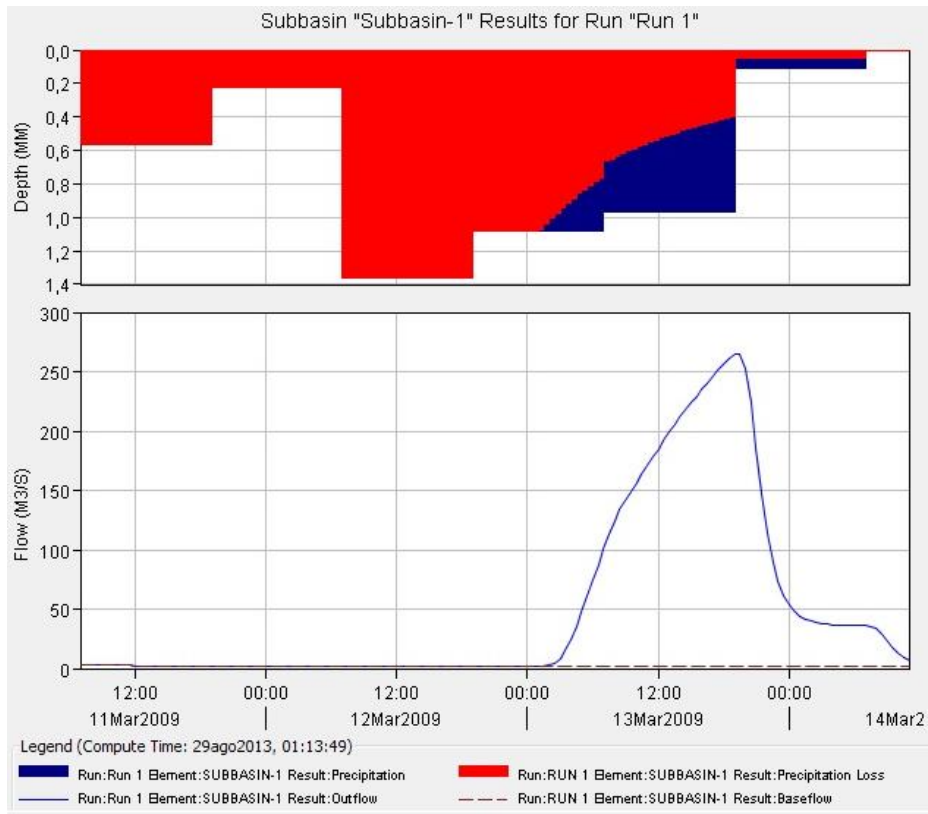
ESTACION	PP (mm) SEGÚN AÑOS DE RETORNO			
	10	25	50	100
ASUNCION	96.3	104.9	119.4	148.4
CALLANCAS	95.0	103.3	117.0	144.5
COSPAN	95.6	102.7	114.5	138.1

- REGISTRO DE CAUDALES EN LA CUENCA DEL RIO CHICAMA - ESTACIONES SALINAR Y TAMBO

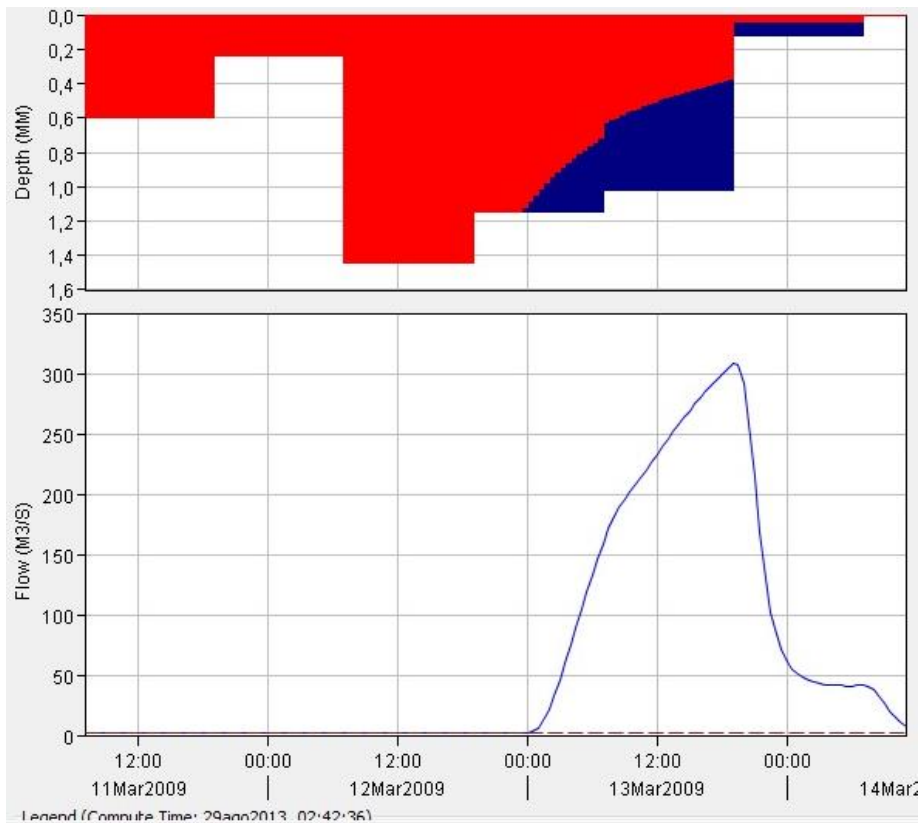
AÑOS	Caudal (m ³ /s)												MAXIMO
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1971	26.04	101.72	427.09	286.43	32.62	12.43	7.31	5.79	7.02	10.48	8.58	26.69	427.09
1972	43.89	81.98	556.72	86.96	37.09	19.10	10.13	5.24	5.58	6.08	9.36	25.15	556.72
1973	118.22	100.05	161.79	466.69	97.09	26.83	15.55	9.84	10.83	21.23	14.93	26.51	466.69
1974	60.62	189.74	192.40	50.99	20.86	9.26	8.59	4.52	4.80	9.38	4.92	6.90	192.40
1975	38.04	245.94	406.90	212.75	43.20	18.59	8.98	10.00	10.12	32.50	12.03	6.20	406.90
1976	71.04	125.95	256.02	70.86	26.10	13.11	6.53	4.99	3.81	3.01	3.40	4.56	256.02
1977	35.92	382.00	184.00	149.00	43.70	13.30	8.00	5.95	5.12	7.49	4.90	4.90	382.00
1978	6.03	14.26	49.44	35.58	22.14	7.47	3.41	2.12	1.71	1.65	2.69	4.67	49.44
1979	6.78	37.50	181.52	36.20	9.69	6.60	3.10	2.38	2.21	1.29	0.96	0.89	181.52
1980	2.04	1.60	9.92	25.99	1.16	0.83	0.68	0.46	0.37	7.48	10.32	58.20	58.20
1981	17.87	289.00	326.50	30.33	13.71	6.70	4.12	2.64	1.88	6.86	19.71	34.88	326.50
1982	24.83	53.79	25.69	84.62	13.12	6.83	3.00	1.72	2.20	11.50	16.01	66.22	84.62
1983	112.35	81.80	900.00	600.00	400.00	72.00	15.60	9.00	9.12	11.80	9.06	38.32	900.00
1984	23.10	334.00	510.00	63.00	80.00	26.00	14.00	8.00	5.80	14.60	26.80	44.50	510.00
1985	9.30	24.46	71.00	24.40	10.52	4.86	2.99	1.94	4.14	2.70	1.40	7.32	71.00
1986	163.70	41.50	47.28	99.00	35.34	10.32	4.03	2.75	2.00	1.08	7.64	22.02	163.70
1987	123.42	153.78	72.61	59.04	46.29	7.19	3.73	4.34	2.24	2.99	7.27	3.40	153.78
1988	49.52	45.44	45.81	77.86	35.02	8.64	3.06	1.98	1.42	3.26	9.41	6.34	77.86
1989	32.13	178.21	137.04	116.08	46.86	9.95	6.98	4.02	2.96	18.12	13.38	1.69	178.21
1990	9.34	30.53	17.63	13.08	6.78	3.75	2.50	0.89	0.38	6.44	31.00	35.00	35.00
1991	8.88	21.63	79.51	36.89	18.25	4.76	1.59	0.63	0.30	3.04	3.10	12.51	79.51
1992	18.24	8.04	48.77	123.70	26.34	8.79	2.40	0.98	0.40	4.20	2.03	1.37	123.70
1993	7.69	78.40	297.94	177.18	47.44	20.30	6.99	4.04	9.09	23.34	57.91	47.06	297.94
1994	57.36	94.84	123.06	167.57	51.00	18.60	8.69	4.43	2.97	3.06	7.87	15.51	167.57
1995	15.78	77.27	43.46	61.85	13.54	6.40	3.46	2.73	1.14	0.88	6.76	24.29	77.27
1996	54.46	117.67	158.82	99.90	28.10	10.90	5.42	2.96	1.78	5.97	7.70	0.80	158.82
1997	2.46	33.39	23.14	24.18	20.21	3.36	1.84	0.43	0.18	3.46	16.53	112.42	112.42
1998	433.25	1,500.00	806.53	496.67	89.94	28.58	14.96	9.47	7.23	14.11	8.88	9.71	1,500.00
1999	38.67	313.15	155.57	69.87	78.18	20.43	13.79	7.34	9.38	13.87	7.94	29.68	313.15
2000	21.39	147.82	309.98	175.90	136.27	20.83	13.01	7.31	6.67	7.38	4.08	24.75	309.98
2001	71.55	93.30	328.94	255.60	29.76	20.22	11.10	7.22	6.75	5.39	27.41	21.54	328.94
2002	17.36	62.96	146.08	157.76	36.70	15.84	8.82	6.59	3.55	12.93	20.24	31.09	157.76
2003	26.72	44.27	44.45	40.11	27.22	8.93	5.22	2.78	1.74	1.30	1.81	28.78	44.45
2004	10.30	32.78	43.76	32.38	10.32	5.58	2.38	0.88	0.86	12.00	19.70	9.54	43.76
2005	25.25	39.74	63.81	51.26	14.42	3.94	2.46	1.01	0.45	3.02	0.93	18.70	63.81
2006	28.80	80.58	168.10	108.40	31.90	12.18	5.86	3.12	2.37	1.81	11.49	35.26	168.10
2007	39.34	47.46	112.53	120.94	43.66	14.94	6.24	4.27	2.90	8.58	14.46	10.88	120.94
2008	66.85	196.50	135.42	160.94	40.56	18.50	11.28	6.37	5.38	16.66	23.47	13.92	196.50
2009	65.15	131.38	186.21	95.68	45.44	20.67	11.26	7.04	4.82	9.99	29.36	51.94	186.21
2010	23.12	58.46	59.60	82.94	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	82.94
Nº Datos	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	
Promedio (m ³ /s)	50.17	142.33	197.88	128.23	45.27	13.69	6.73	4.20	3.79	8.27	12.14	23.10	250.29
Maxima (m ³ /s)	433.25	1,500.00	900.00	600.00	400.00	72.00	15.60	10.00	10.83	32.50	57.91	112.42	1,500.00
Desv. Estándar	72.03	239.33	205.50	131.16	63.96	11.95	4.44	2.87	3.07	7.05	11.18	22.35	269.20
Prom. de desviación	39.80	118.23	147.50	88.44	31.03	7.81	3.70	2.39	2.96	5.43	8.05	16.24	173.90

Fuente: ALA Chicama <ala-chicama@ana.gob.pe>

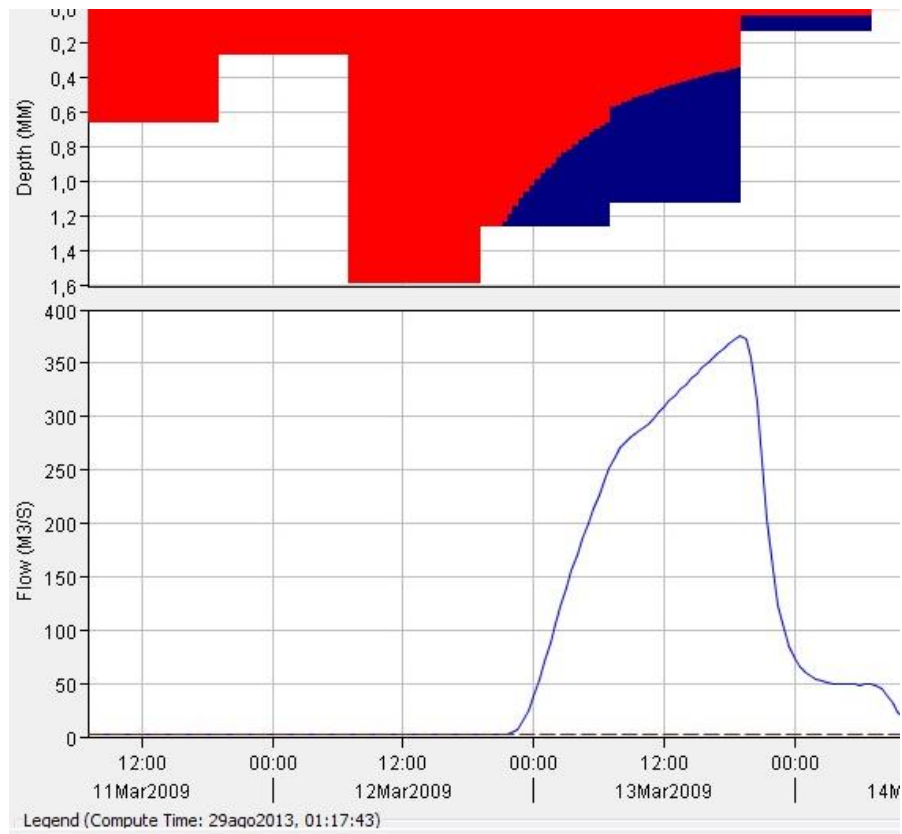
HIDROGRAMA MAXIMA AVENIDA PARA T=10 AÑOS



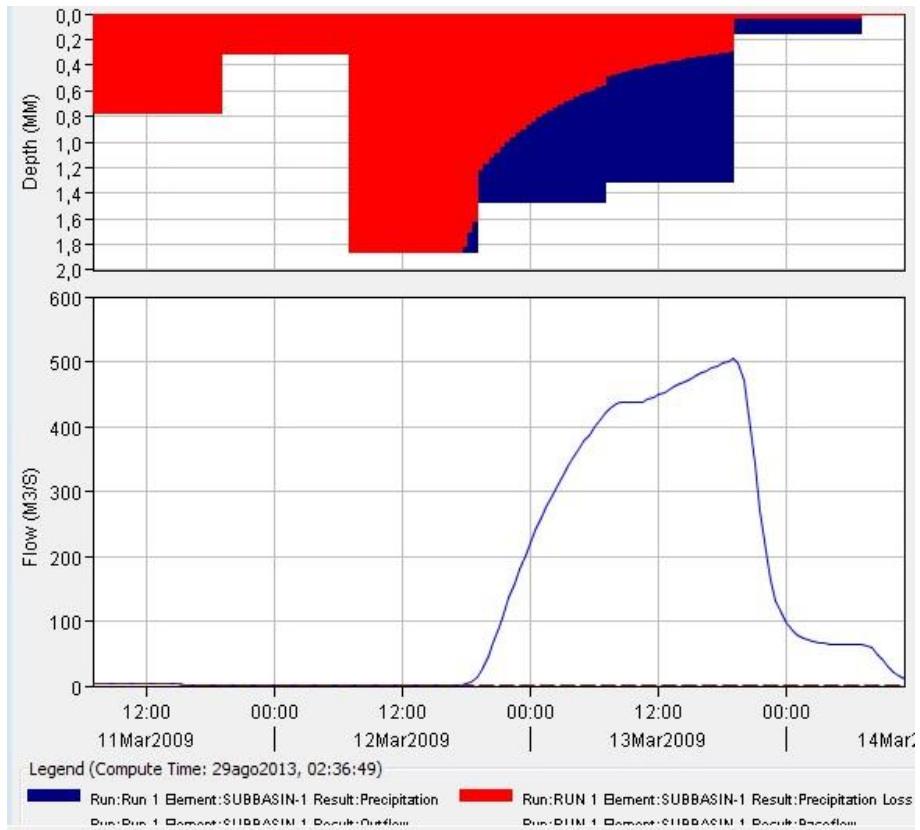
HIDROGRAMA MAXIMA AVENIDA PARA T=25 AÑOS



HIDROGRAMA MAXIMA AVENIDA PARA T=50 AÑOS



HIDROGRAMA MAXIMA AVENIDA PARA T=100 AÑOS



ANEXO 3: RESUMEN DE LA TESIS “ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN PARA DEFENSA RIBEREÑA ANTE EL LATENTE FENÓMENO NATURAL DE EL NIÑO, DEL RIO ALTO CHUQUILLANQUI TRAMO EL MOLINO DISTRITO DE CASCAS PROVINCIA DE GRAN CHIMÚ – DEPARTAMENTO LA LIBERTAD”

- ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO

Ensayos realizados:

- Contenido de Humedad (ASTM D2216)
- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422)
- Límites de Consistencia (ASTM D424)
- Clasificación SUCS (ASTM D2487).

- PARÁMETROS E HIPÓTESIS DE CÁLCULO

$$Q_{ad.} = \frac{1}{F.S} \times (c N_c + \gamma D_f N_q + 1/2 B \gamma N_\gamma)$$

Q_{ad.} = Capacidad Admisible del terreno (kg. /cm²).

γ = Densidad húmeda natural del terreno. (kg/m³)

D_f = Profundidad de desplante de la estructura. (m)

B = Ancho menor de Cimiento (m).

C = Cohesión del terreno (kg/cm³)

N_q = Factor unidimensional de capacidad de carga, dependiente del ancho y de la zona de empuje pasivo función del ángulo de fricción interna (φ), considera la influencia del peso del suelo.

N_γ = Factor adimensional de capacidad de carga debido a la presión de la sobrecarga (densidad de enterramiento). Función del ángulo de fricción interna.

N_c = parámetro adimensional de la cohesión del terreno que viene a ser función del ángulo de fricción interno.

- Dado la conformación casi uniforme alcanzada por el lecho de río que ha de servir como suelo de fundación, puede tener un estimado bastante acertado de este tipo de suelos aluviales.

$$\gamma' = 1800 \text{ kg/m}^3$$

- Adicionalmente no tenemos ningún tipo de confinamiento por parte del terreno ya que el fondo del dique coincide con el terreno de fundación en su cota cero, por ende:

$$D_f = 0$$

- Así mismo el análisis viene dado para un ancho unitario de cara en contacto con el terreno por ser la más desfavorable, por lo tanto:

$$B = 1.0 \text{ m}$$

- Finalmente contamos con un valor de cohesión prácticamente nulo por no encontrar evidencia de materiales cohesivos en el lecho del río Chicama:

$$c = 0.00 \text{ kg/cm}^2$$

FORMA GRANULOMÉTRICA	ÁNGULO DE FRICCIÓN MÁXIMO	
	SUELTA	COMPACTA
Redondeada, uniforme	30°	37°
Redondeada, bien graduada	34°	40°
Angulosa, uniforme	35°	43°
Angulosa, bien graduada	39	45°

Fuente: “ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN PARA DEFENSA RIBEREÑA ANTE EL LATENTE FENÓMENO NATURAL DE EL NIÑO, DEL RIO ALTO CHUQUILLANQUI TRAMO EL MOLINO DISTRITO DE CASCAS PROVINCIA DE GRAN CHIMÚ – DEPARTAMENTO LA LIBERTAD”

- Atendiendo a la tabla tenemos el siguiente valor del ángulo de fricción asumido para el tipo de suelo de fundación:

$$\phi = 32$$

Con el cual obtenemos los siguientes parámetros adimensionales:

- $N_c = 44.04$
- $N_q = 28.52$
- $N_\gamma = 26.87$

- FS = Factor de seguridad, que toma en consideración lo siguiente:

(a) Variaciones naturales en la resistencia al corte de los suelos.

(b) Las incertidumbres que como es lógico, contienen los métodos o fórmulas para la determinación de la capacidad última del suelo.

(c) Disminuciones locales menores que se producen en la capacidad de carga de los suelos colapsables, durante o después de la Construcción.

(d) Excesivo asentamiento en suelos compresibles que haría fluir el suelo cuando éste, está próximo a la carga crítica o a la rotura por corte.

(e) Por lo expuesto adoptaremos FS igual a 3 valor establecido para estructuras permanentes.

- CAPACIDAD DE PORTANTE DE TERRENO

Reemplazando los parámetros en la ecuación de capacidad de carga tenemos:

$$Q_{adm.} = 0.806 \text{ kg/cm}^2$$

Este valor nos da a entender que la capacidad admisible del terreno bajo unas condiciones como las expuestas. Si las comparamos con las cargas solicitadas por parte de la estructura para este mismo elemento (cara en contacto con el terreno), encontramos lo siguiente:

$$F = 5040 \text{ g/m}^2$$

Por parte del terreno tenemos:

$$Q_{adm.} = 8061 \text{ g/m}^2$$

Con lo cual obtenemos:

$$Q_{adm.} \gg F$$

Garantizando de esta manera el comportamiento adecuado del terreno durante la operación y puesta en marcha de la defensa. Dado que el lecho de río Chicama en su totalidad viene siendo conformado por el tipo de suelos gravoso y con poca presencia de arenas, por ende, los resultados de capacidad admisible de carga a lo largo de estos será el mismo.


Cuadro III-4. Descripción de Resultados de Estudios de Suelo

PROG.	PROF.	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	LL	LP	IP	CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO	DESCRIPCIÓN
0+100	1.50	76.00	23.30	0.70	15.34	NP	NP	GP	A-1-a(0)	Gravas pobremente gradadas con poca presencia de finos
0+500	1.50	68.82	30.94	0.24	21.84	NP	NP	GW	A-2-4(0)	En su mayoría gravas bien gradadas alternada con regular cantidad de arenas de diferentes tonalidades y escasa presencia de finos en su composición
1+00	1.50	73.38	26.25	0.37	18.21	NP	NP	GW	A-2-7(0)	Gravas bien gradadas con regular cantidad de arenas y escasa presencia de finos
1+500	1.50	57.65	42.24	0.11	16.46	NP	NP	GP	A-1-b(0)	Gravas pobremente gradadas alternada con regular cantidad de arenas y nula presencia de finos
2+00	1.50	70.38	29.38	0.24	18.62	NP	NP	GW	A-1-a(0)	Gravas bien gradadas con poca presencia de arenas angulosas de varias tonalidades, nula presencia de finos
2+500	1.50	79.44	20.44	0.12	21.07	NP	NP	GW	A-2-4(0)	Configuración similar a la anterior

Fuente: "ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN PARA DEFENSA RIBEREÑA ANTE EL LATENTE FENÓMENO NATURAL DE EL NIÑO, DEL RIO ALTO CHUQUILLANQUI TRAMO EL MOLINO DISTRITO DE CASCAS PROVINCIA DE GRAN CHIMÚ – DEPARTAMENTO LA LIBERTAD"


ANEXO 4: COMPARACIÓN ECONÓMICA

- Presupuesto de Estructura Hidráulica de Enrocado

 UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS:	"PROPUESTA HIDRAULICA ENTRE GAVIÓN Y ENROCADO DEL RIO CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE LIMITA LOS CASERIOS CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY – DISTRITO DE LUCMA- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD"		HECHO :	Br. Temoche Oviden, Guido Humberto Br. Quiroz Alayo, Erick Emilio	
UBICACIÓN:	CASERIO DE CHUQUILLANQUI - DISTRITO DE LUCMA- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		REVISADO:	Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz	
FECHA:	OCTUBRE 2019		PLANO:	ESTRUCTURAS HIDRAULICAS	
PRESUPUESTO CONSTRUCCION DE DEFENSA RIBEREÑA ENROCADO					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	C.U.	SUBTOTAL
01	OBRAS PRELIMINARES				
01.01	Movilización de Maquinaria	Glb.	1.00	2143.57	2143.57
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01	Limpieza de terreno	m2	16500.00	0.26	4244.27
02.02	Corte y remoción de material local	m3	15800.00	3.18	50294.57
02.03	Explotación de cantera	m3	11400.00	8.48	96647.11
02.04	Carguío y transporte de material de cantera a obra (cancha)	m3	11400.00	44.78	510482.45
02.05	Carguío y transporte de cancha a dique	m3	11400.00	5.27	60114.26
02.06	Mezclado y batido de material	m3	38000.00	3.10	117703.39
02.07	Compactación mat. Relleno	m3	38000.00	3.84	145805.58
03	ENROCADO				
03.01	Excavación para cimentación	m3	4800.00	1.96	9414.56
03.02	Extracción de cantera	m3	12100.00	10.61	128389.08
03.03	Carguío y transporte de roca	m3	12100.00	29.65	358711.32
03.04	Colocación	m3	10500.00	7.95	83502.74
SubTotal S/.					S/. 1,567,452.89
Gastos Generales		8%	125396.23		
Utilidad		5%	78372.64		
SubTotal 2					1771221.77
IGV (18%)		18%	318819.92		
TOTAL S/.					S/. 2,090,041.69

Presupuesto de Estructura Hidráulica de Enrocado Fuente: ANA

- Presupuesto de Estructura Hidráulica de Gavión

 UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS:	"PROPUESTA HIDRAULICA ENTRE GAVIÓN Y ENROCADO DEL RIO CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE LIMITA LOS CASERIOS CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY – DISTRITO DE LUCMA- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD"		HECHO :	Br. Temoche Oviden, Guido Humberto Br. Quiroz Alayo, Erick Emilio	
UBICACIÓN:	CASERIO DE CHUQUILLANQUI - DISTRITO DE LUCMA- DEPARTAMENTO LA LIBERTAD		REVISADO	Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz	
FECHA:	OCTUBRE 2019		PLANO:	ESTRUCTURAS HIDRAULICAS	
PRESUPUESTO CONSTRUCCION DE DEFENSA RIBEREÑA GAVIONES					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	P.U.	SUBTOTAL
01	OBRAS PRELIMINARES				
01.01	Movilización de Maquinaria	Glb.	1.00	2143.57	2143.57
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01	Limpieza de terreno	m2	5500.00	0.26	1414.76
02.02	Compactación mat. Relleno	m3	24000.00	3.84	92087.74
03	DEFENSA RIBEREÑA GAVIONES				
03.01	Colchón Reno 5 x 2 x 0.3m	u	400.00	605.13	242051.84
03.02	Gavión Caja 5 x 1.5x 1	u	600.00	628.81	377283.20
03.03	Geotextil no tejido	m2	11000.00	4.67	51402.79
SubTotal S/.					S/. 766,383.90
	Gastos Generales	8%			61,310.71
	Utilidad	5%			38,319.19
	SubTotal 2				866,013.81
	IGV (18%)	18%			155,882.48
TOTAL S/.					S/. 1,021,896.29

Presupuesto de Estructura Hidráulica de Gavión Fuente: ANA

**PLANO DE PLANTA Y PERFIL
LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI CAUCE
NATURAL EN EL TRAMO QUE
LIMITA LOS CASERIOS
CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY**

**PLANO DE PLANTA Y PERFIL
LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI CON
ESTRUCUTRA DE GAVIONES EN
EL TRAMO QUE LIMITA LOS
CASERIOS CHUQUILLANQUI Y
PINCHADAY**

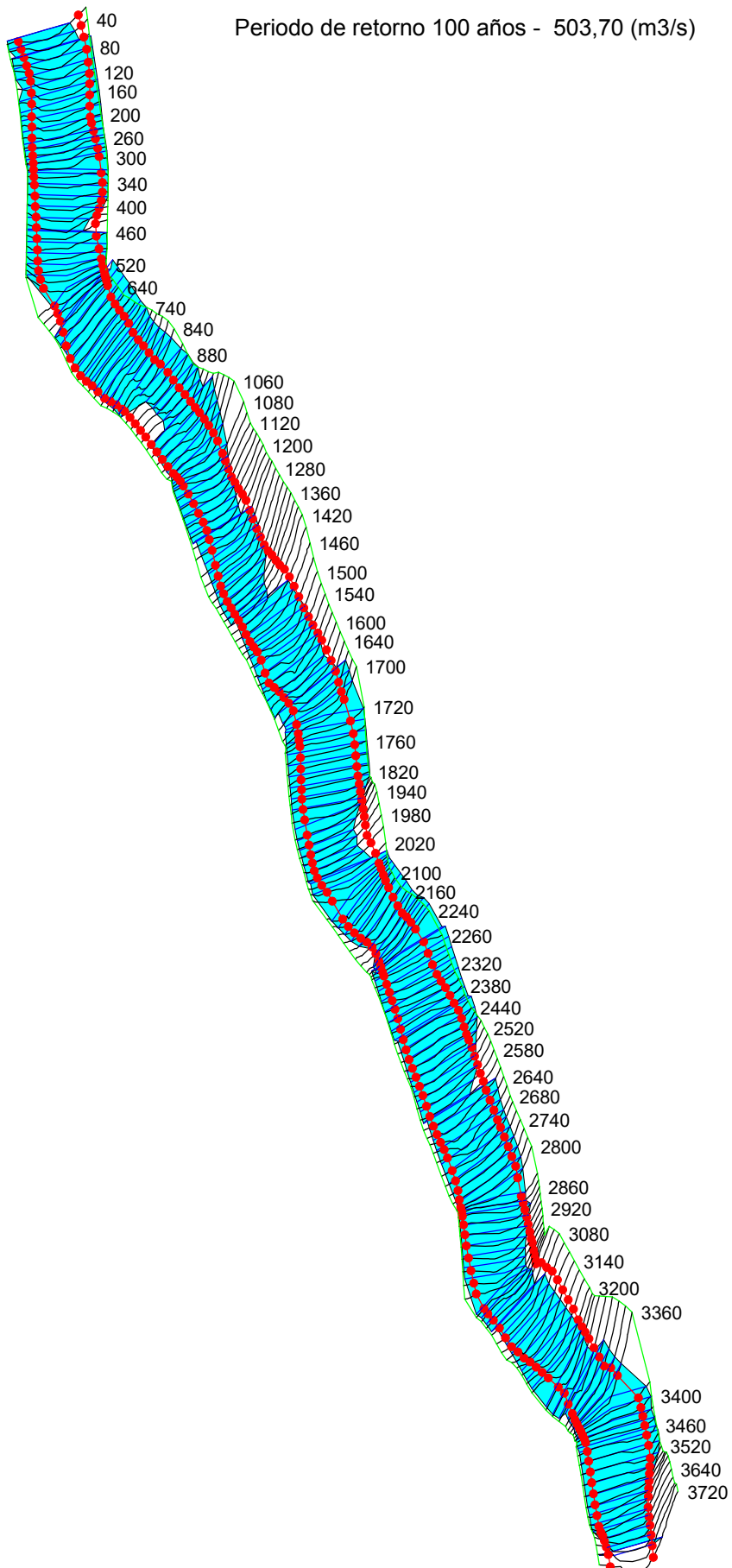
**PLANO DE PLANTA Y PERFIL
LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI CON
ESTRUCUTRA DE GAVIONES EN
EL TRAMO QUE LIMITA LOS
CASERIOS CHUQUILLANQUI Y
PINCHADAY**

**MODELAMIENTO - CAUCE NATURAL
DEL PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE
LIMITA LOS CASERIOS
CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY**

Periodo de retorno 100 años - 503,70 (m3/s)

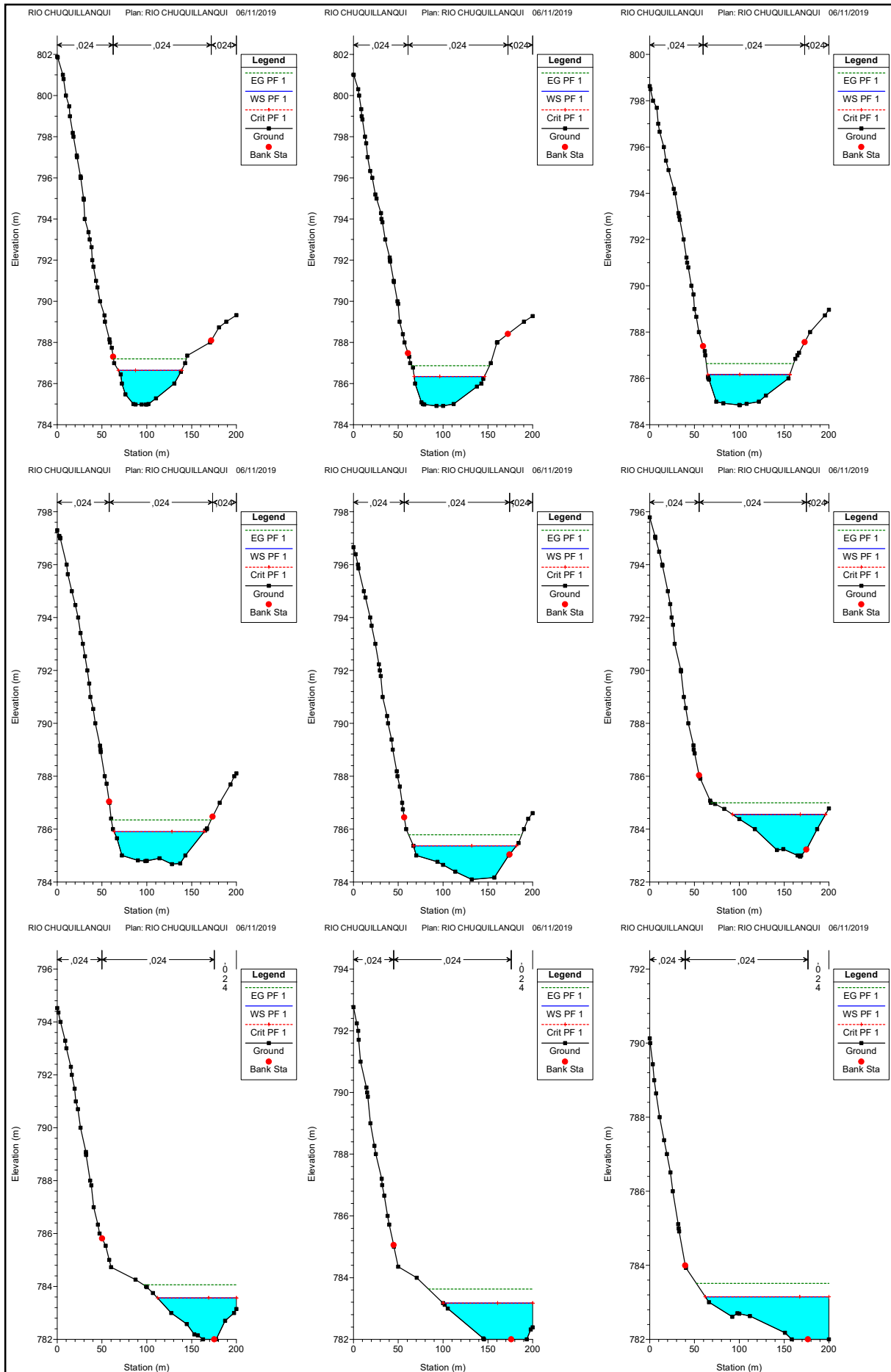
Legend

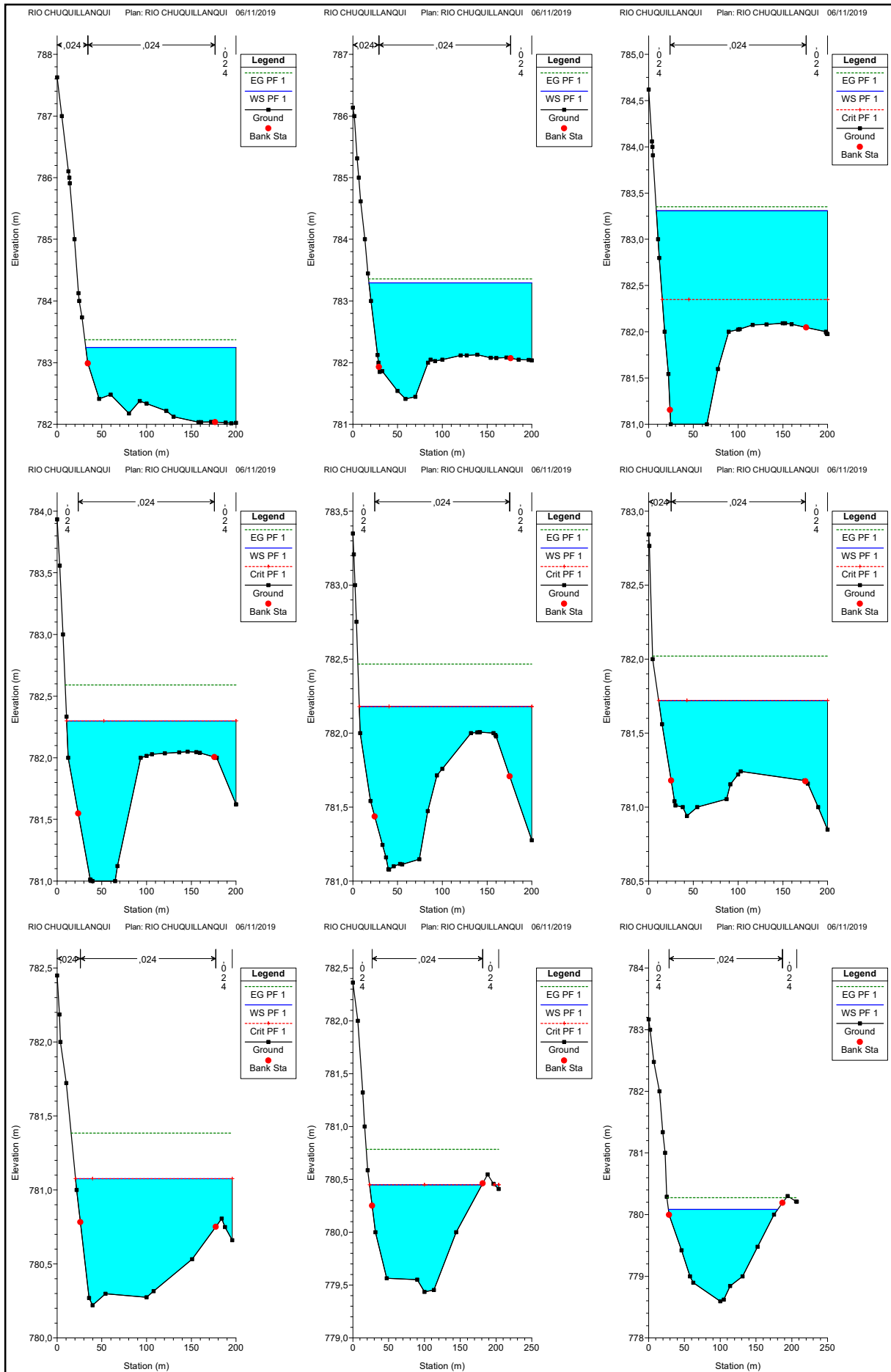
- WS PF 6
- Ground
- Bank Sta

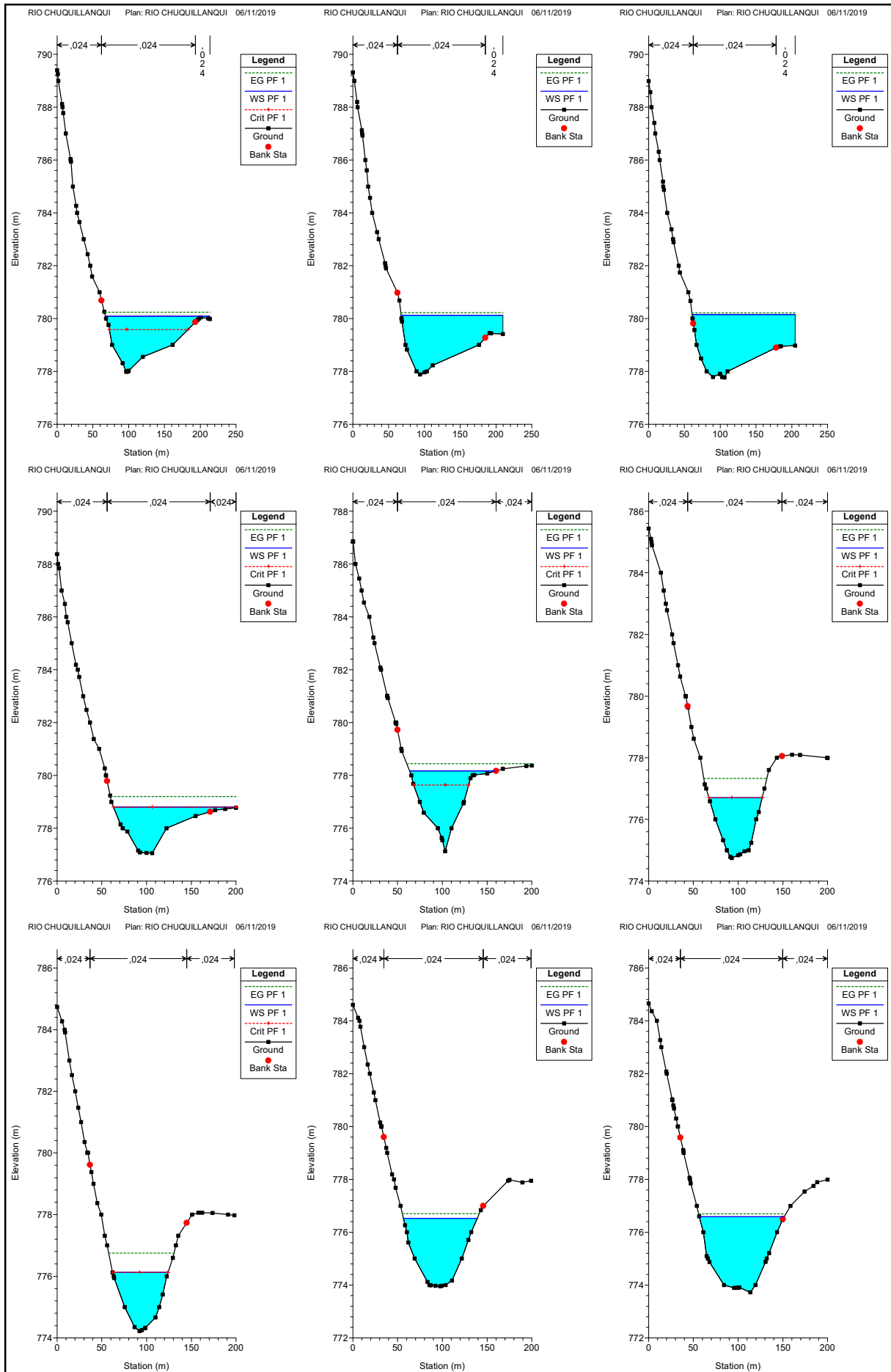


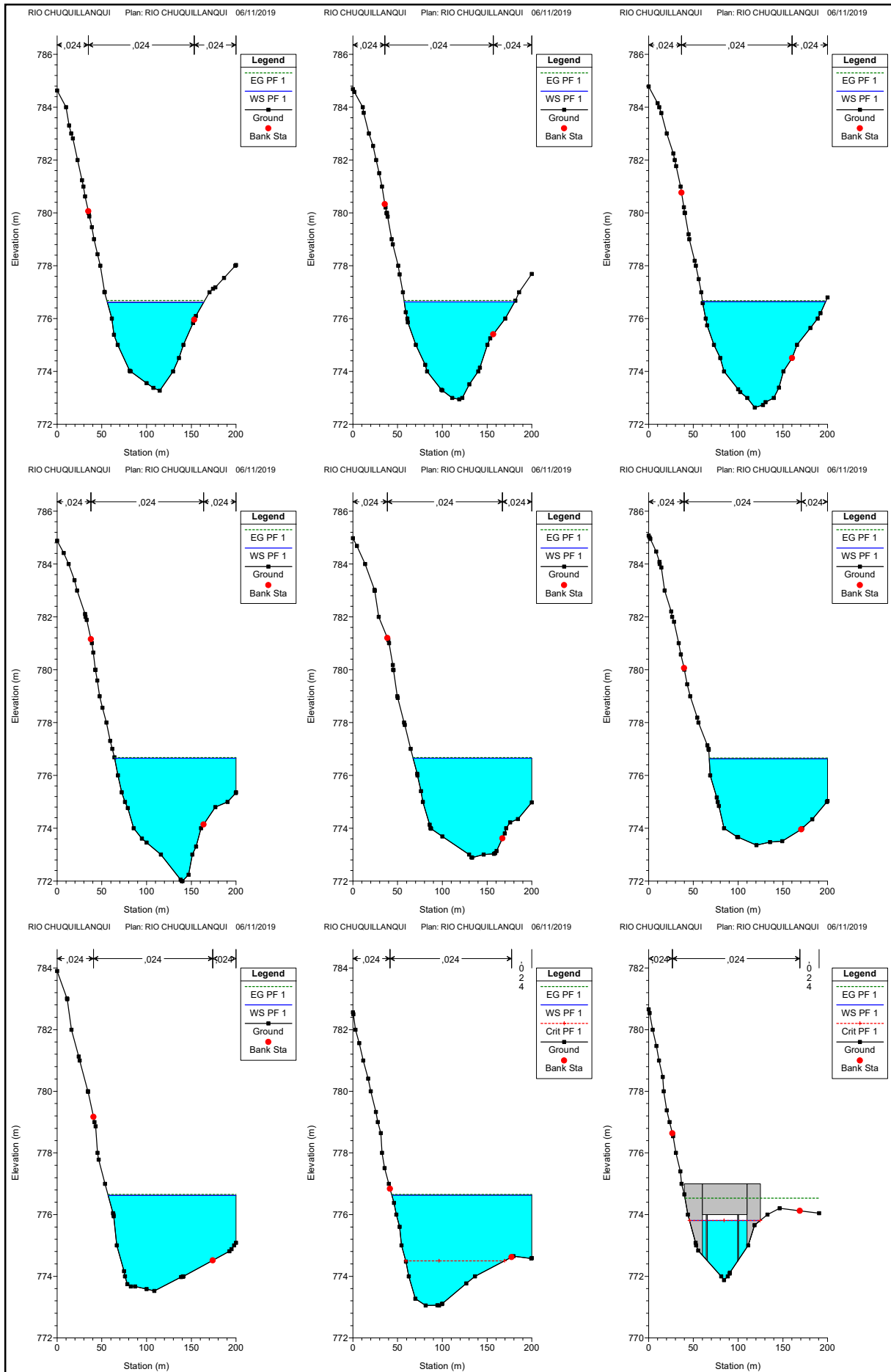
**MODELAMIENTO - CAUCE NATURAL
DE SECCIONES DEL PERFIL
LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE
LIMITA LOS CASERIOS
CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY**

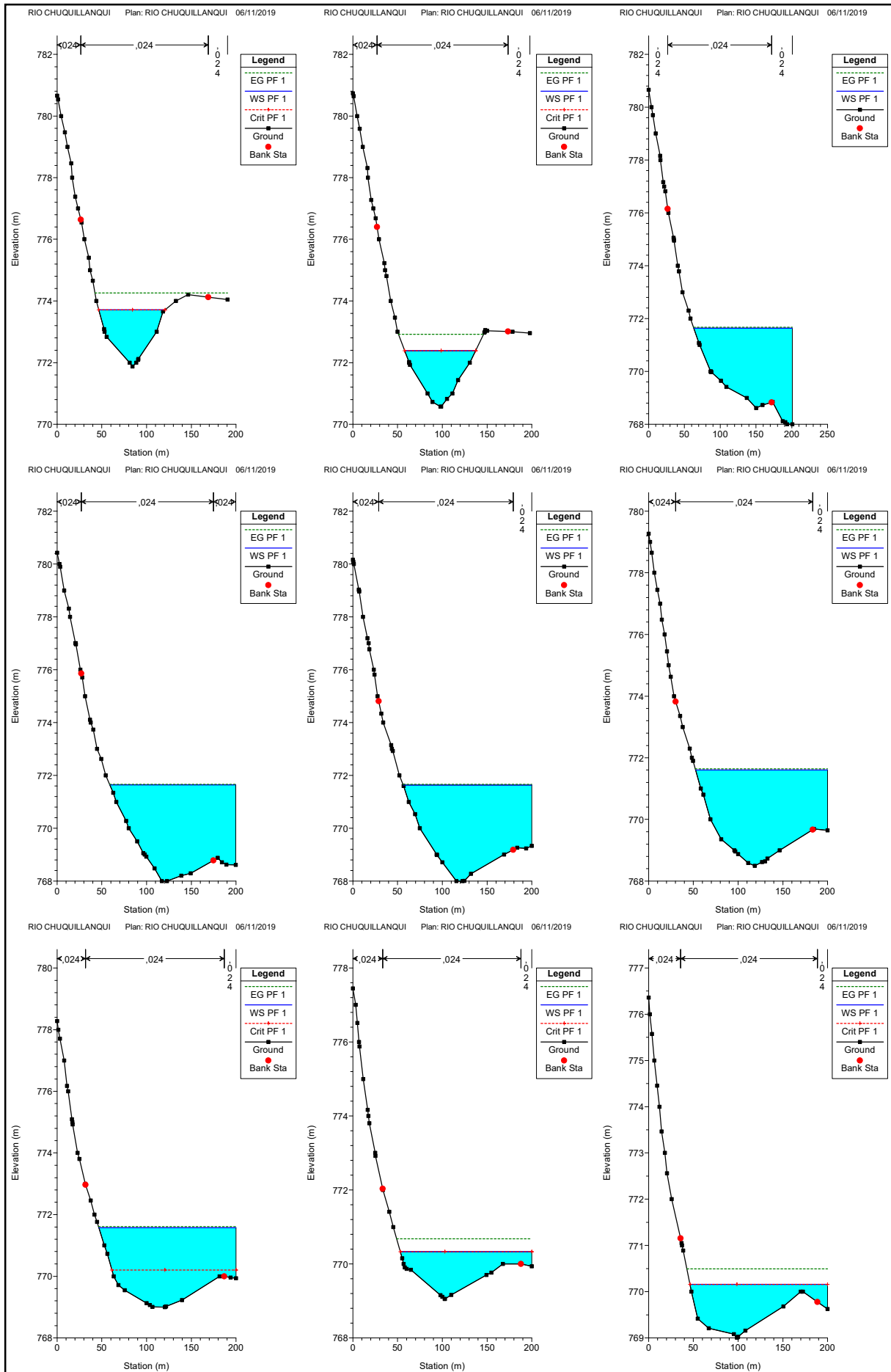
Periodo de retorno 10 años - 265,40 (m³/s)

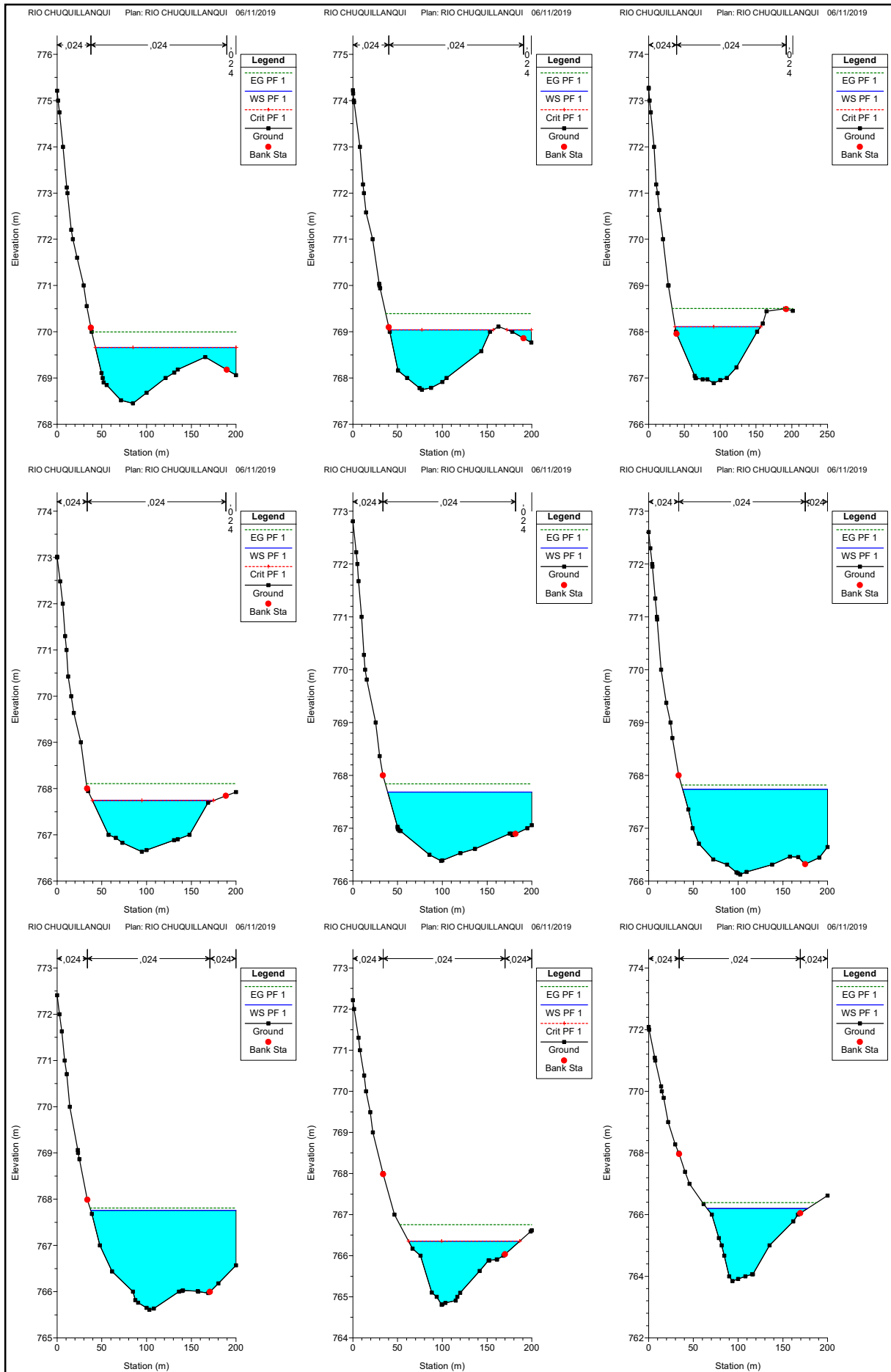


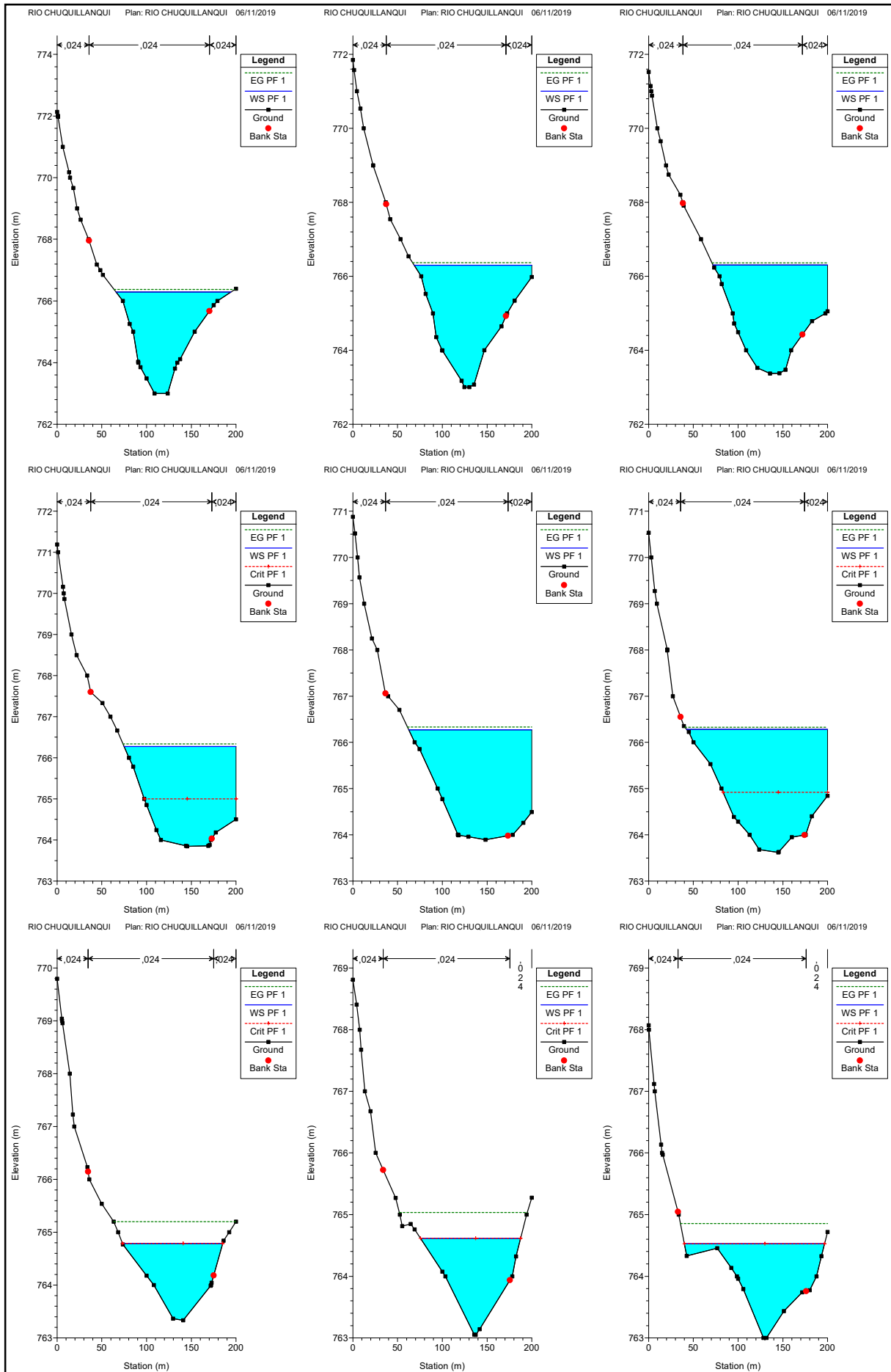


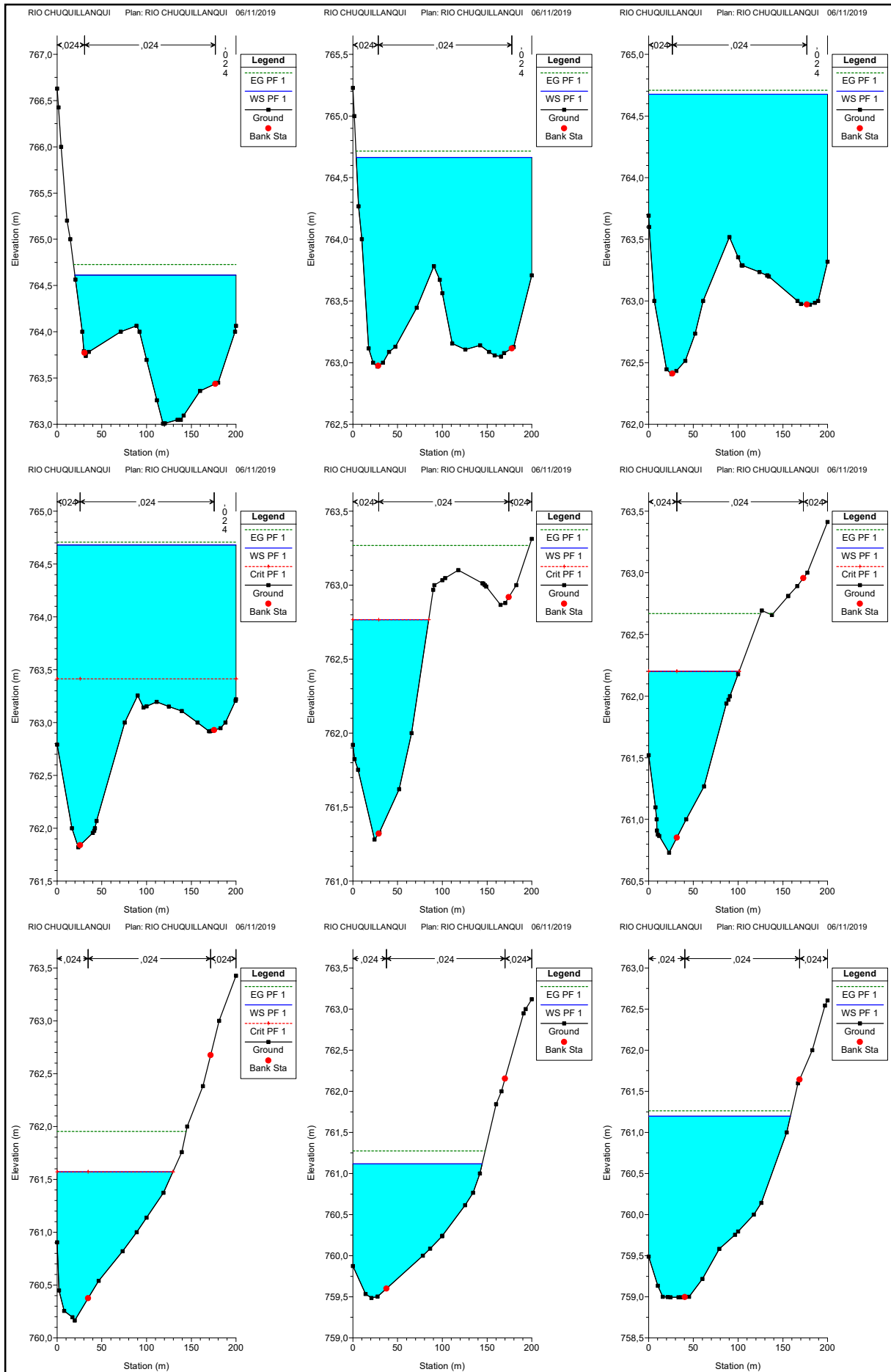


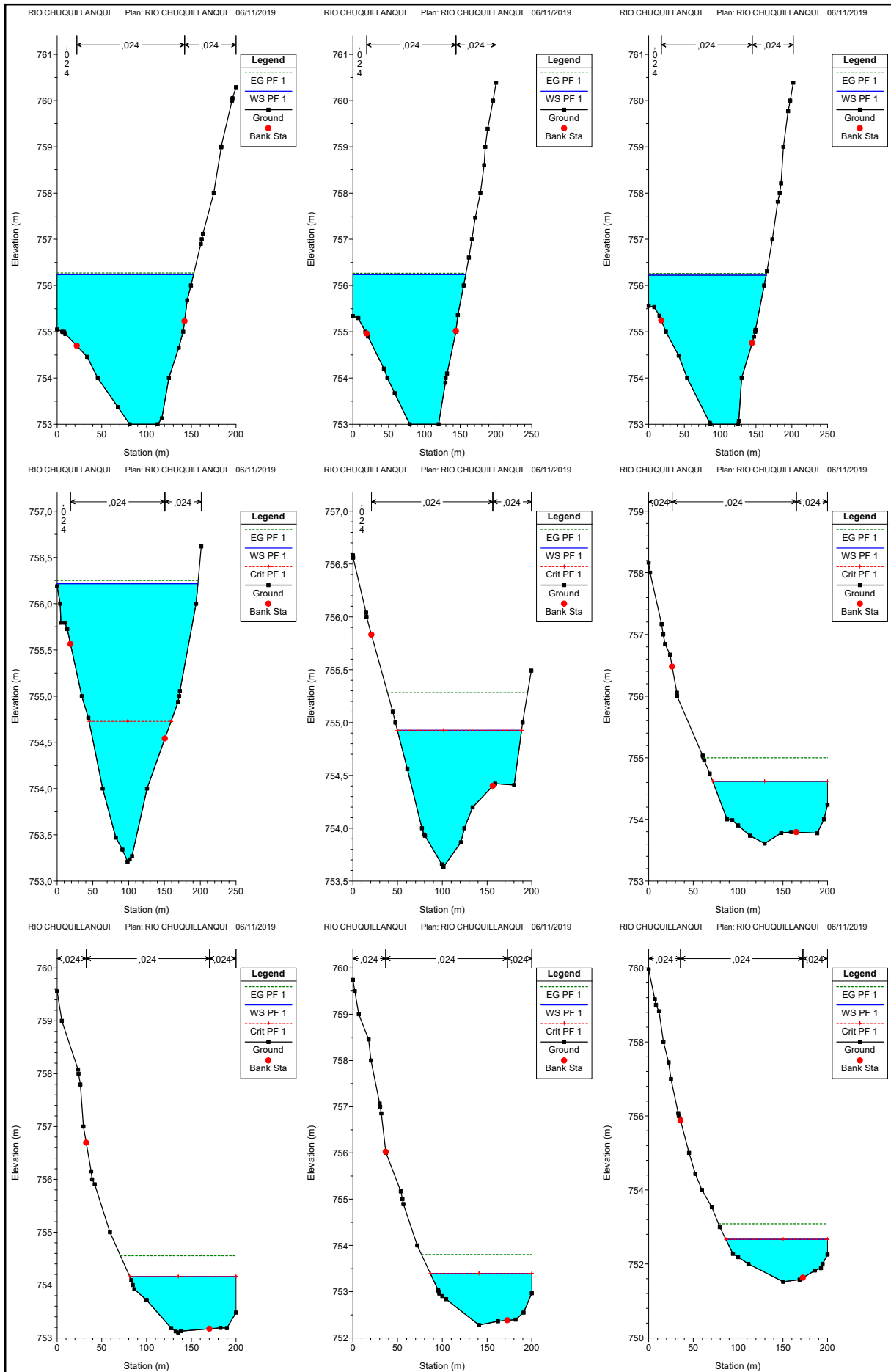


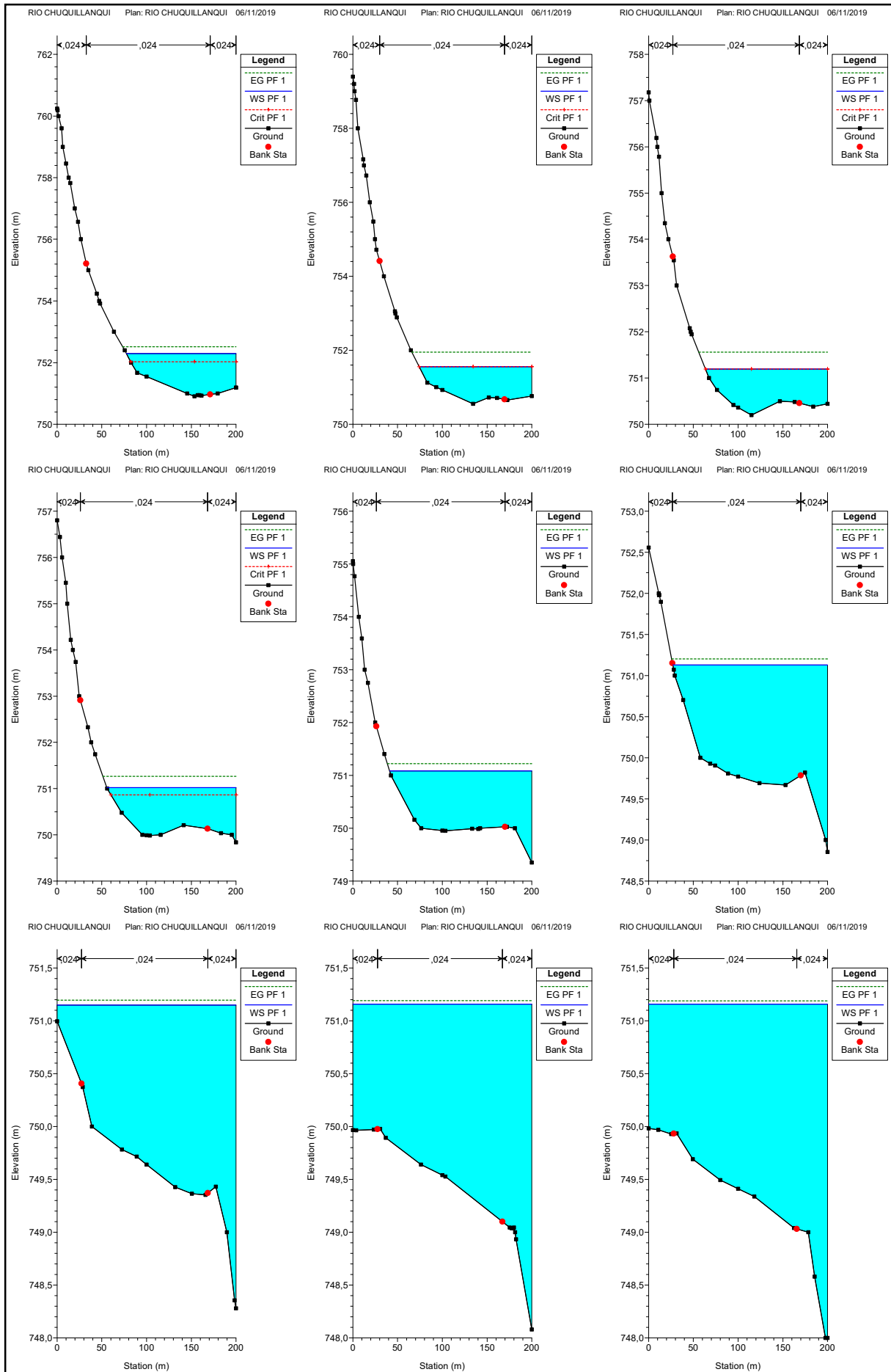


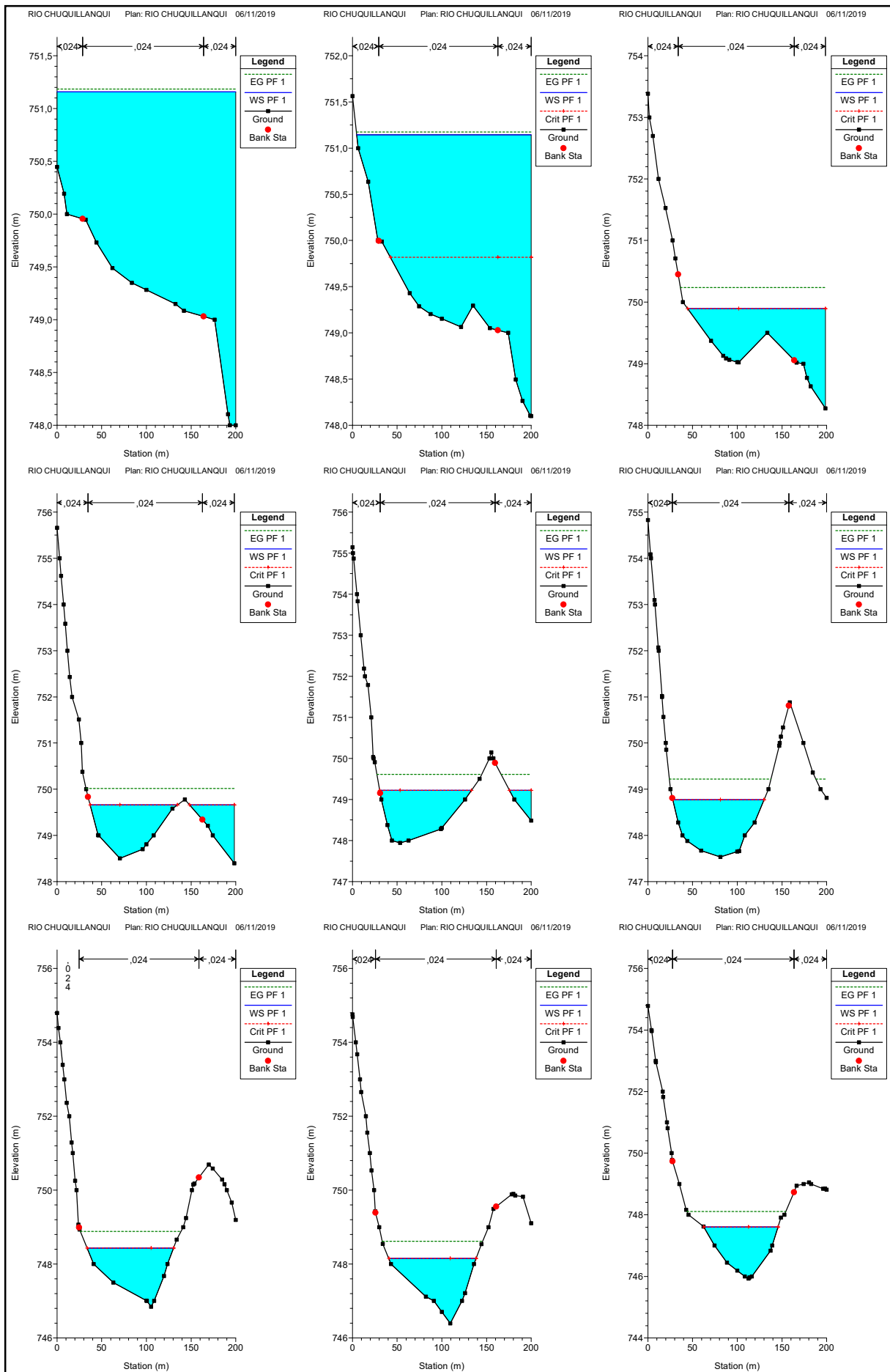


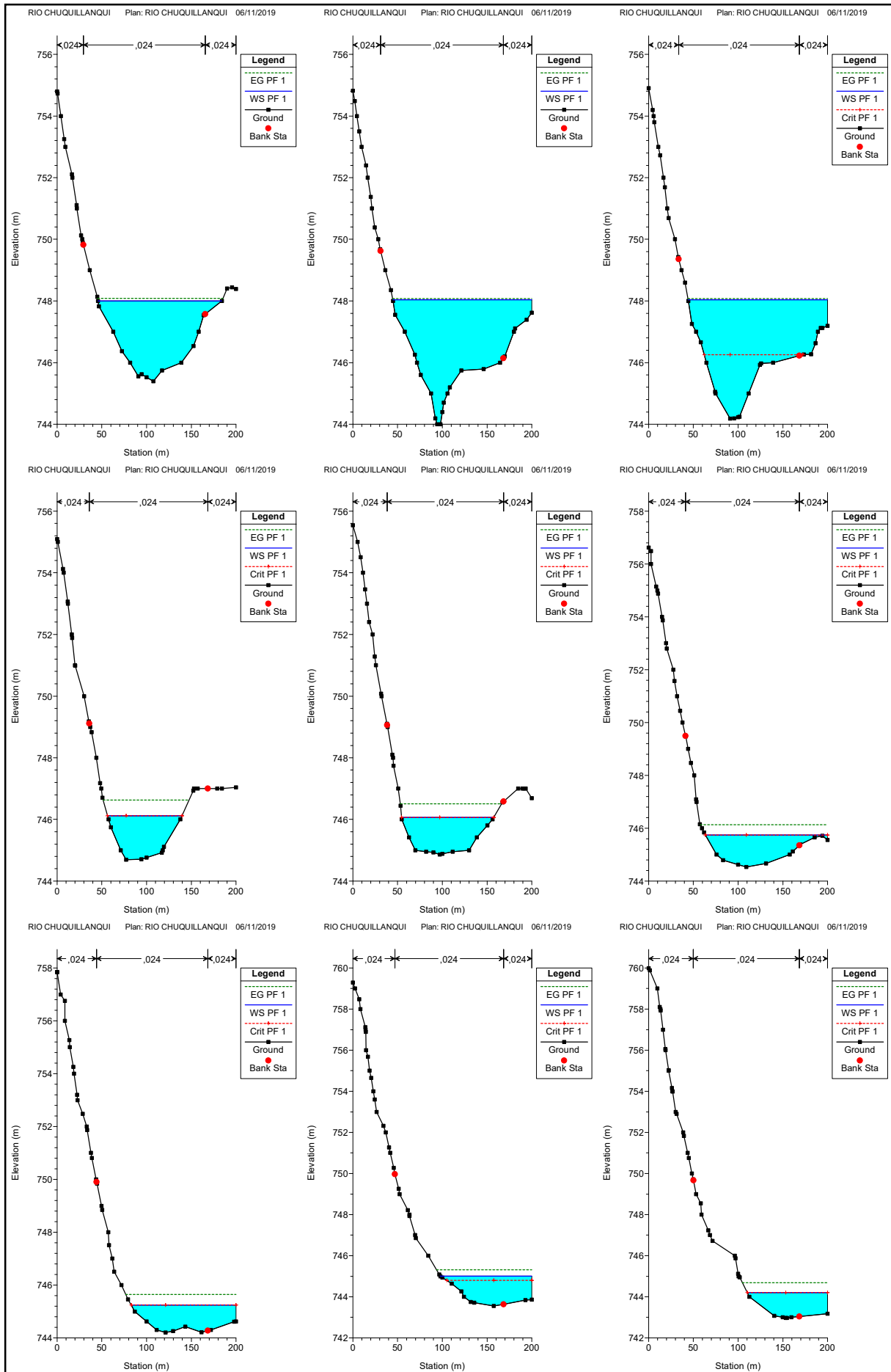


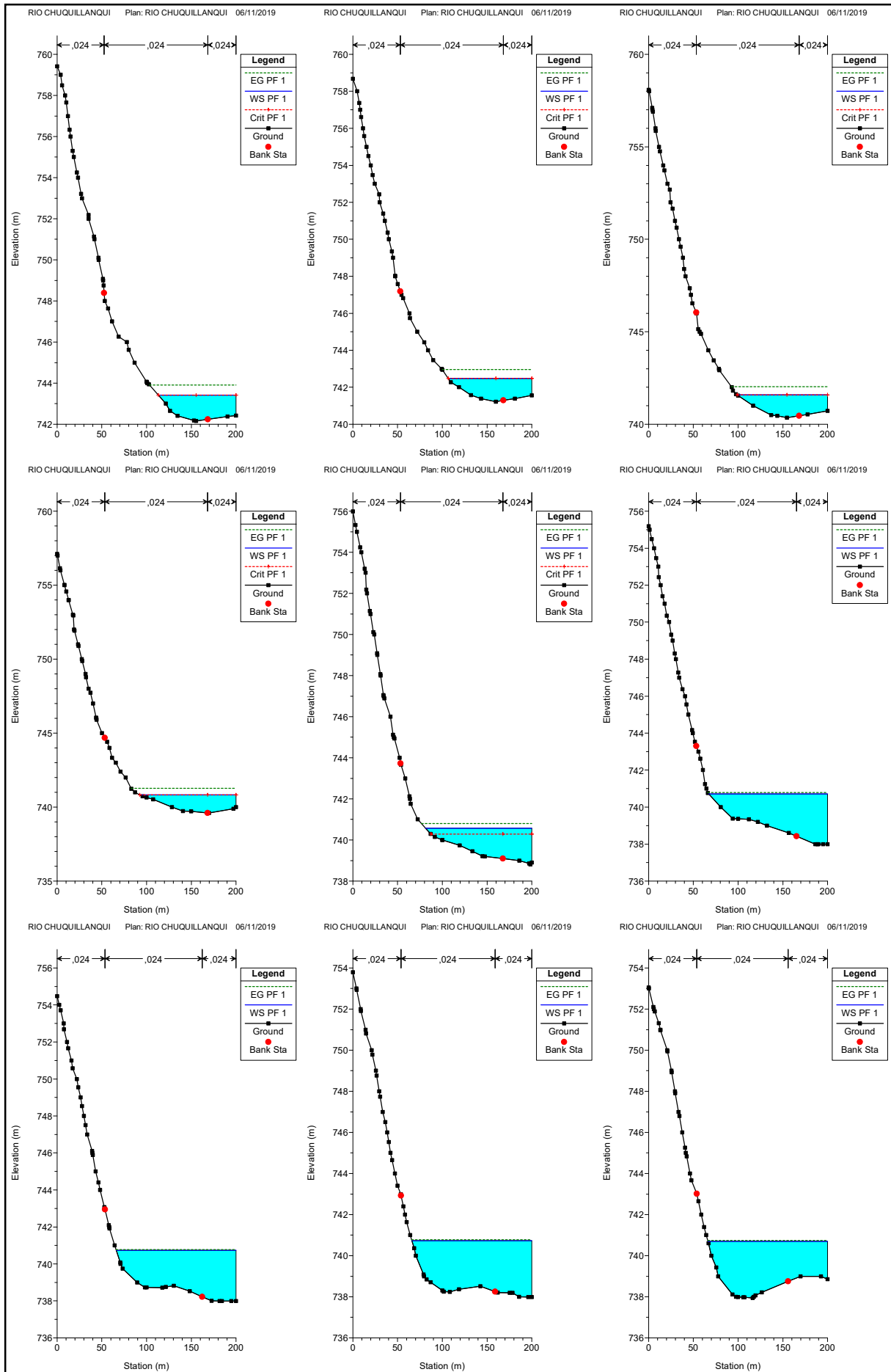


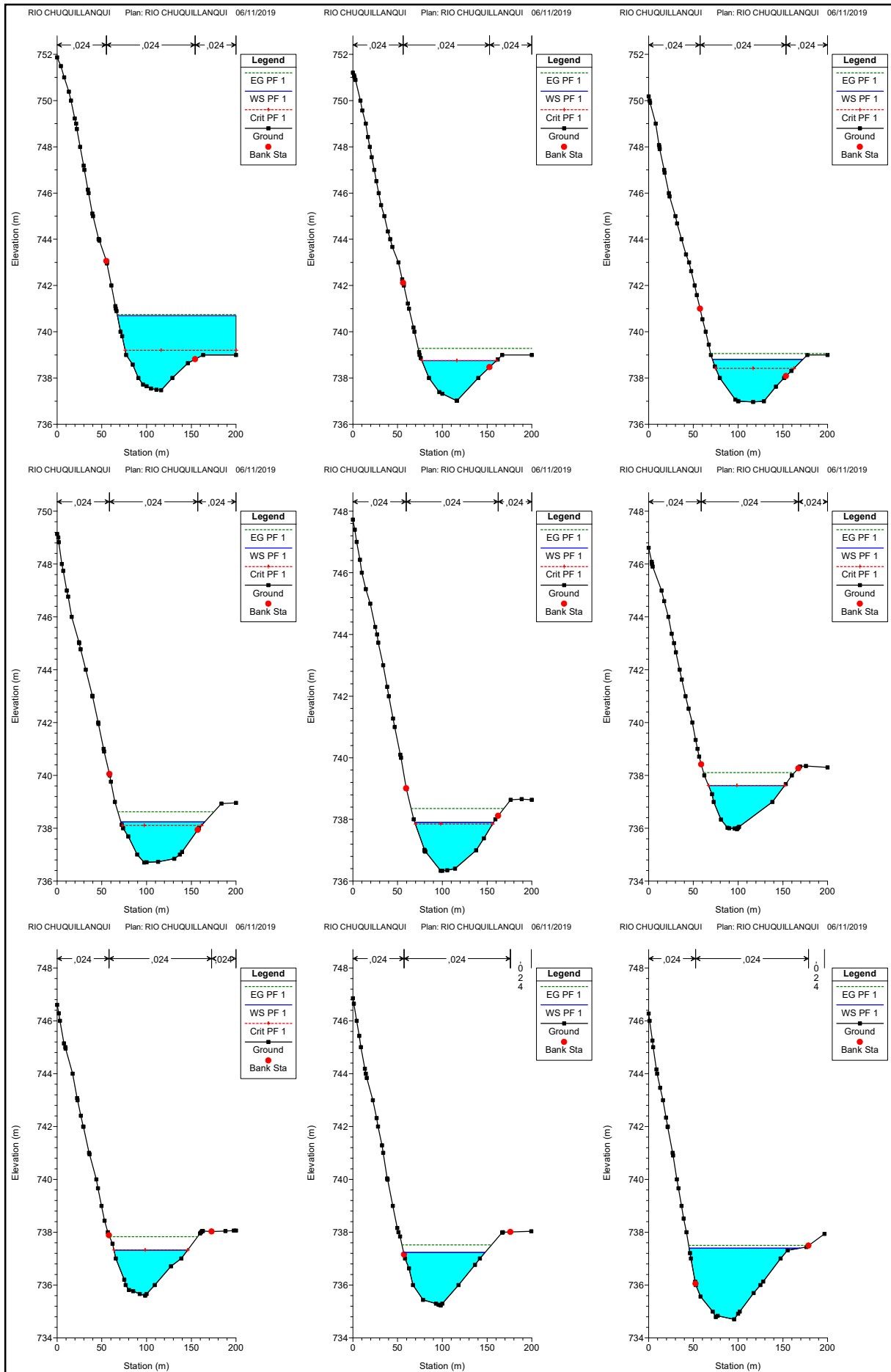


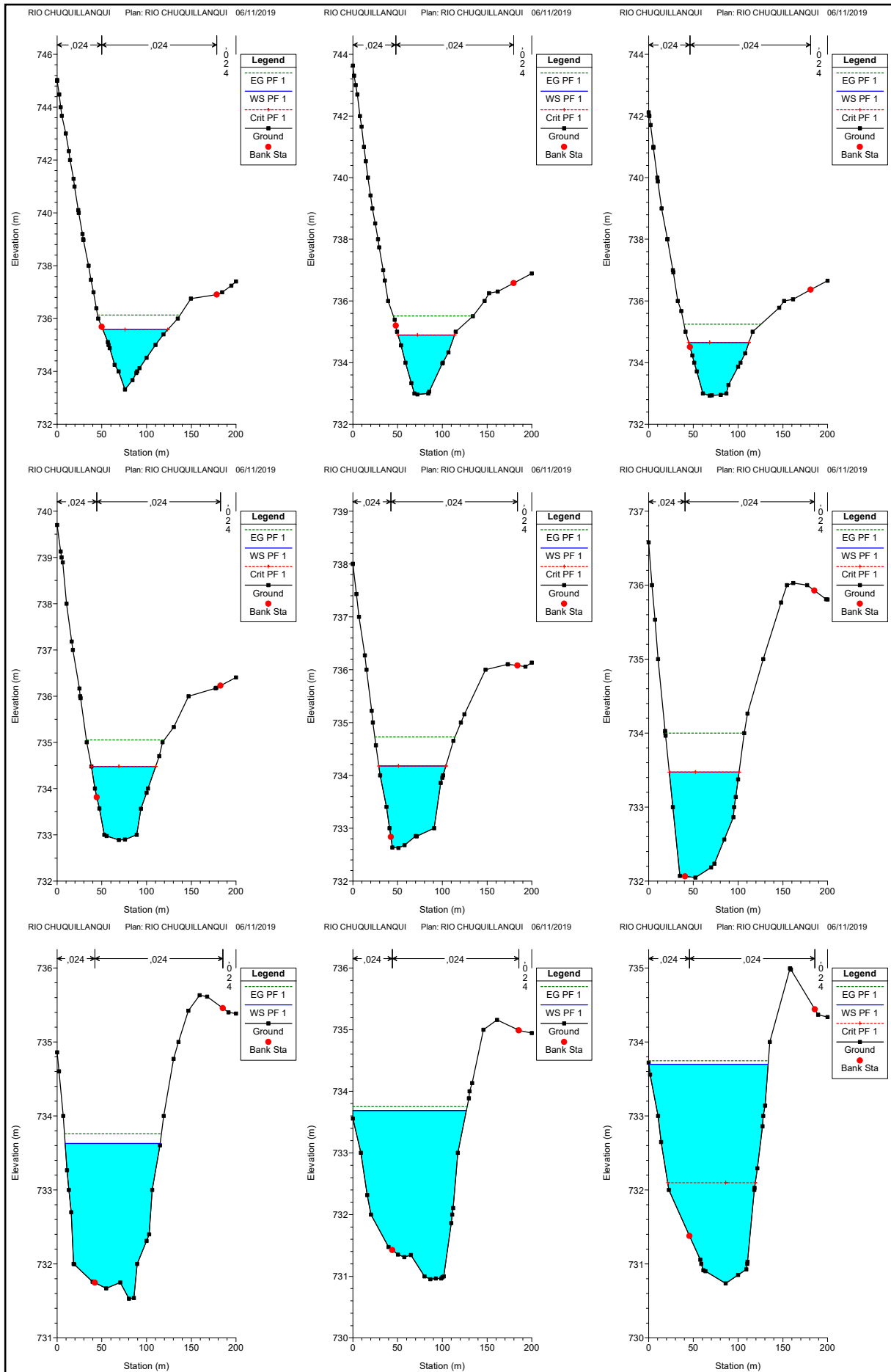


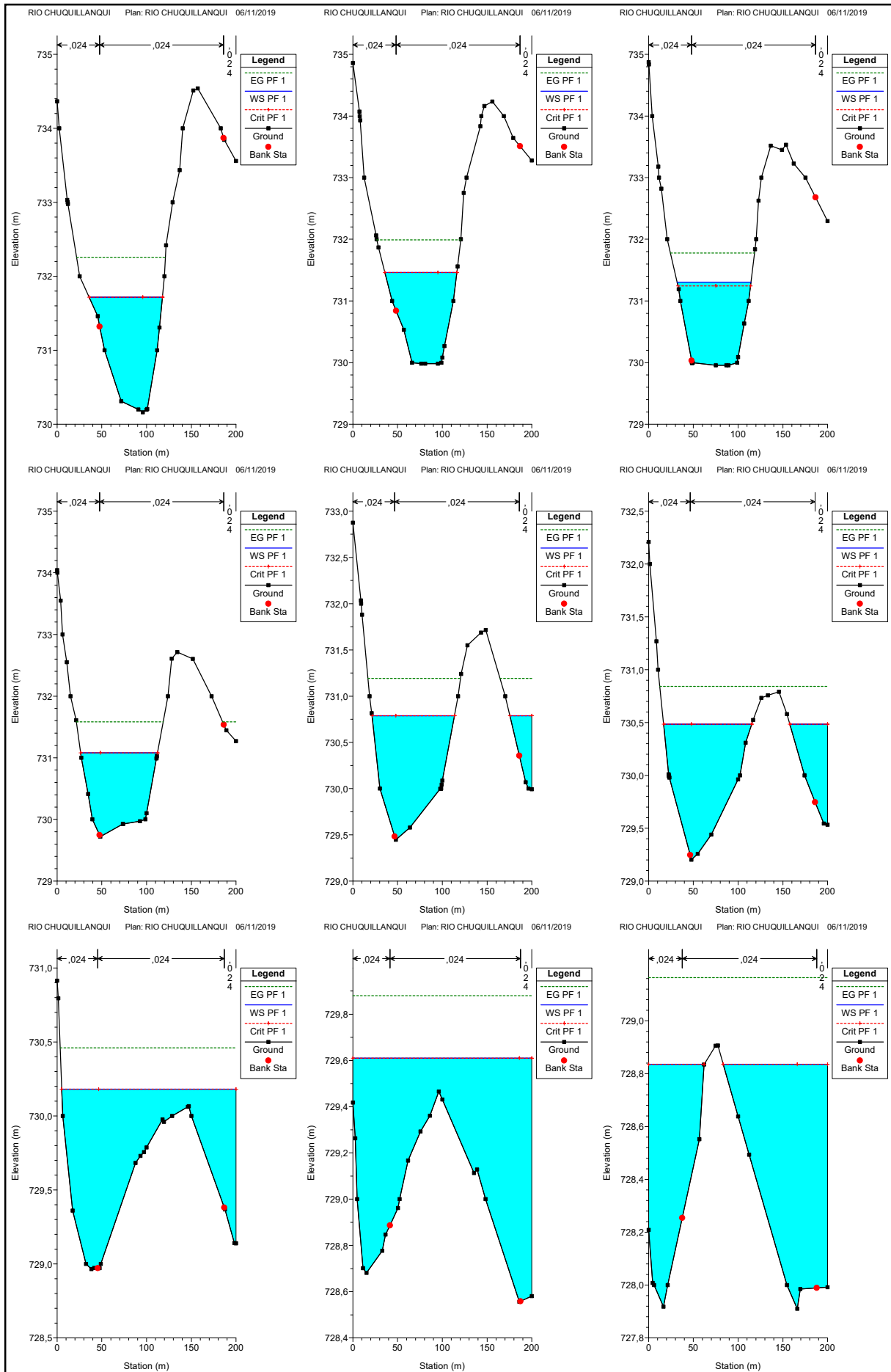


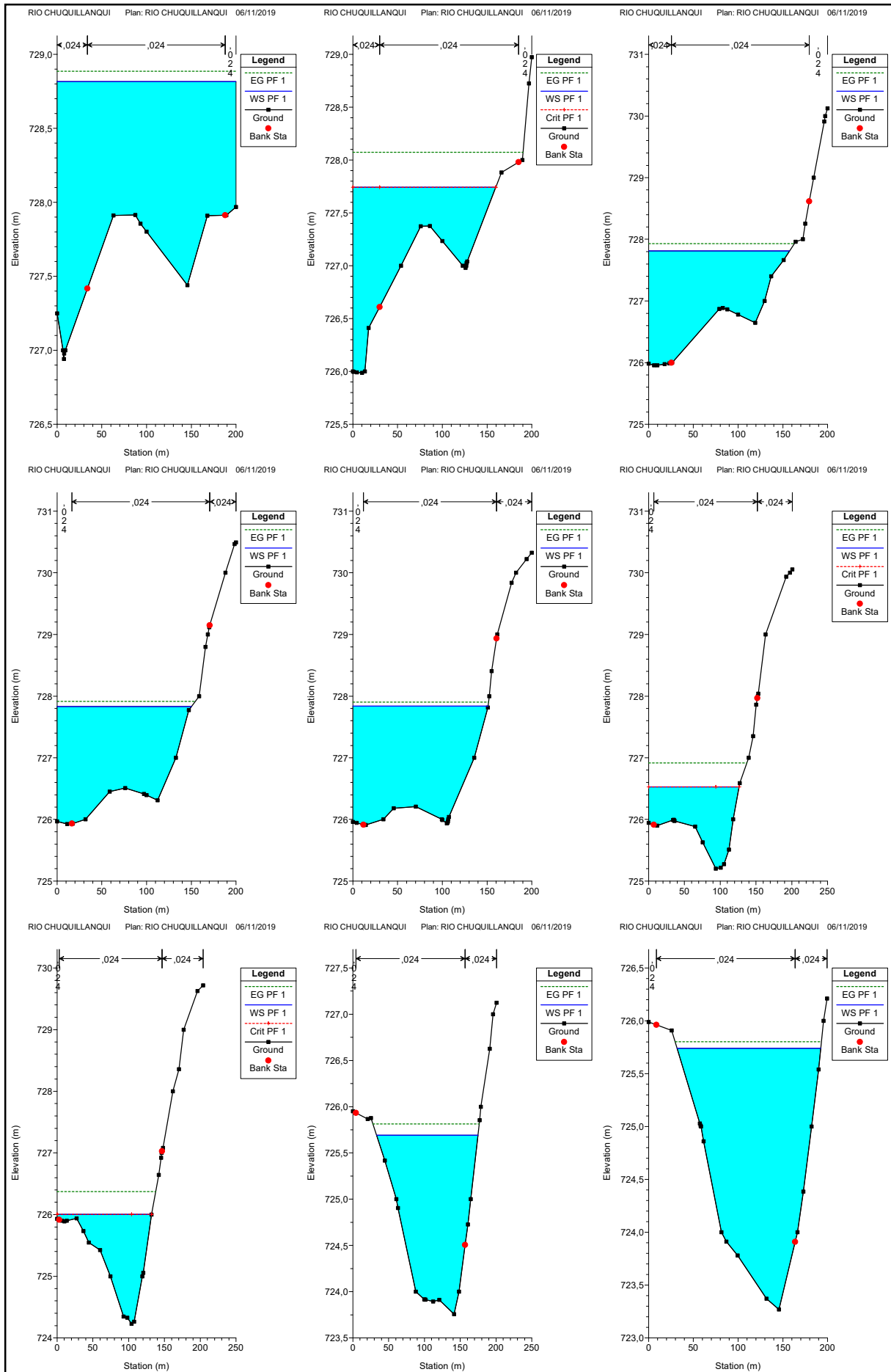


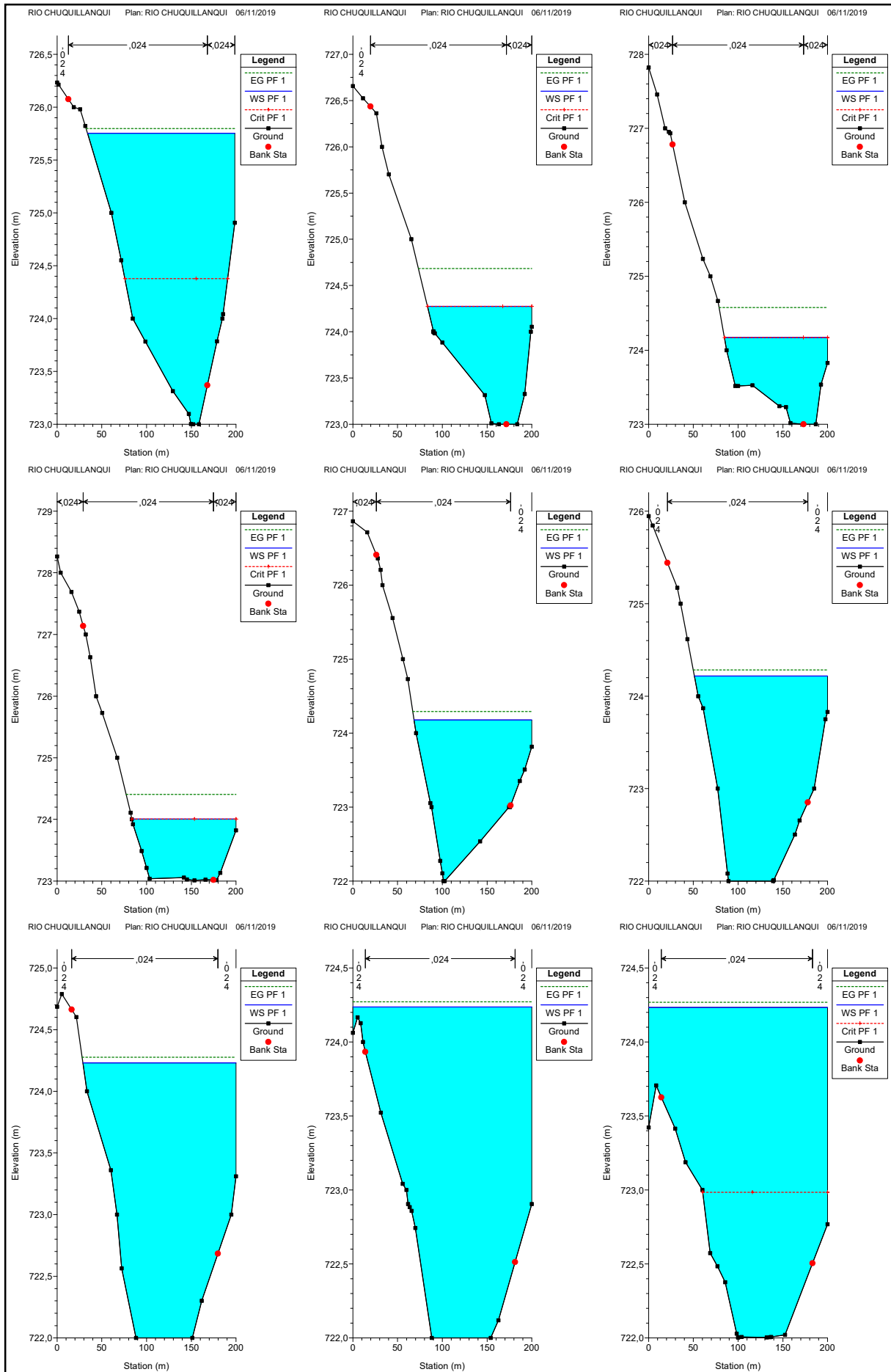


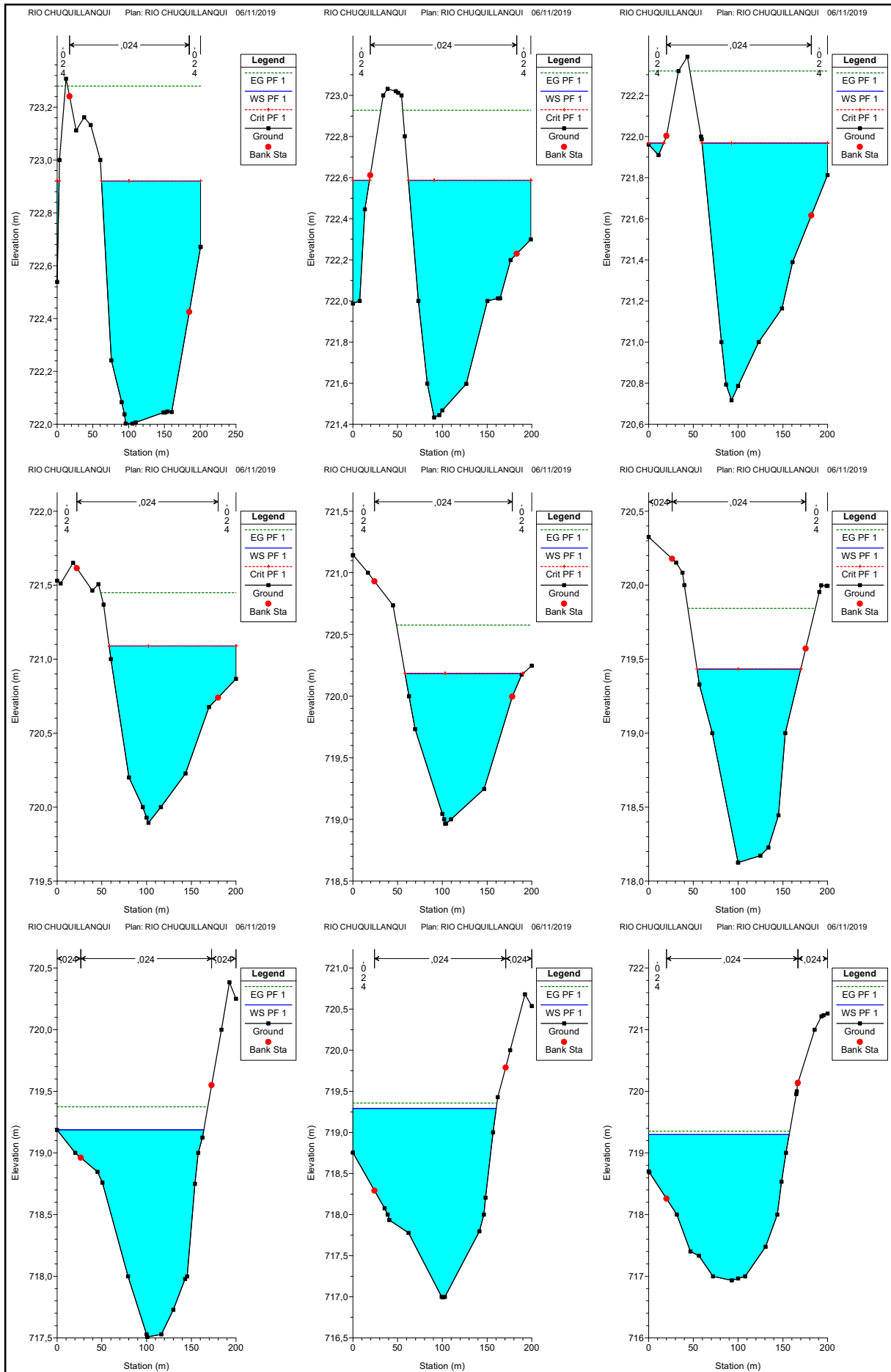


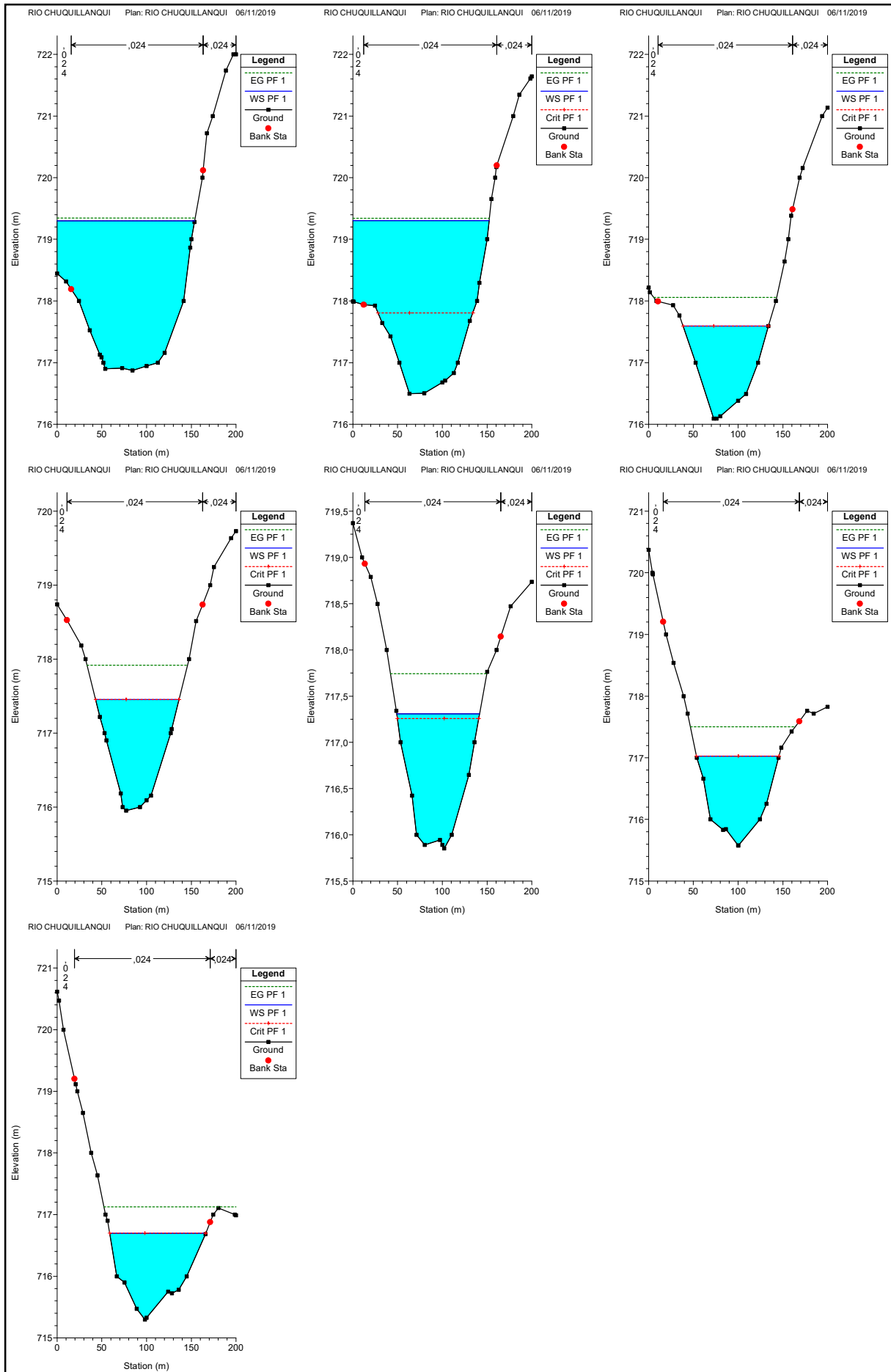




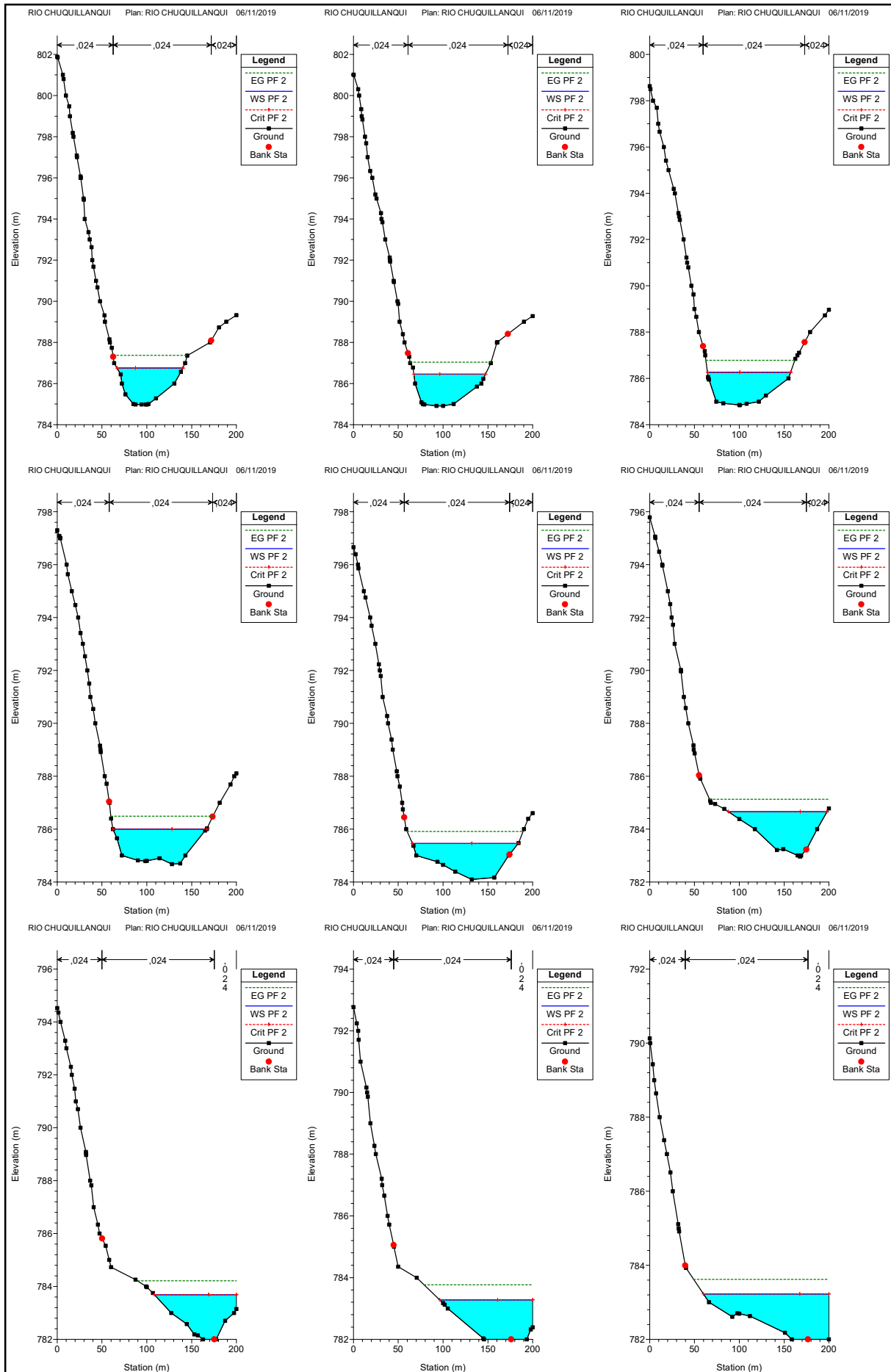


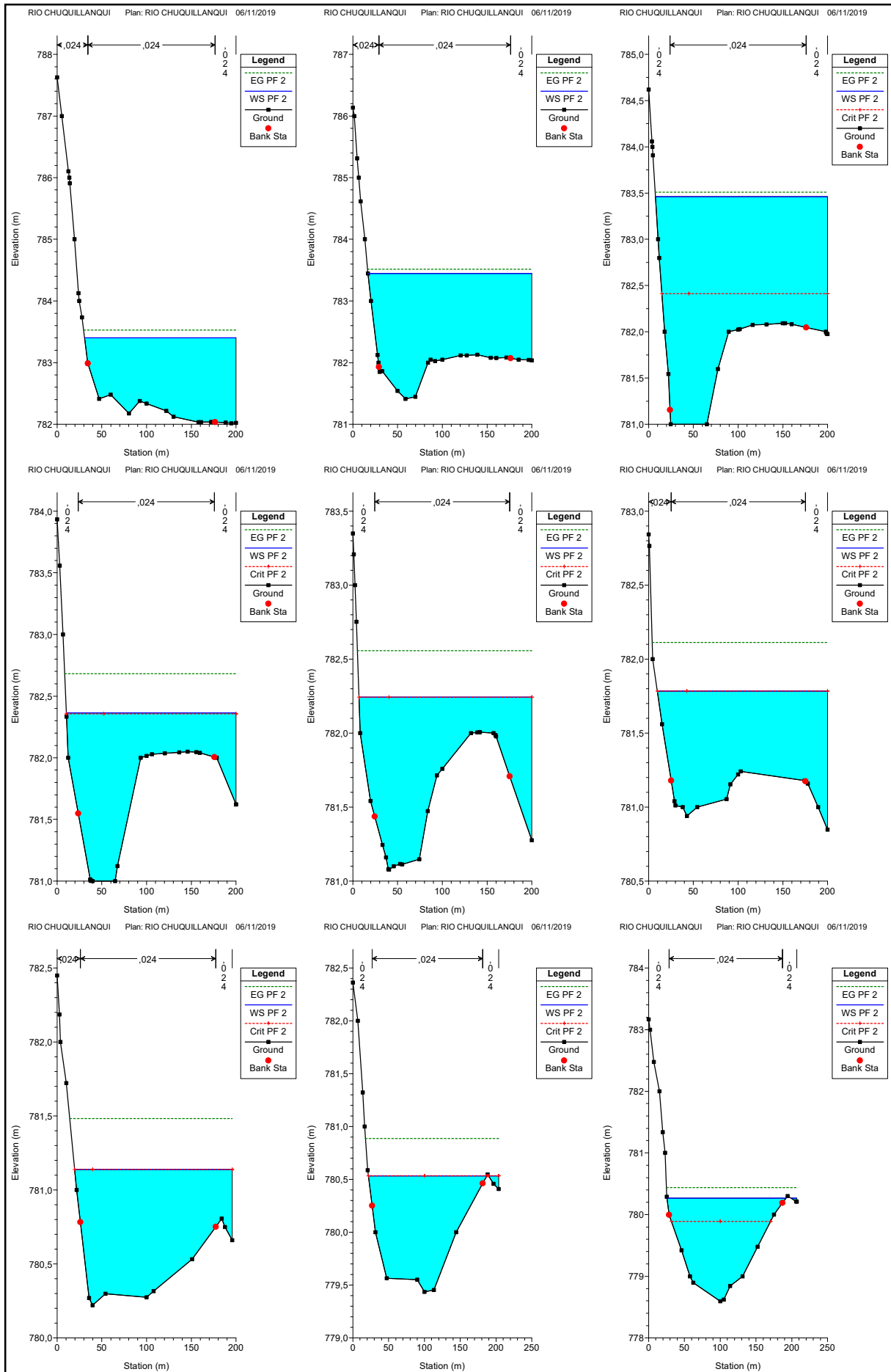


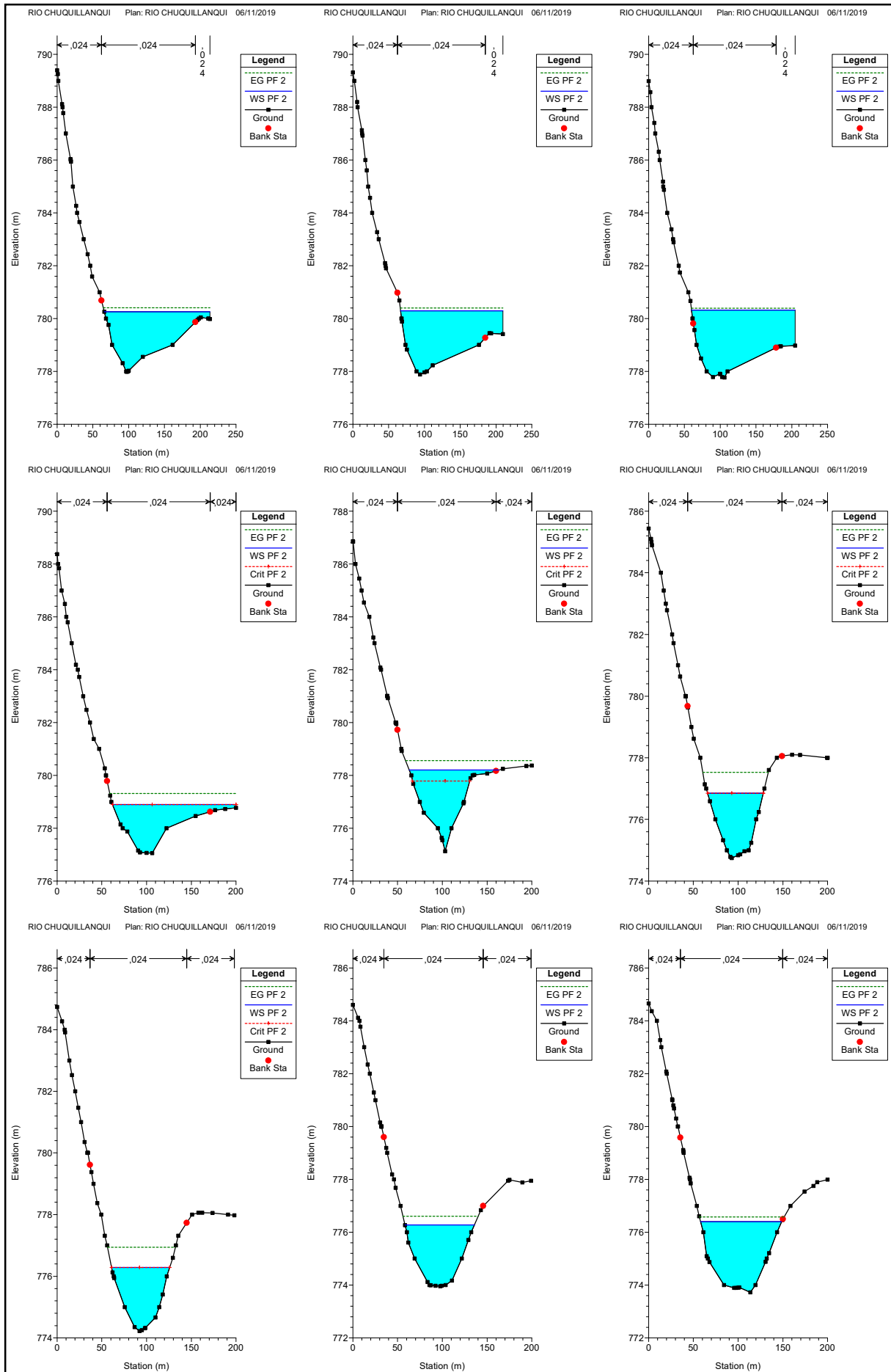


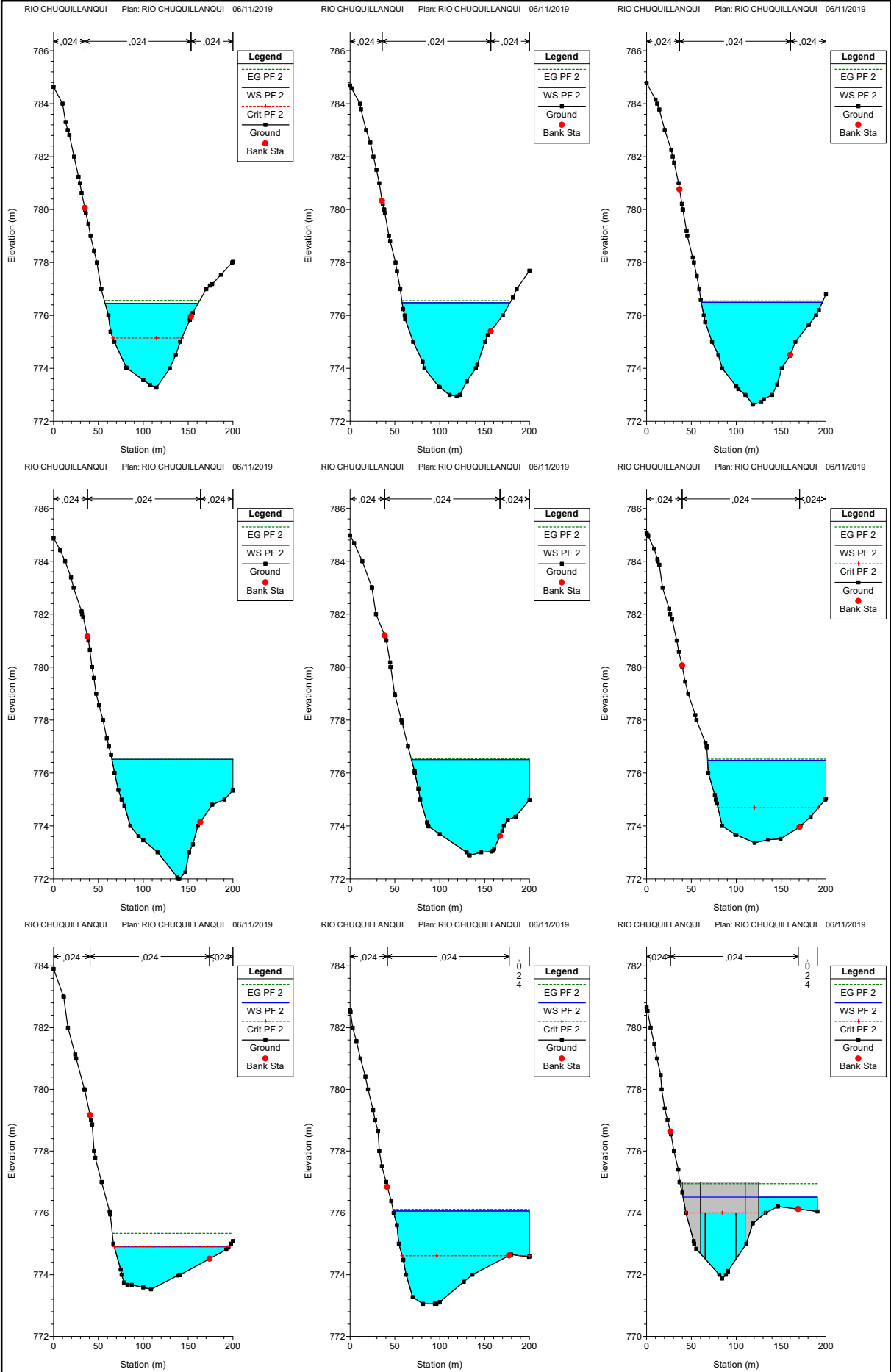


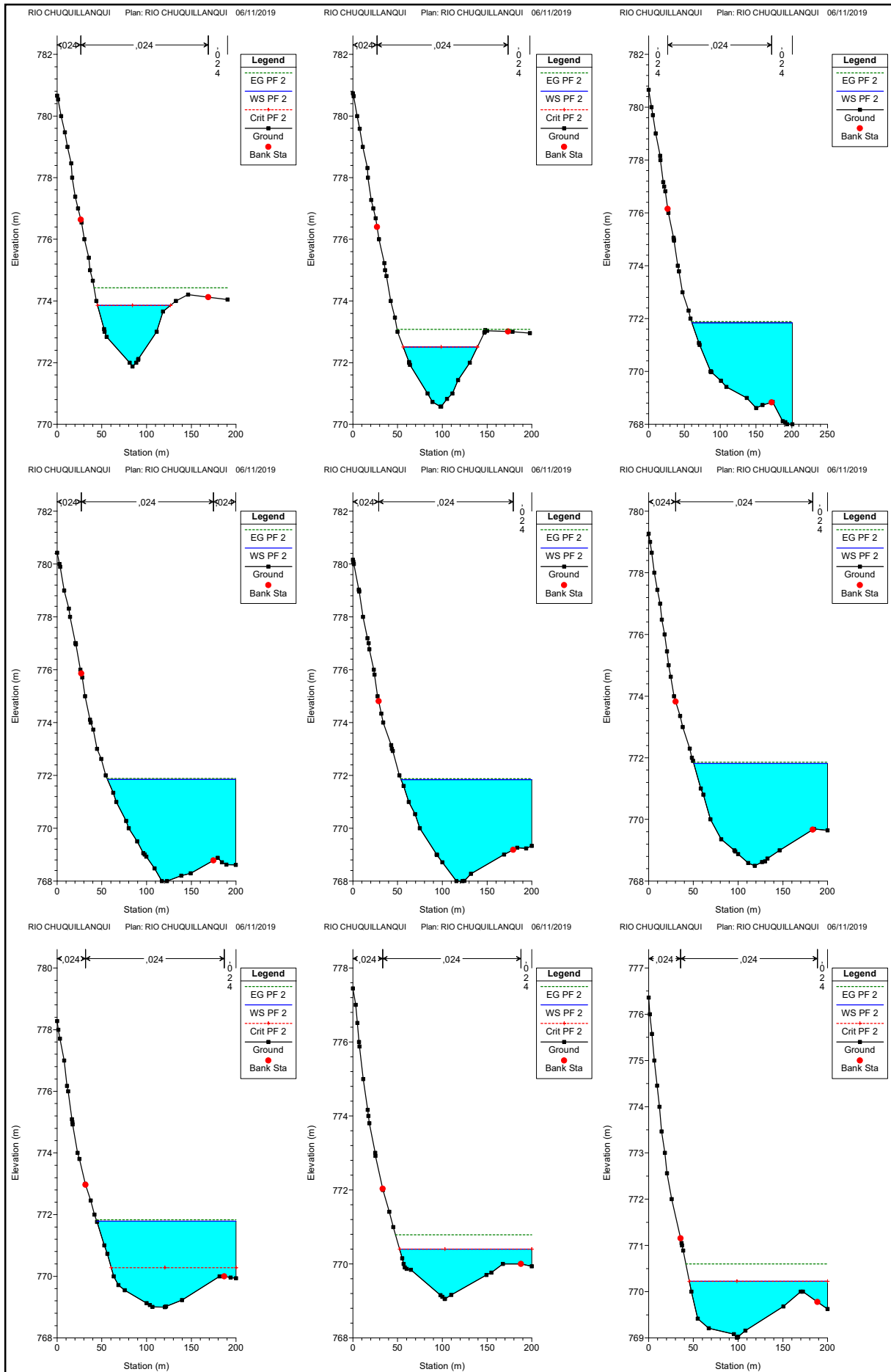
Periodo de retorno 25 años - 308,20 (m3/s)

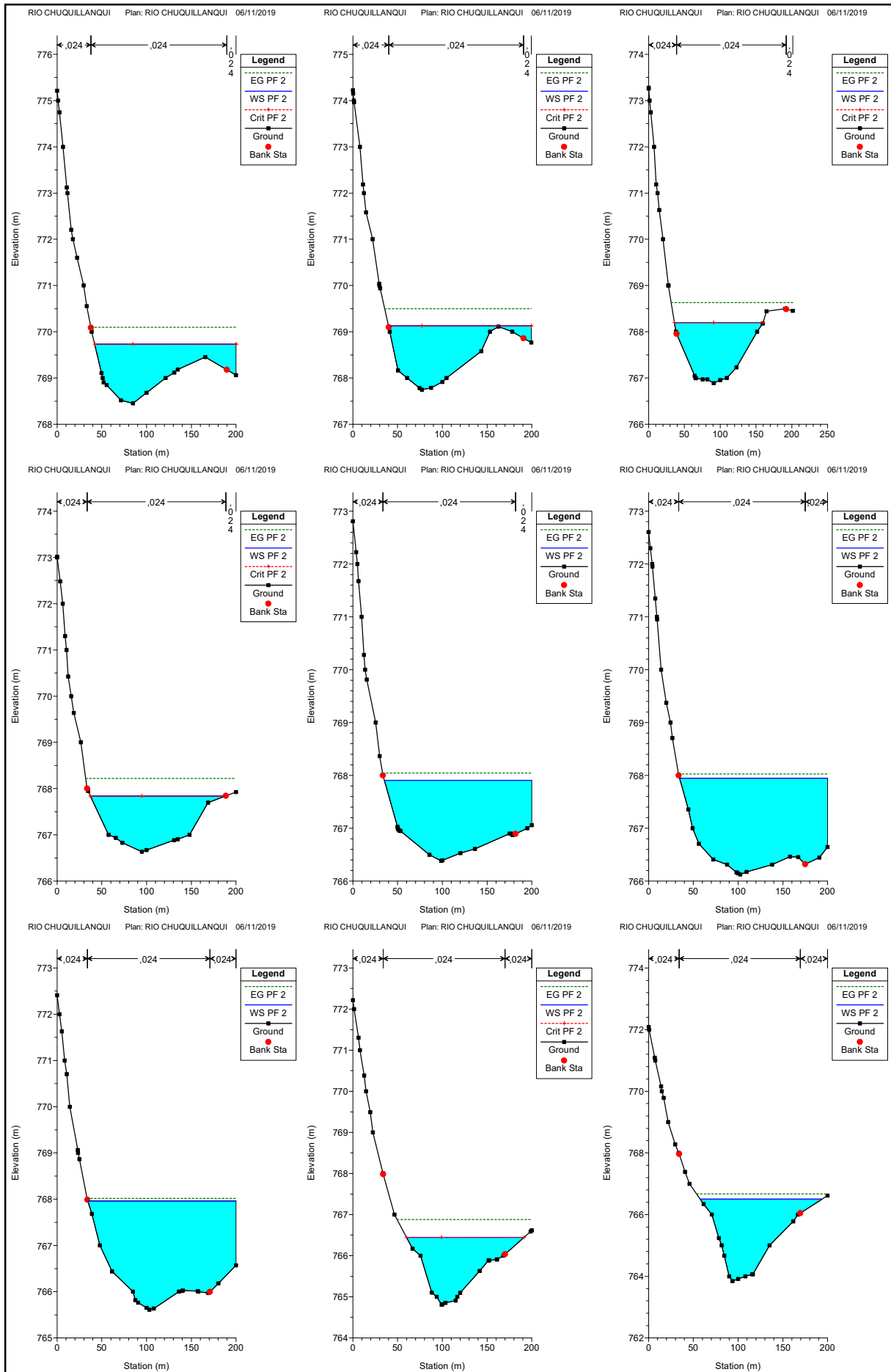


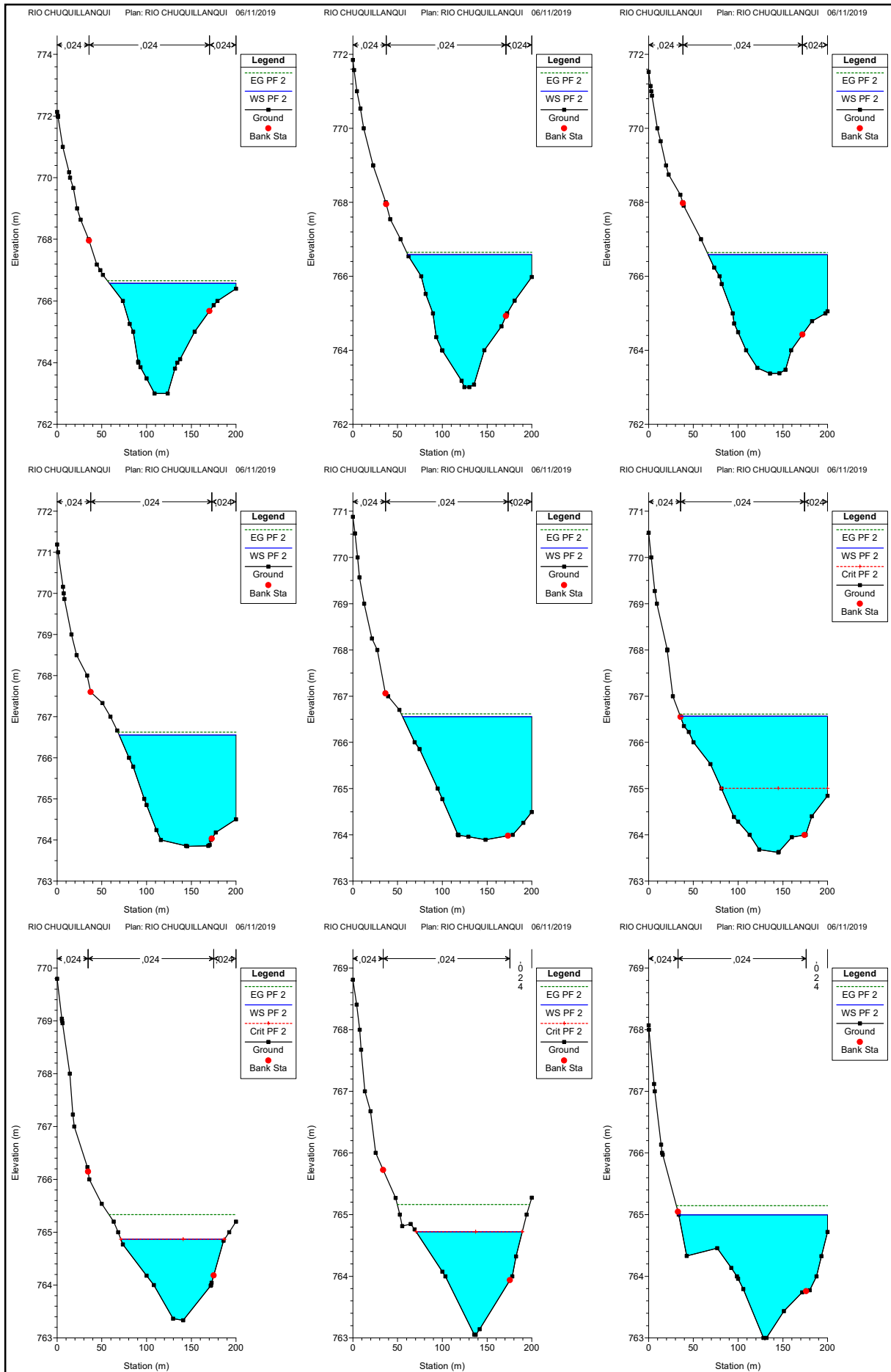


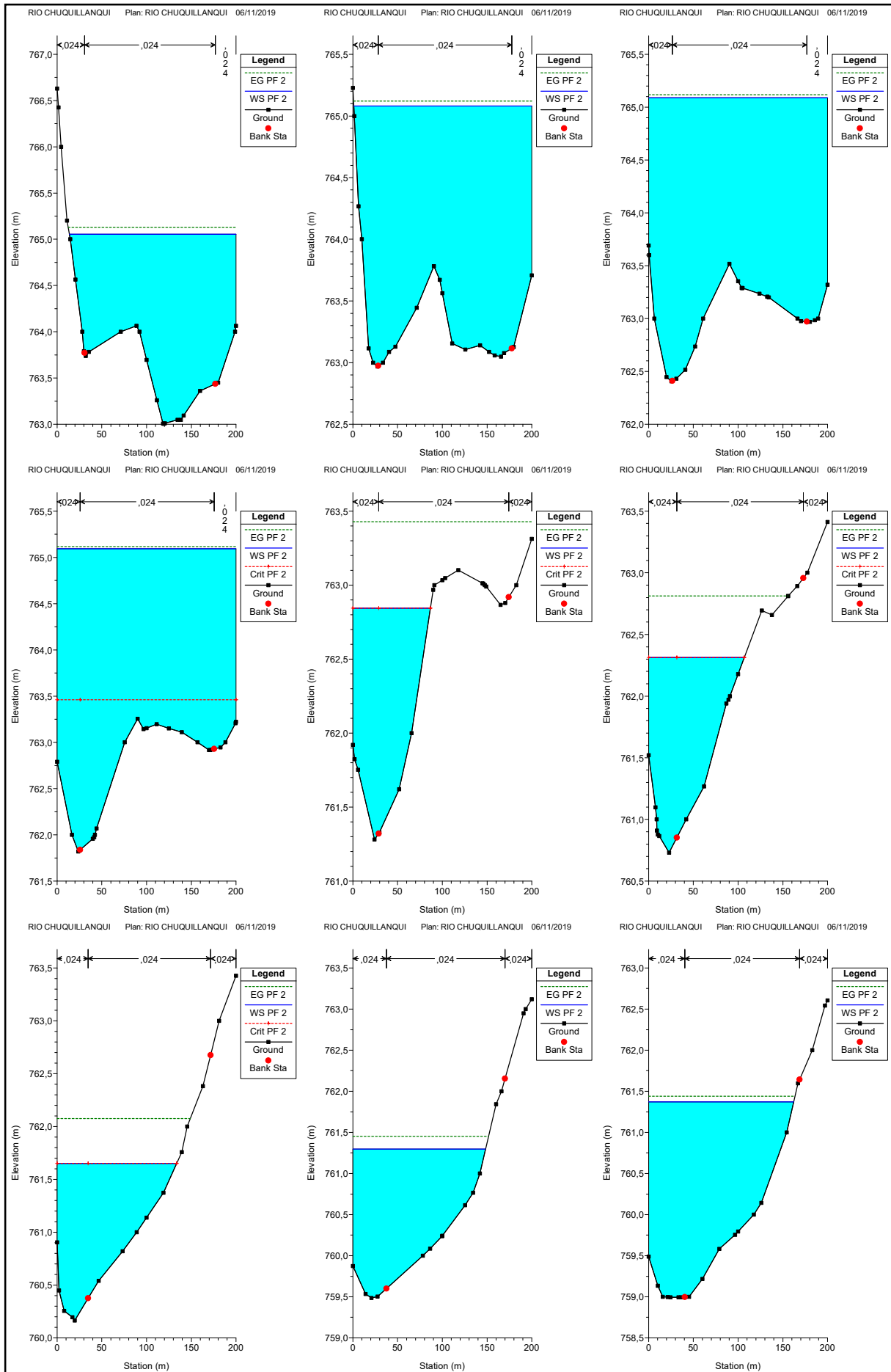


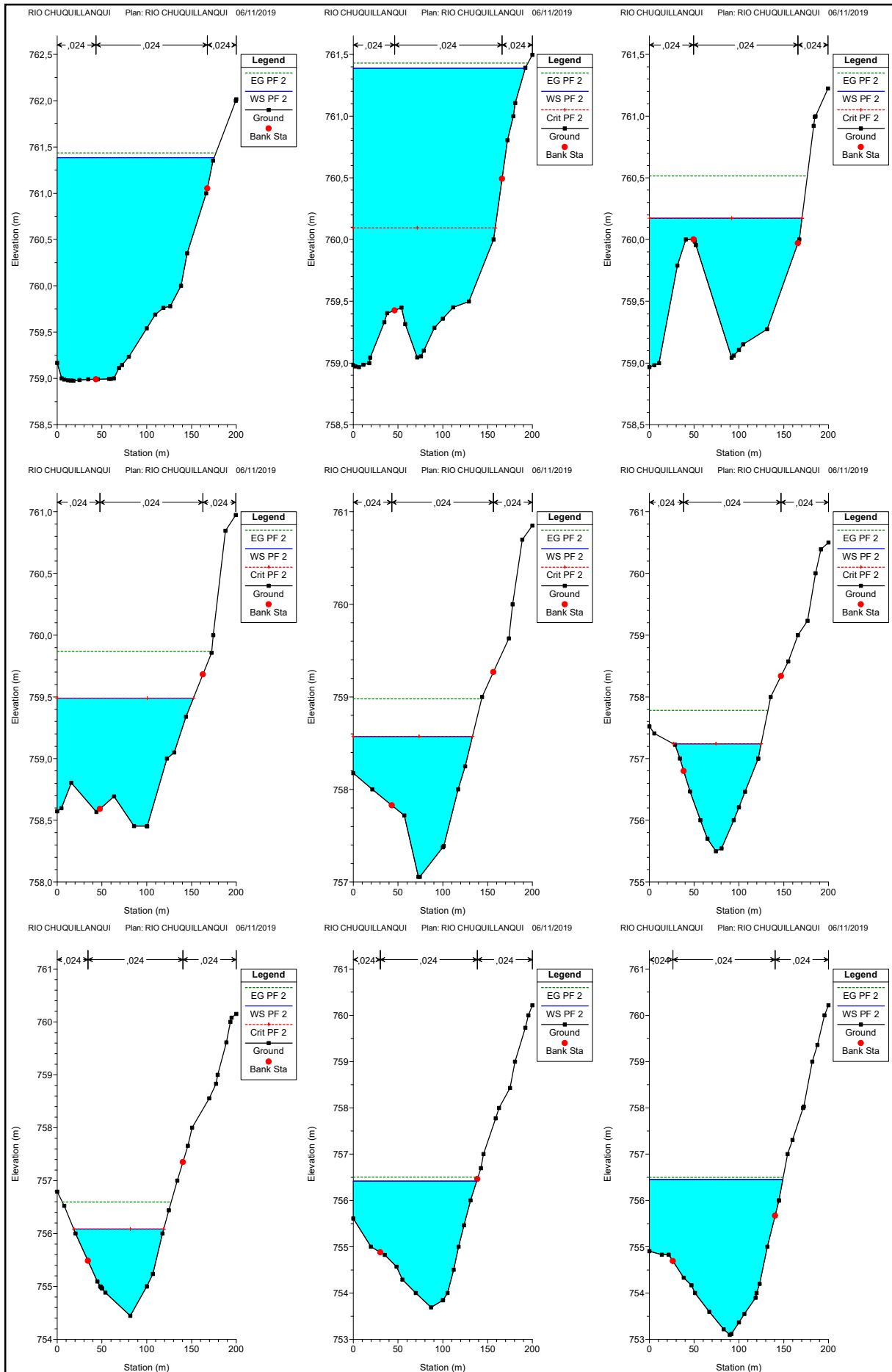


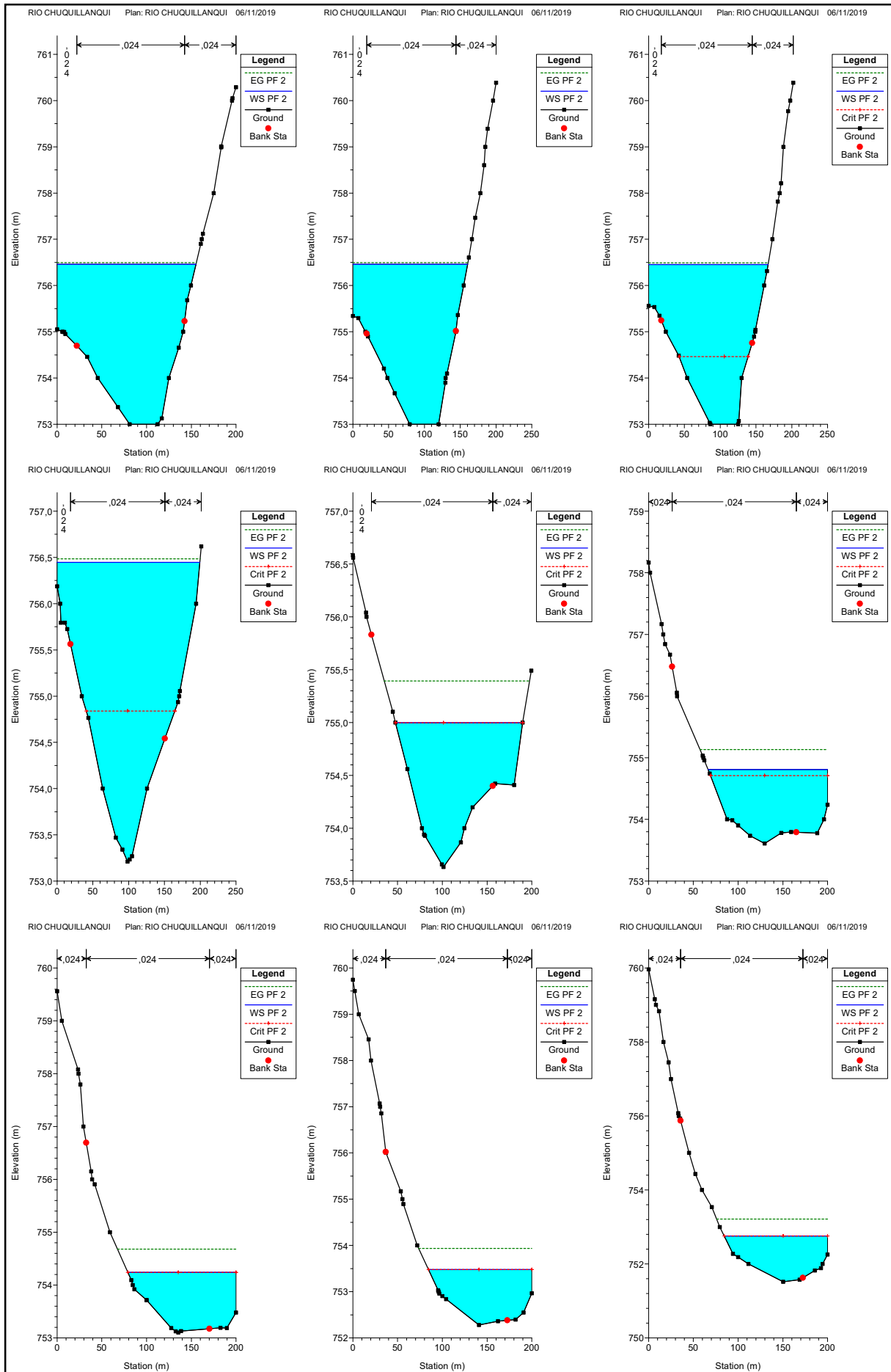


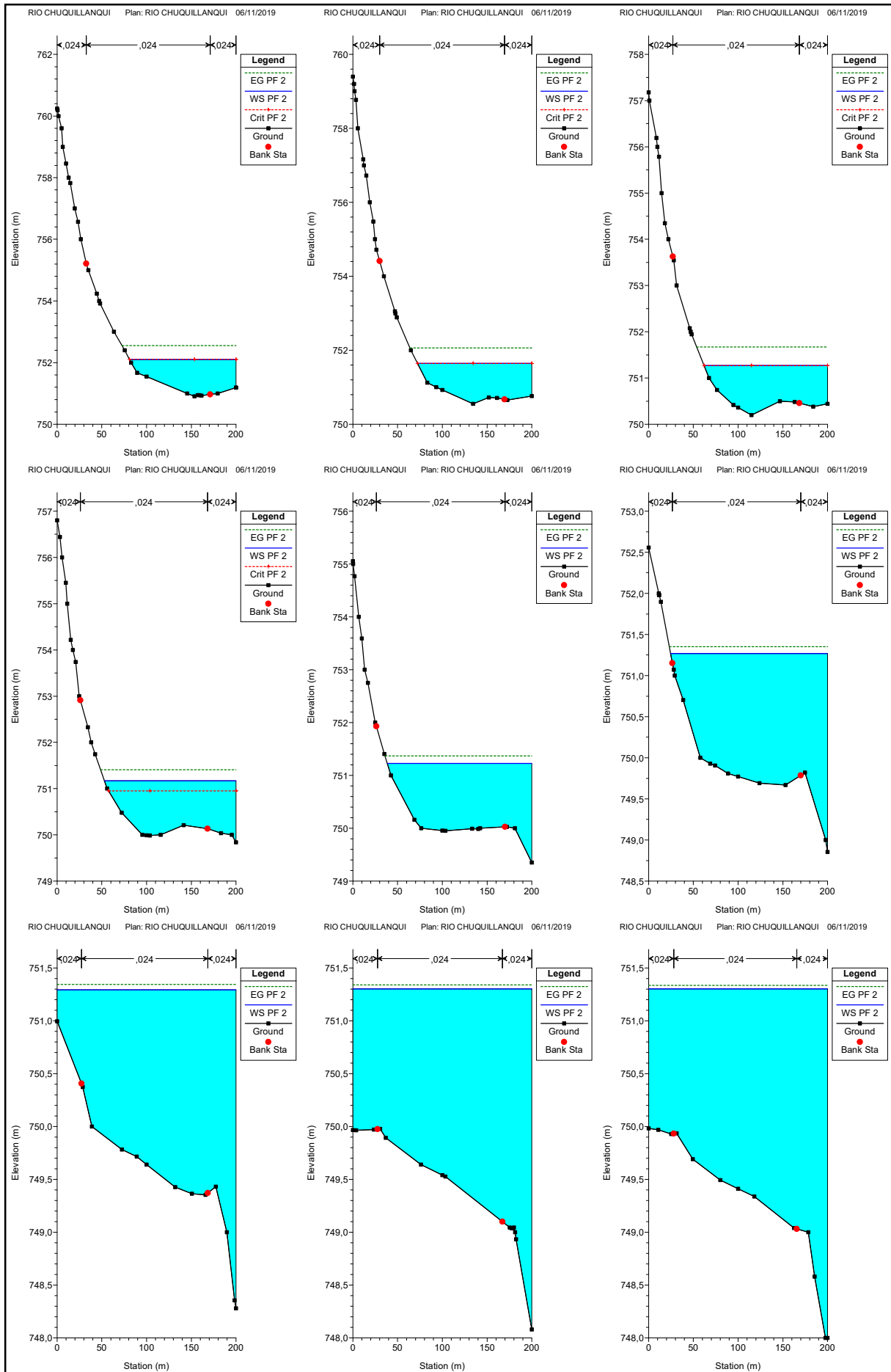


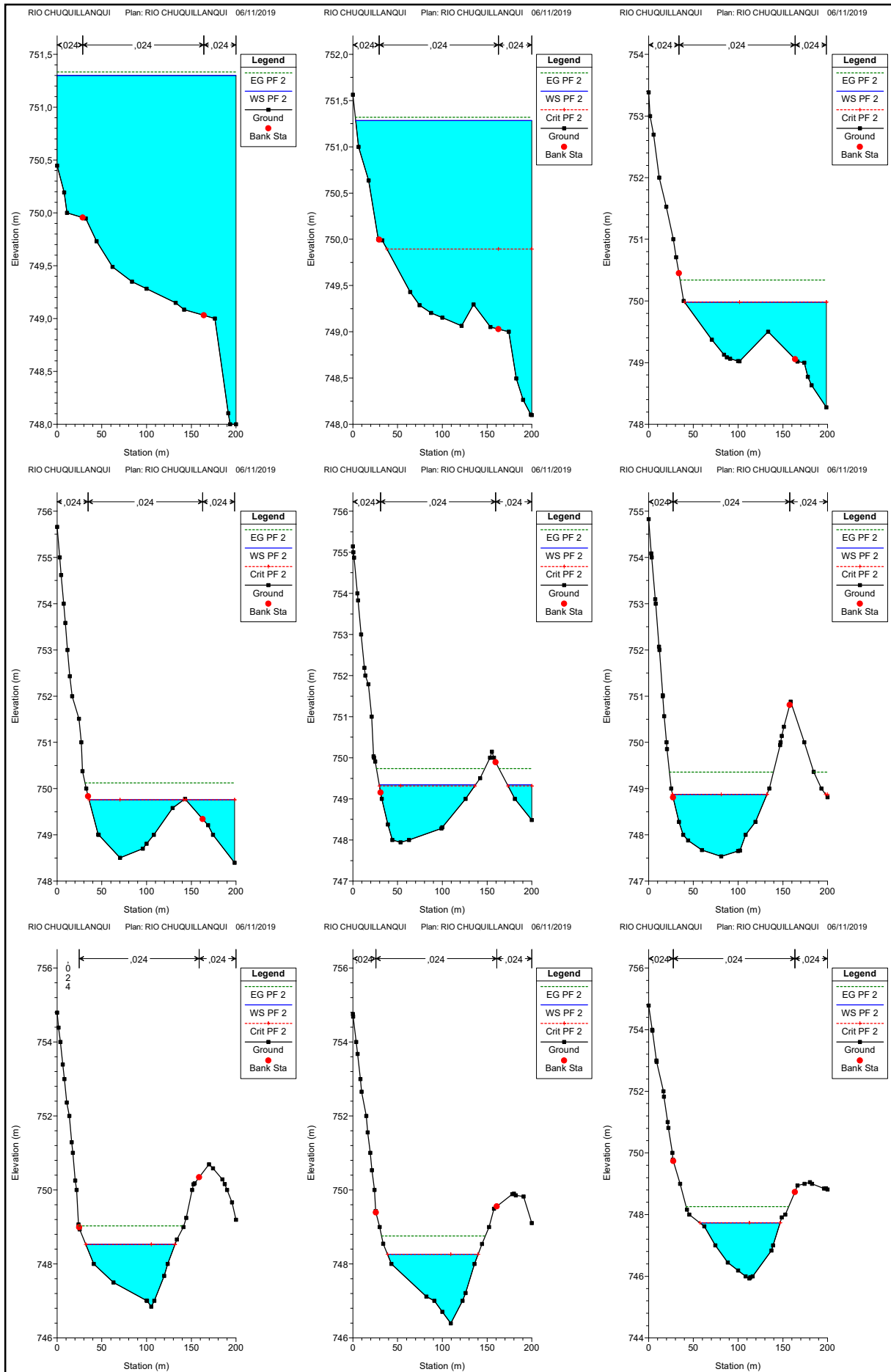


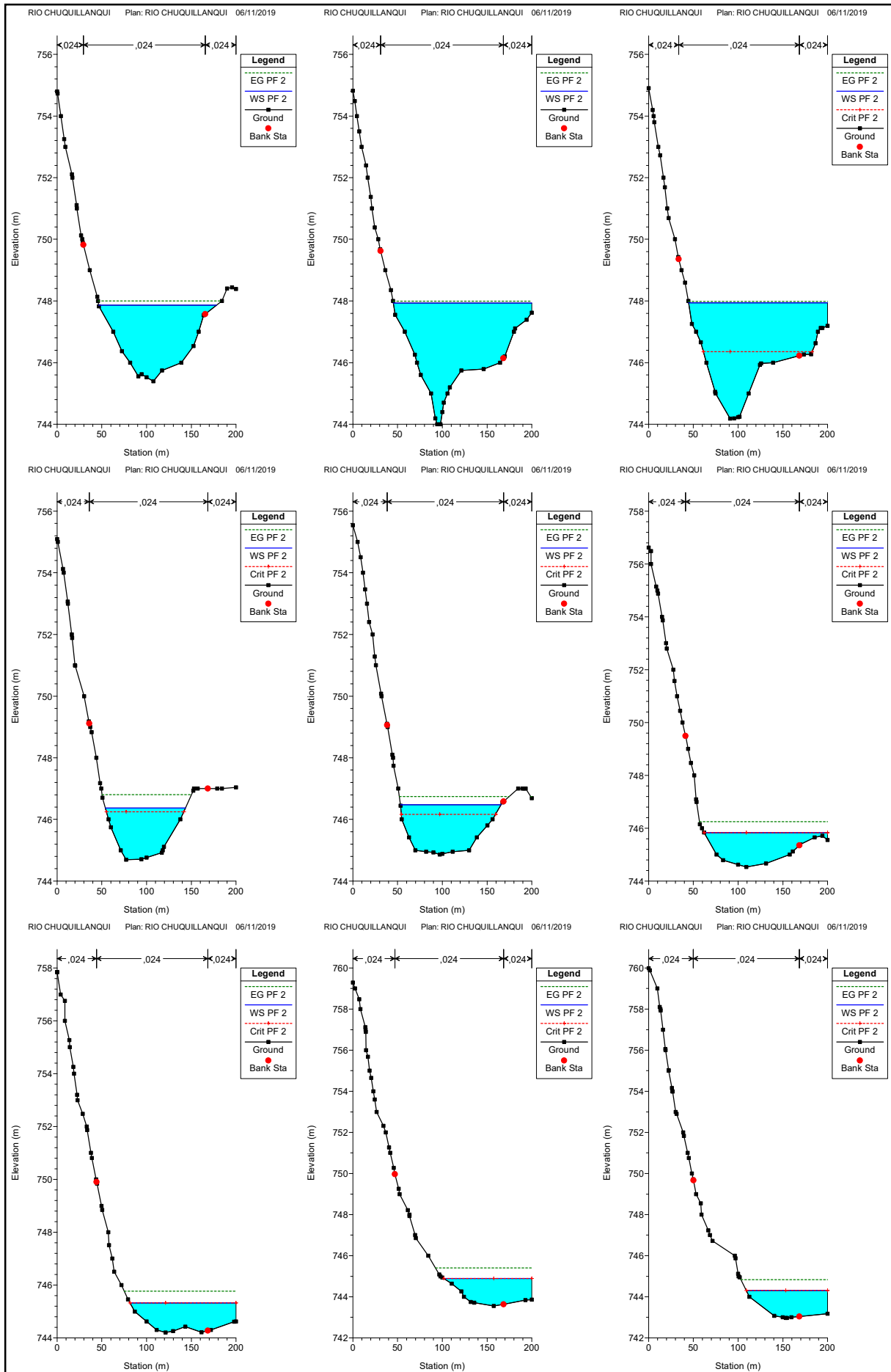


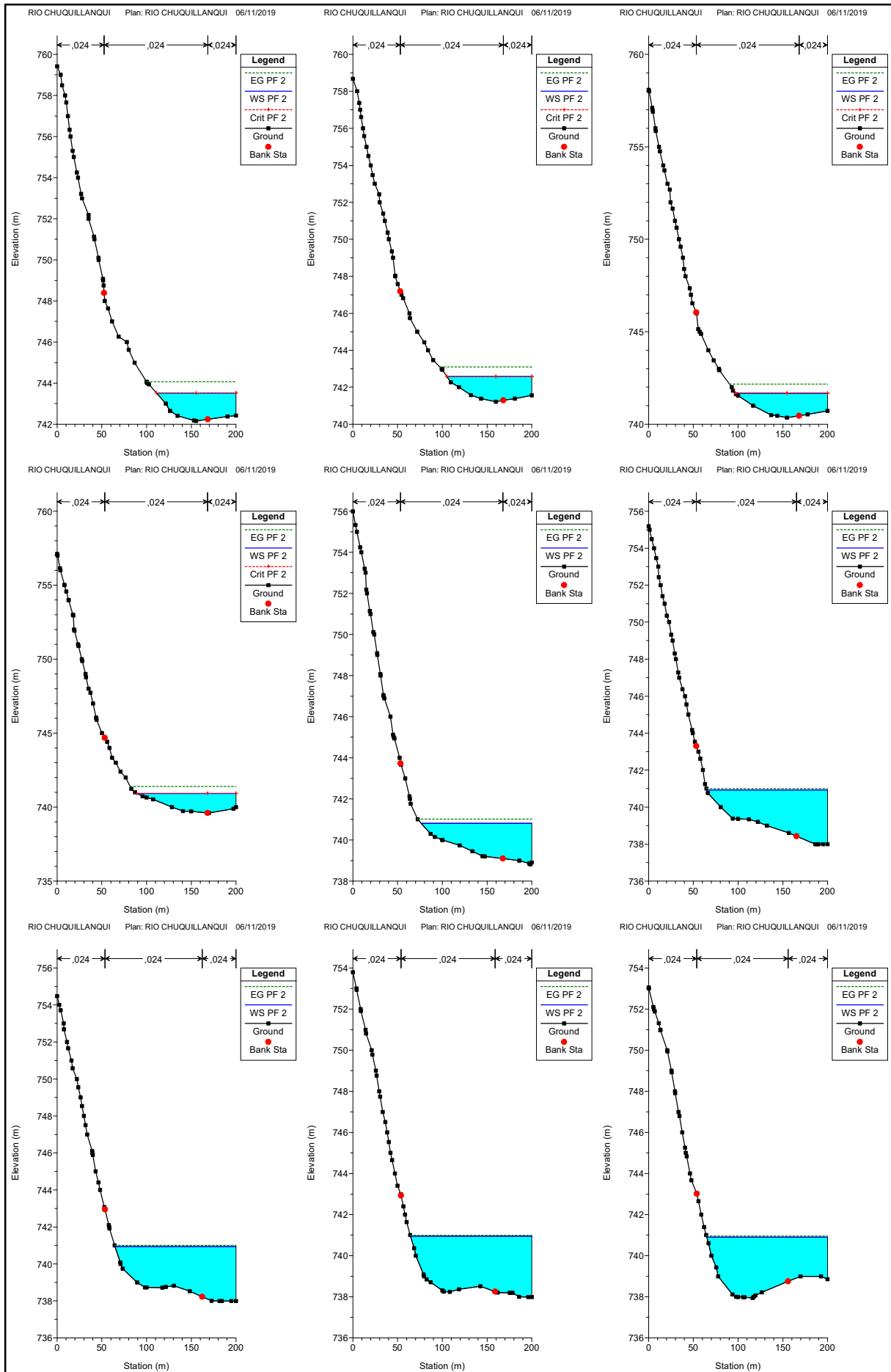


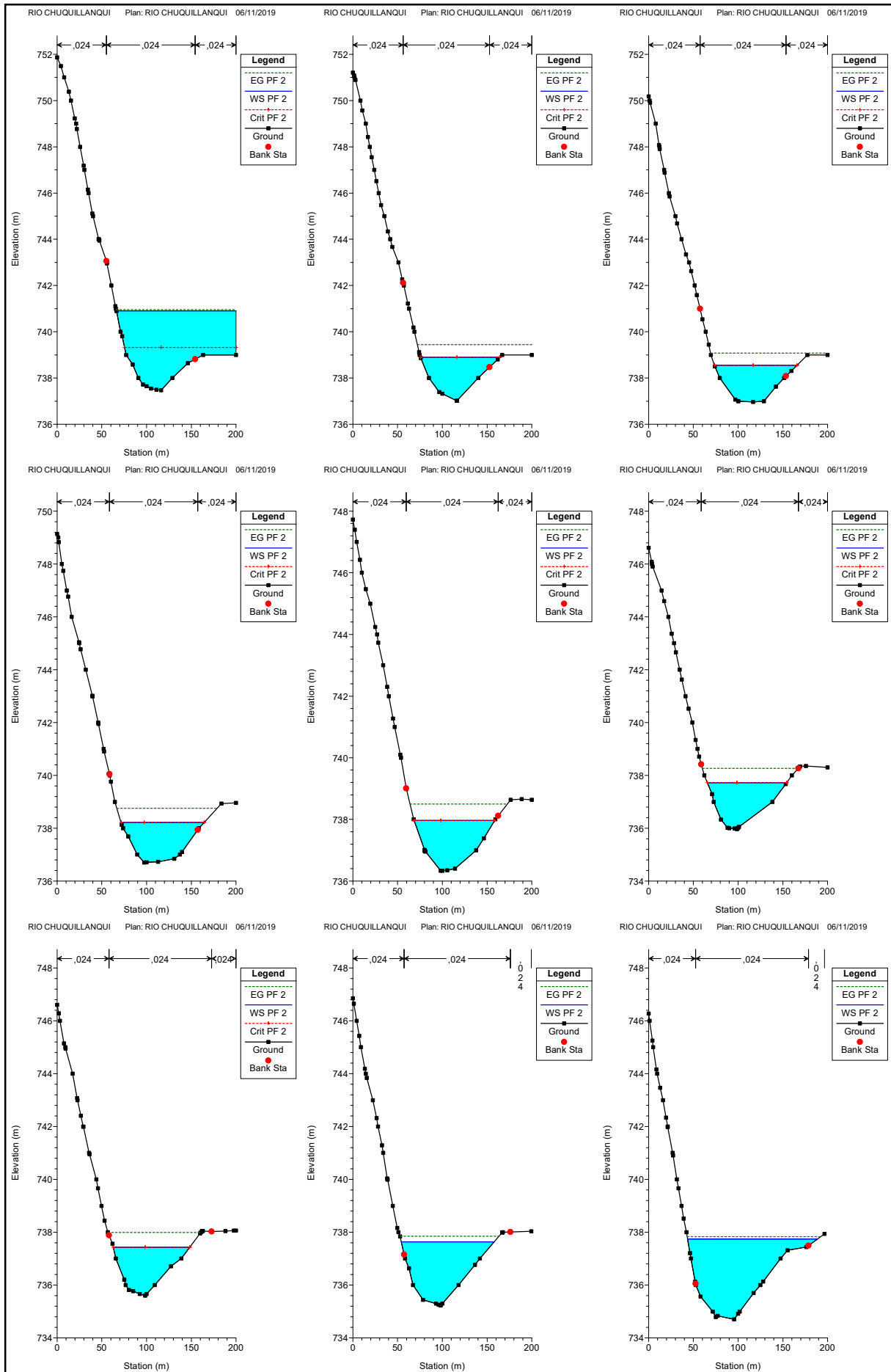


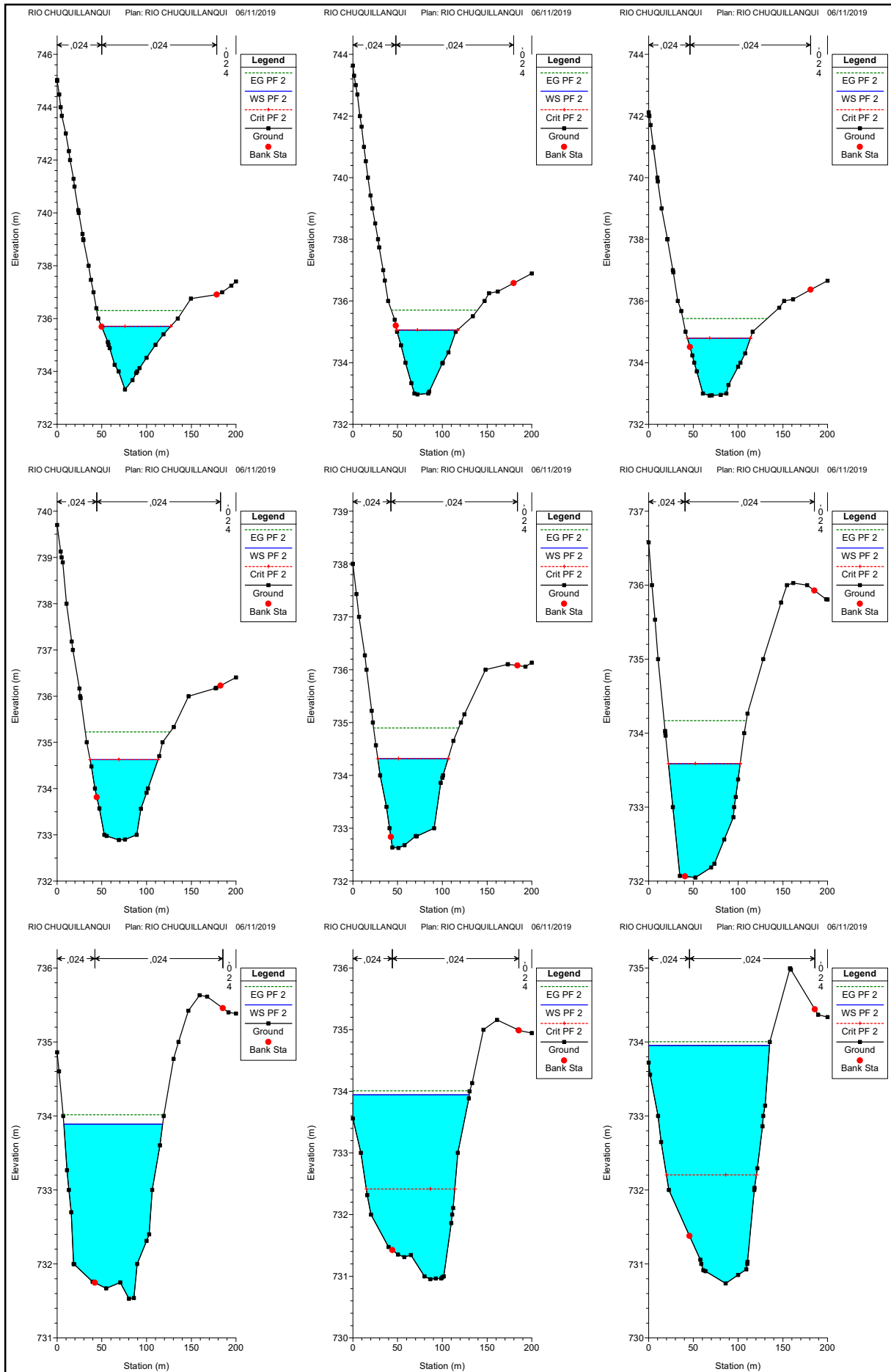


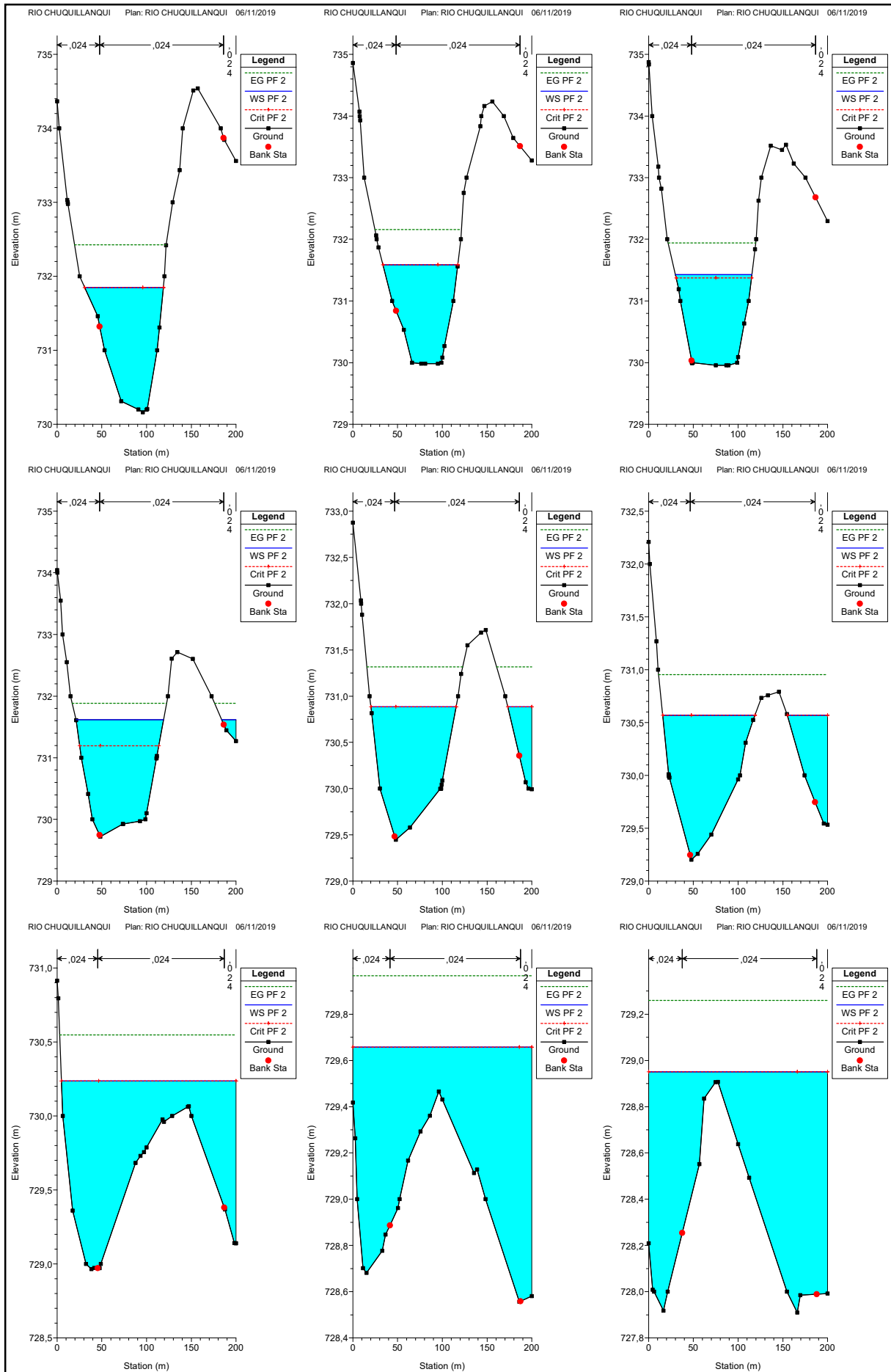


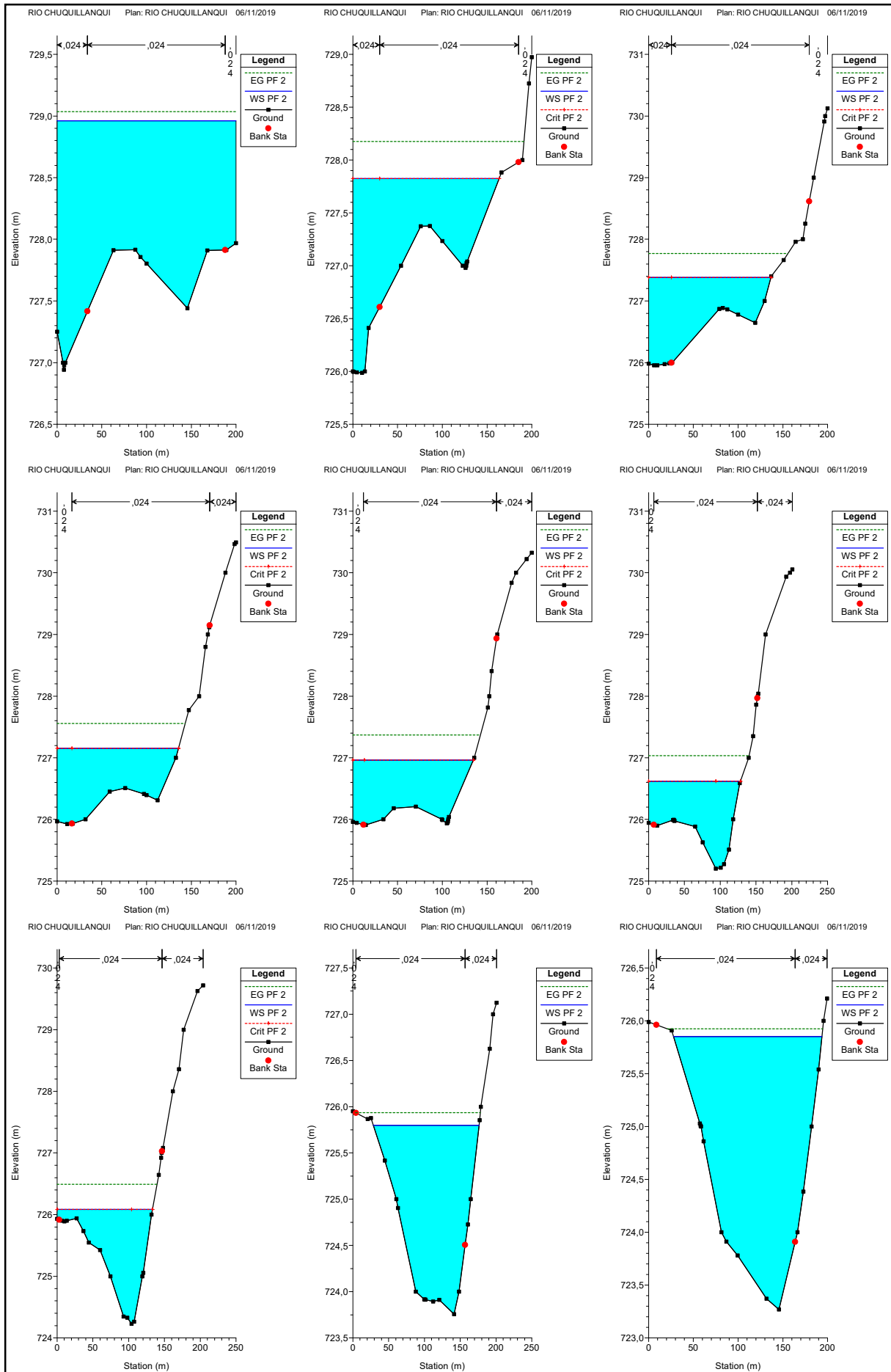


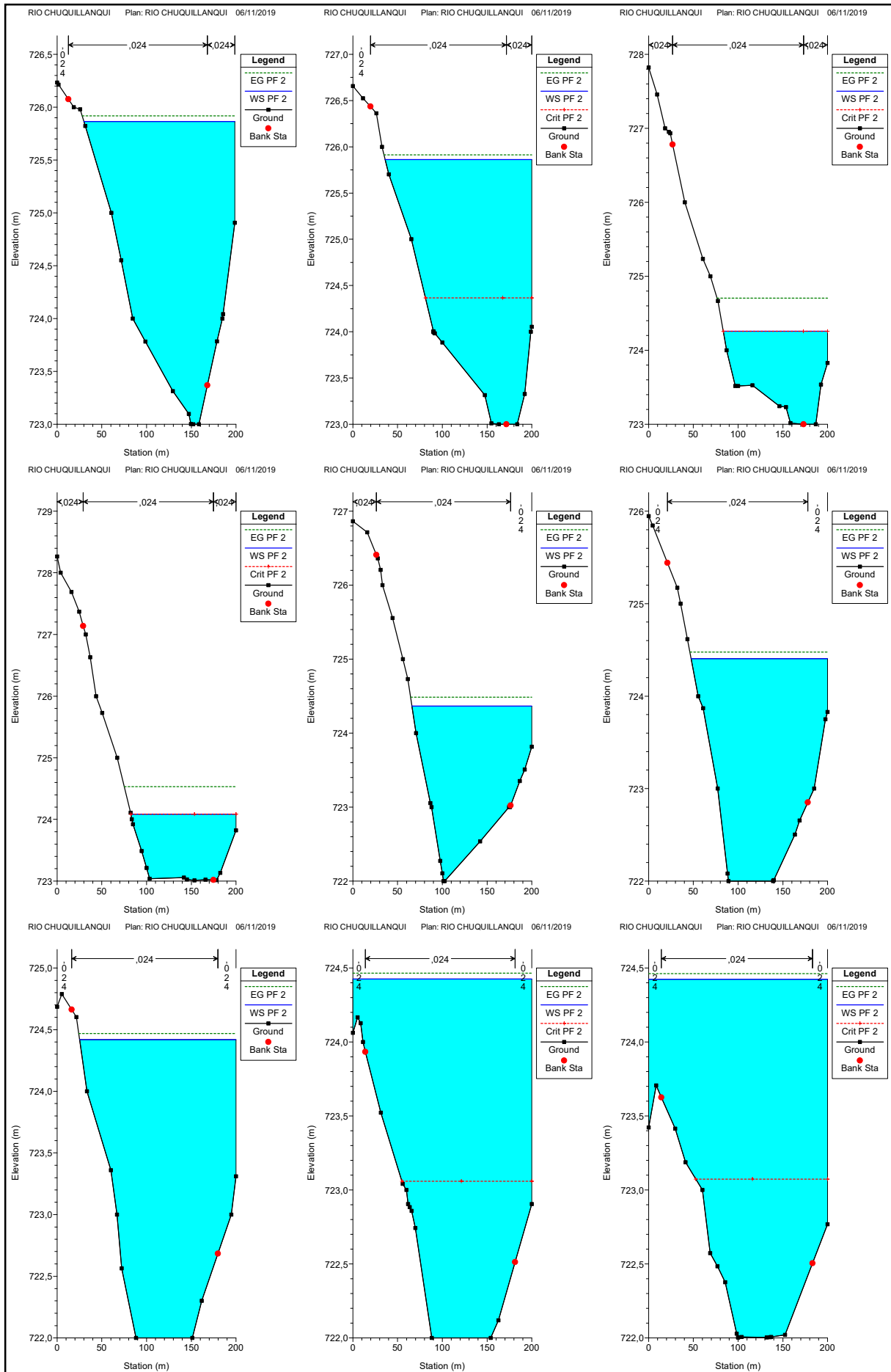


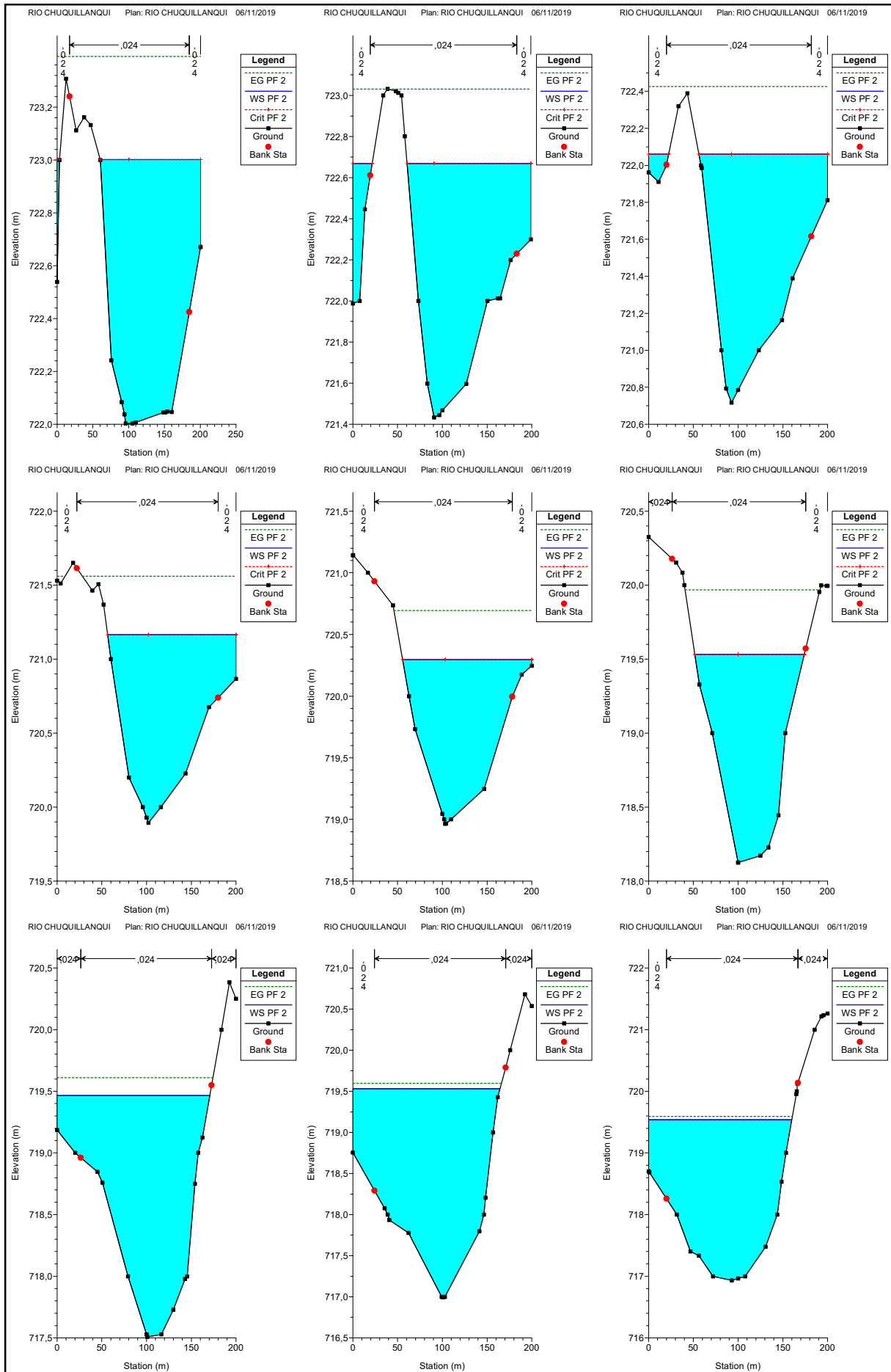


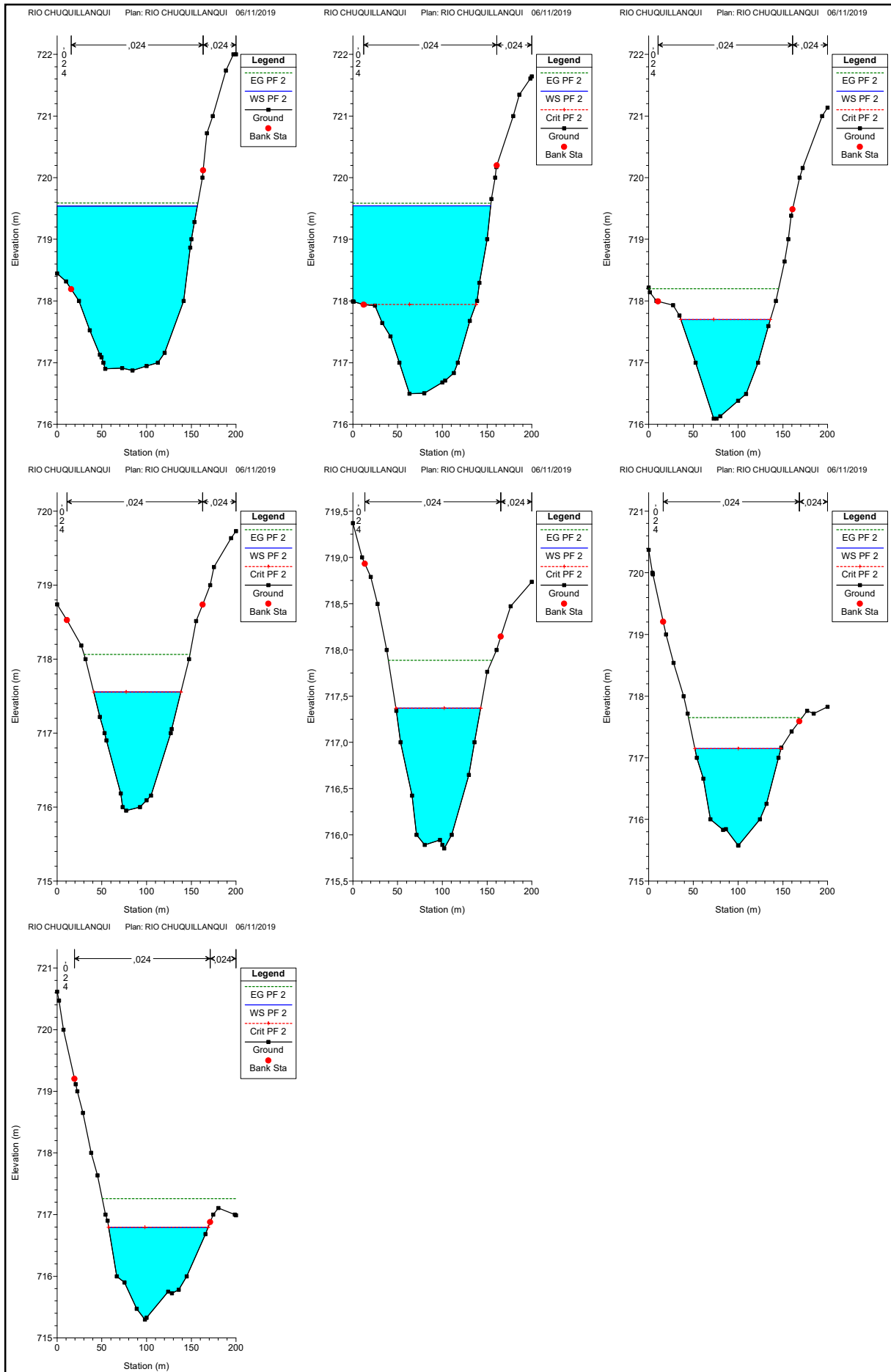




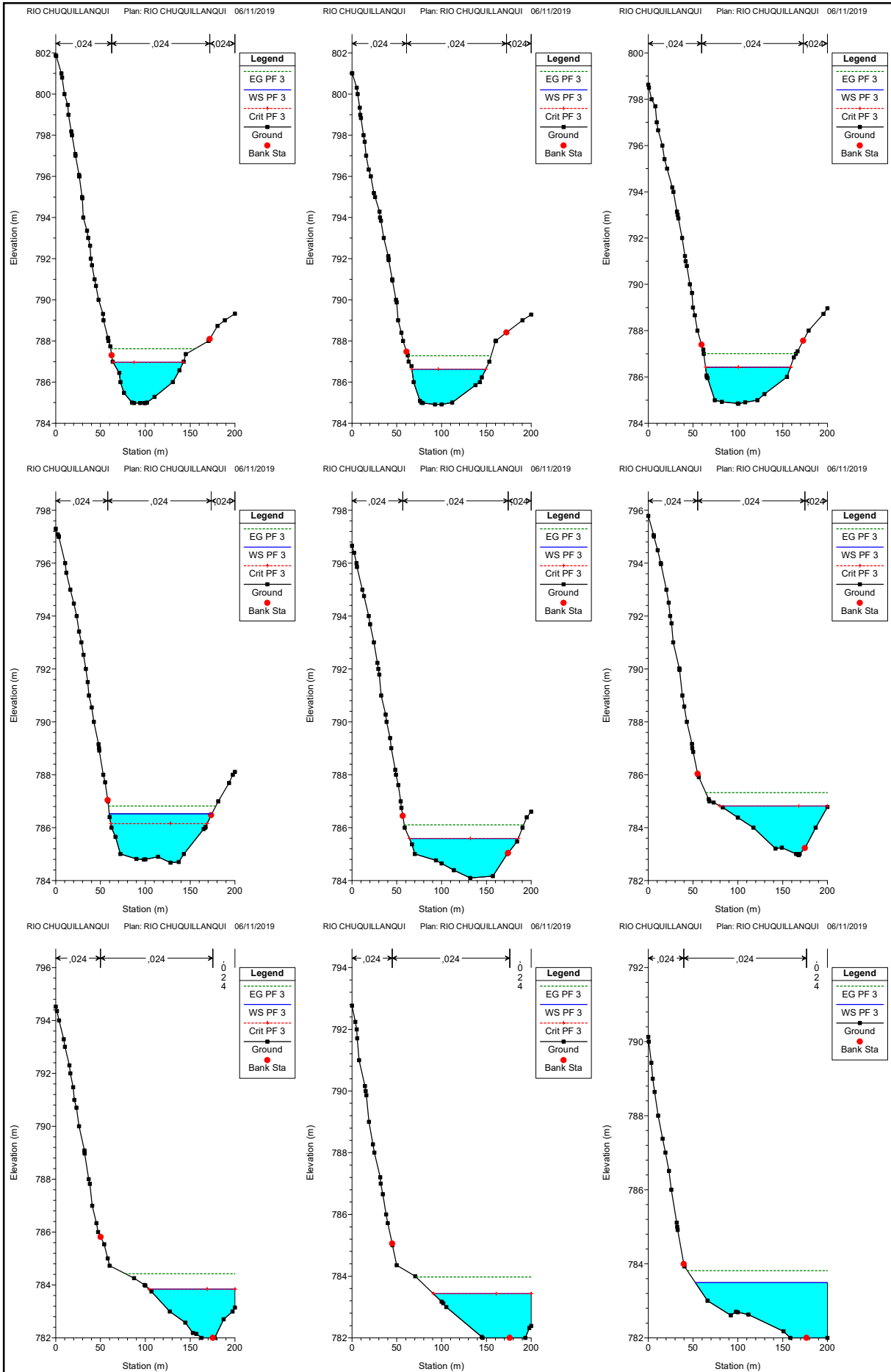


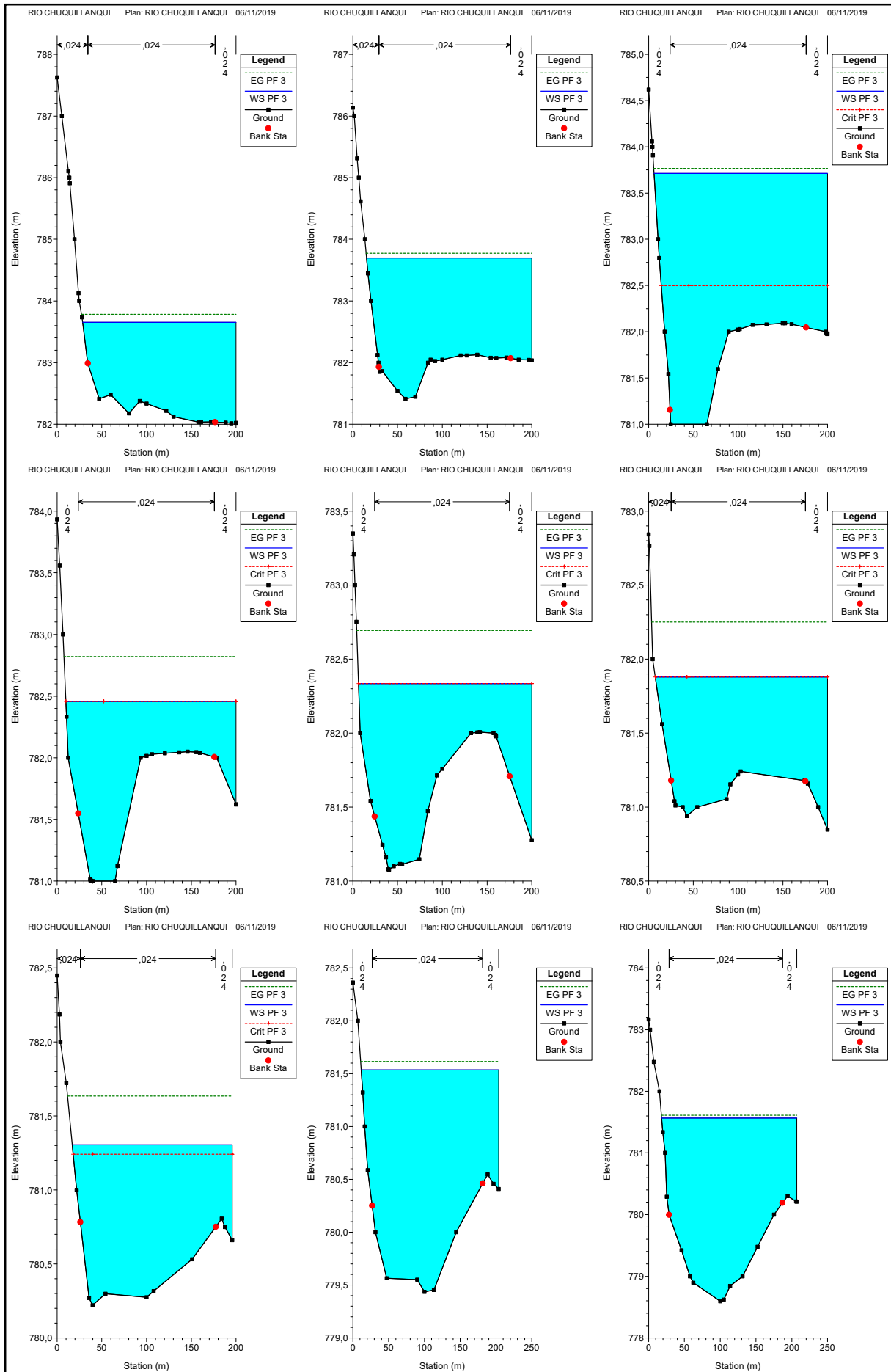


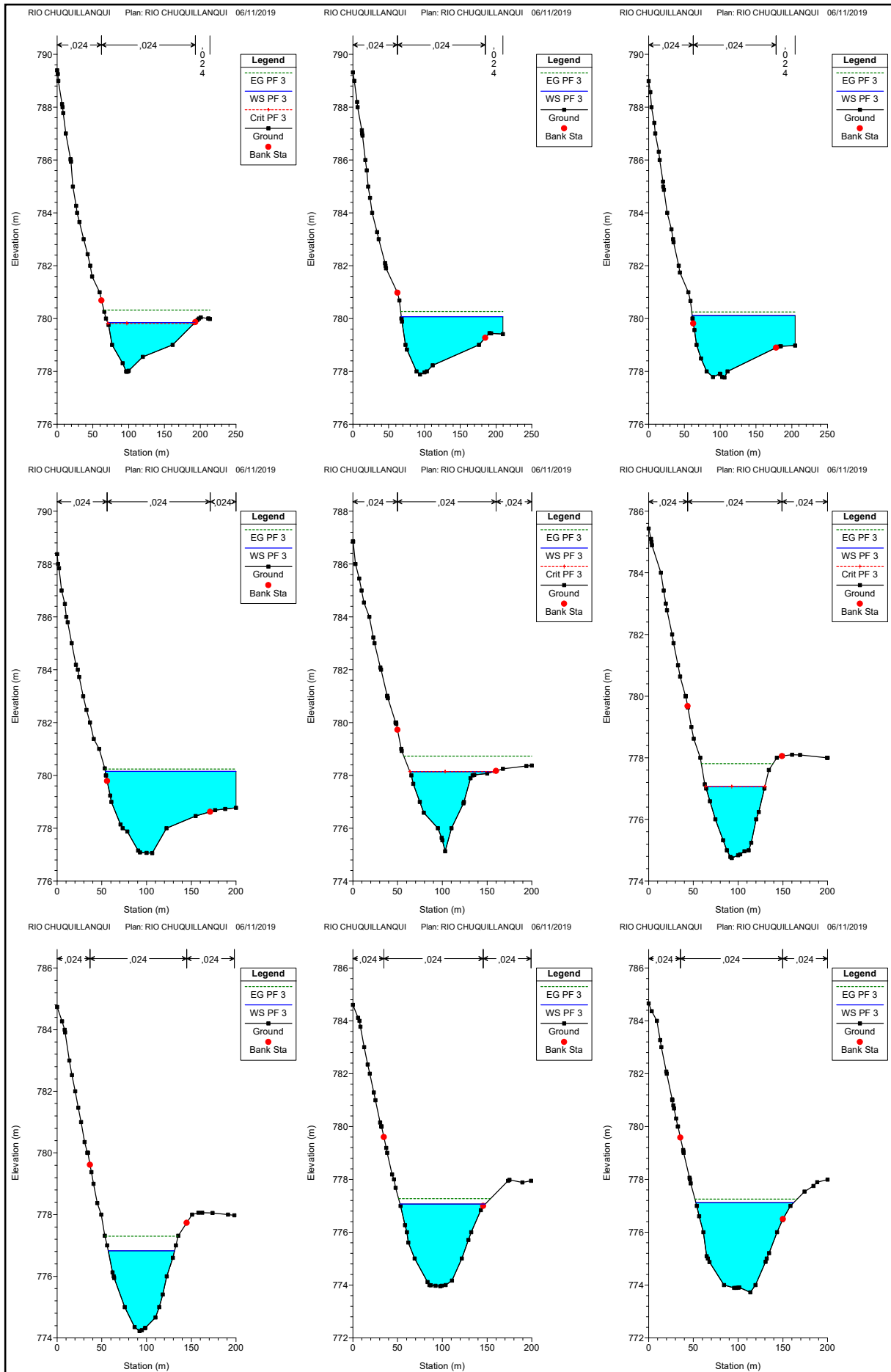


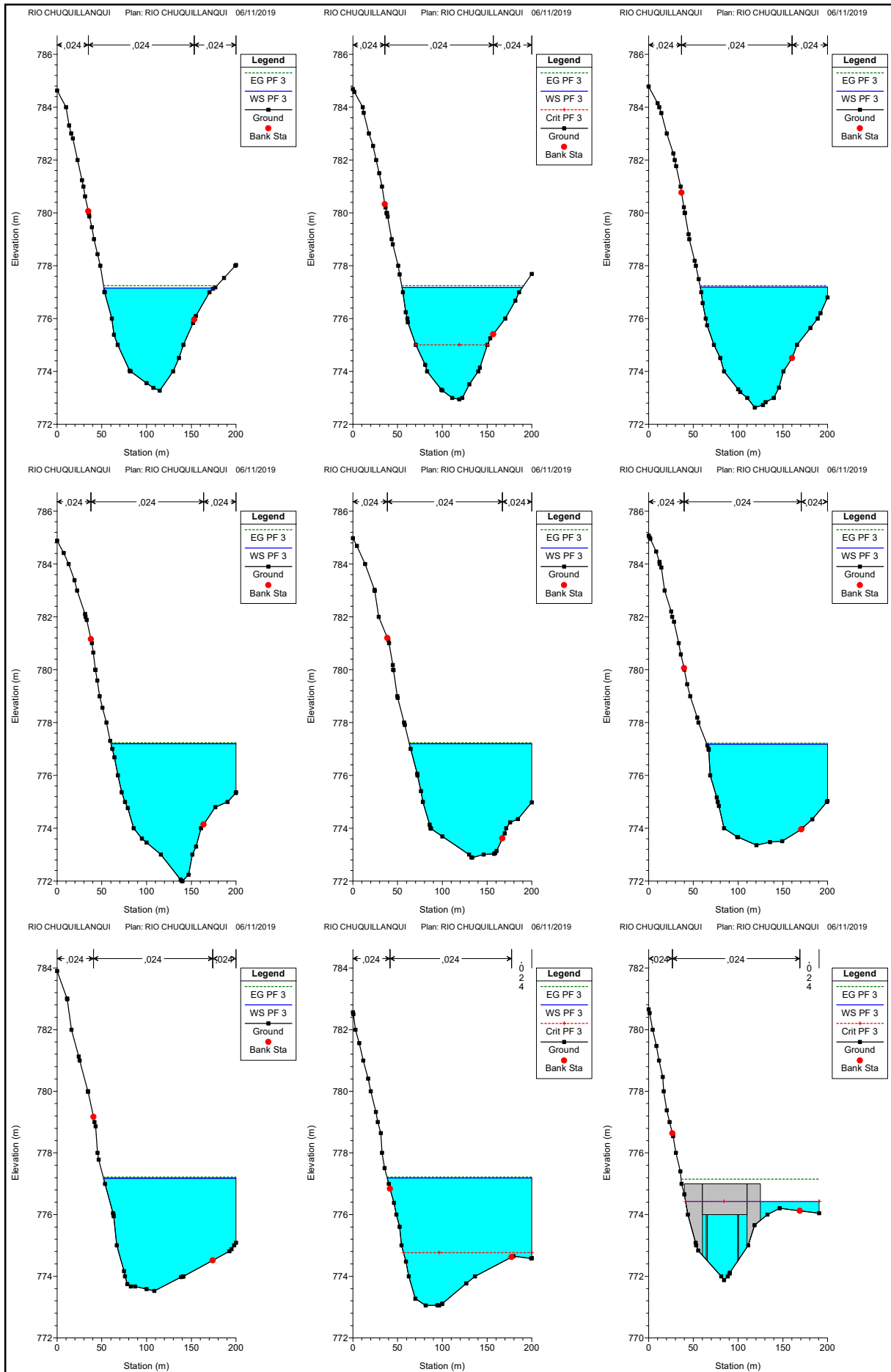


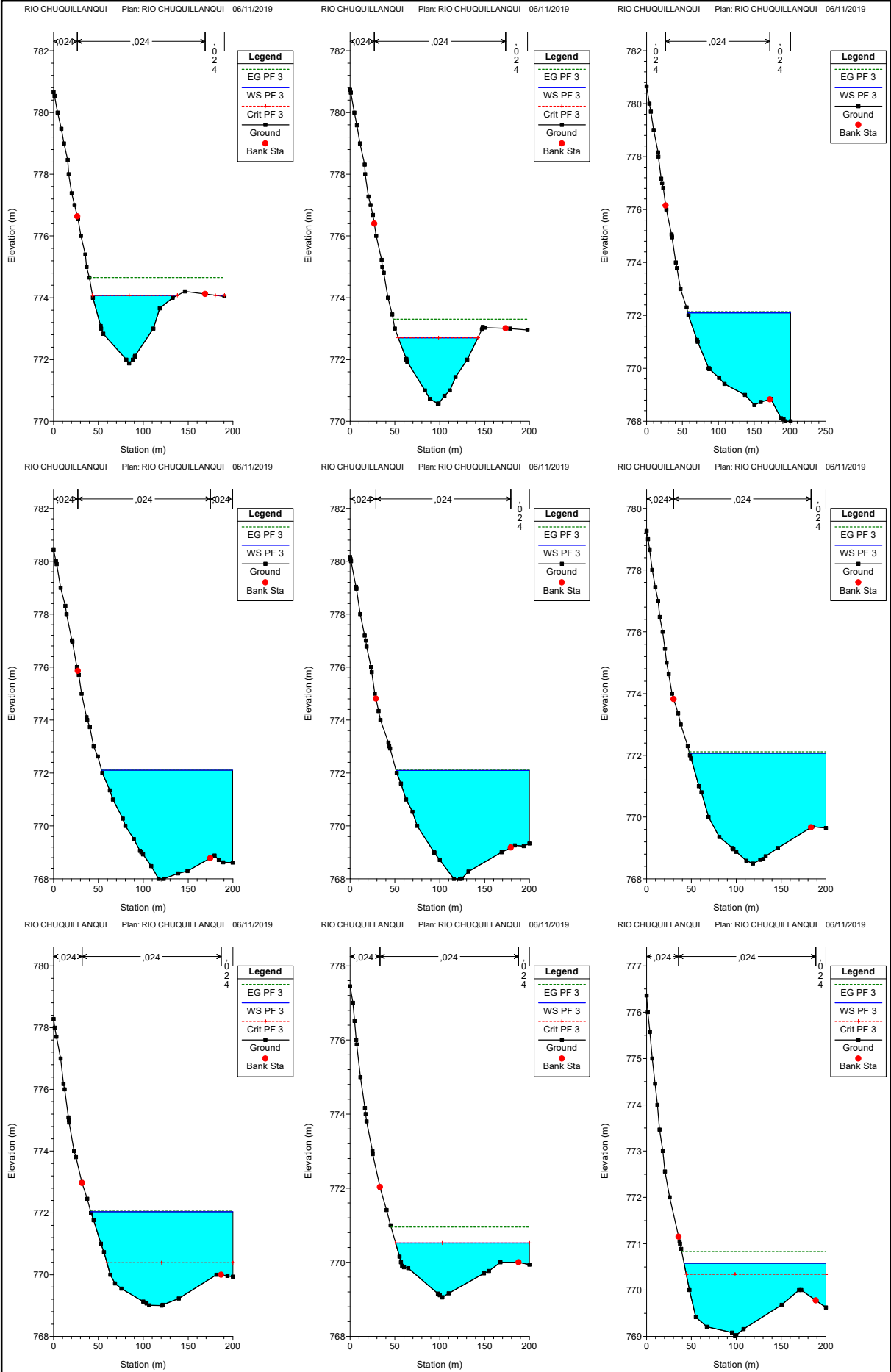
Periodo de retorno 50 años - 376,20 (m3/s)

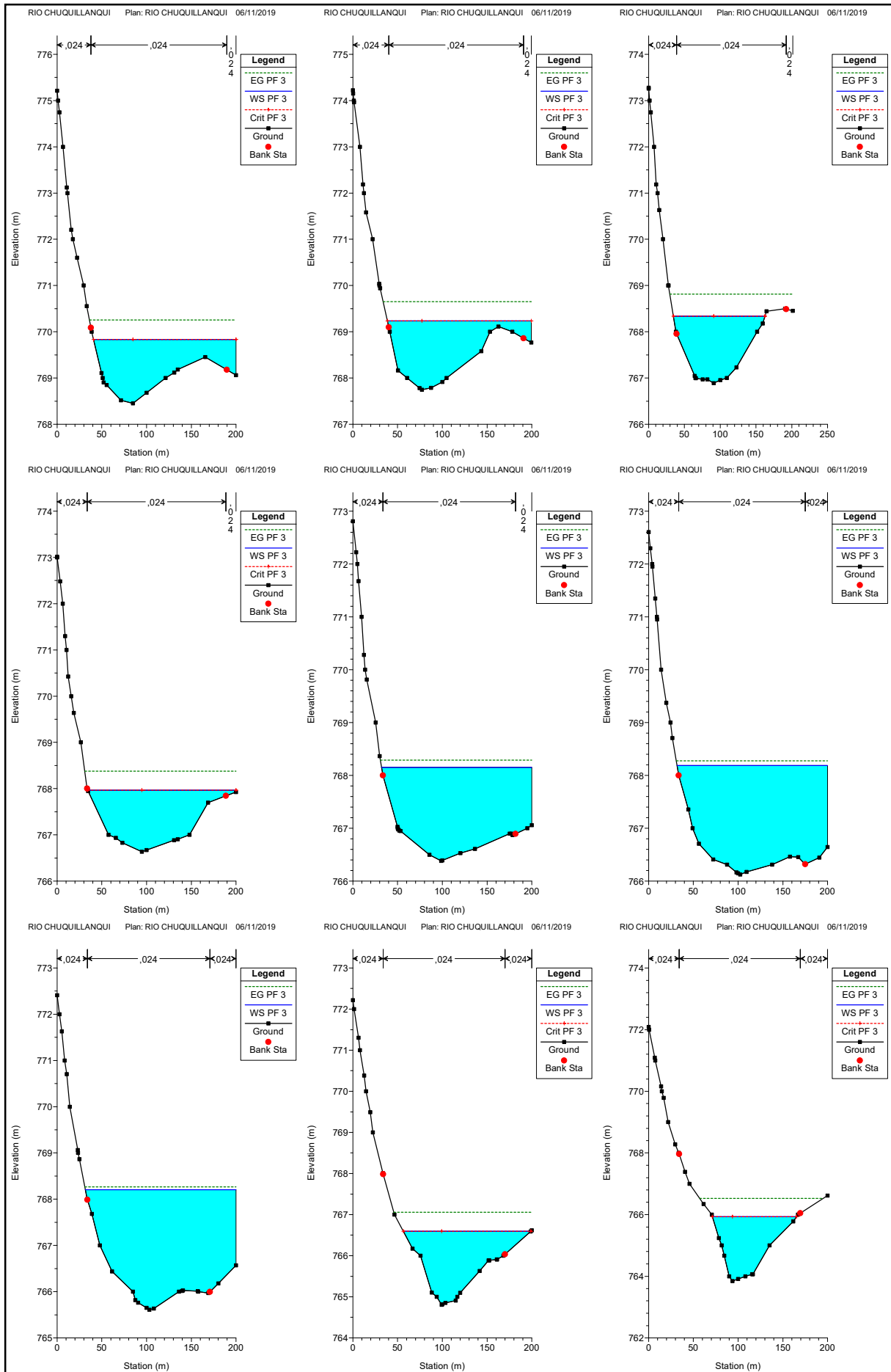




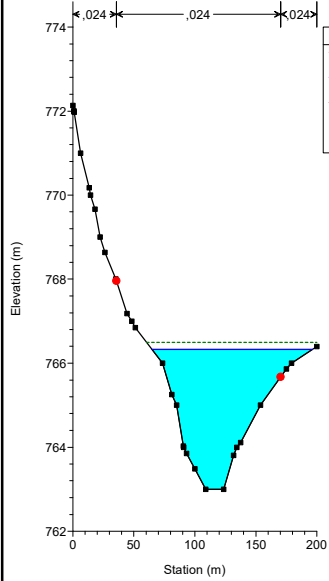




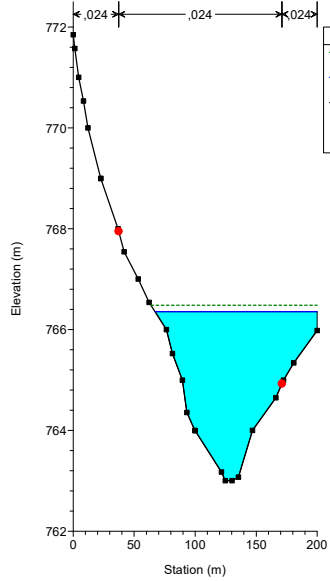




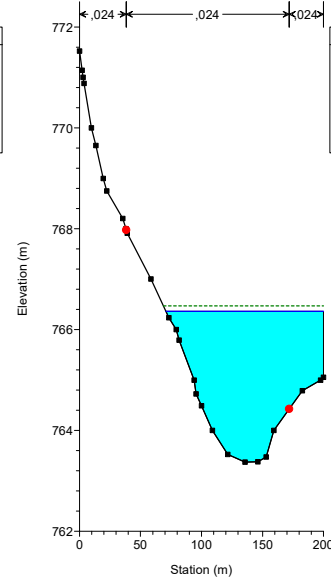
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019



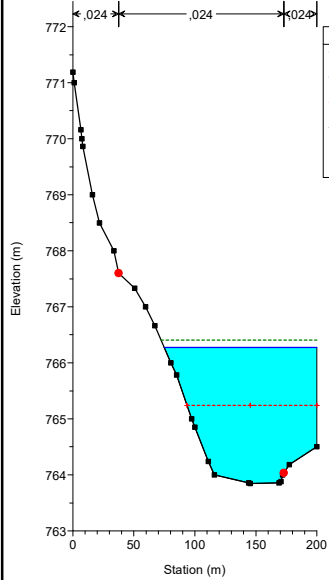
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019



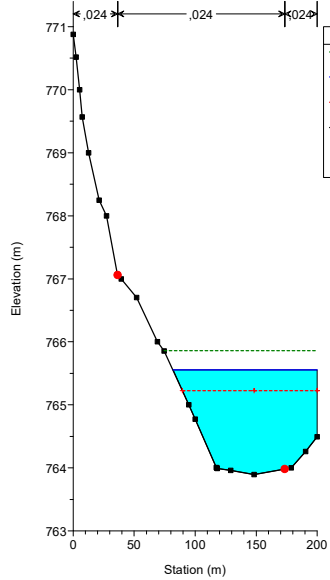
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019



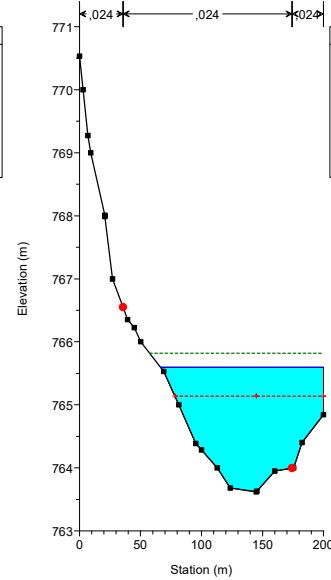
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019



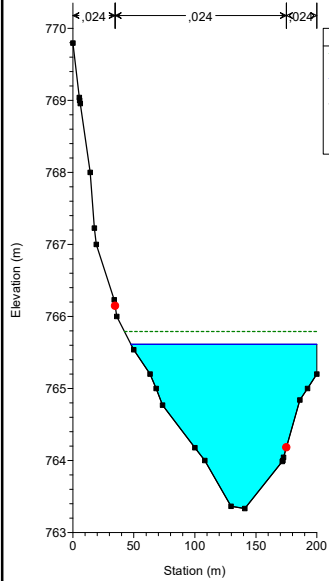
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019



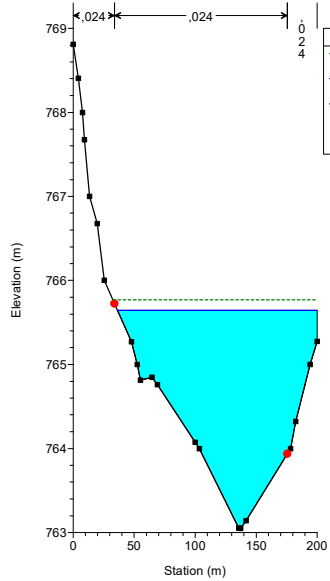
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019



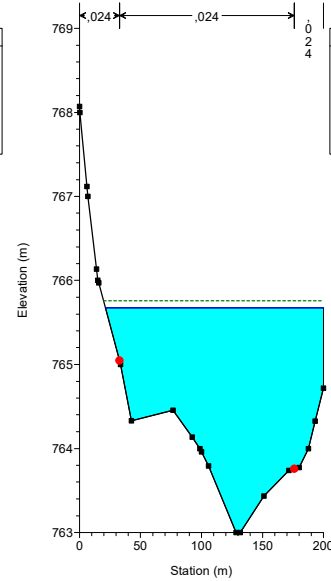
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019

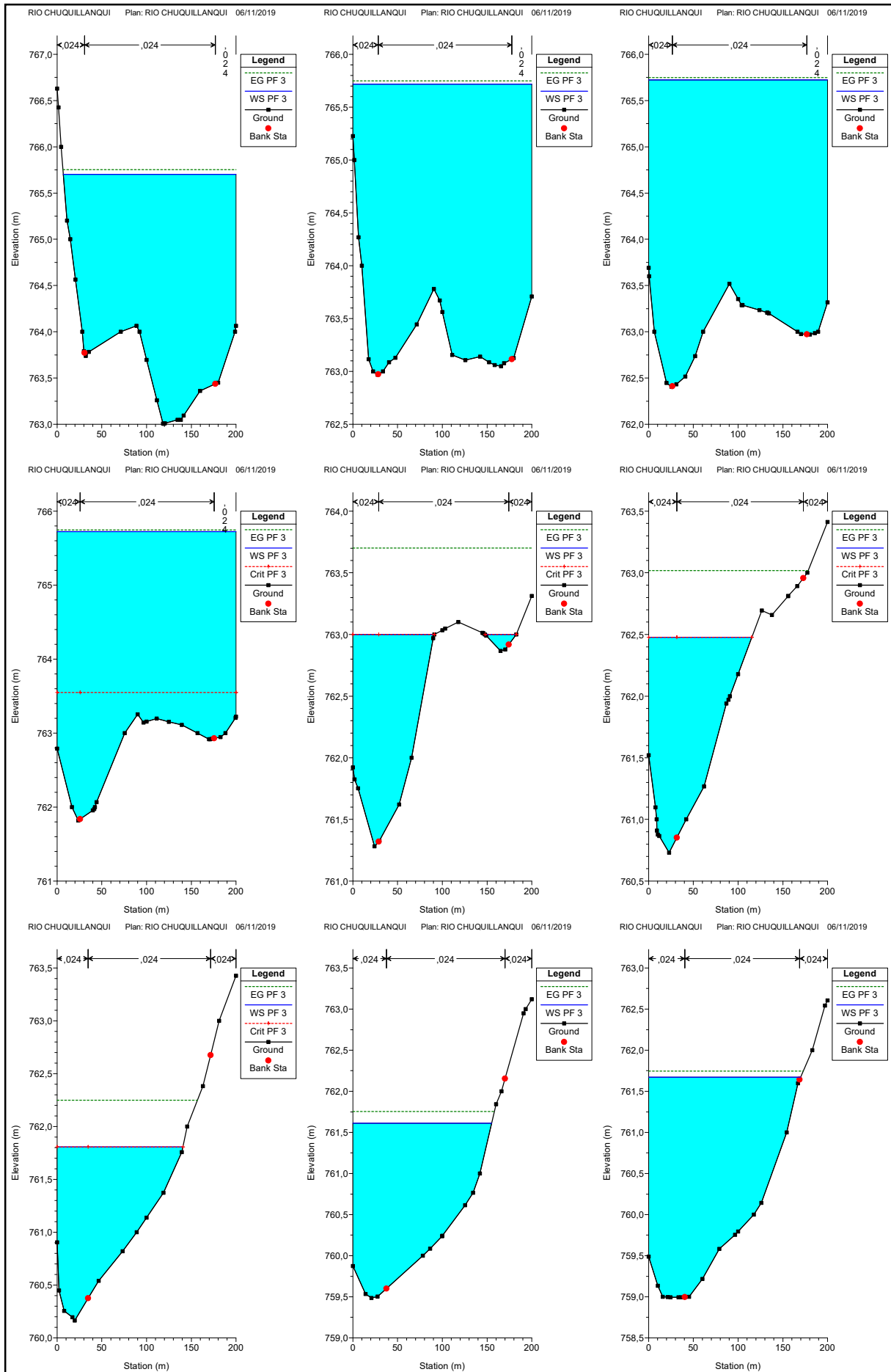


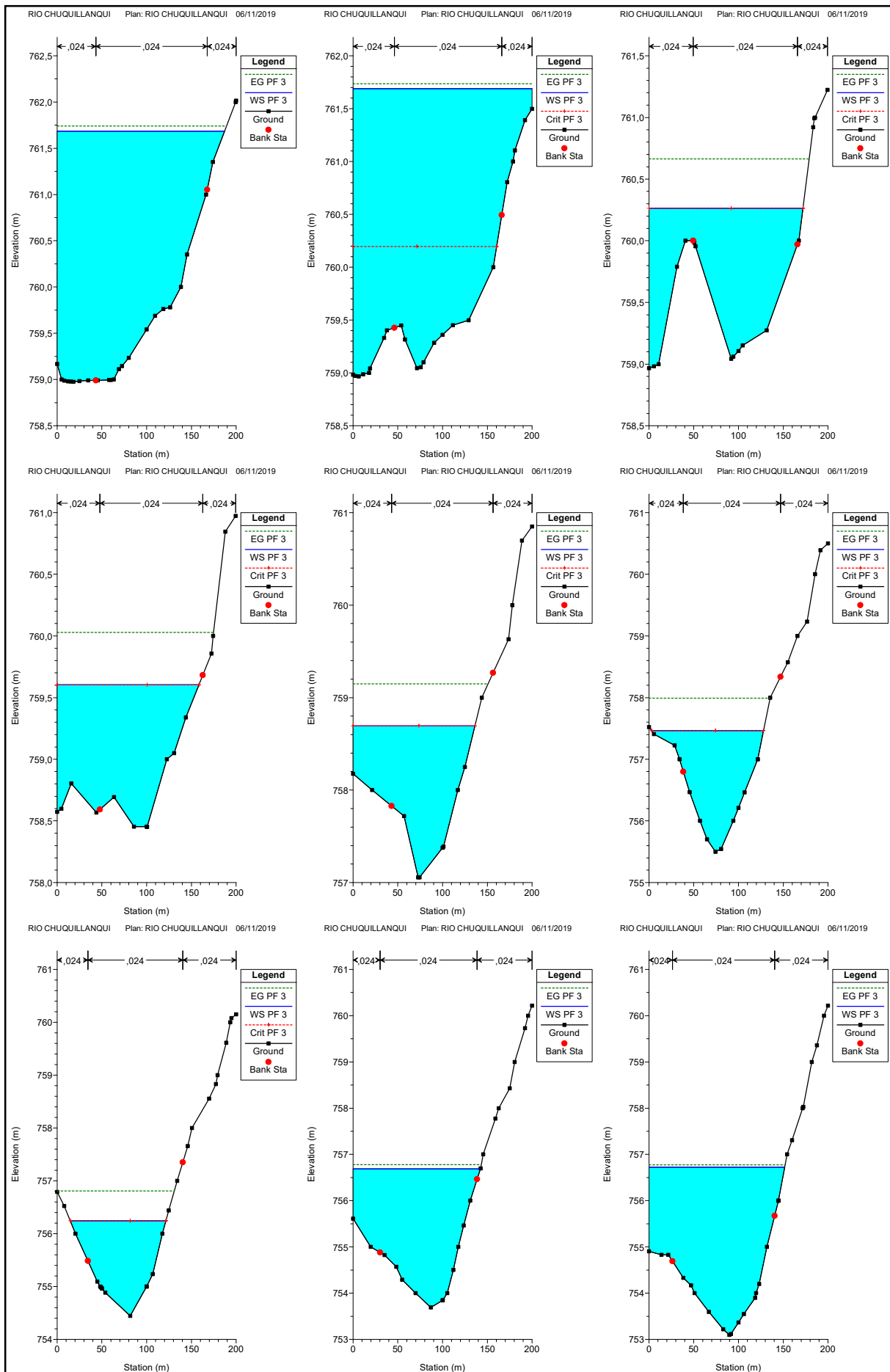
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019

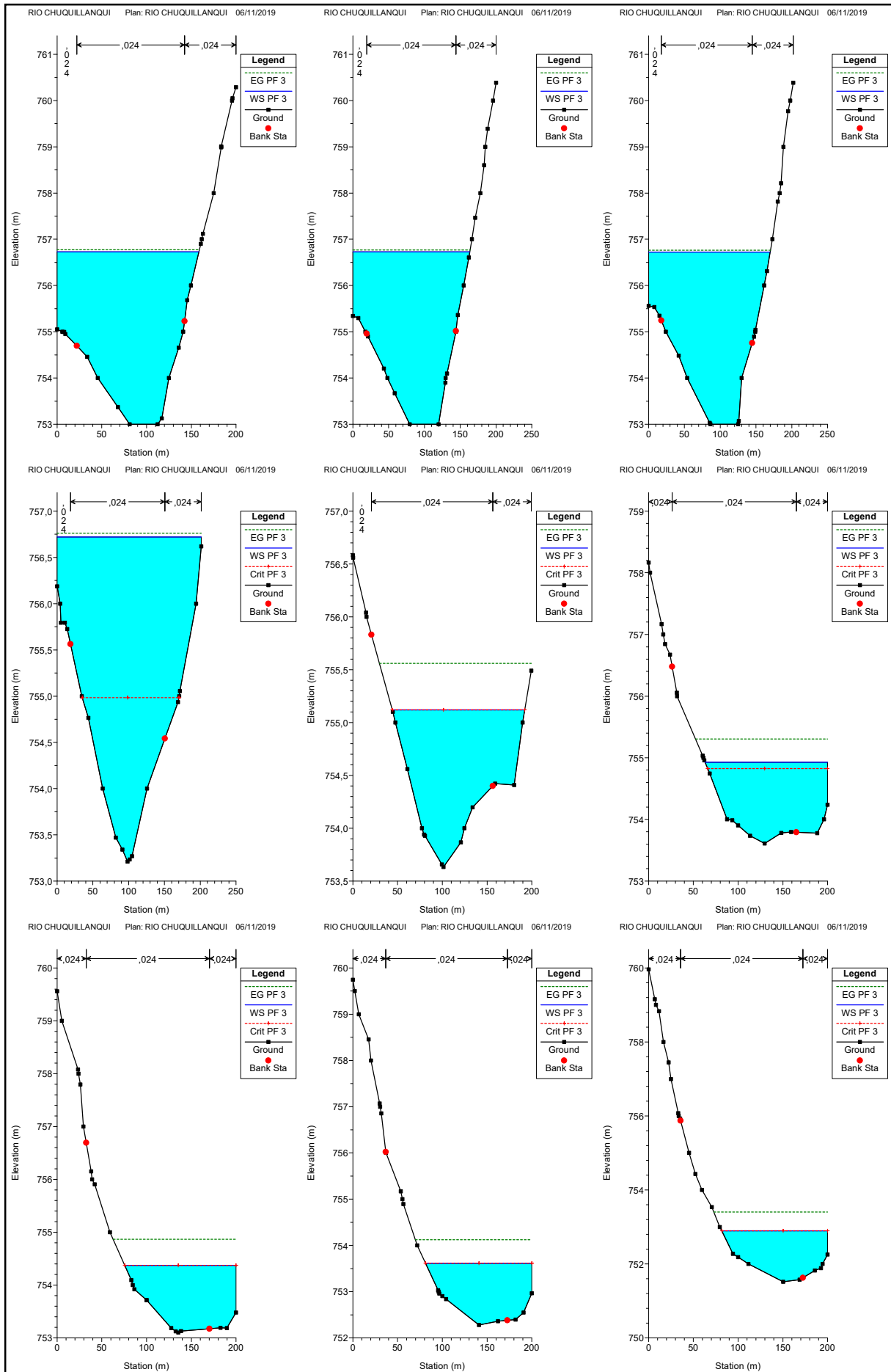


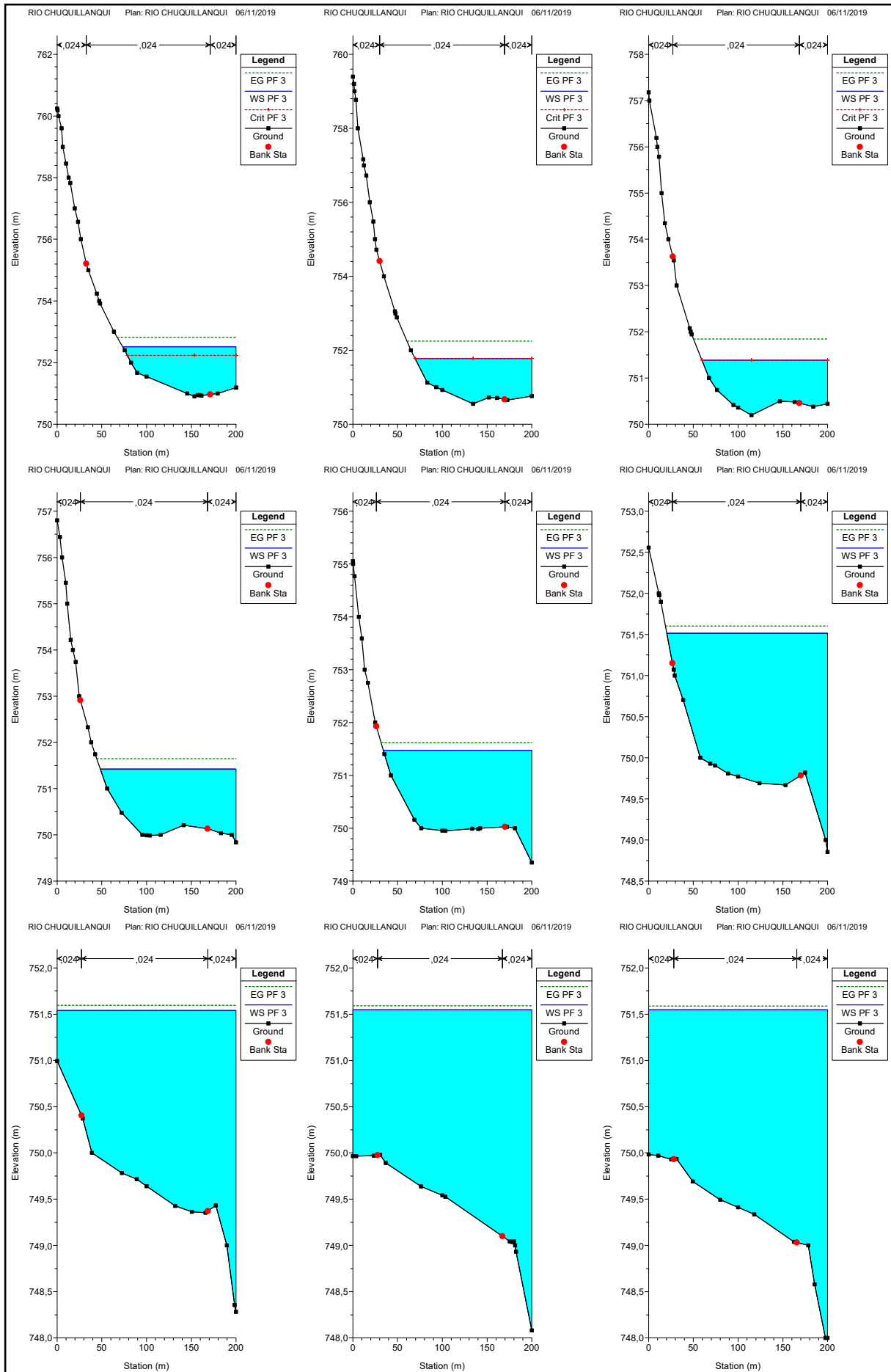
RIO CHUQUILLANQUI Plan: RIO CHUQUILLANQUI 06/11/2019

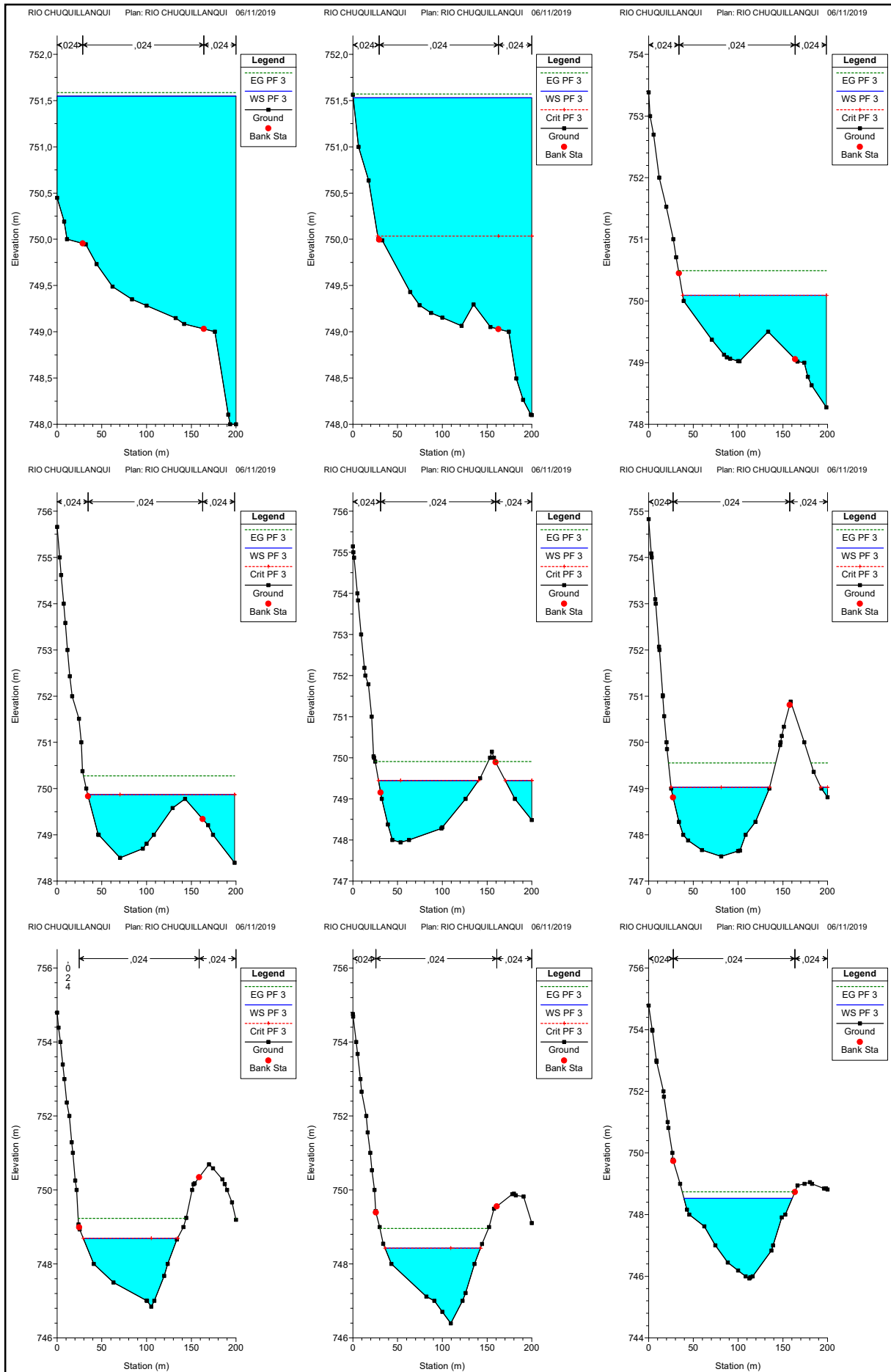


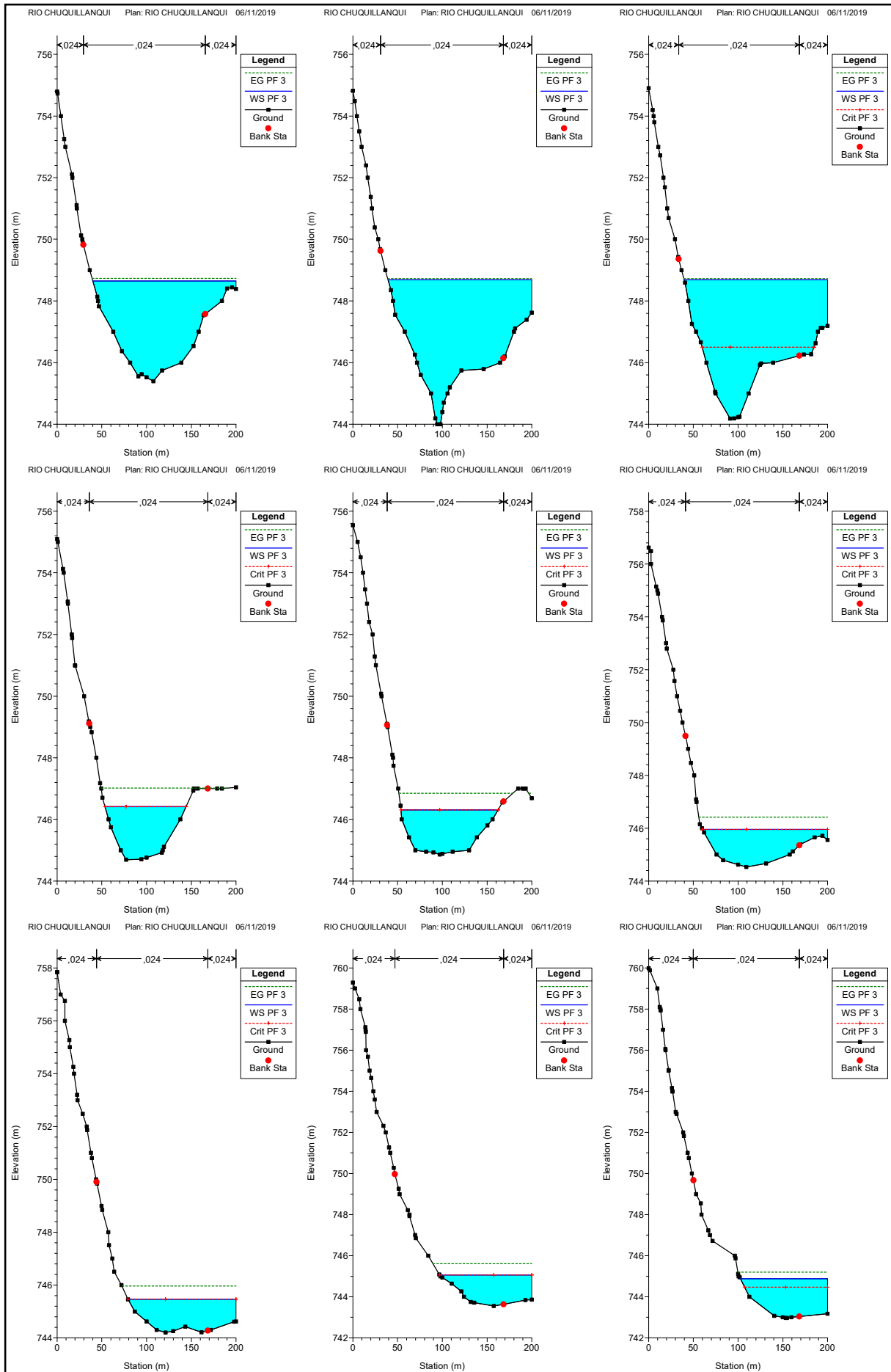


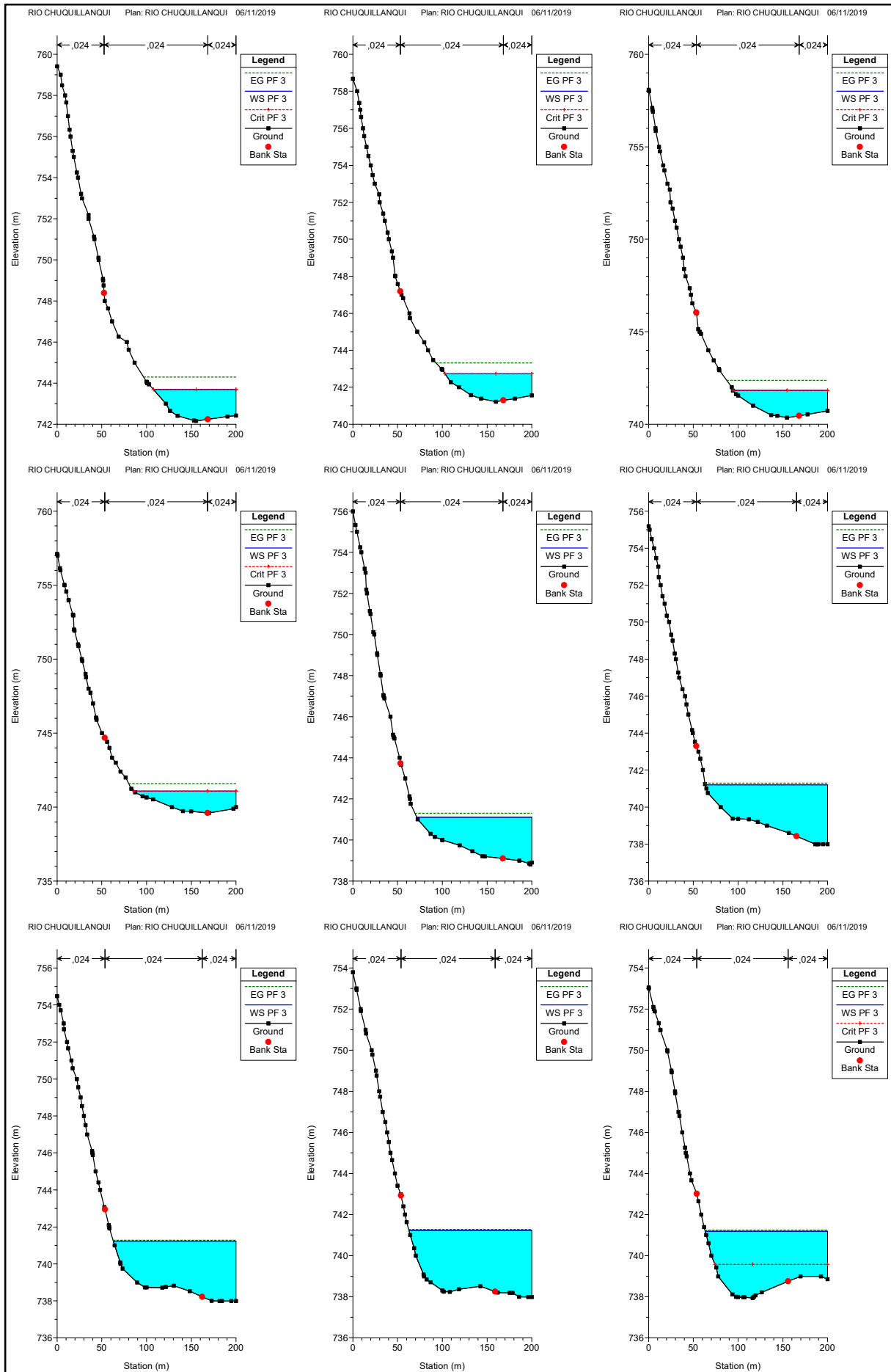


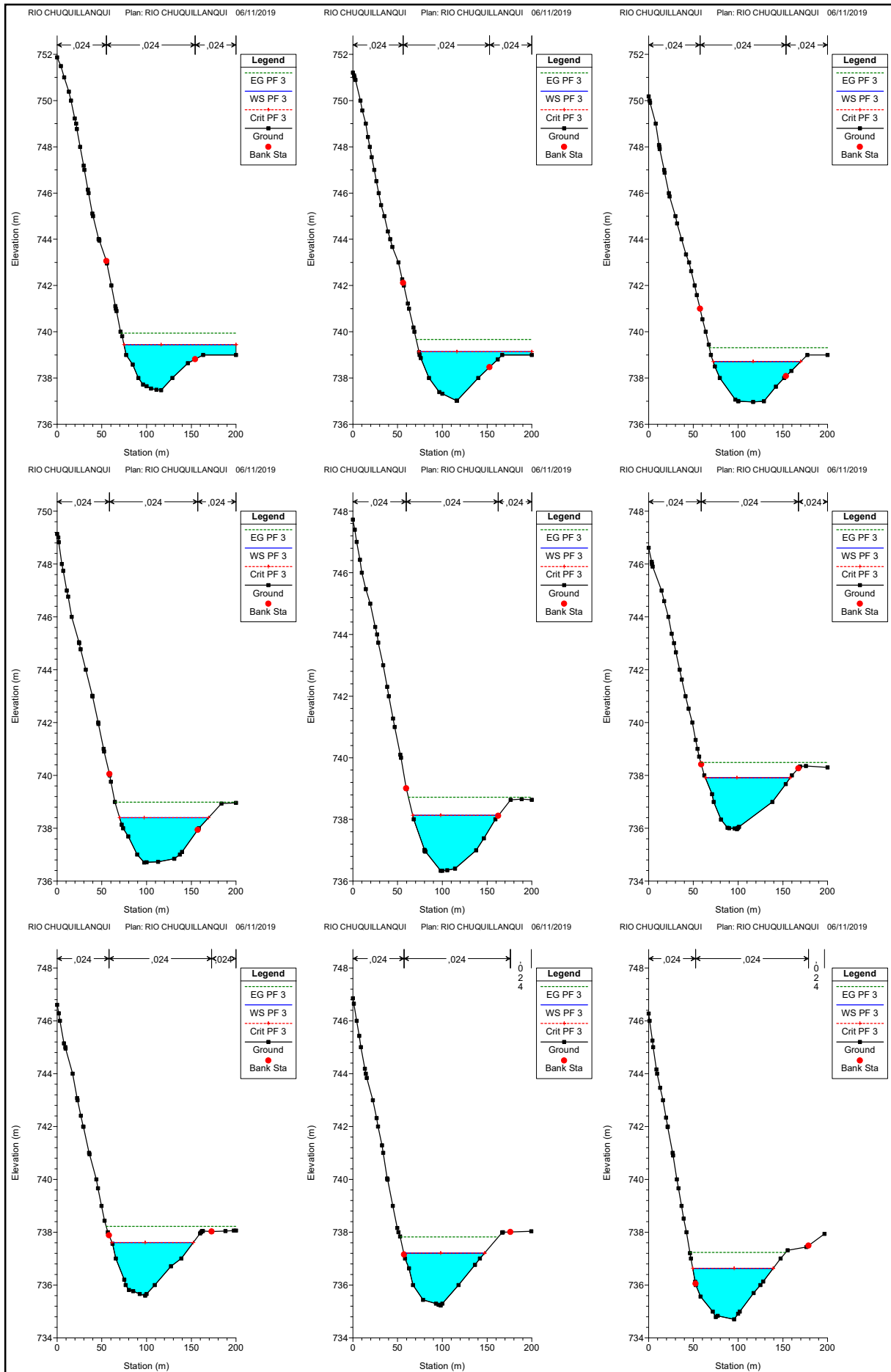


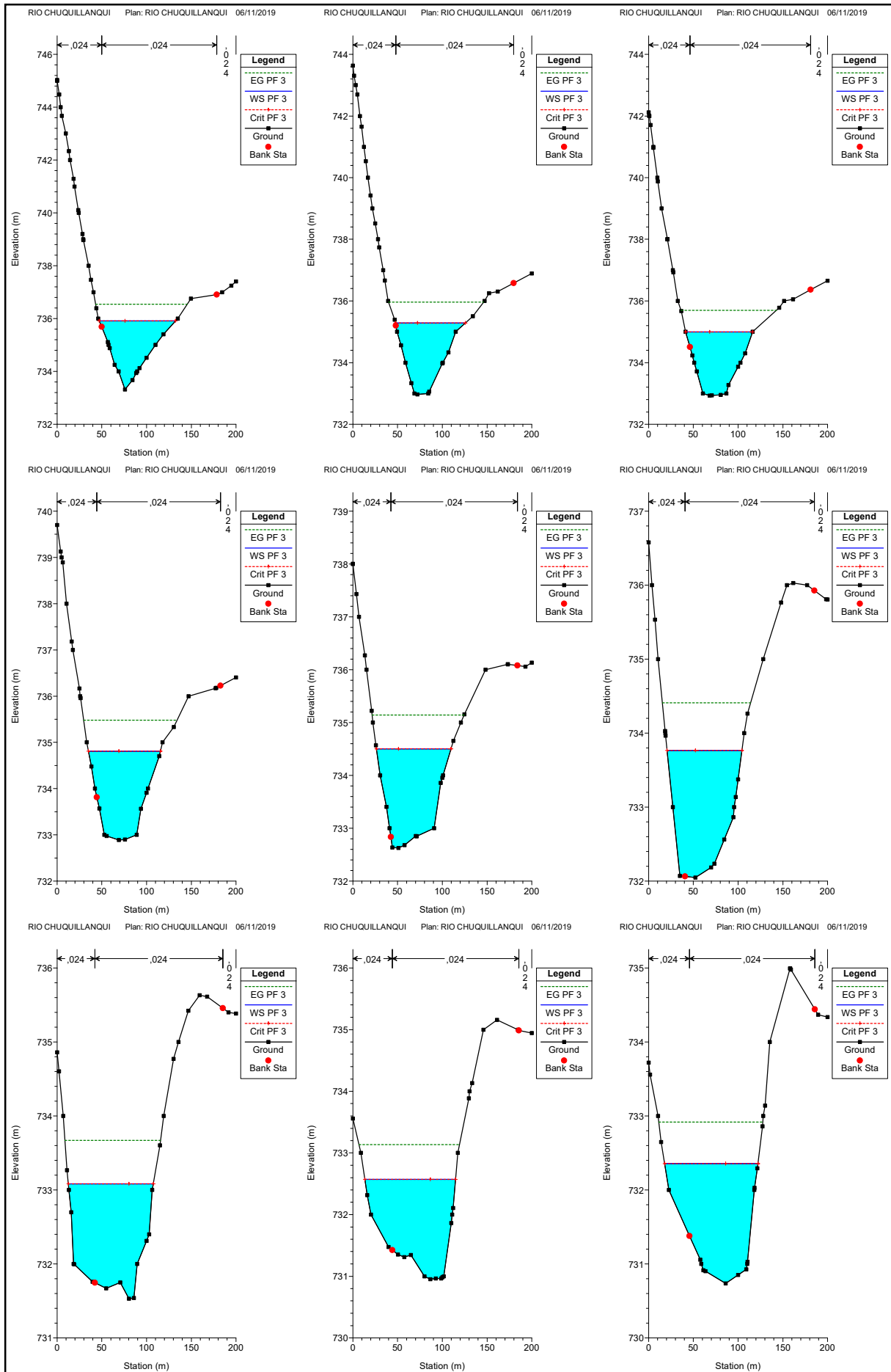


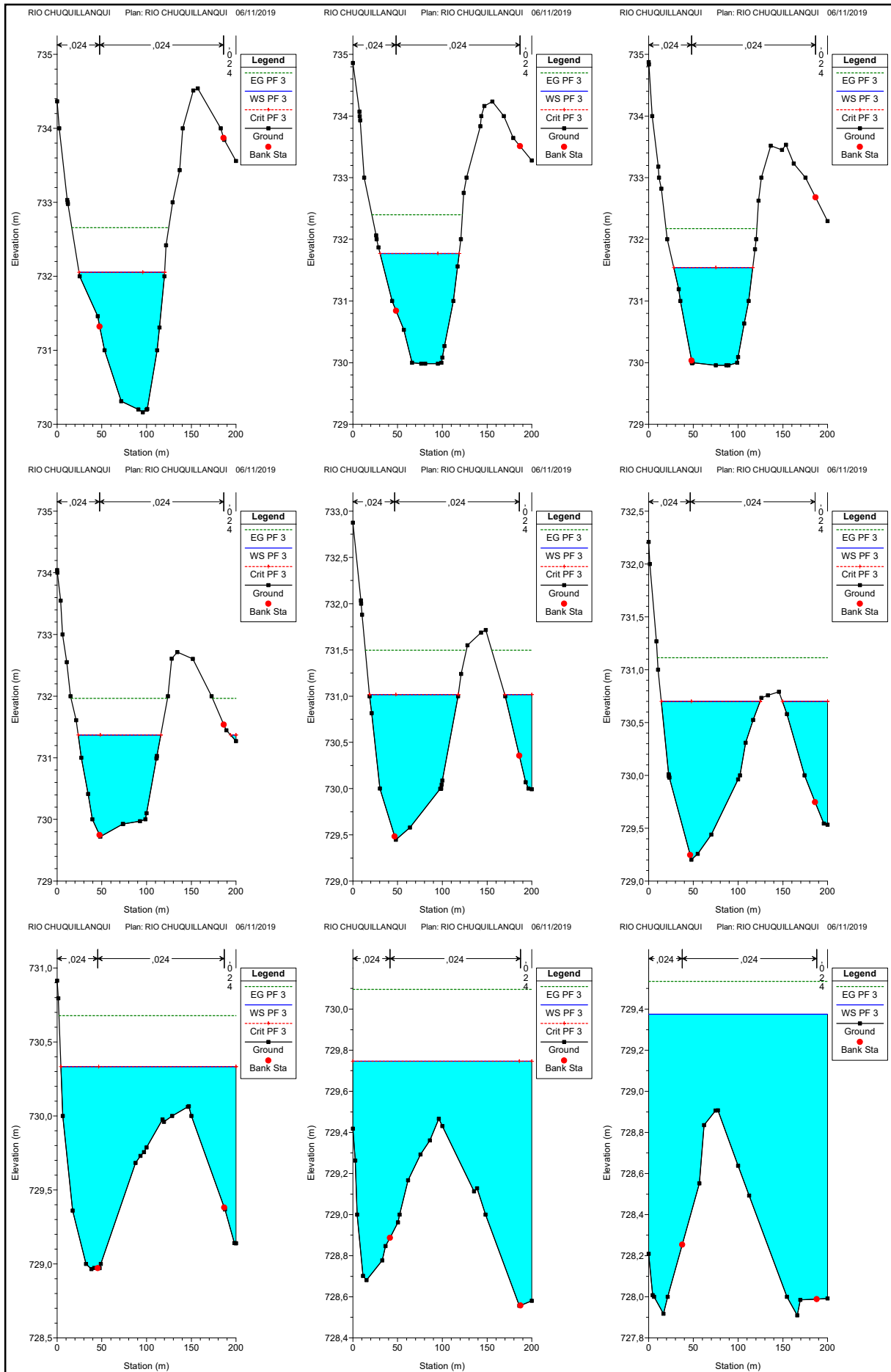


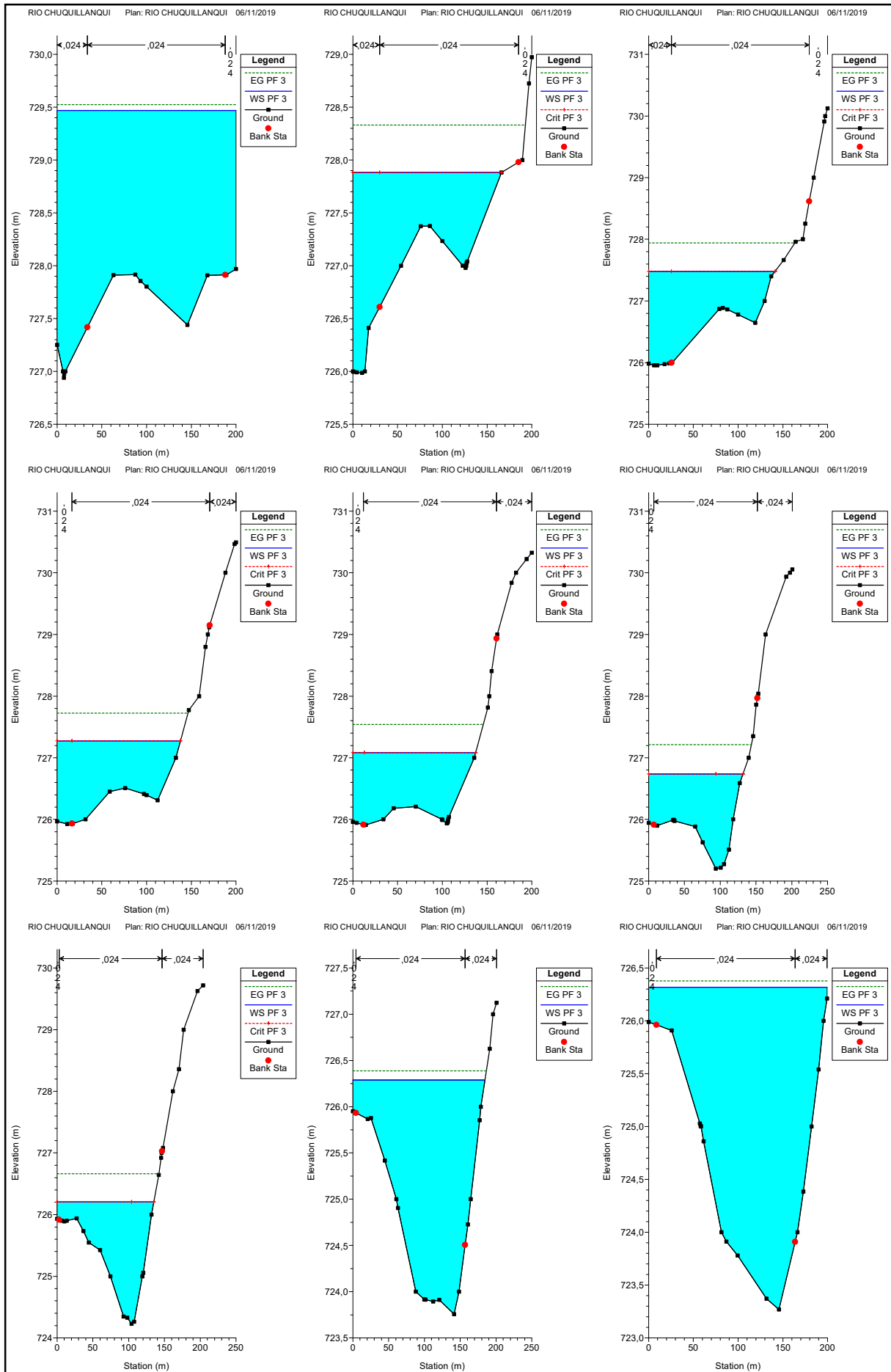


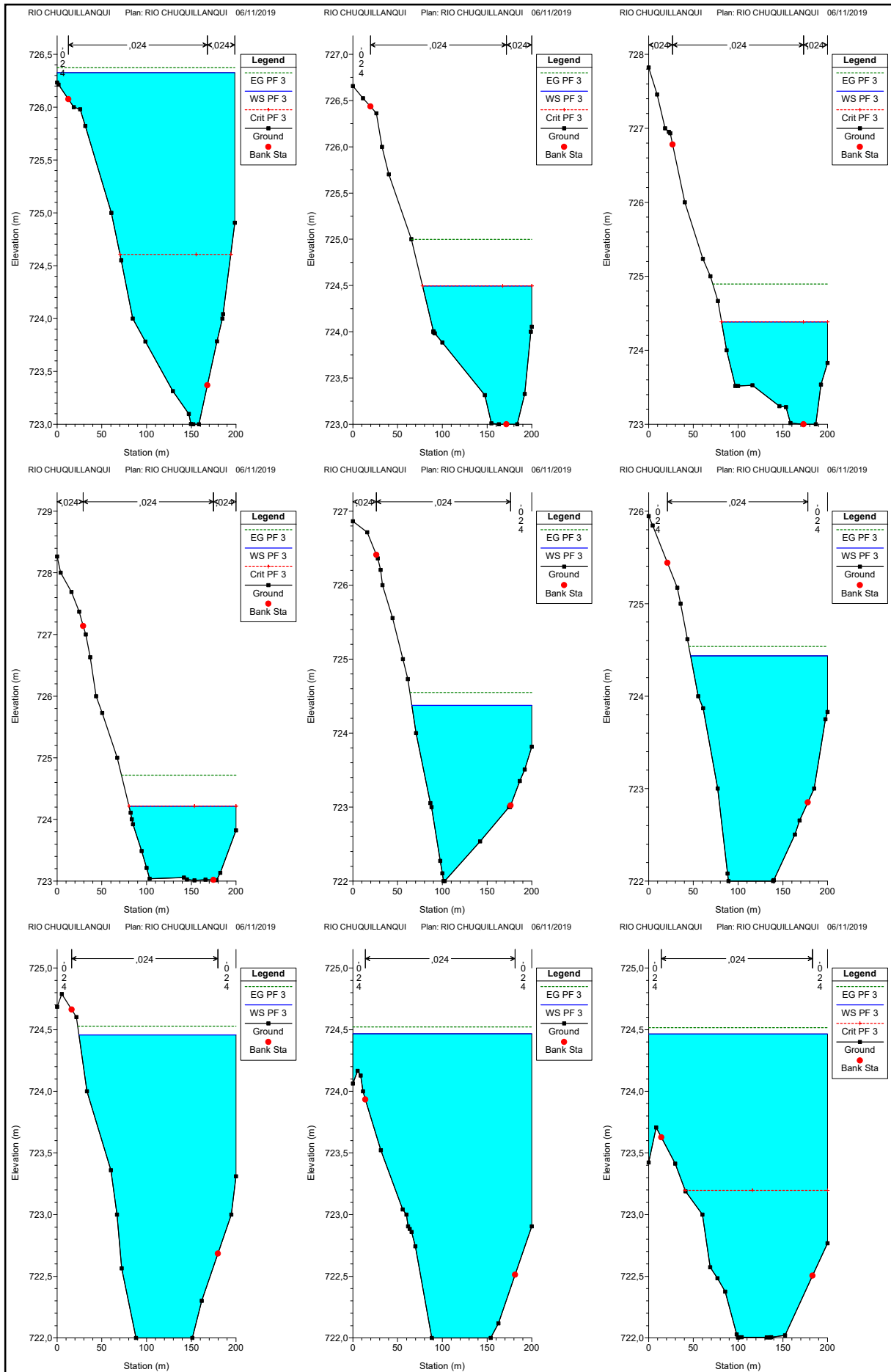


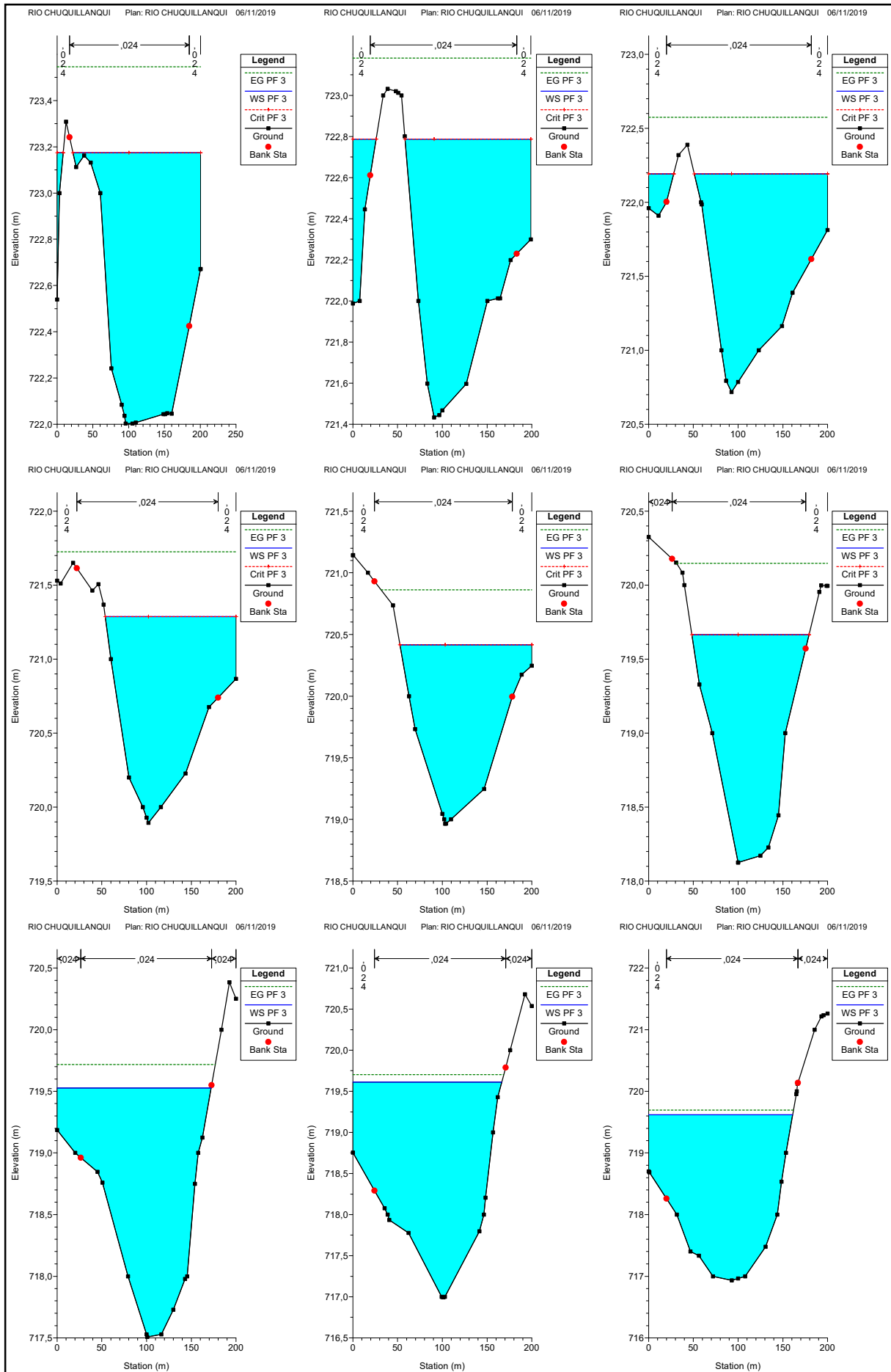


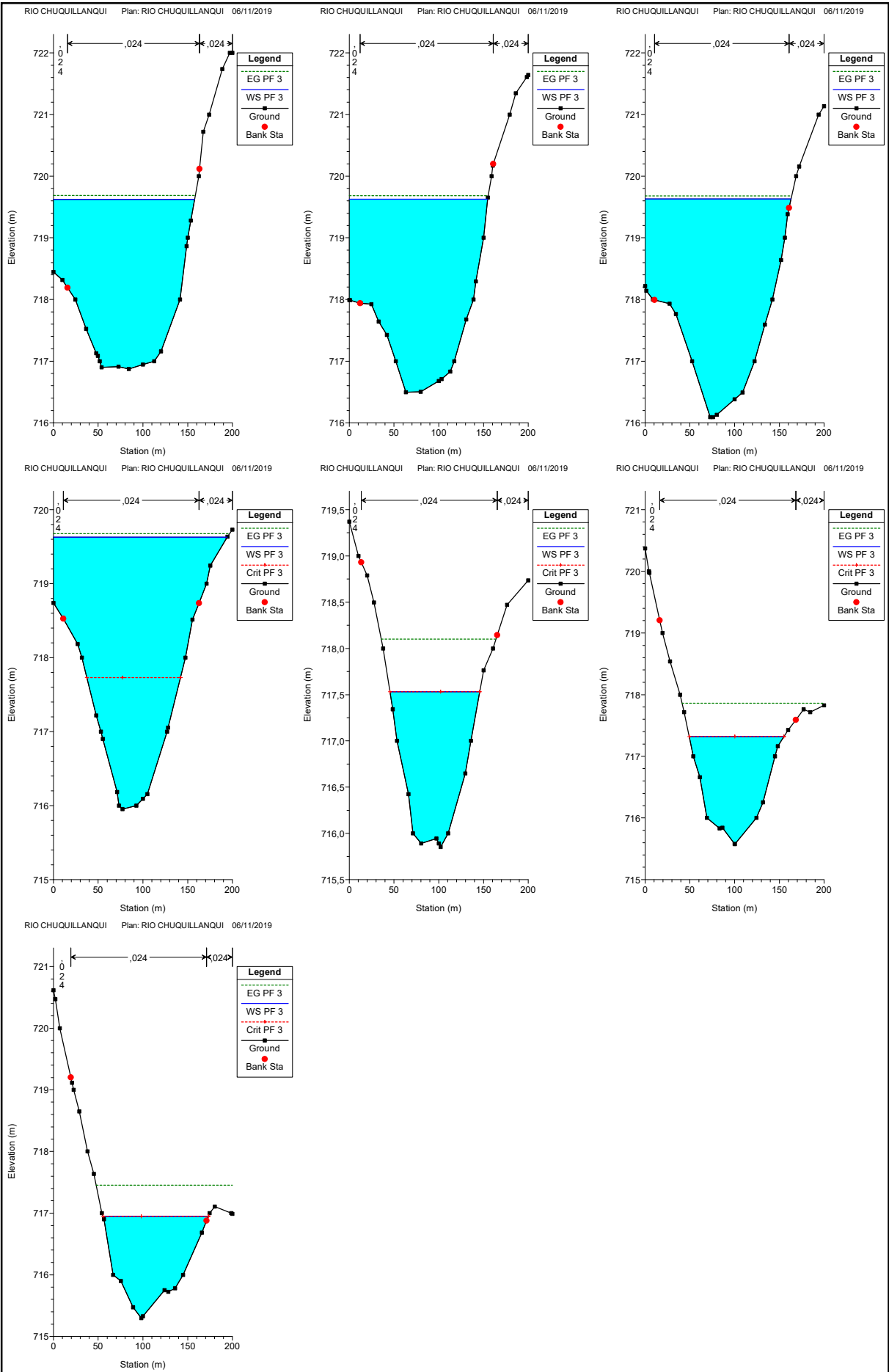




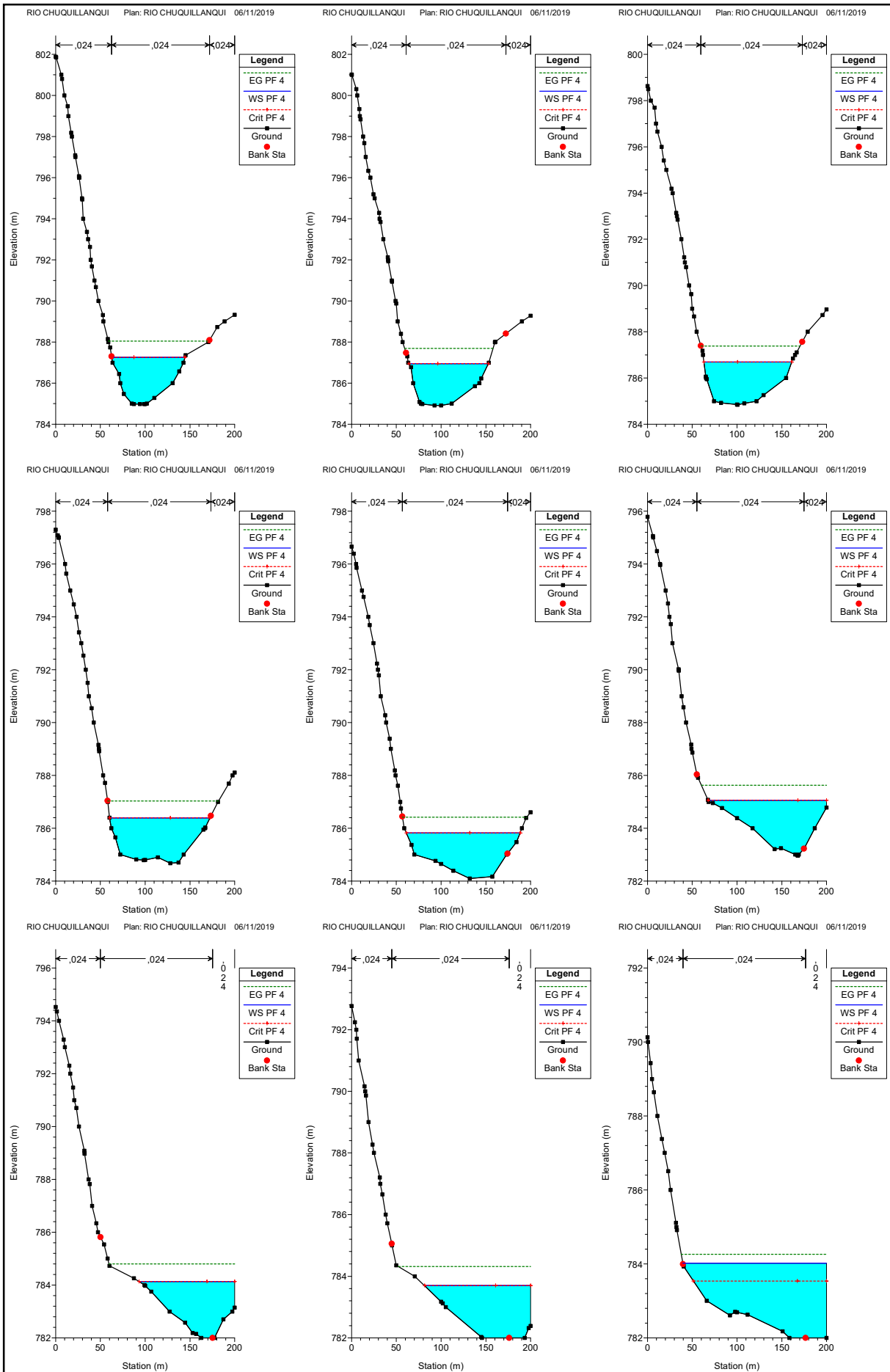


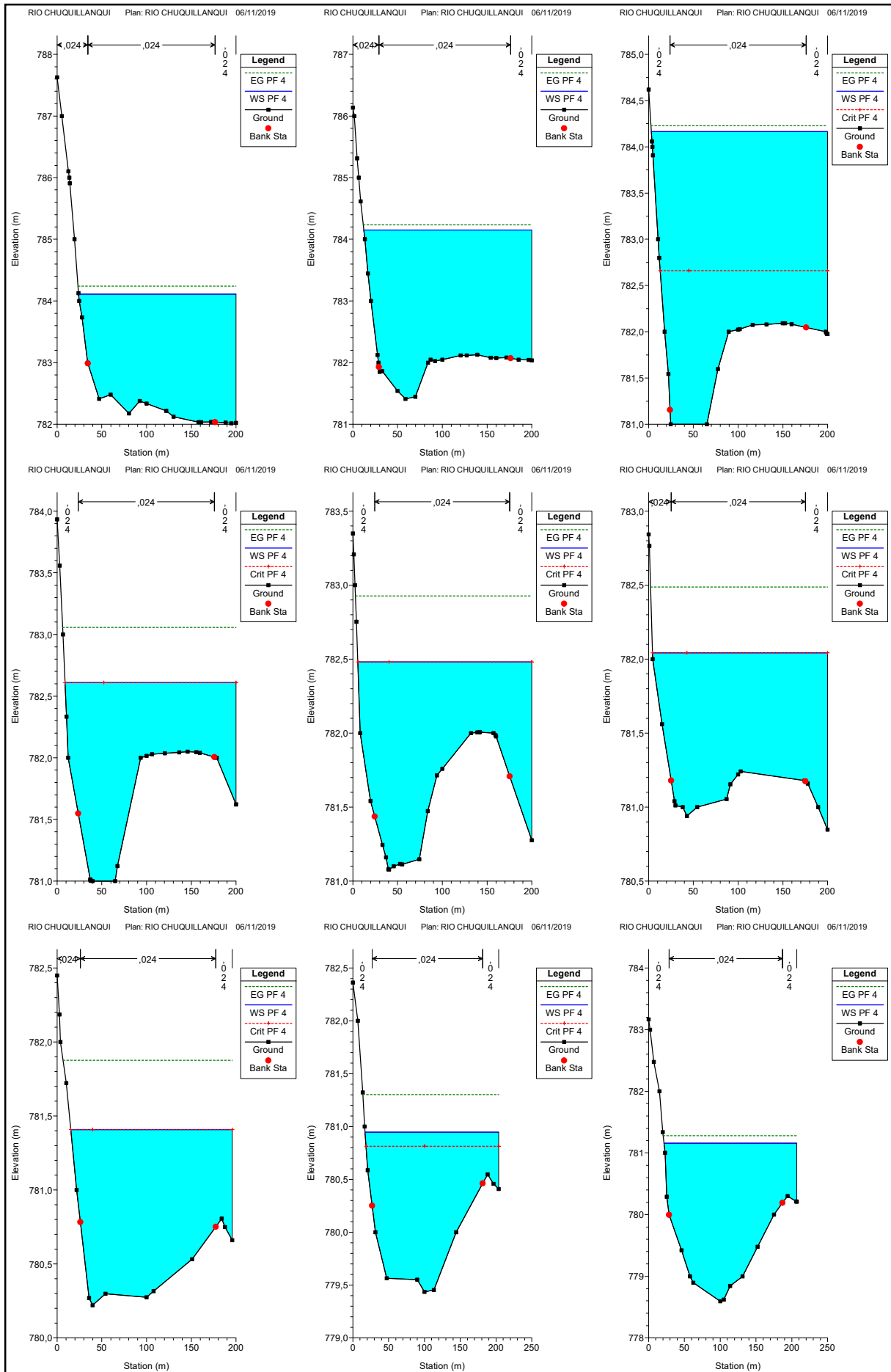


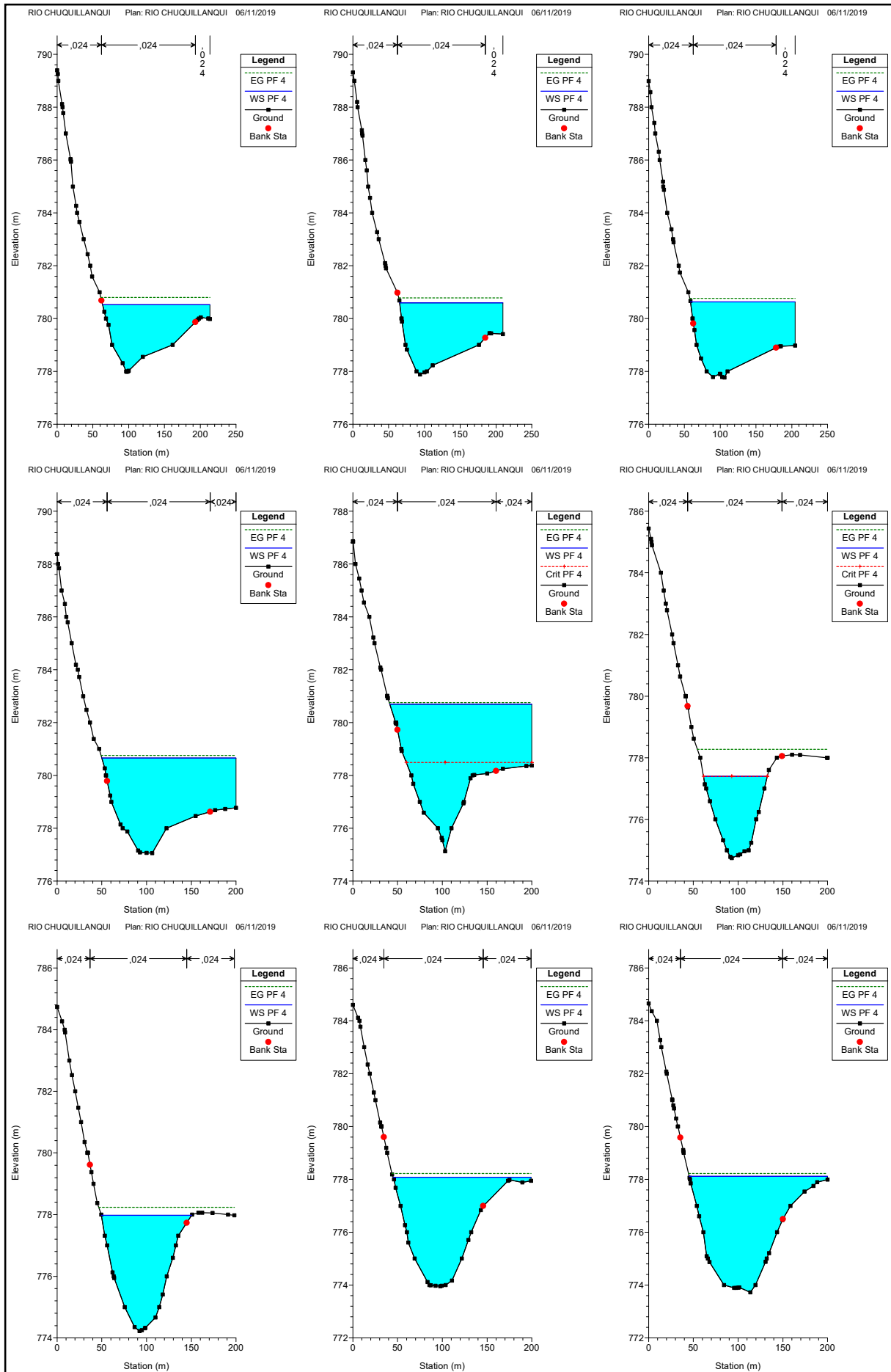


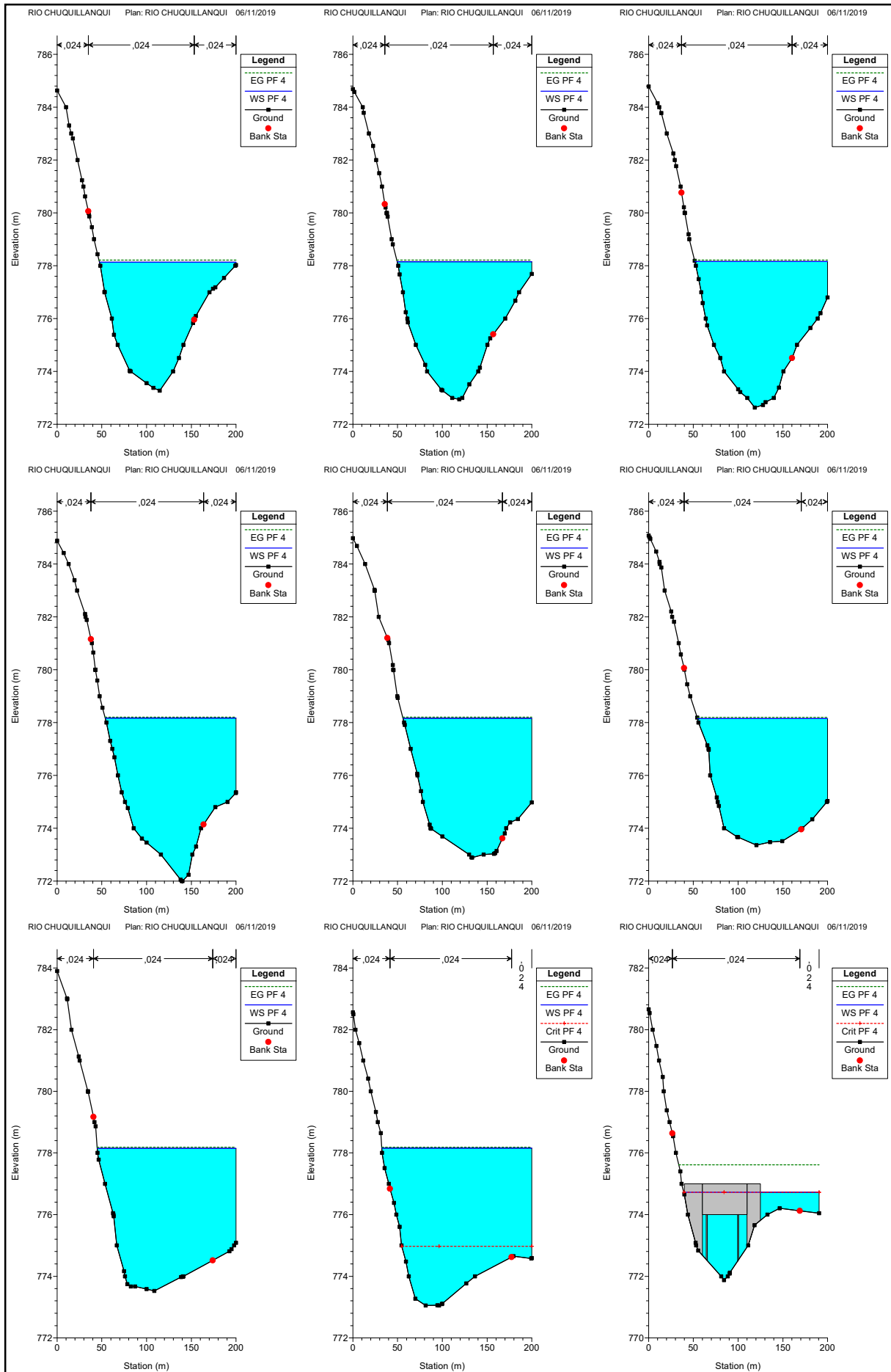


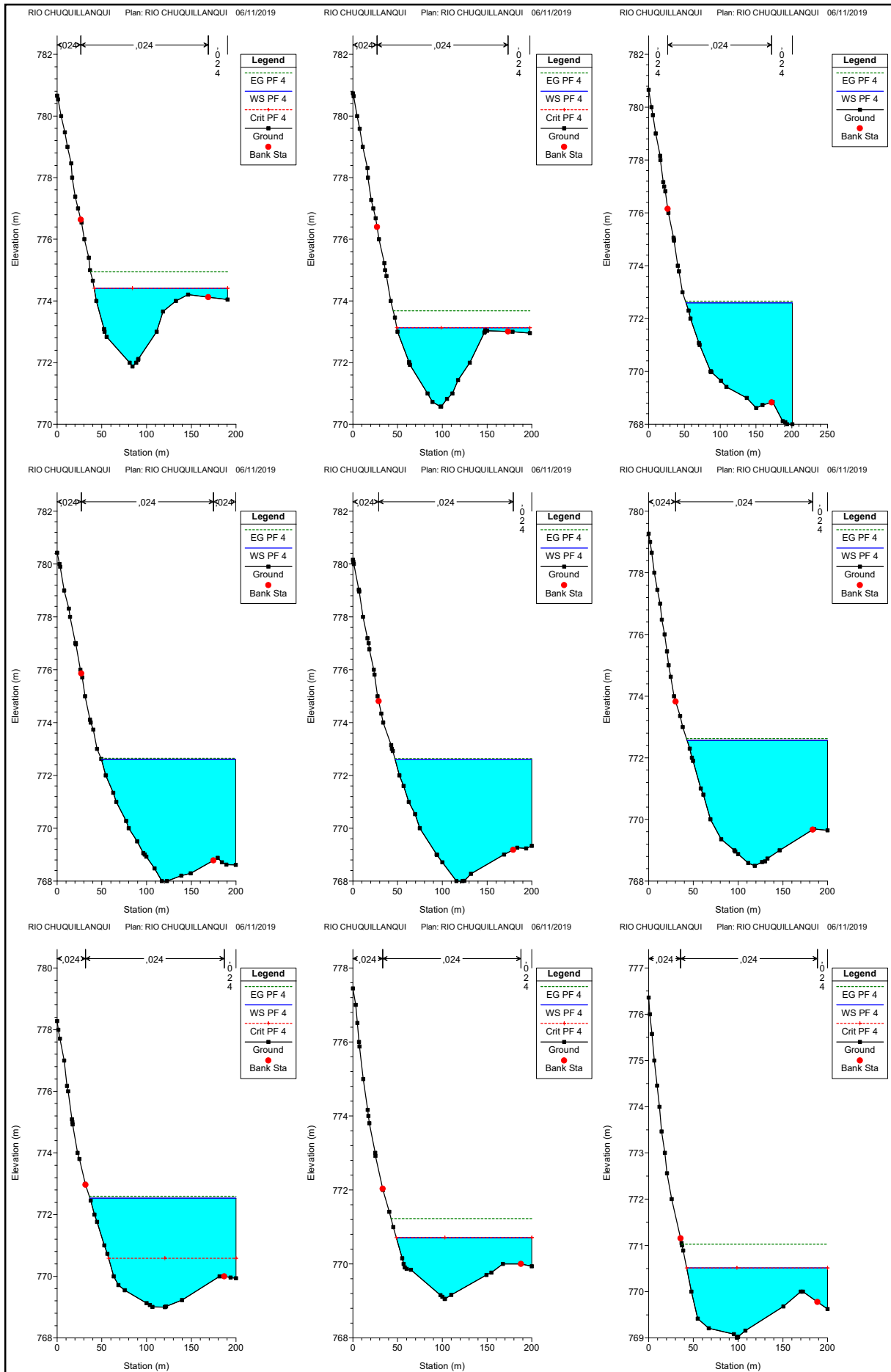
Periodo de retorno 100 años - 503,70 (m³/s)

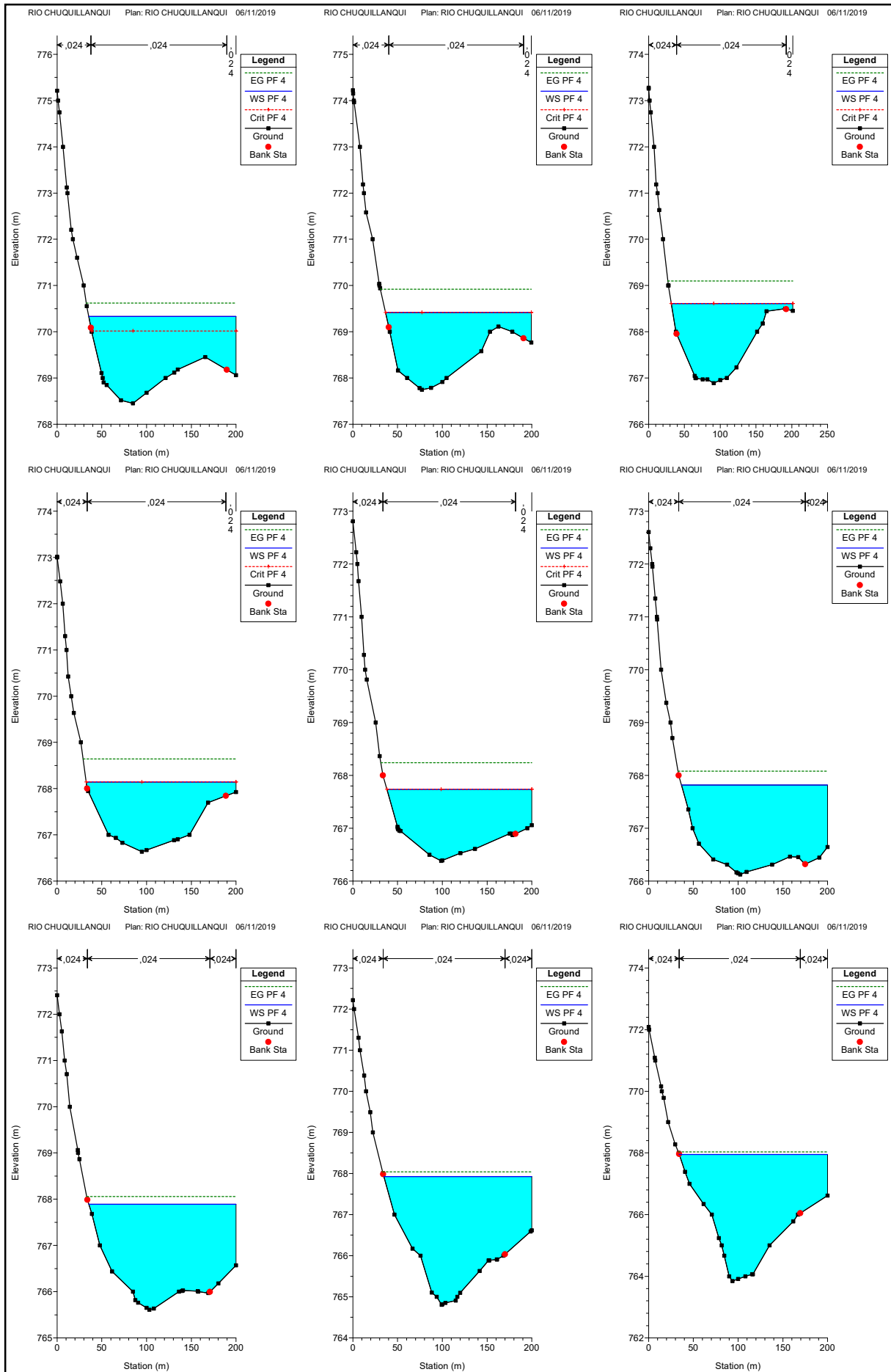


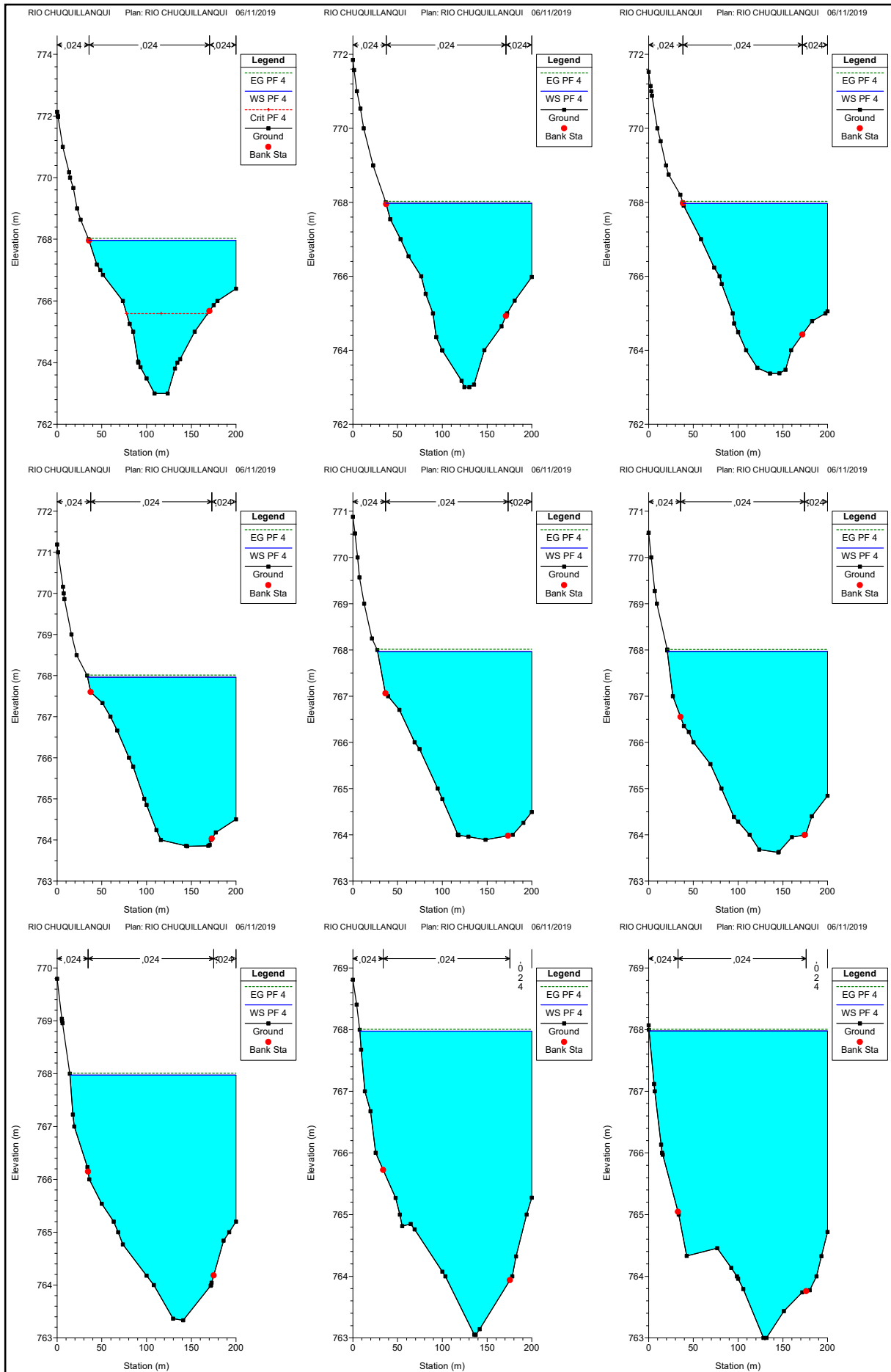


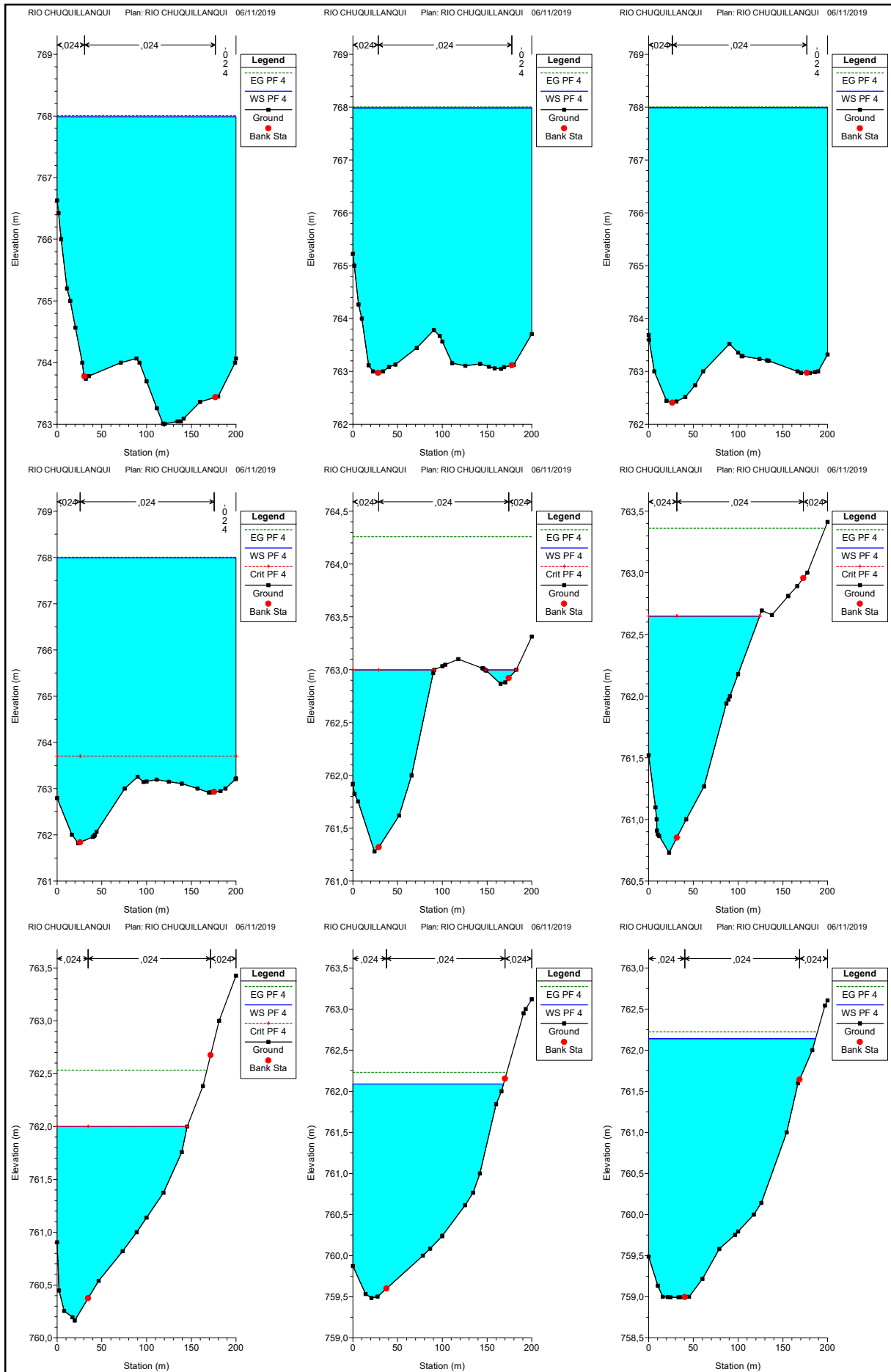


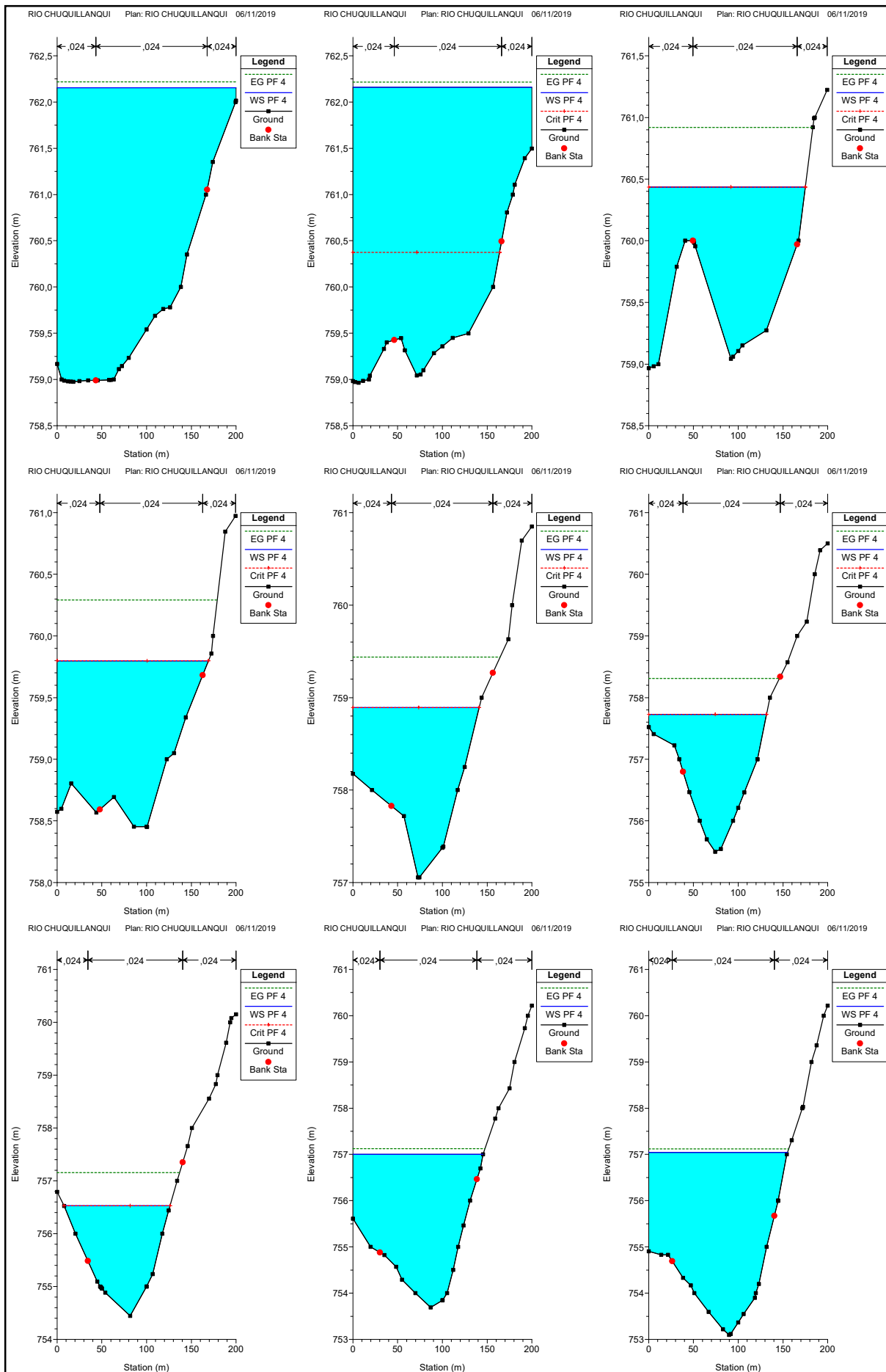


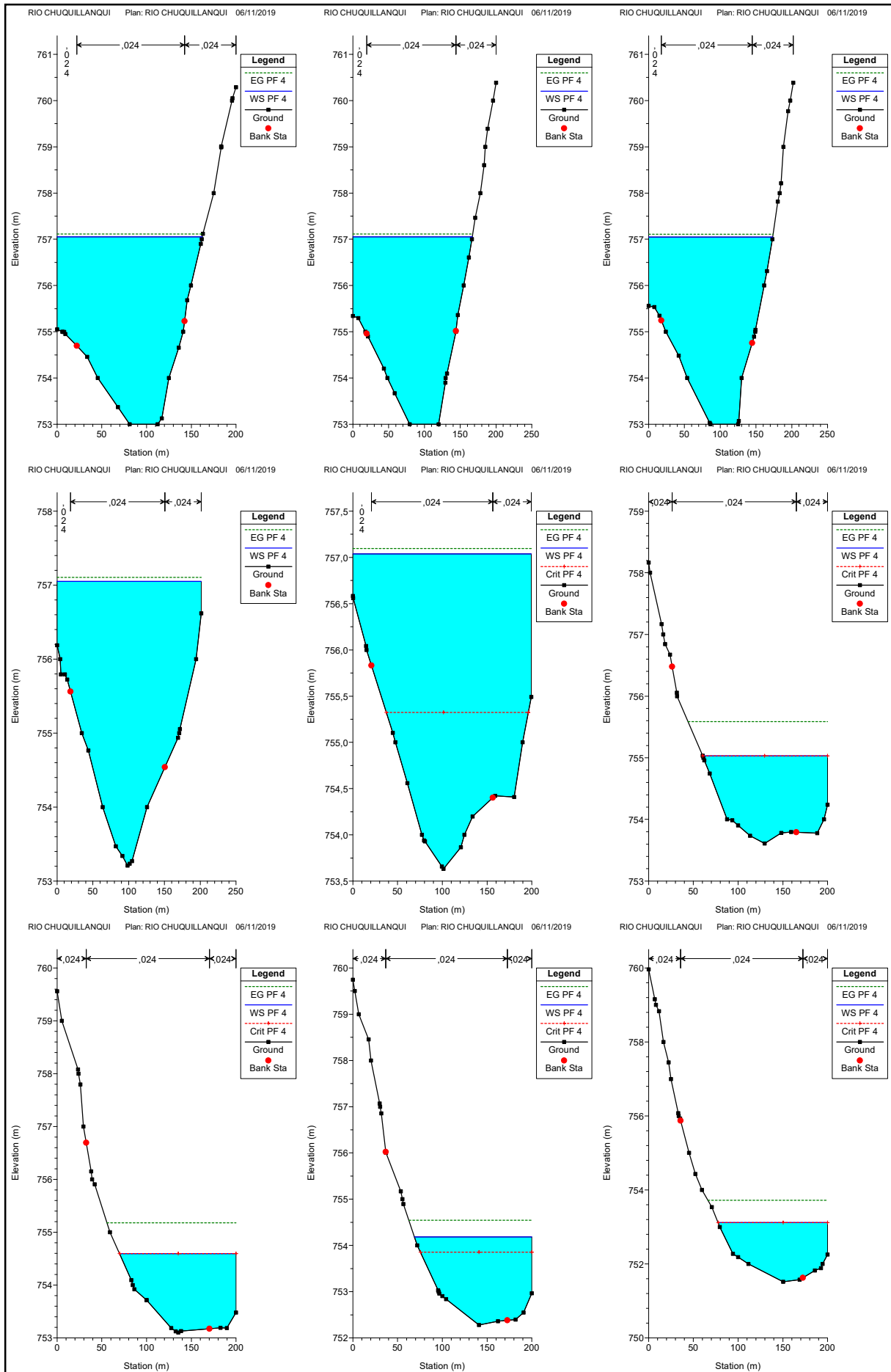


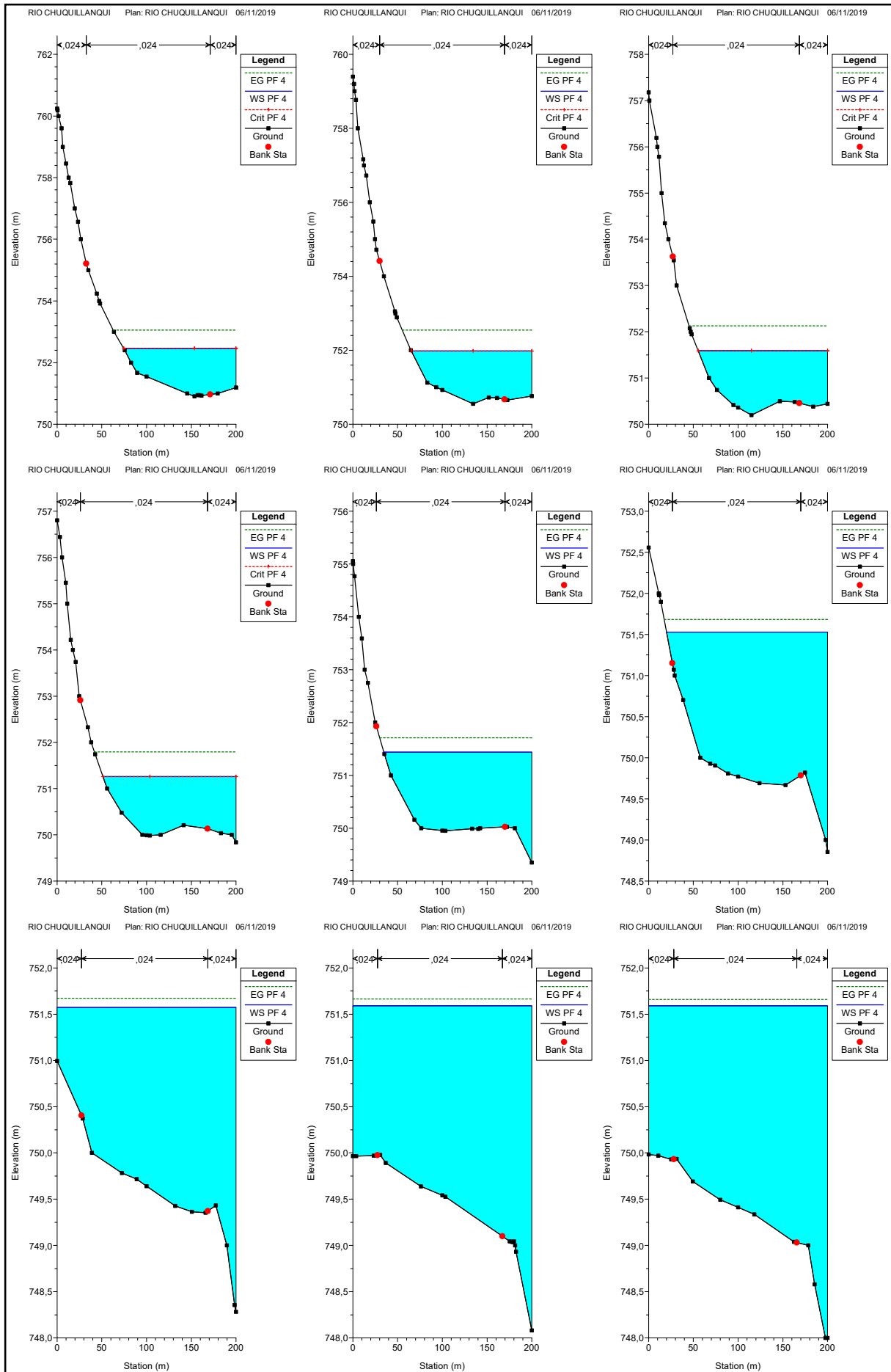


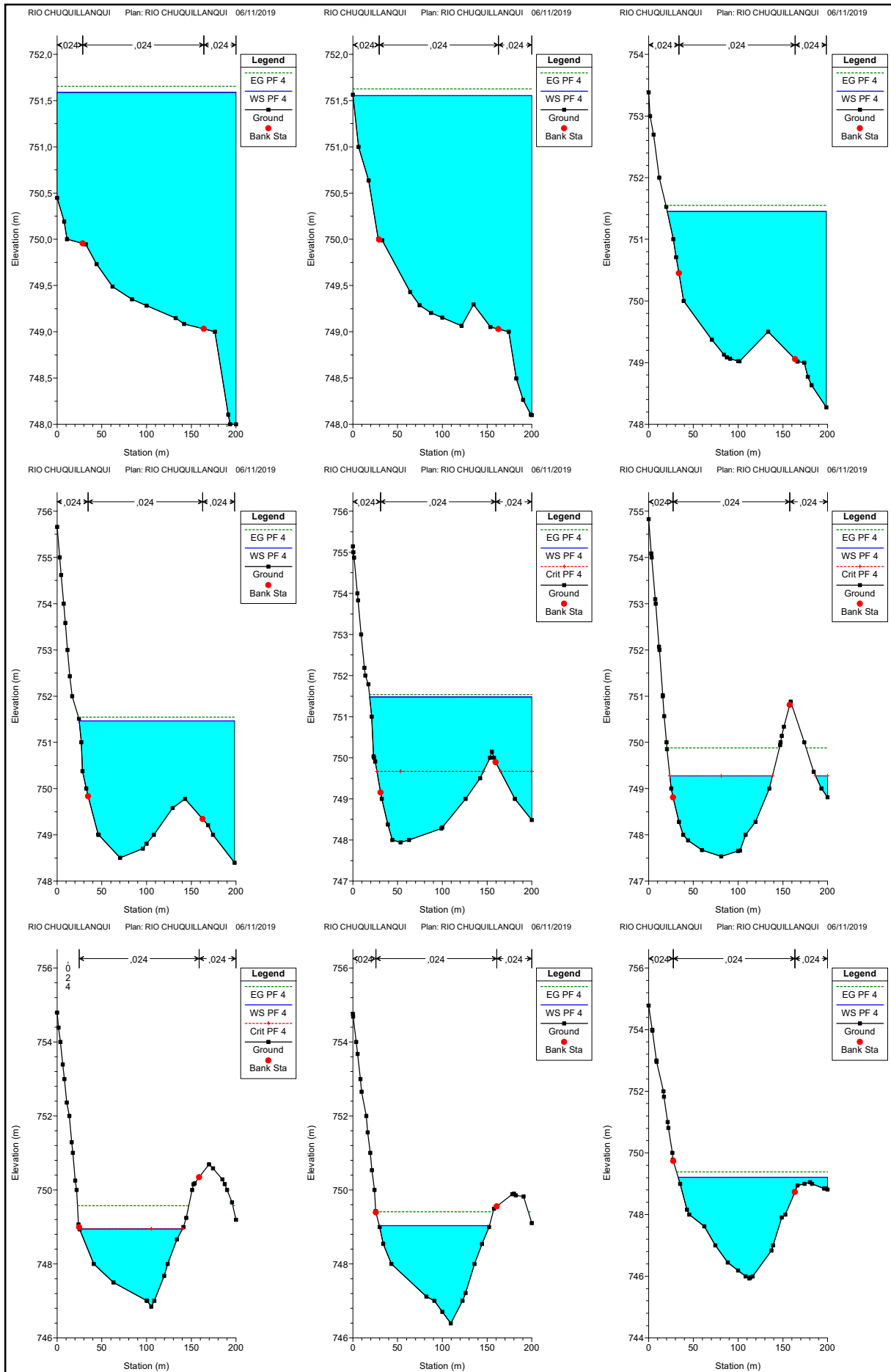


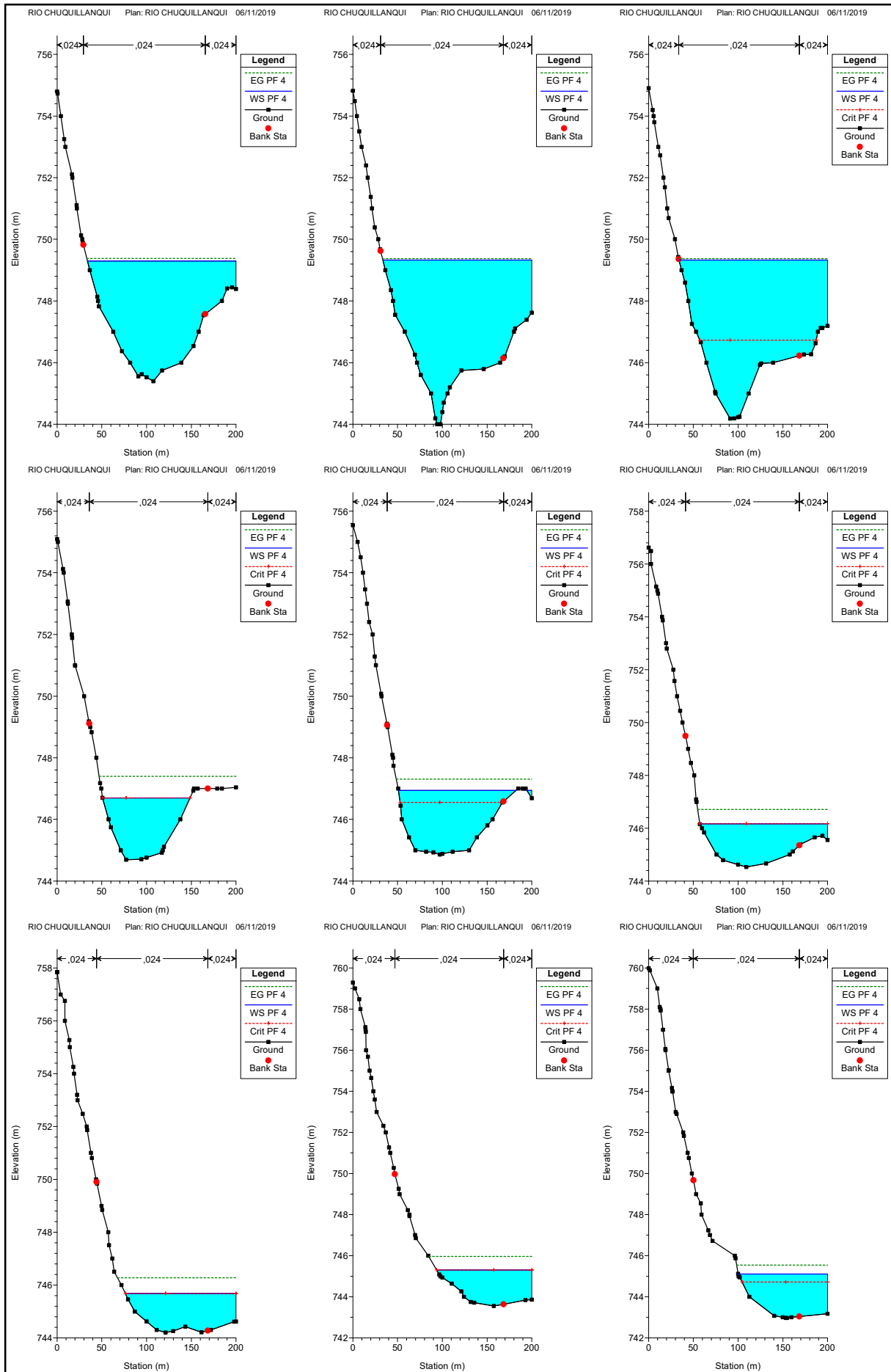


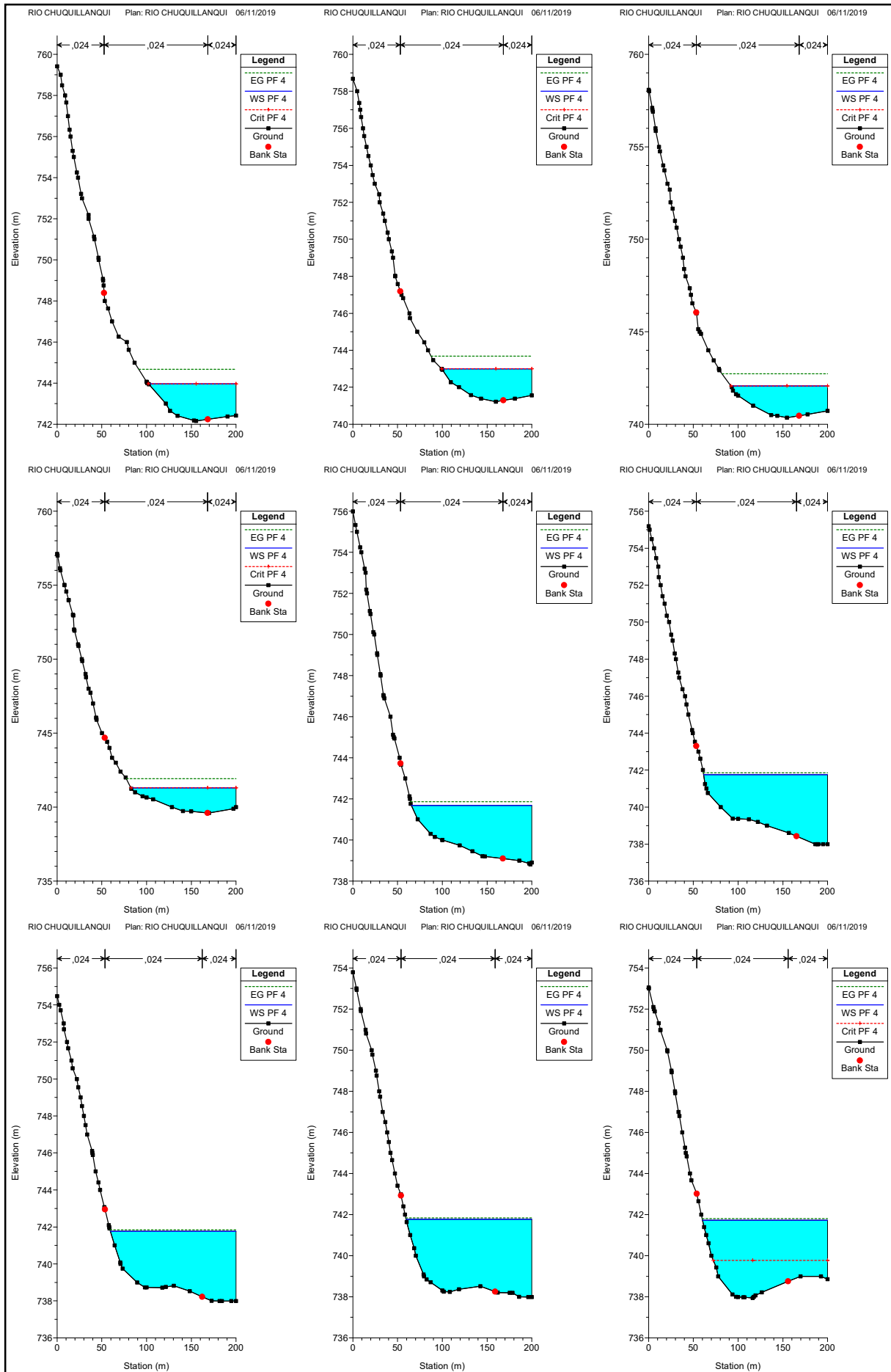


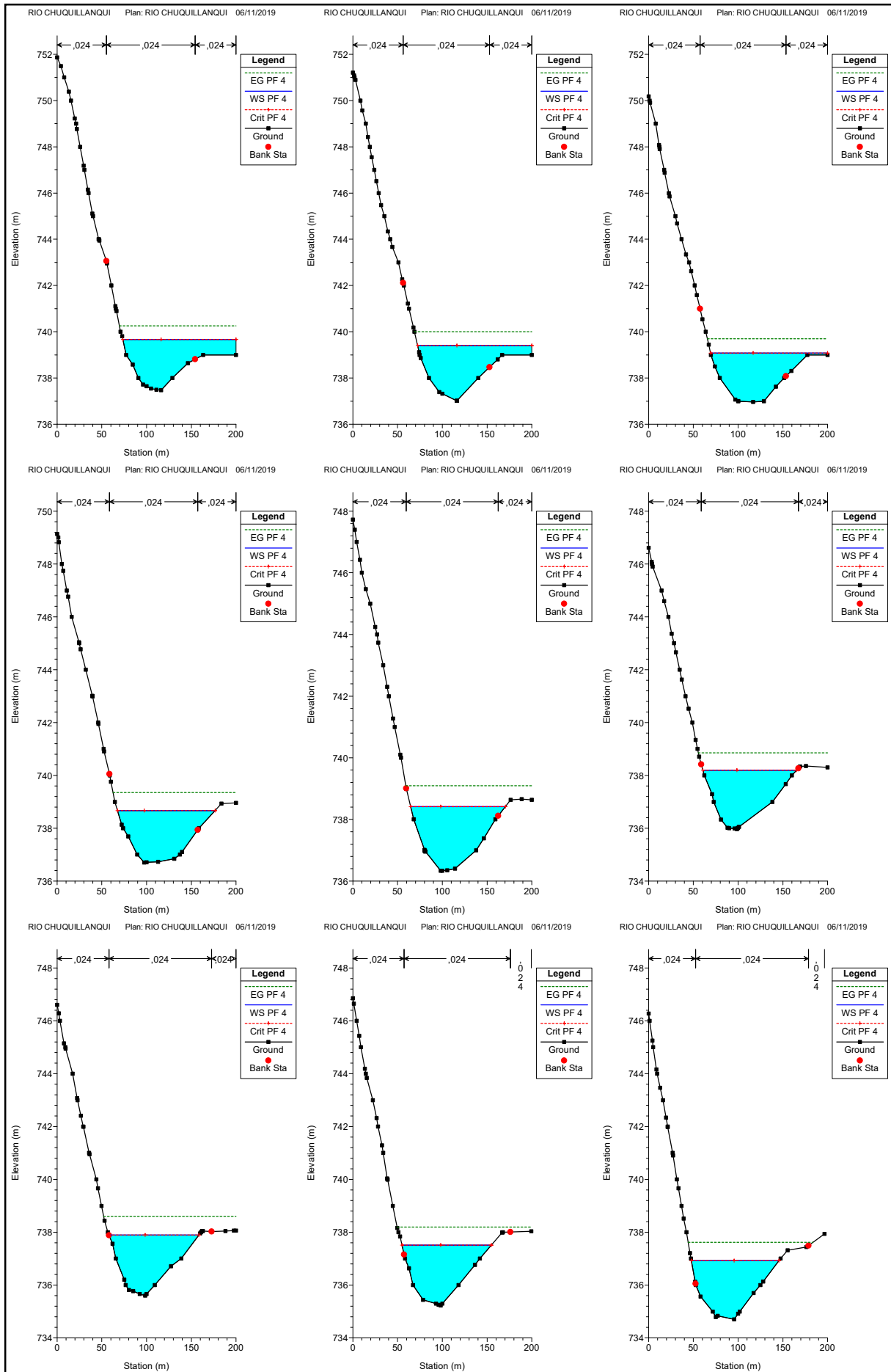


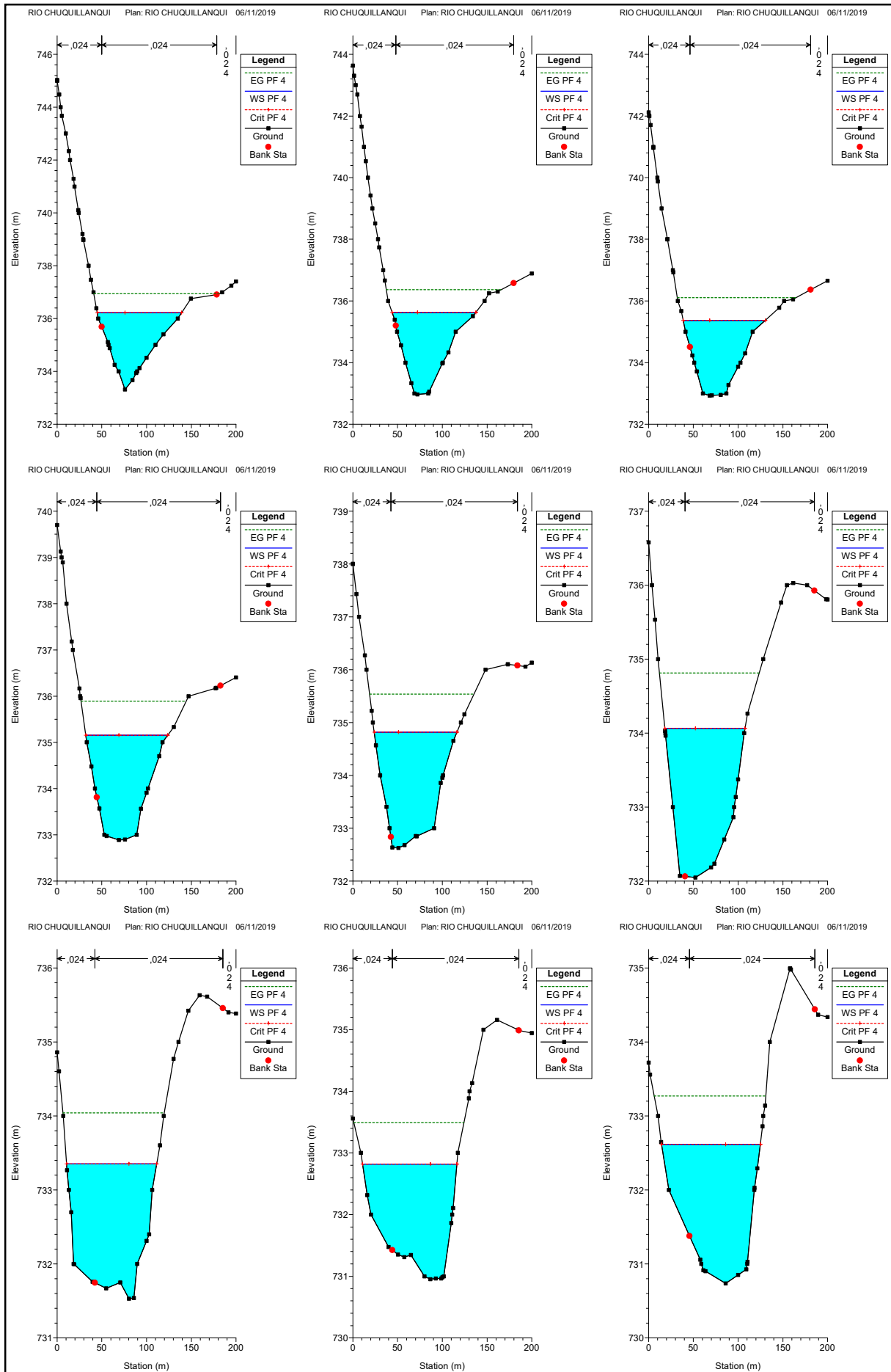


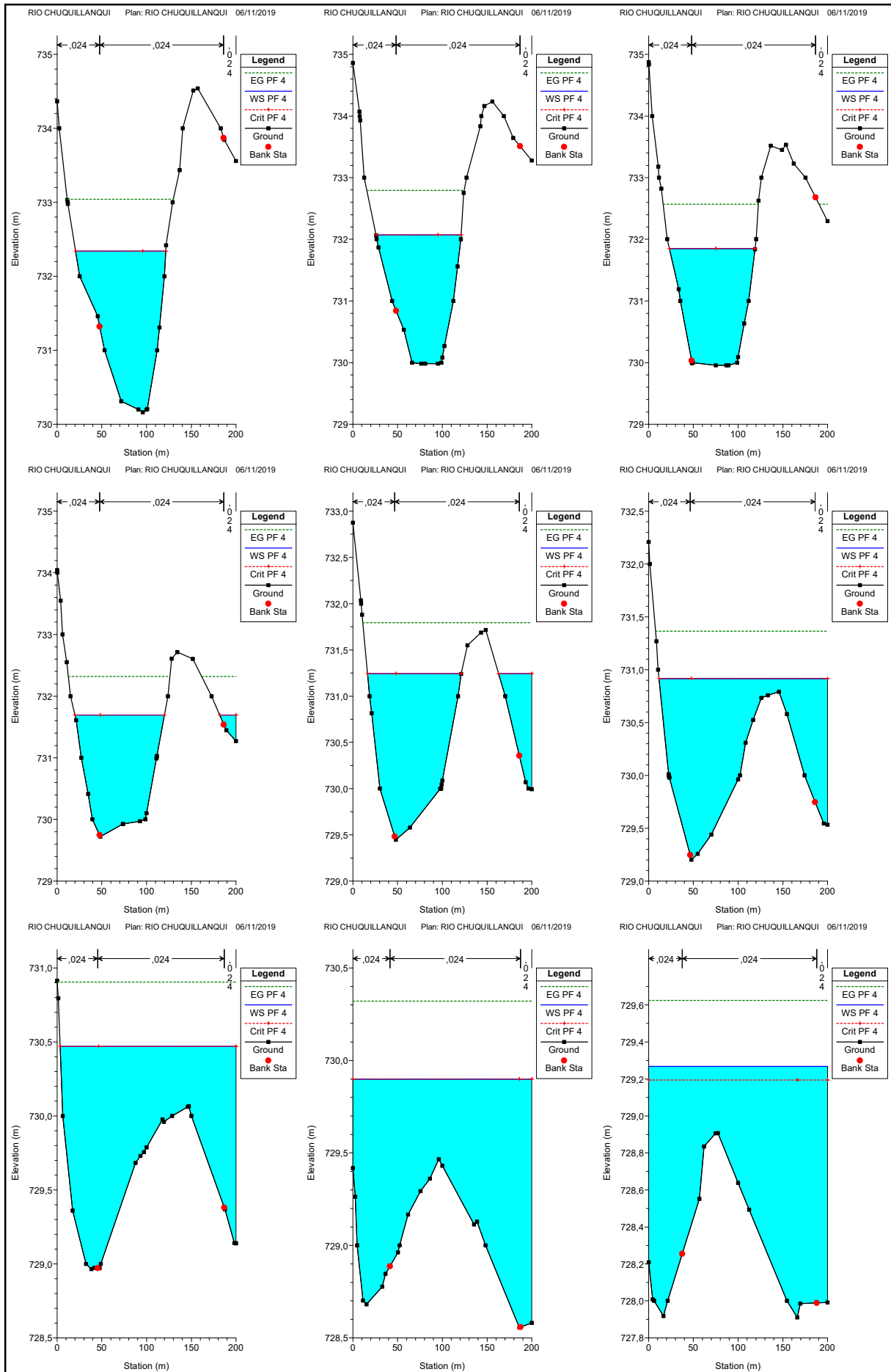


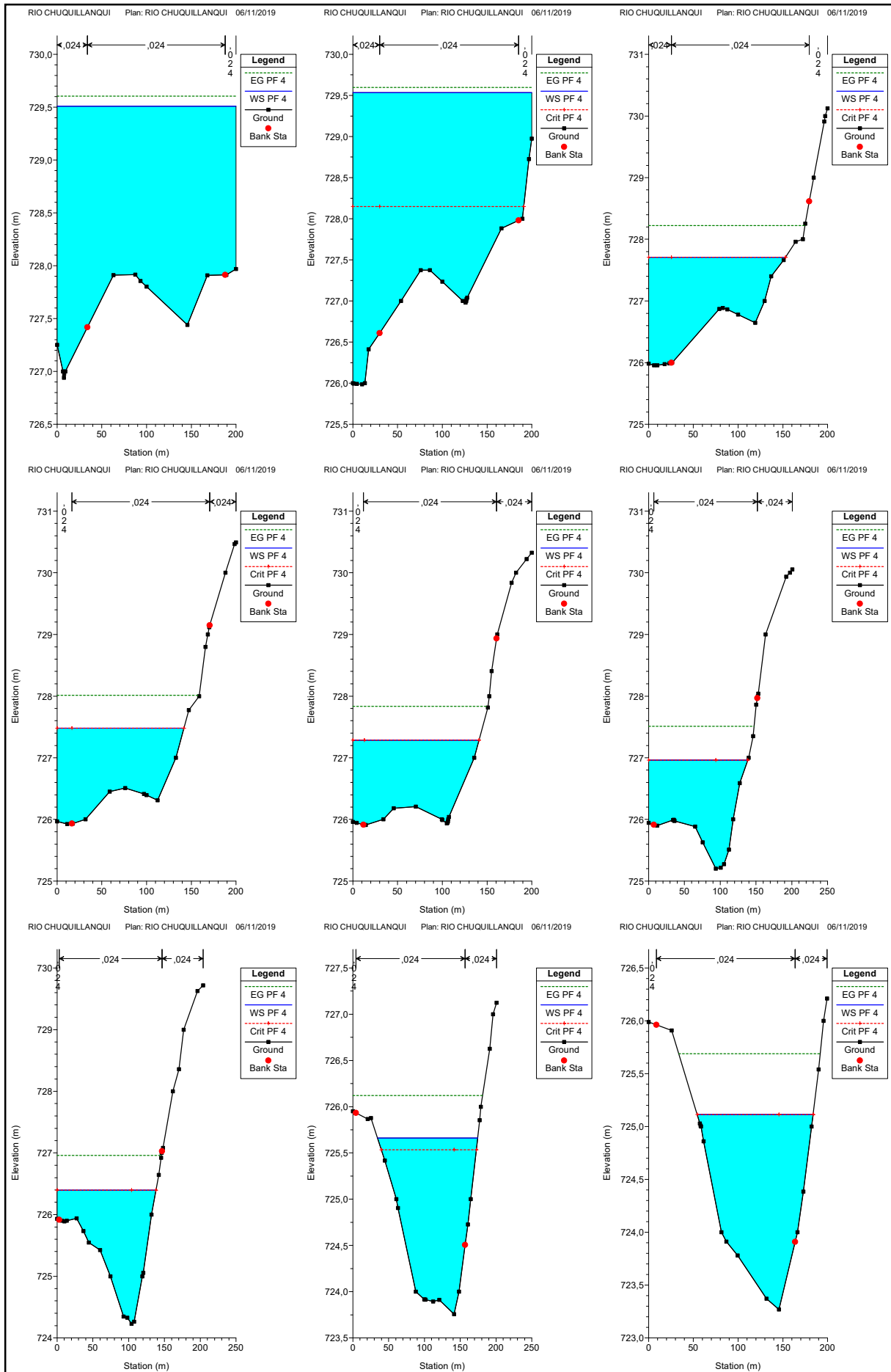


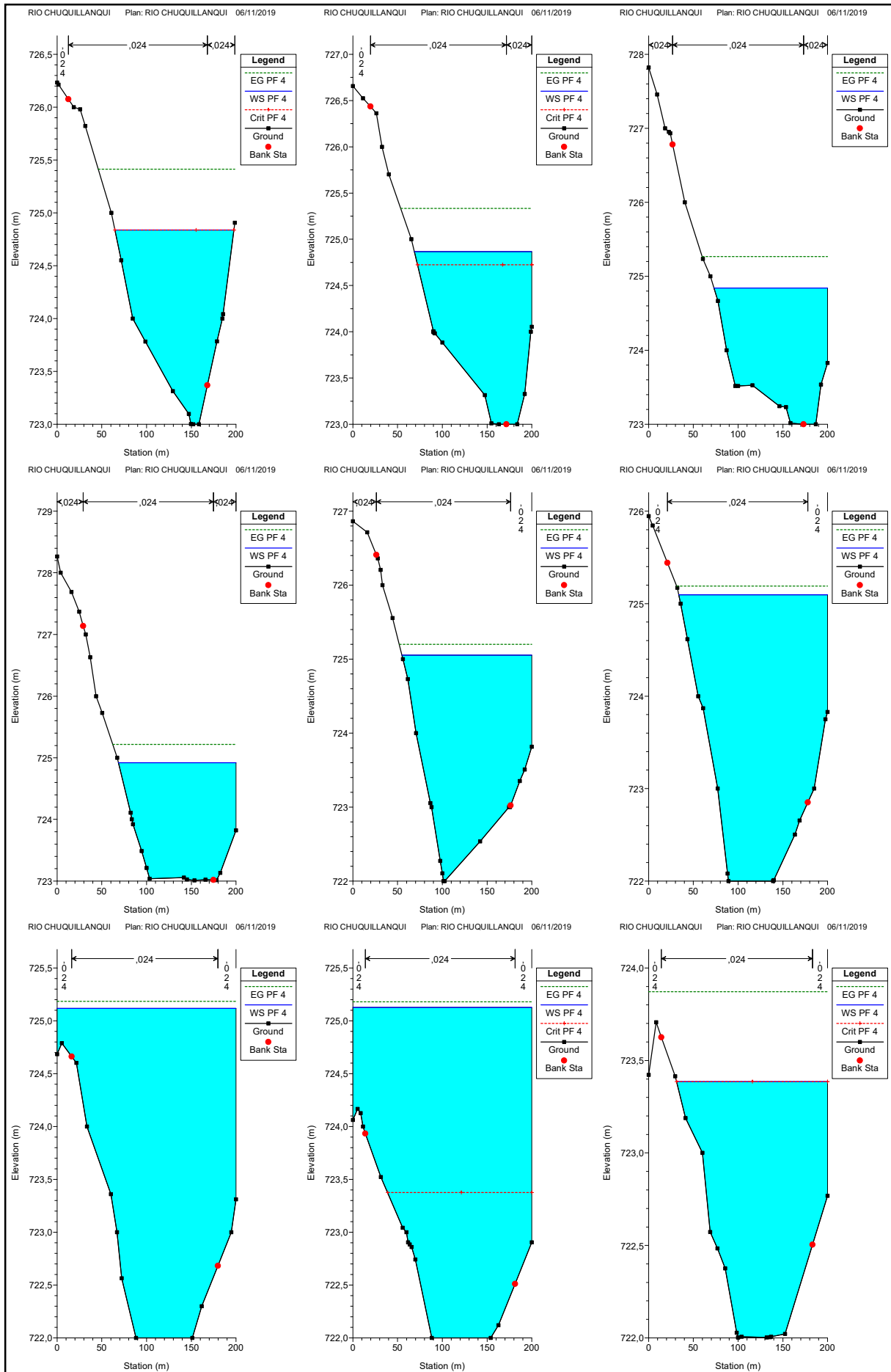


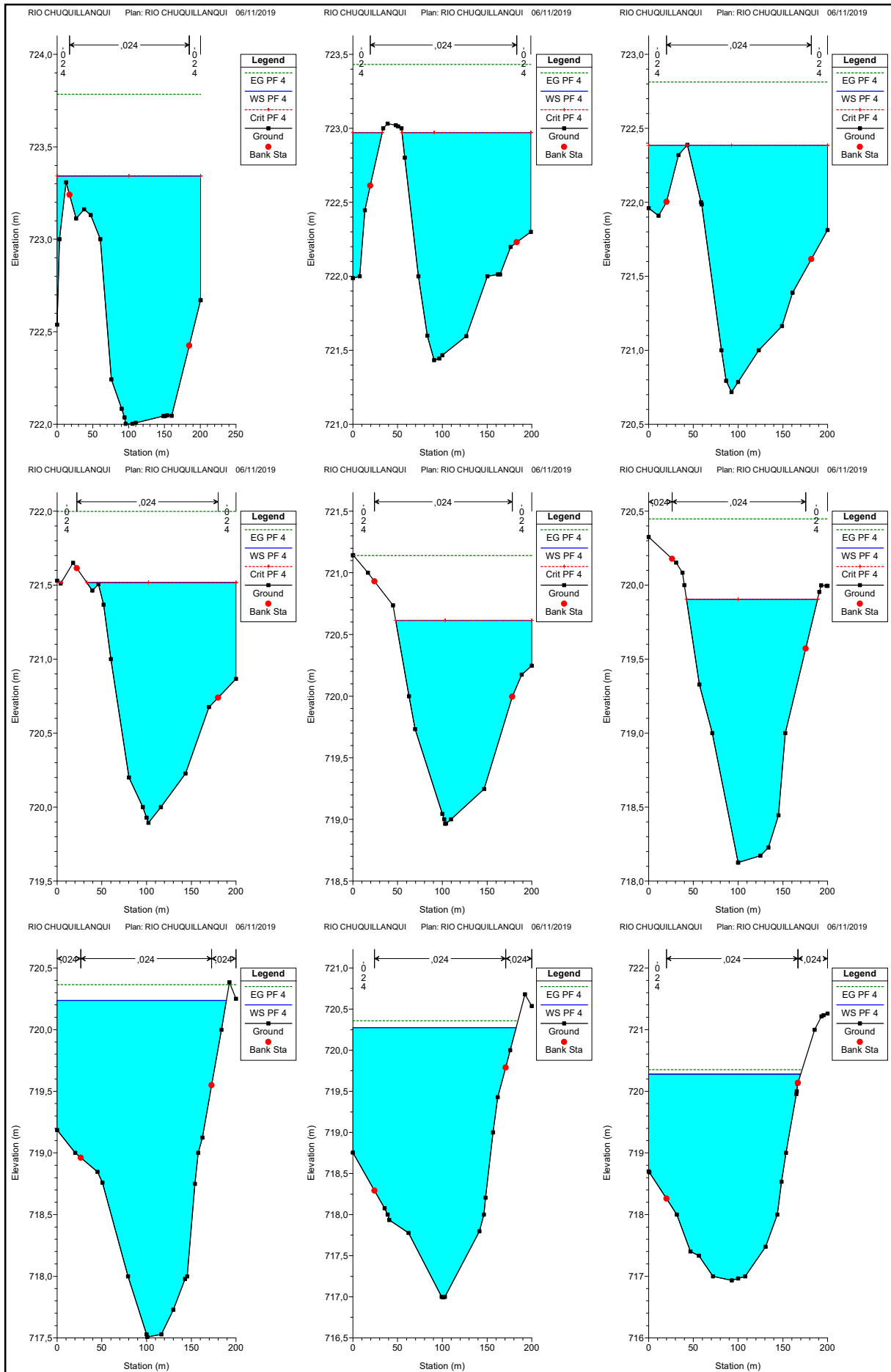


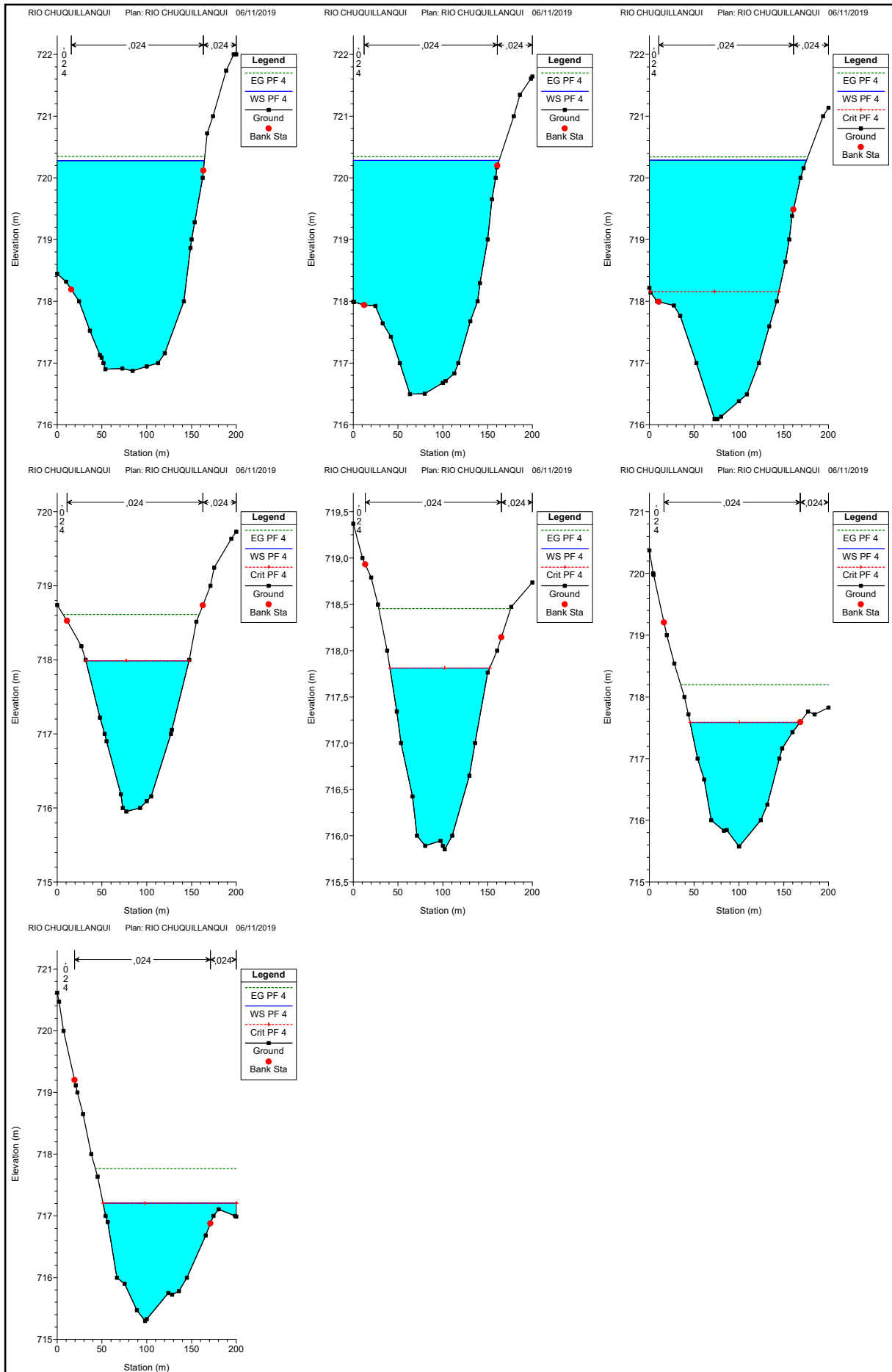








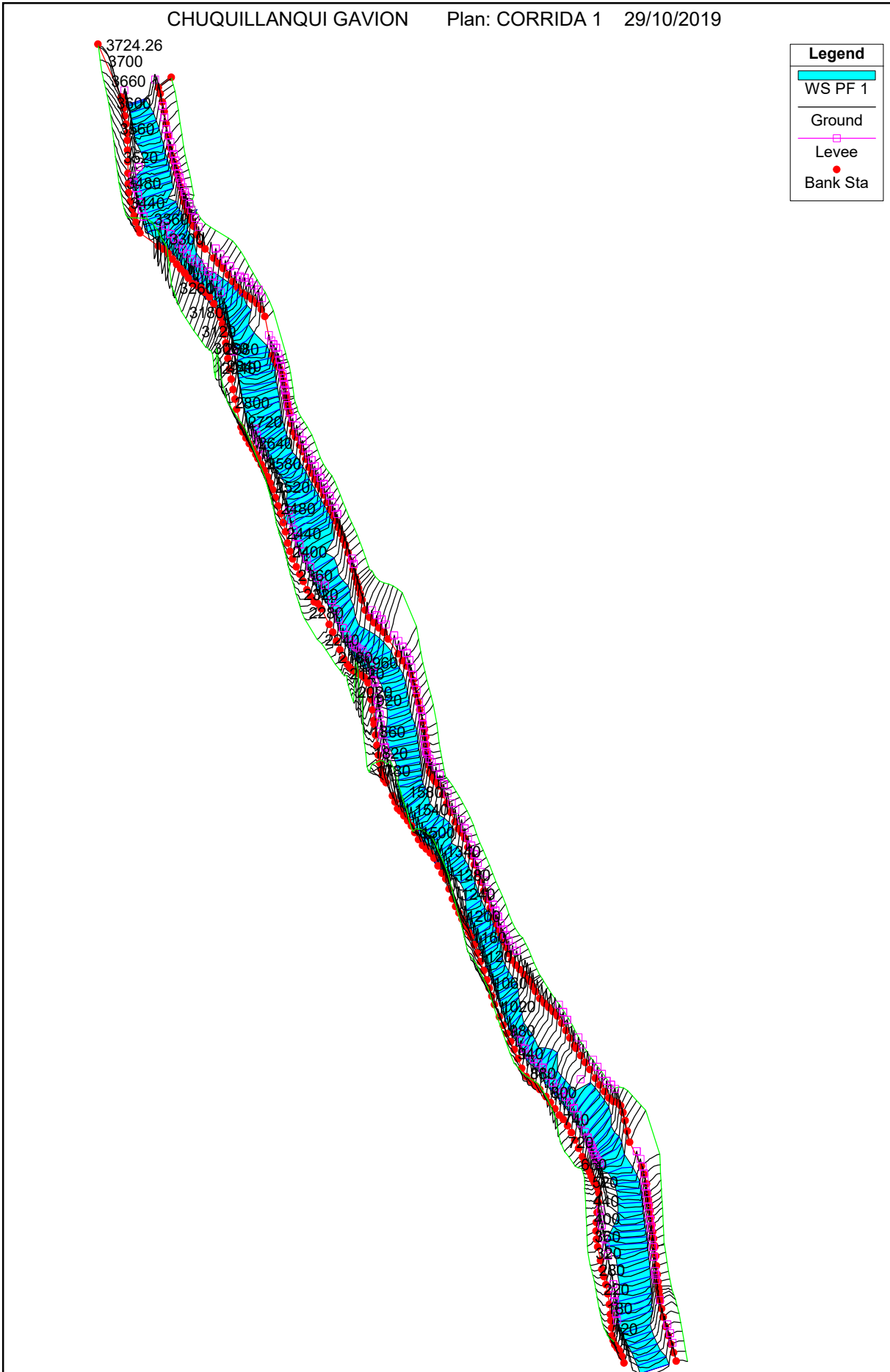




**MODELAMIENTO - CAUCE
MODIFICADO DEL PERFIL
LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE
LIMITA LOS CASERIOS
CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY
ESTRUCTURA DE GAVIONES**

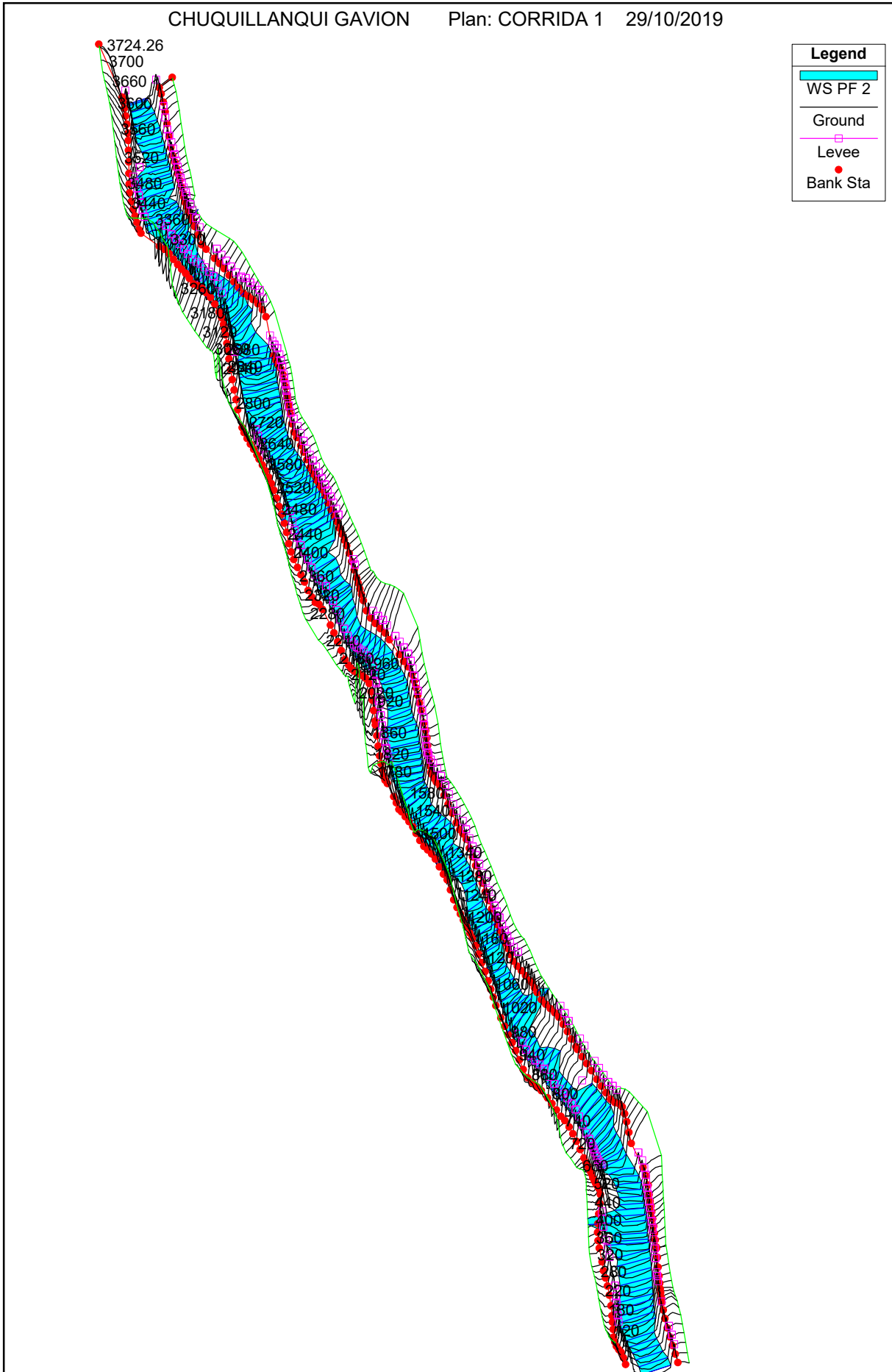
Periodo de retorno 10 años - 265,40 (m3/s)

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



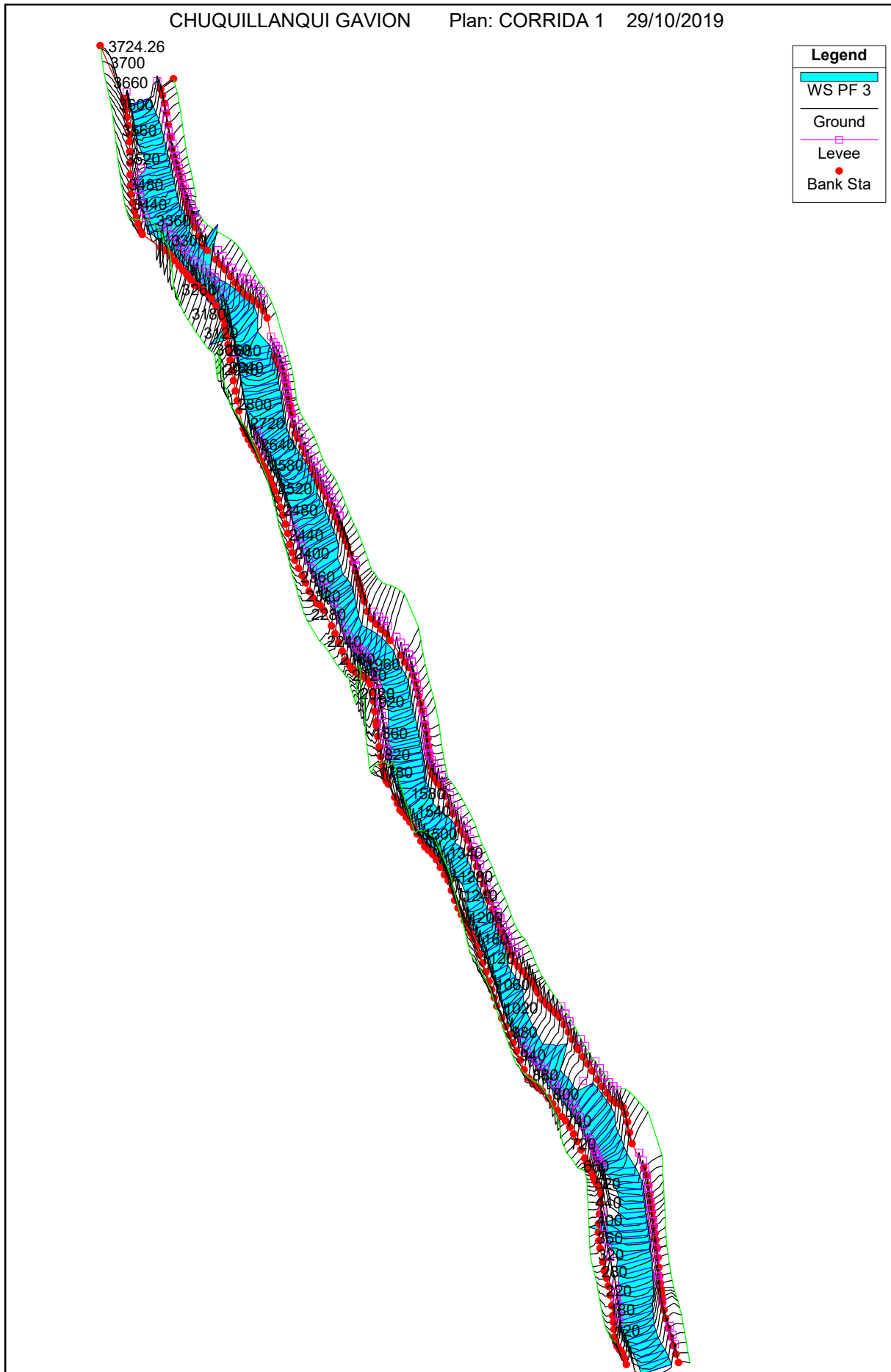
Periodo de retorno 25 años - 308,20 (m3/s)

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



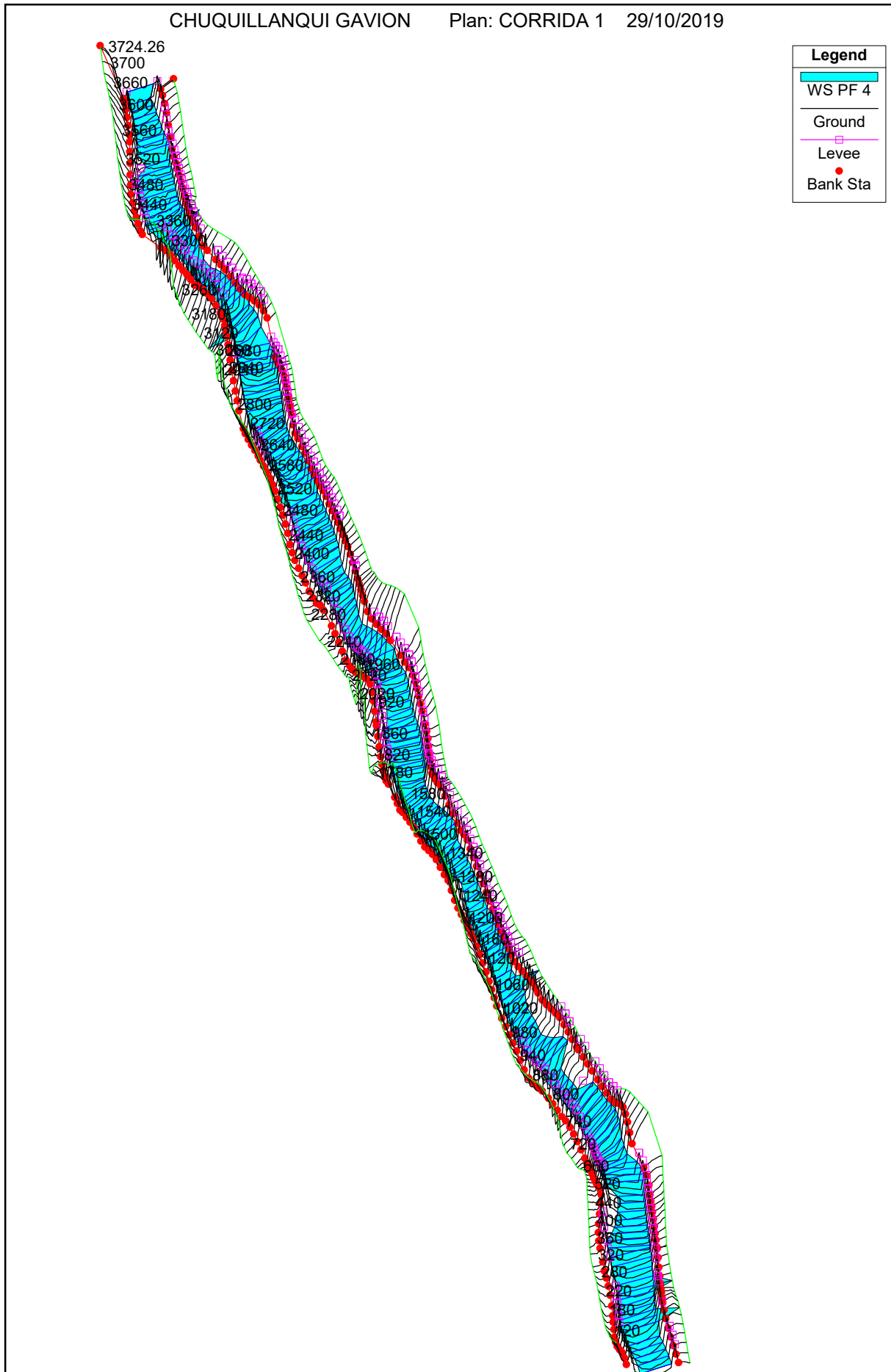
Periodo de retorno 50 años - 376,20 (m3/s)

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



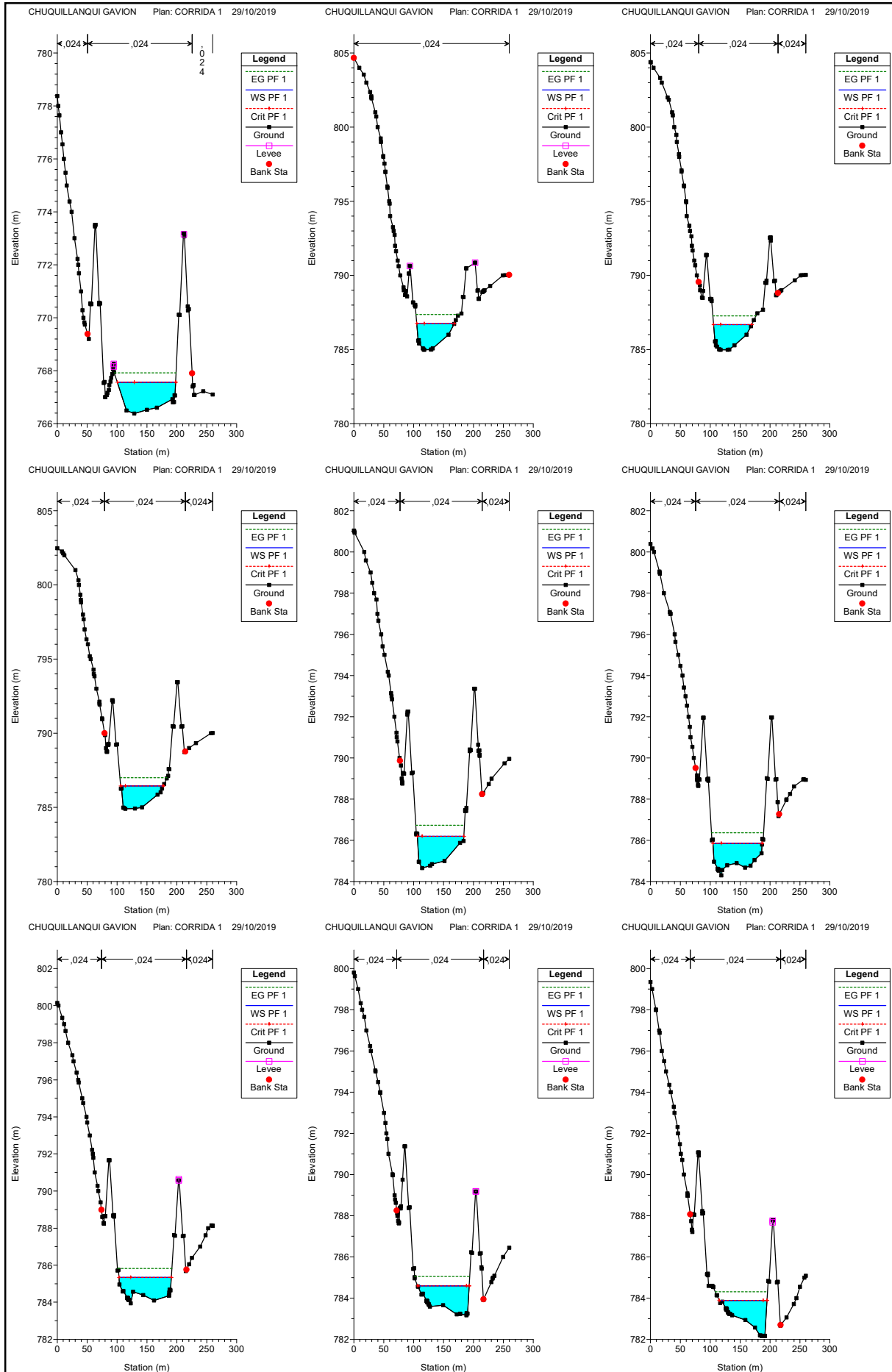
Periodo de retorno 100 años - 503,70 (m3/s)

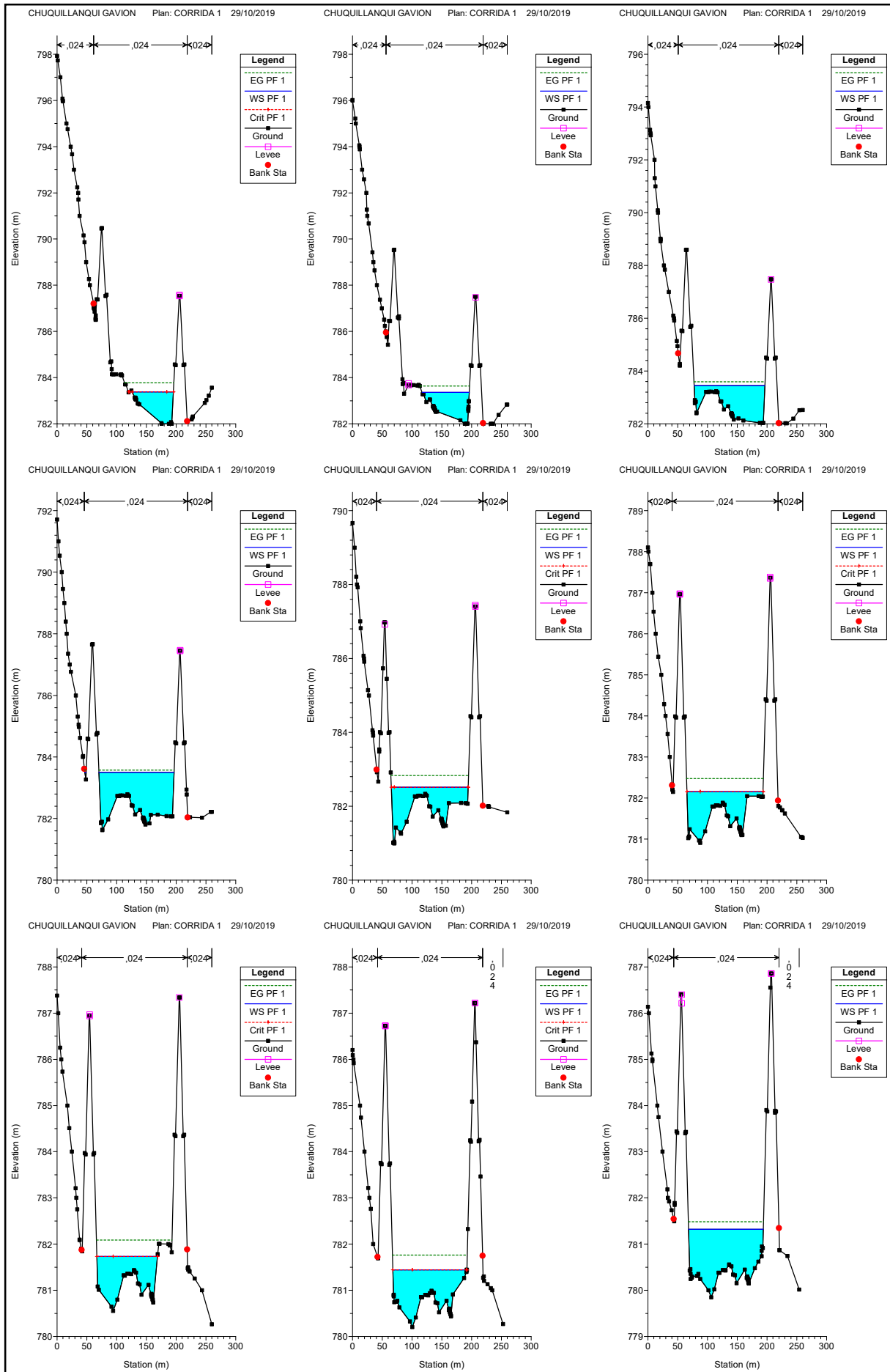
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

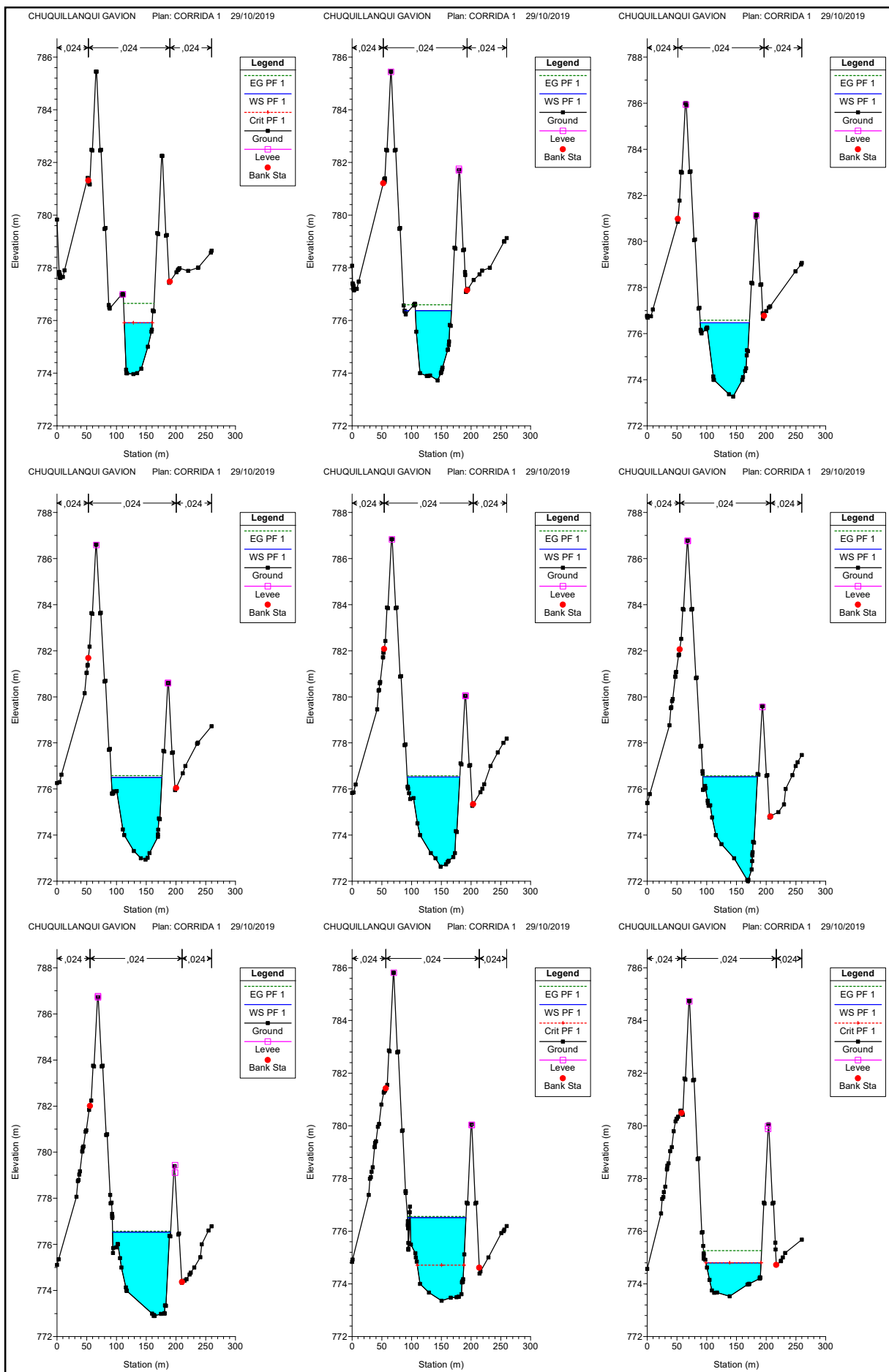


**MODELAMIENTO - CAUCE
MODIFICADO DE SECCIONES DEL
PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE
LIMITA LOS CASERIOS
CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY
ESTRUCTURA DE GAVIONES**

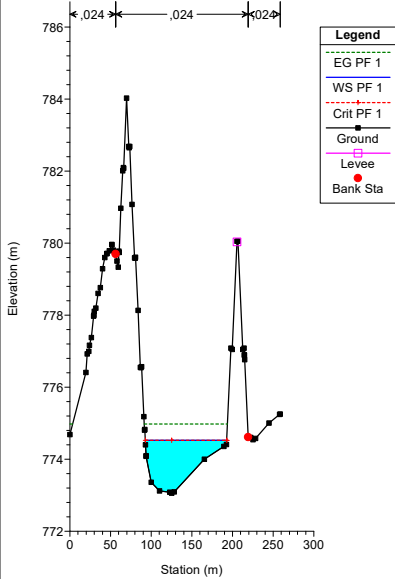
Periodo de retorno 10 años - 265,40 (m3/s)



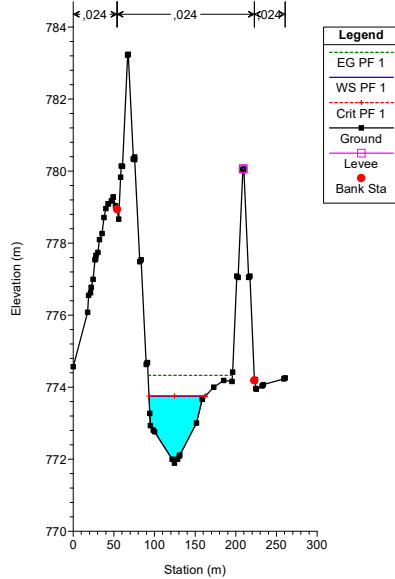




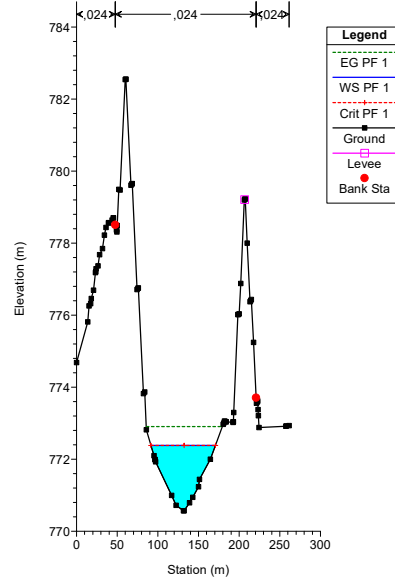
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



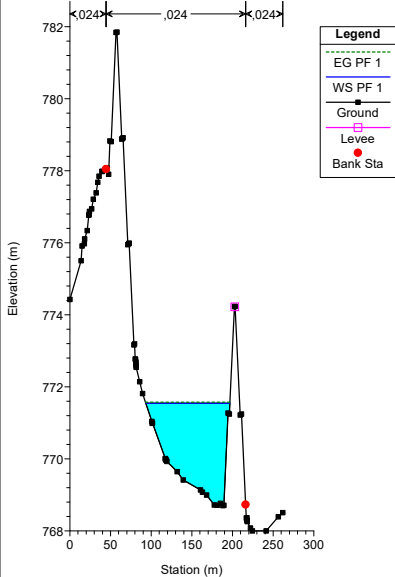
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



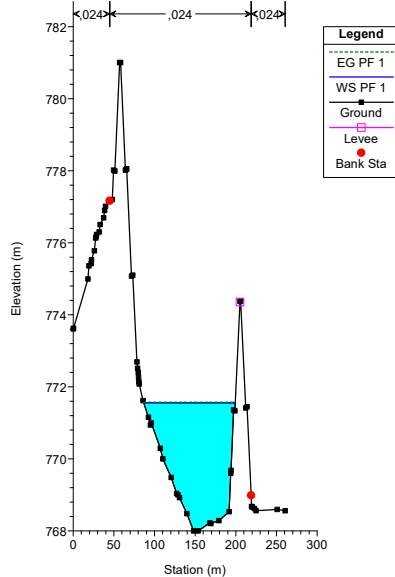
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



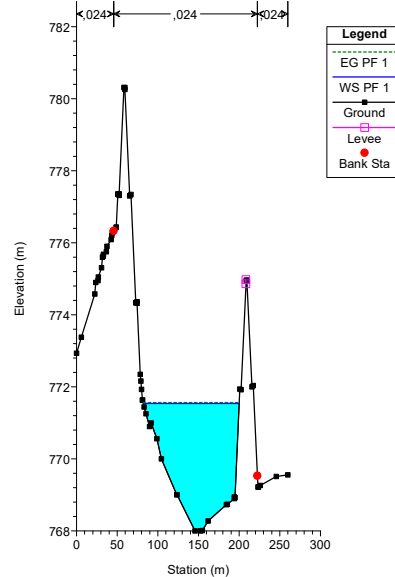
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



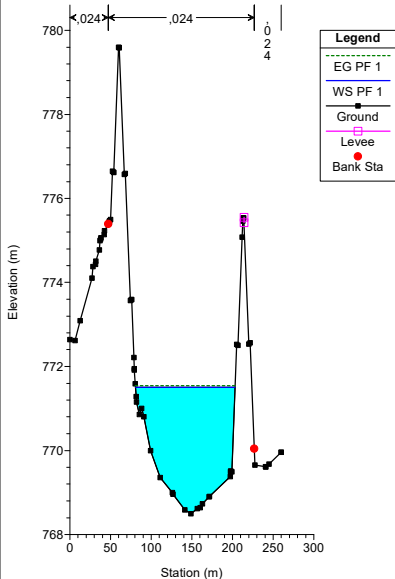
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



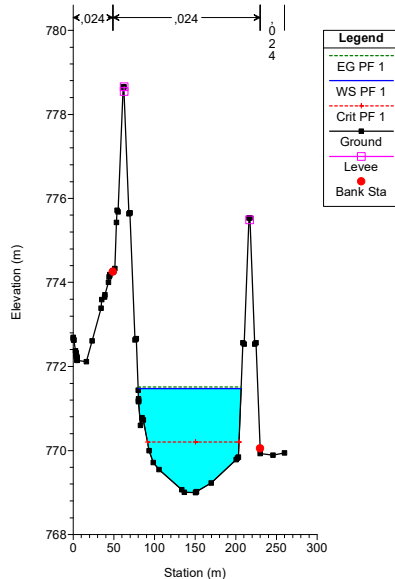
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



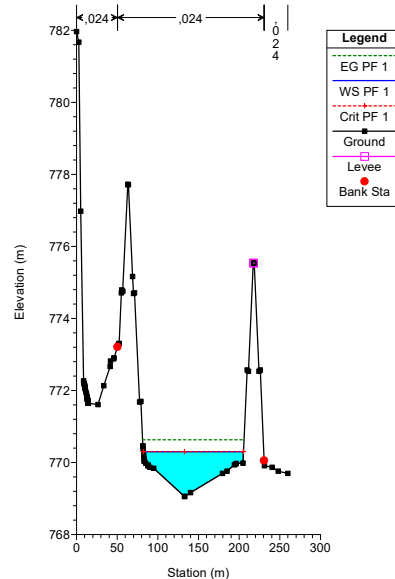
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

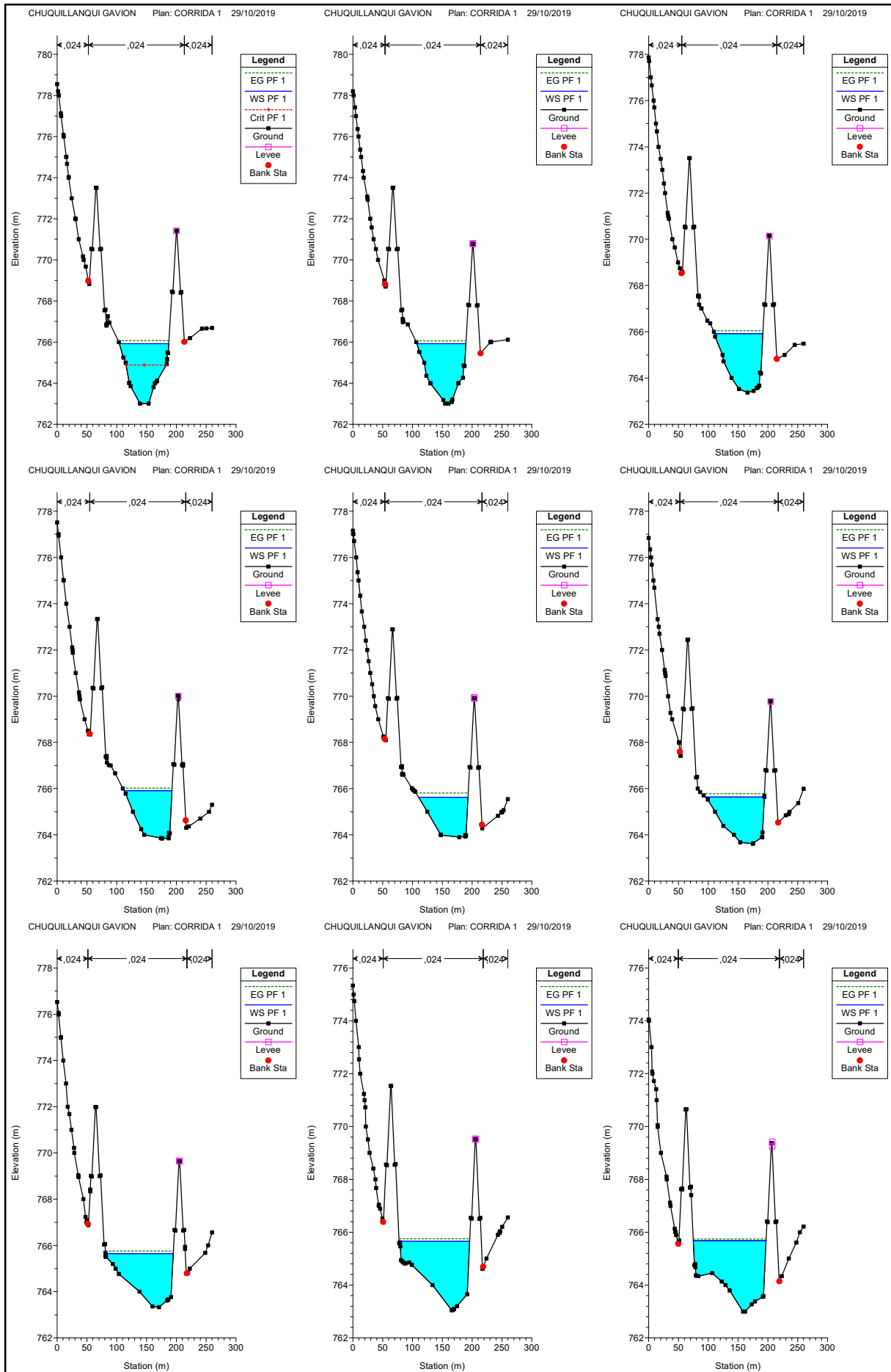


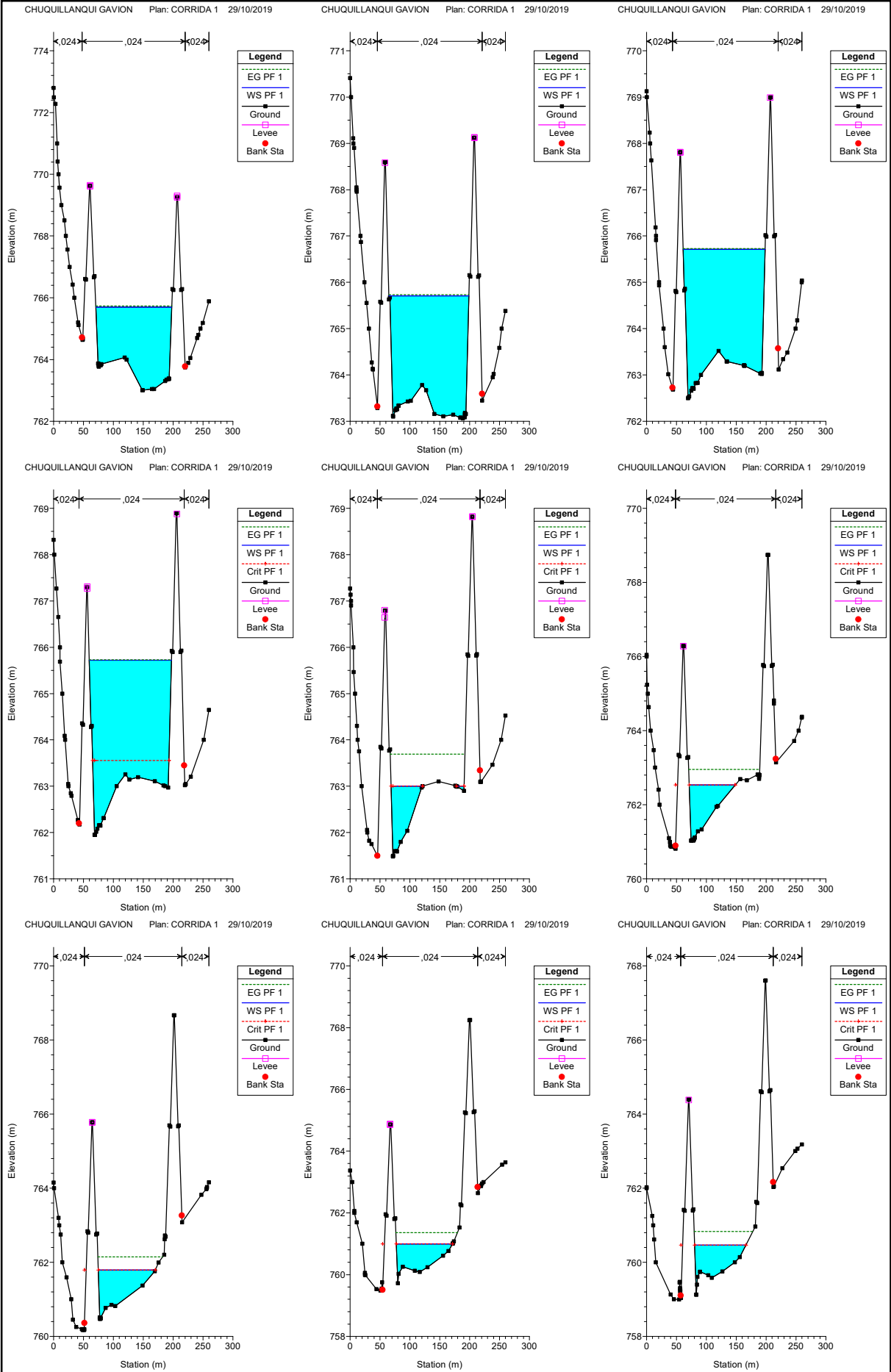
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

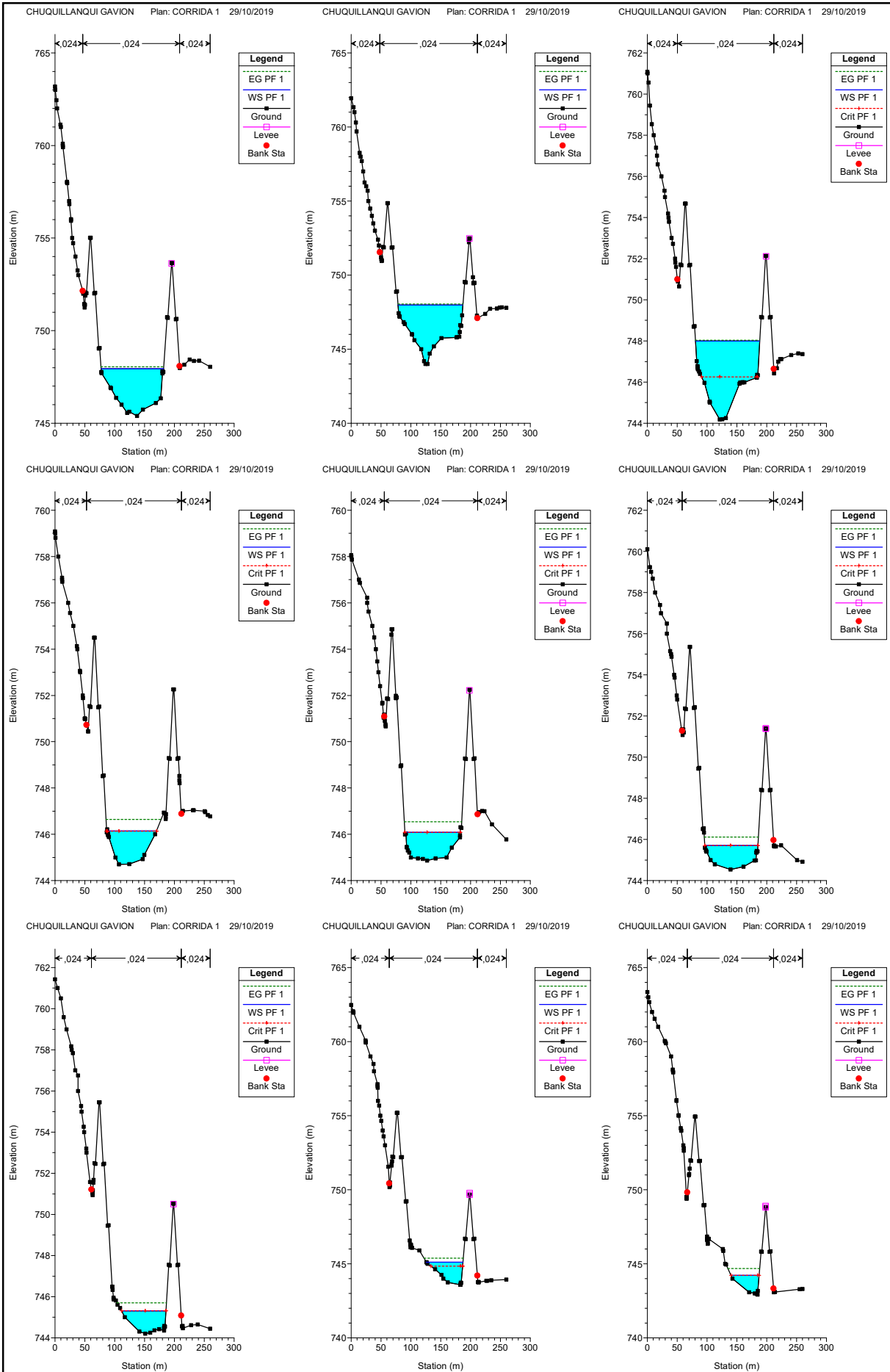


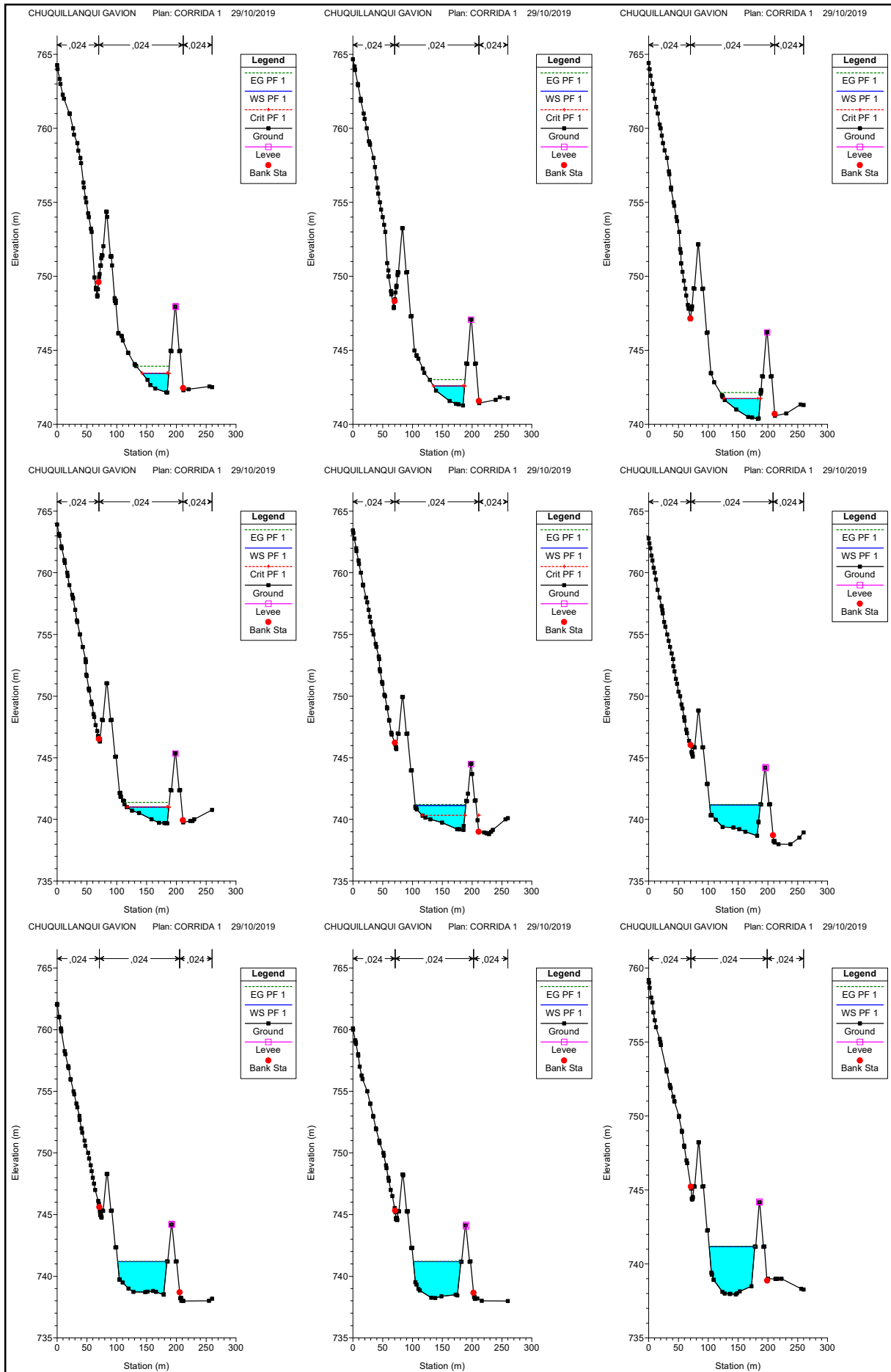
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

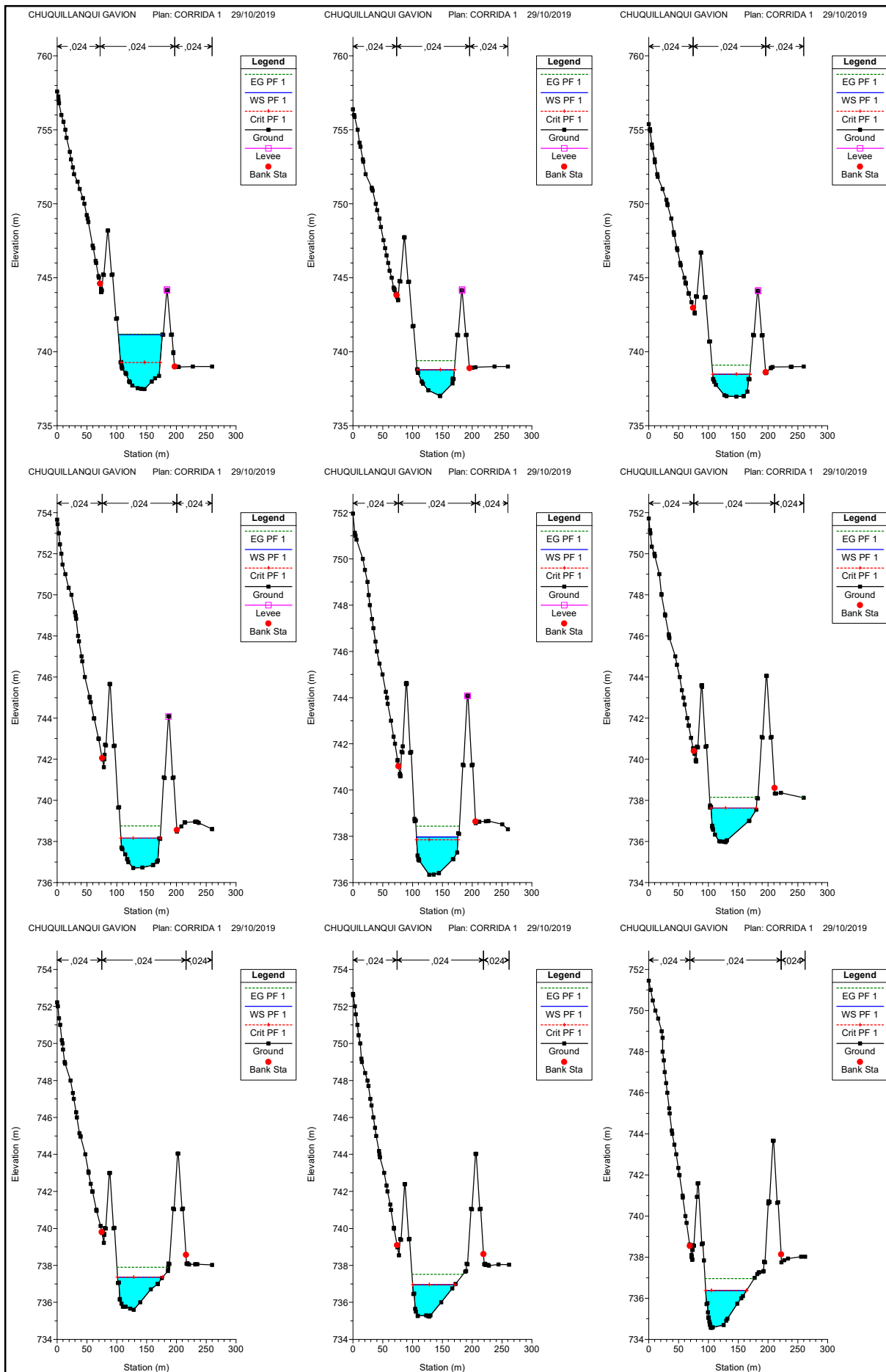


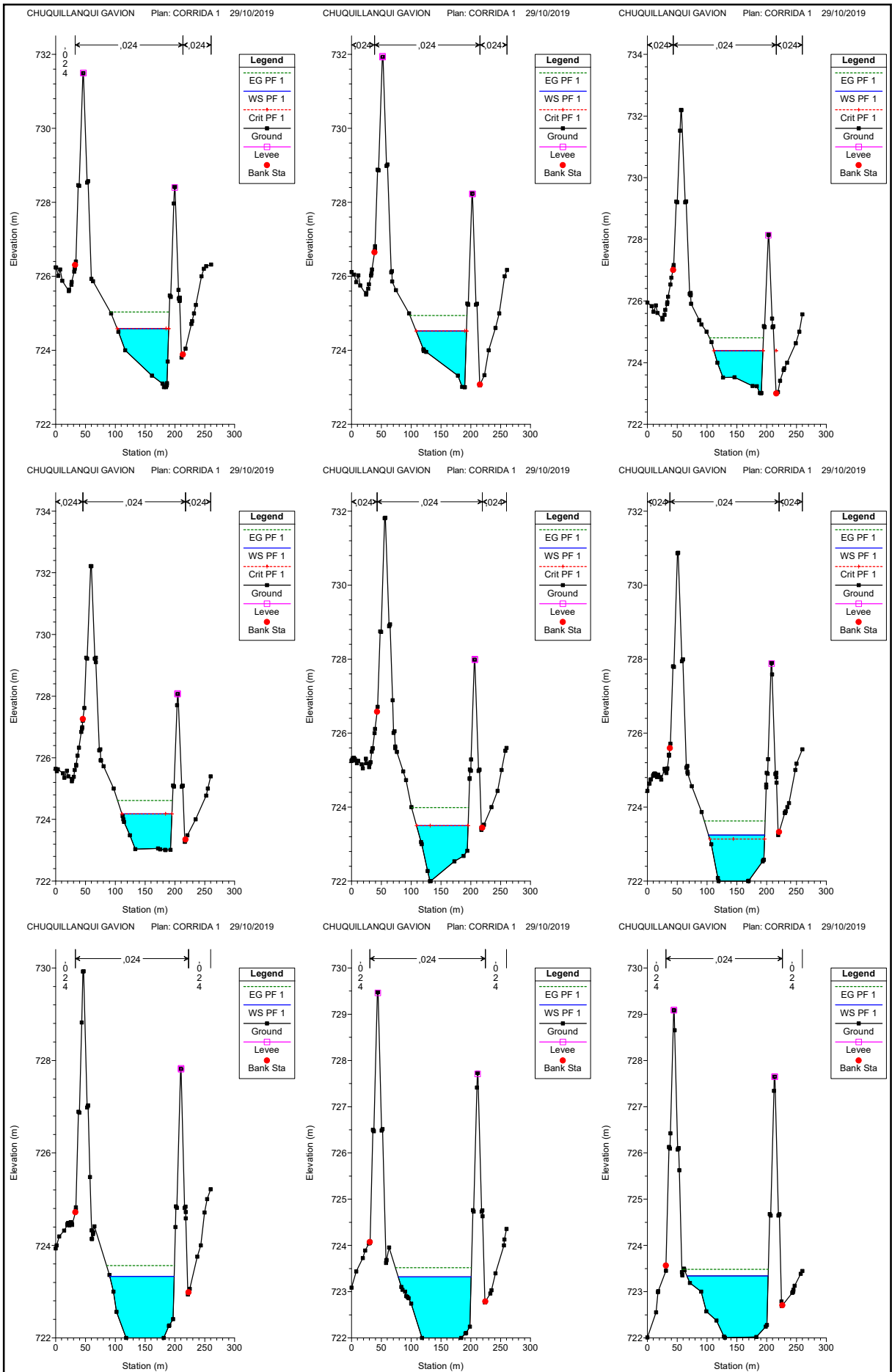


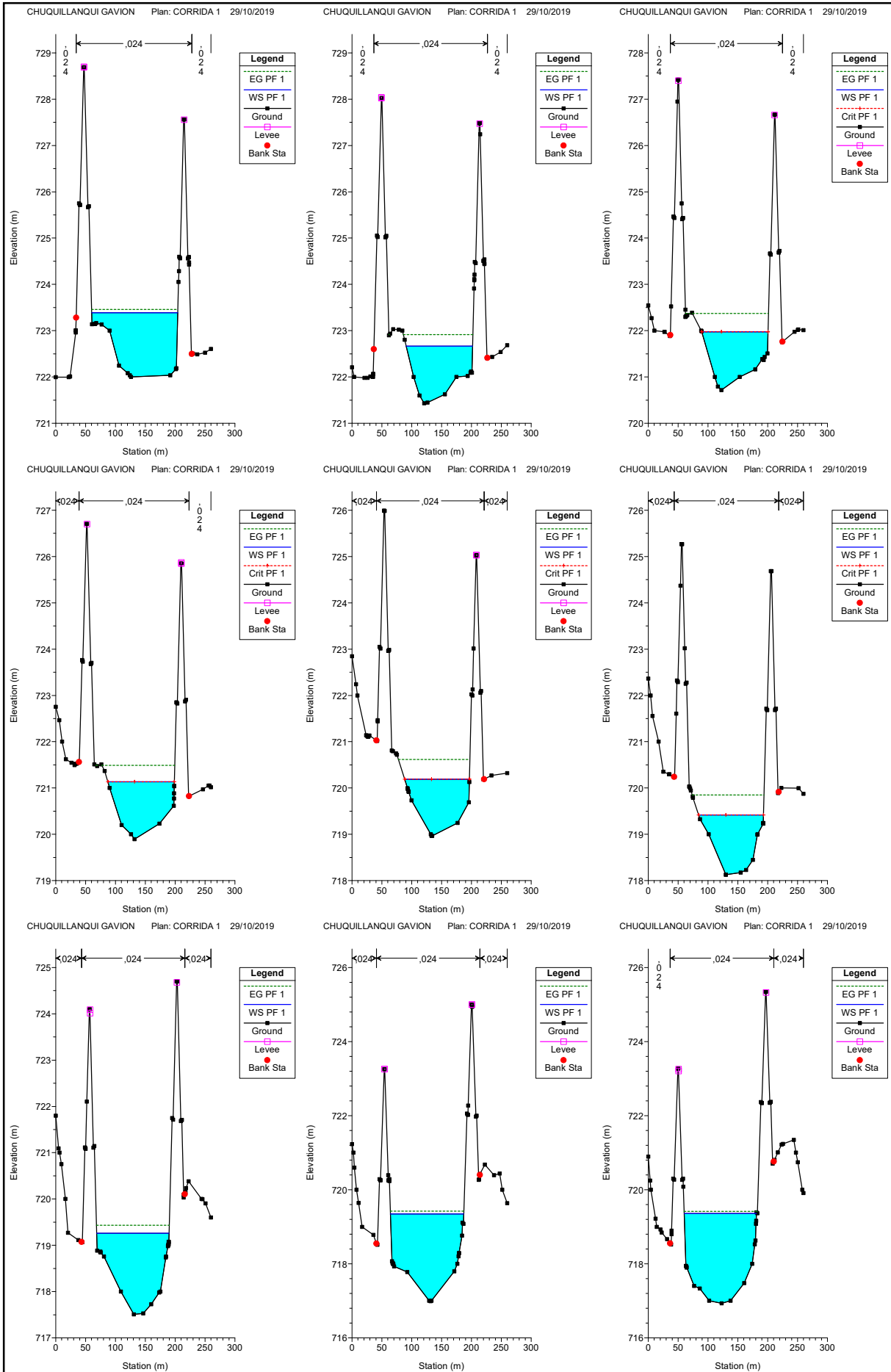




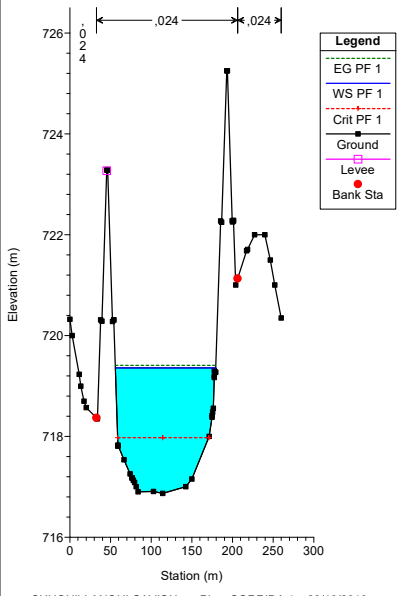




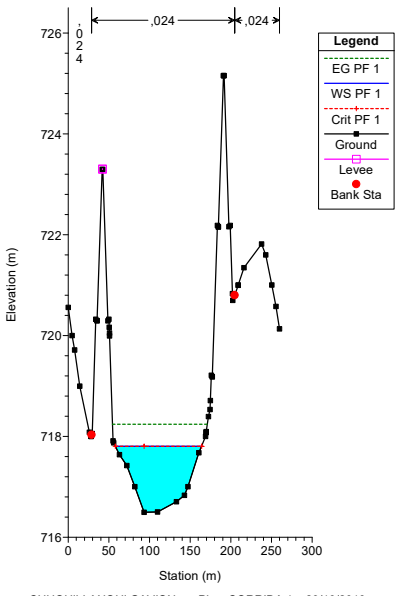




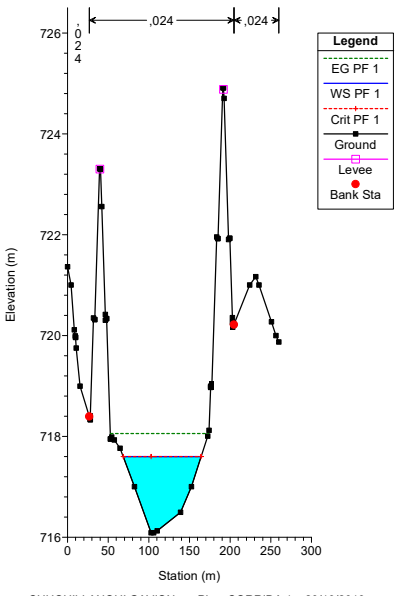
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



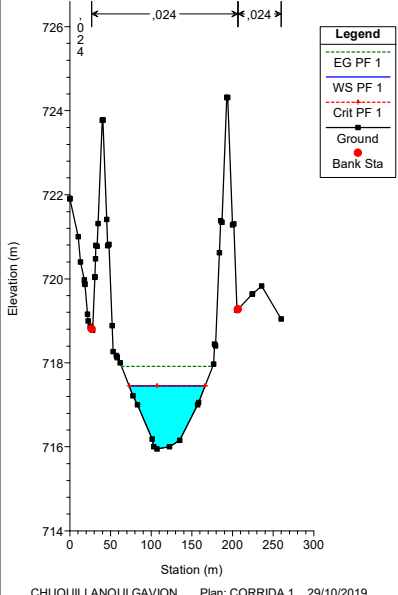
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



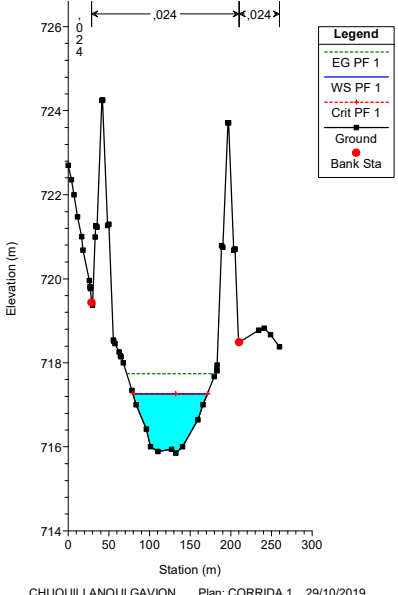
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



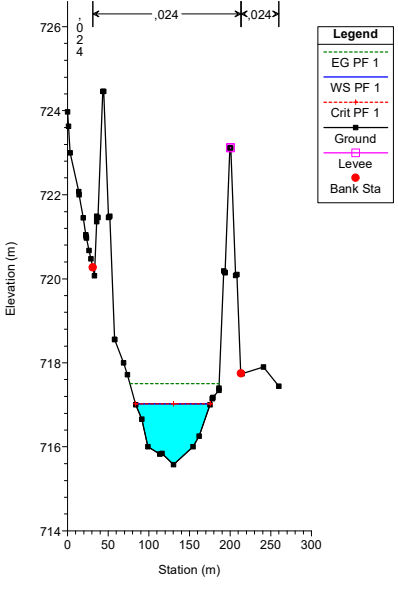
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



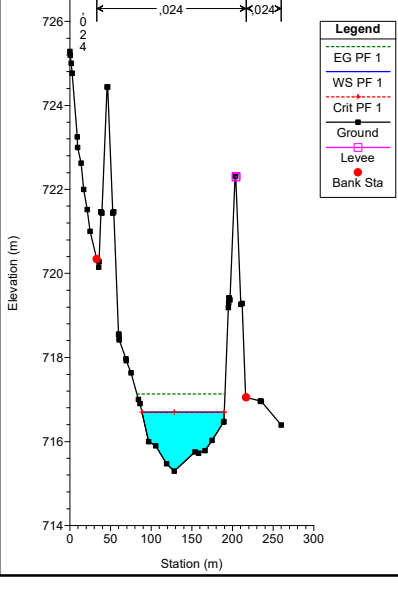
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



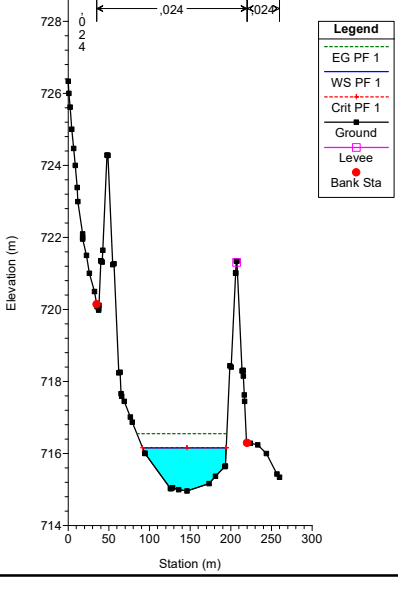
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



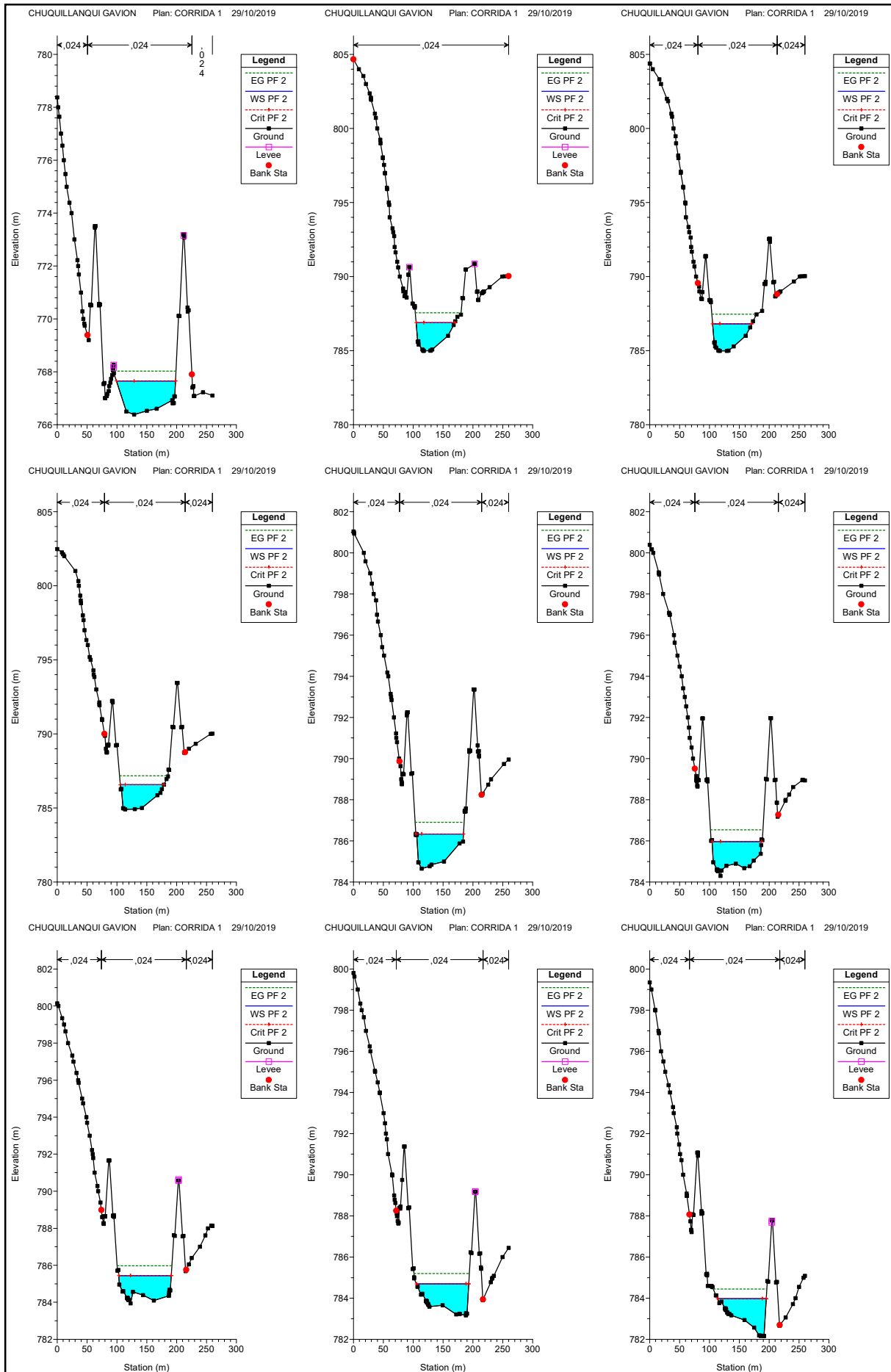
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

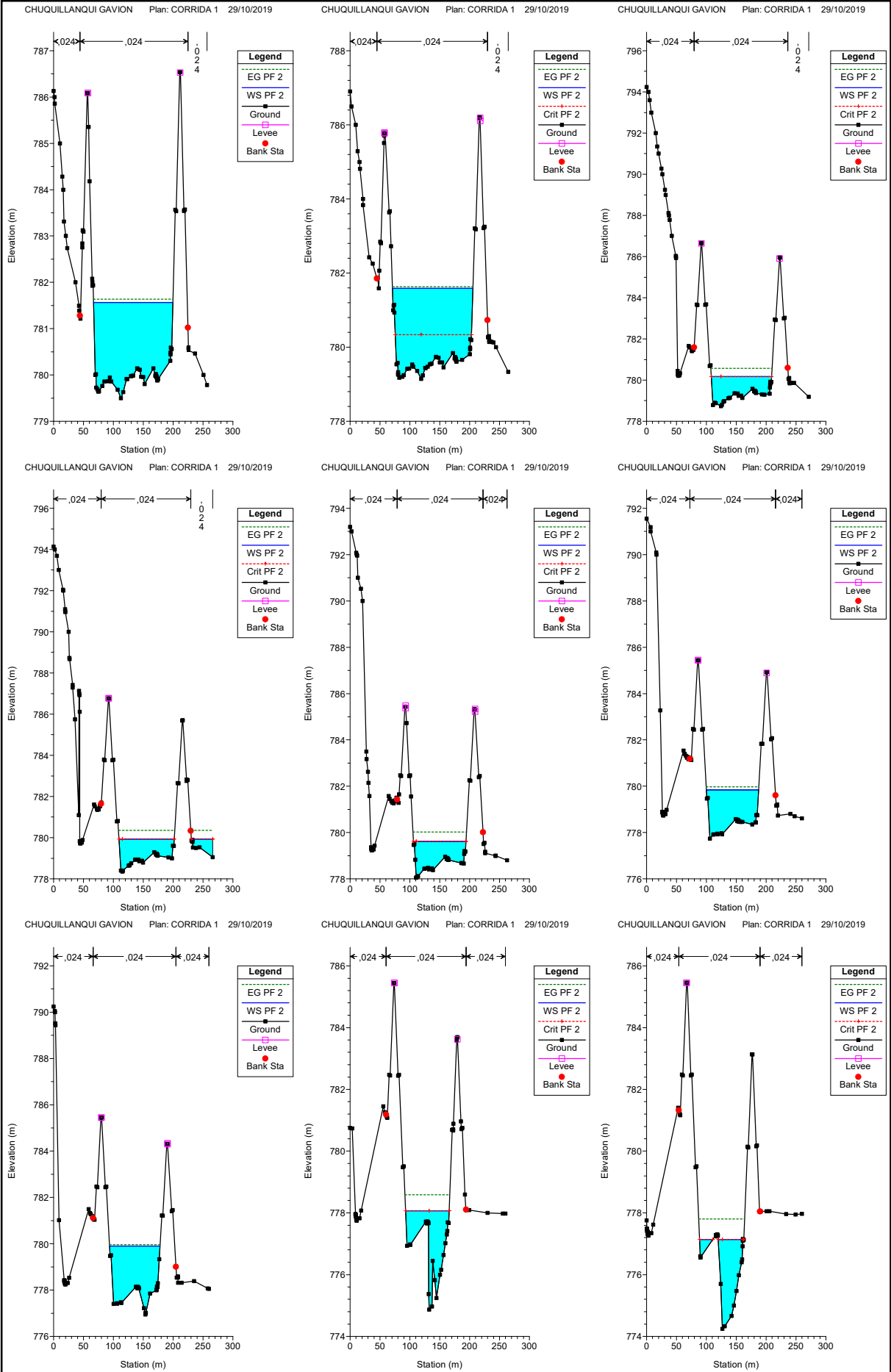


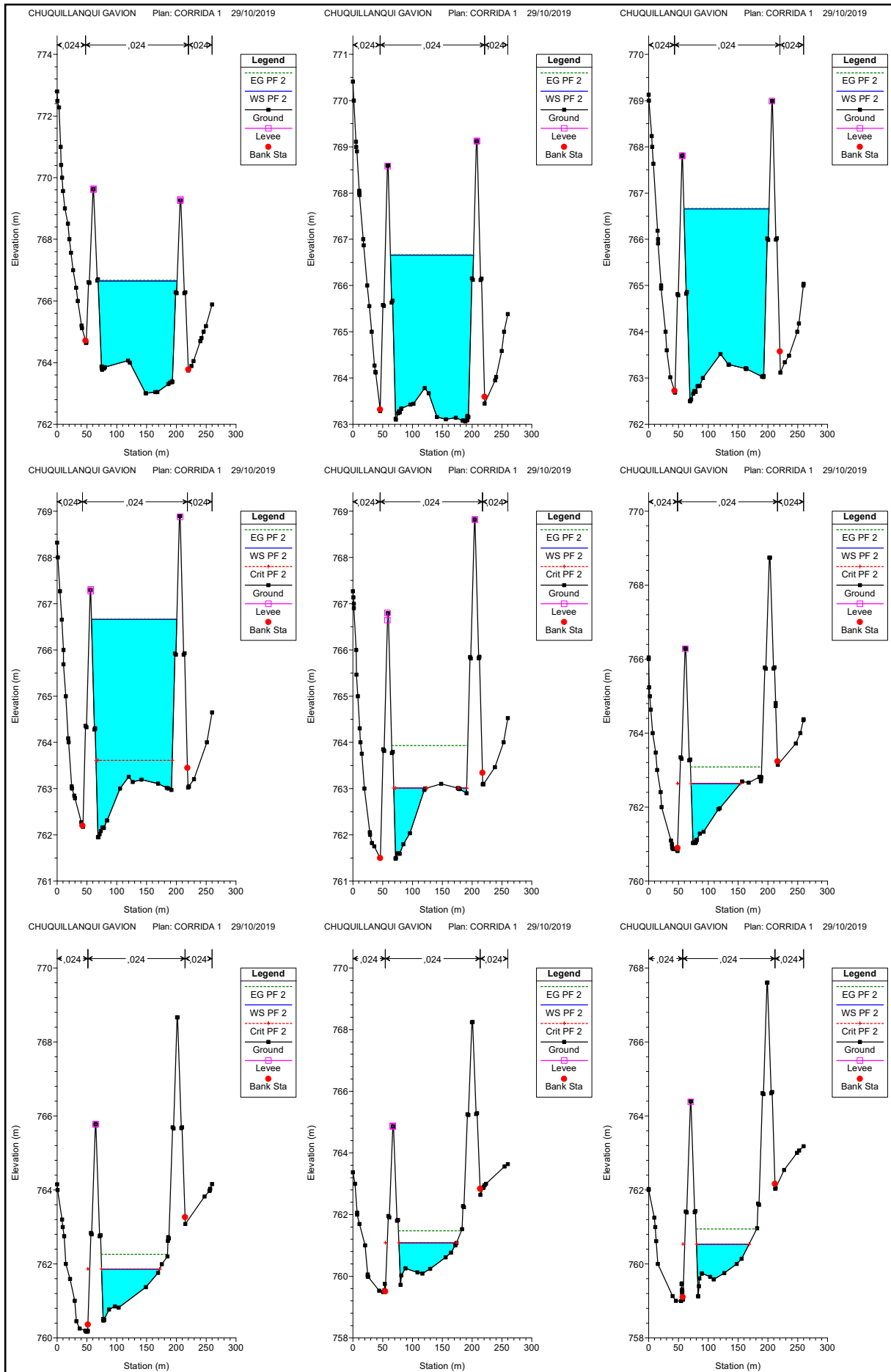
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

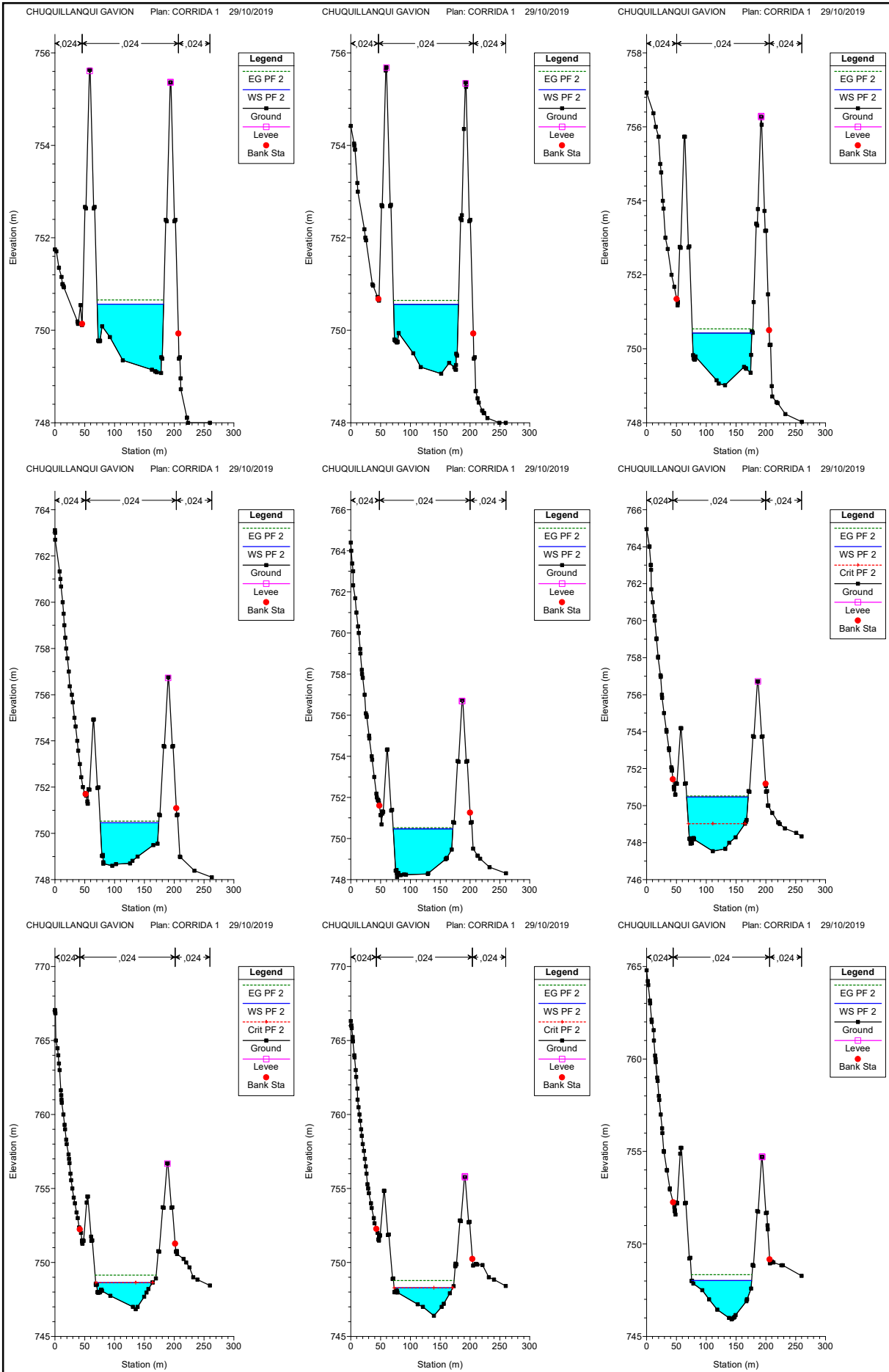


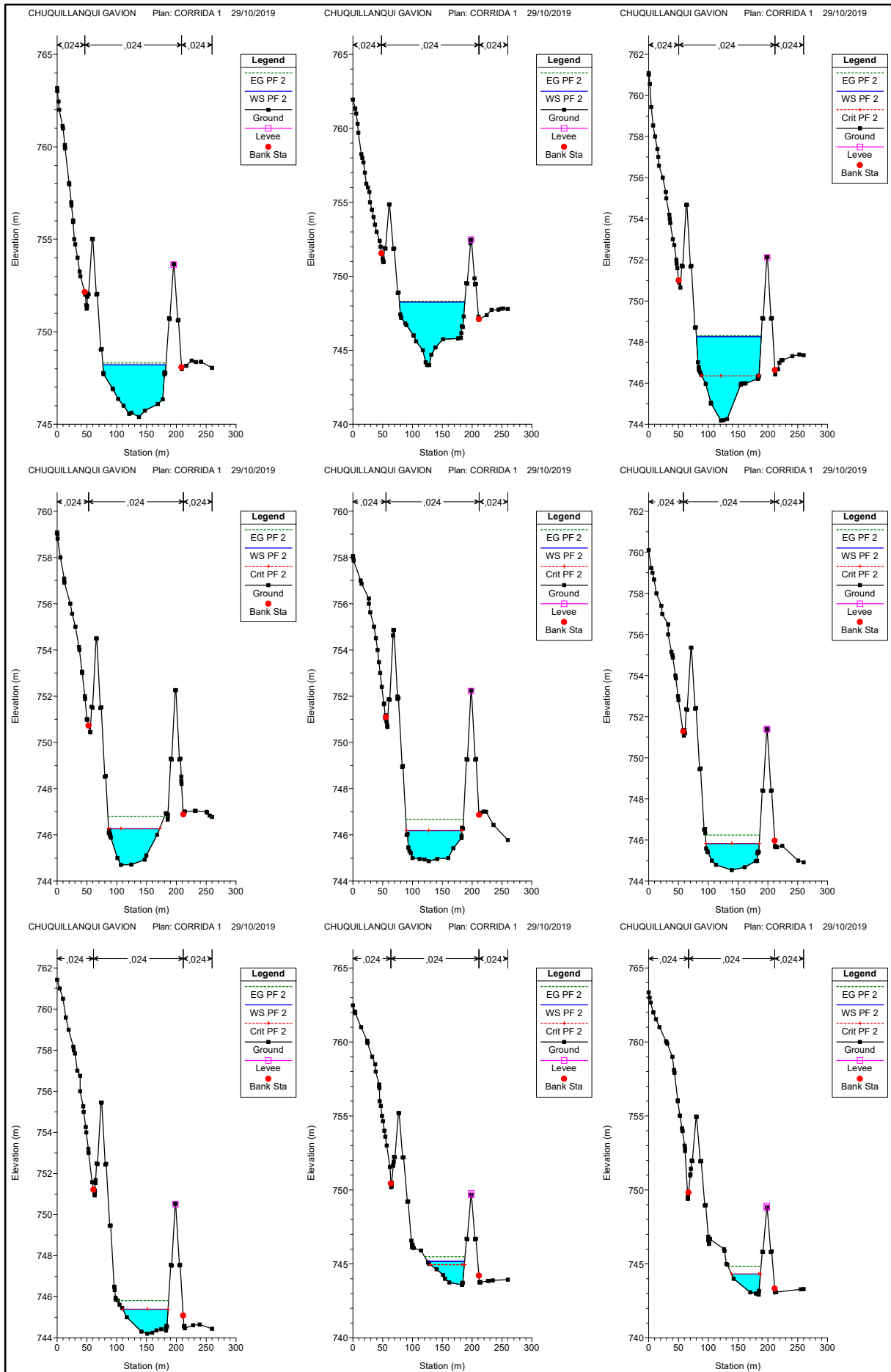
Periodo de retorno 25 años - 308,20 (m3/s)

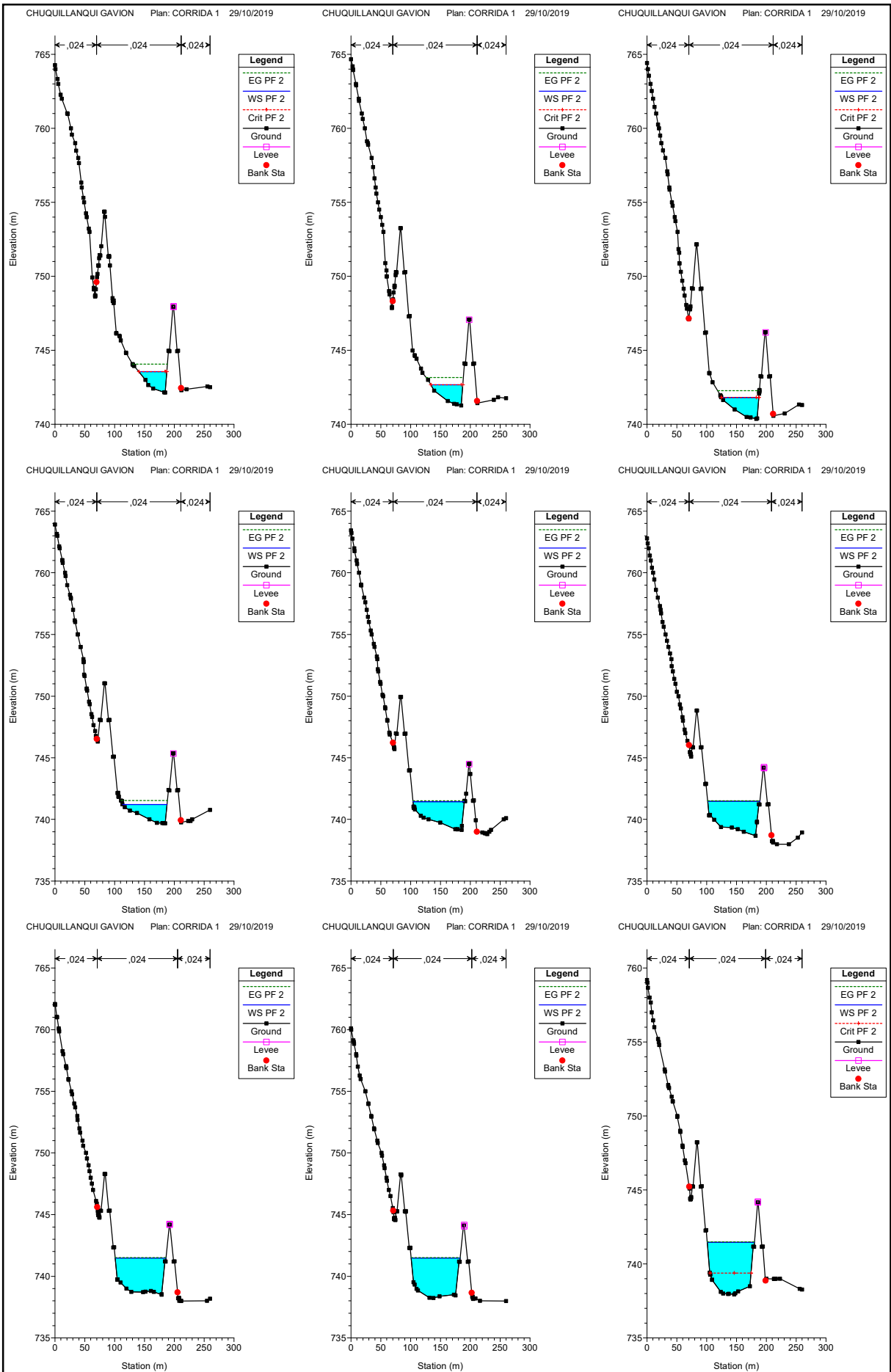


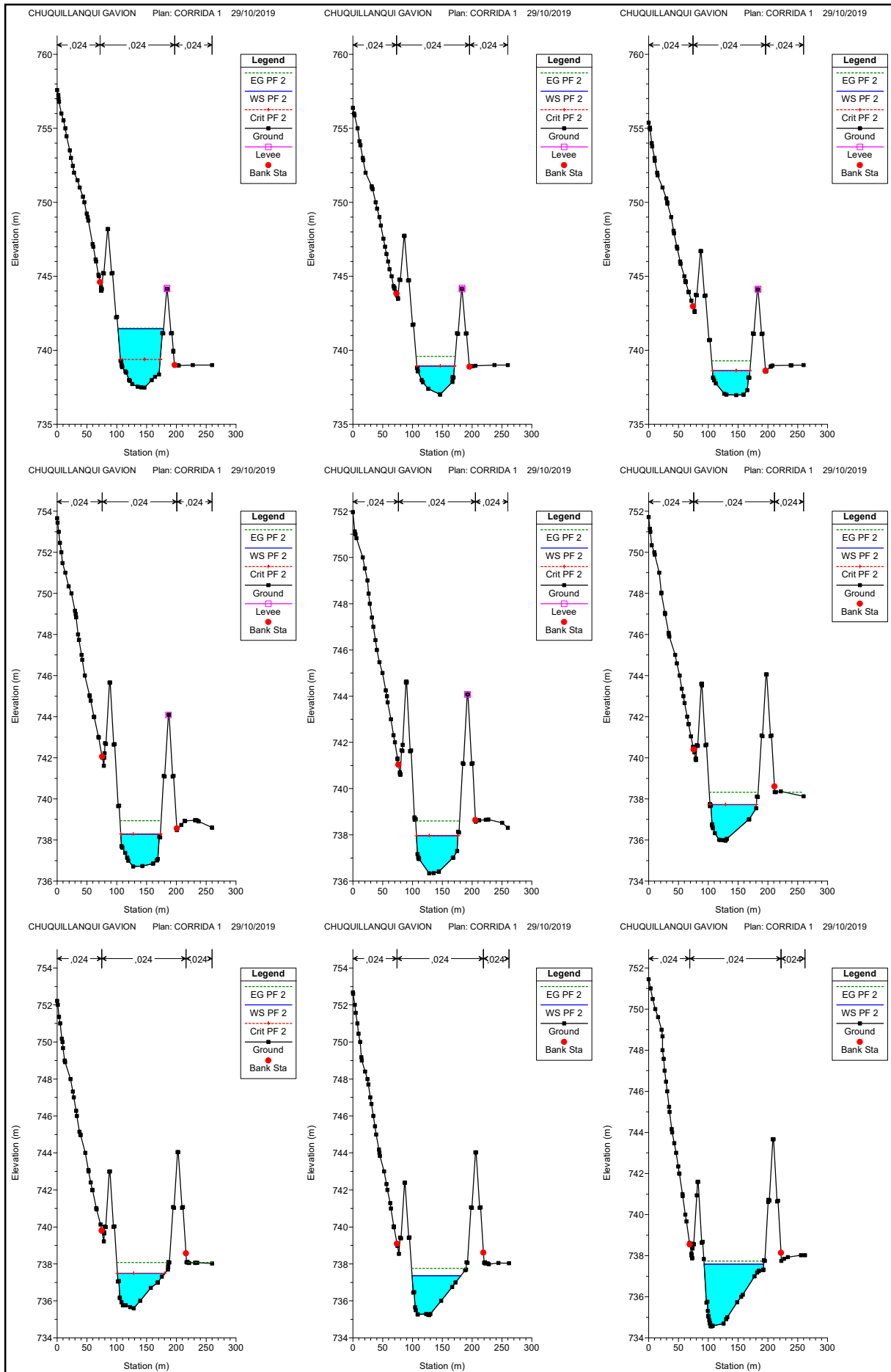


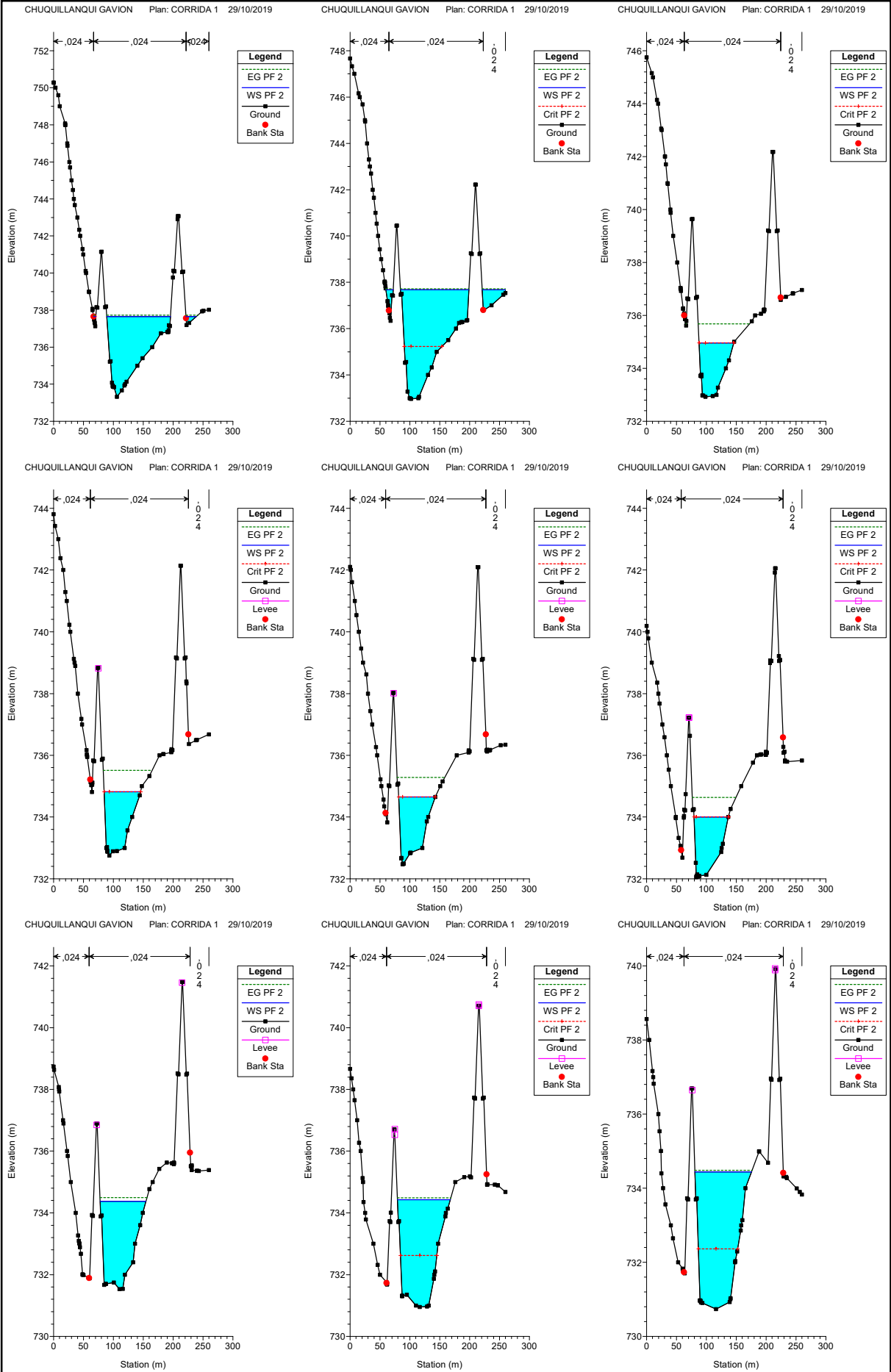


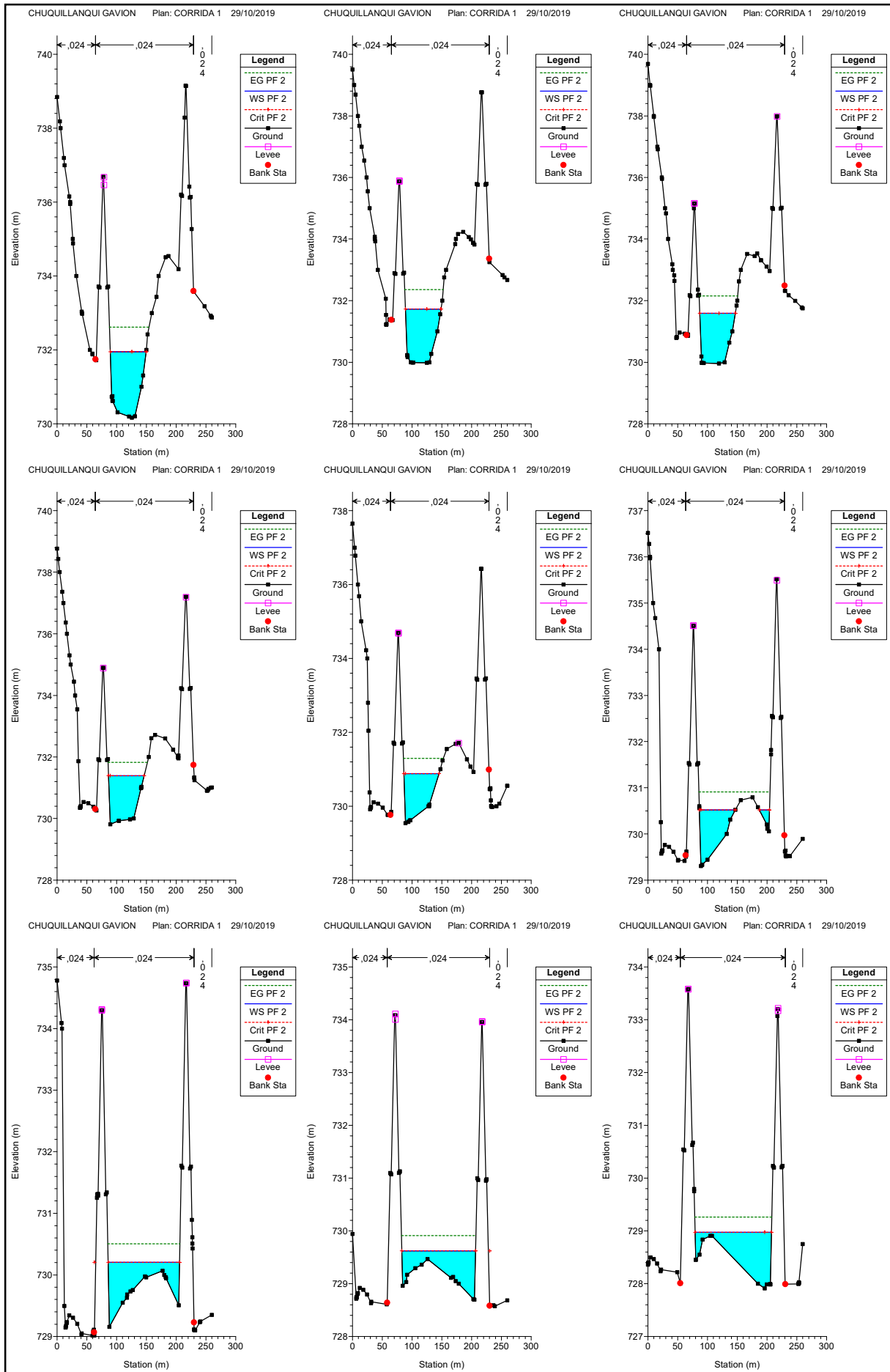


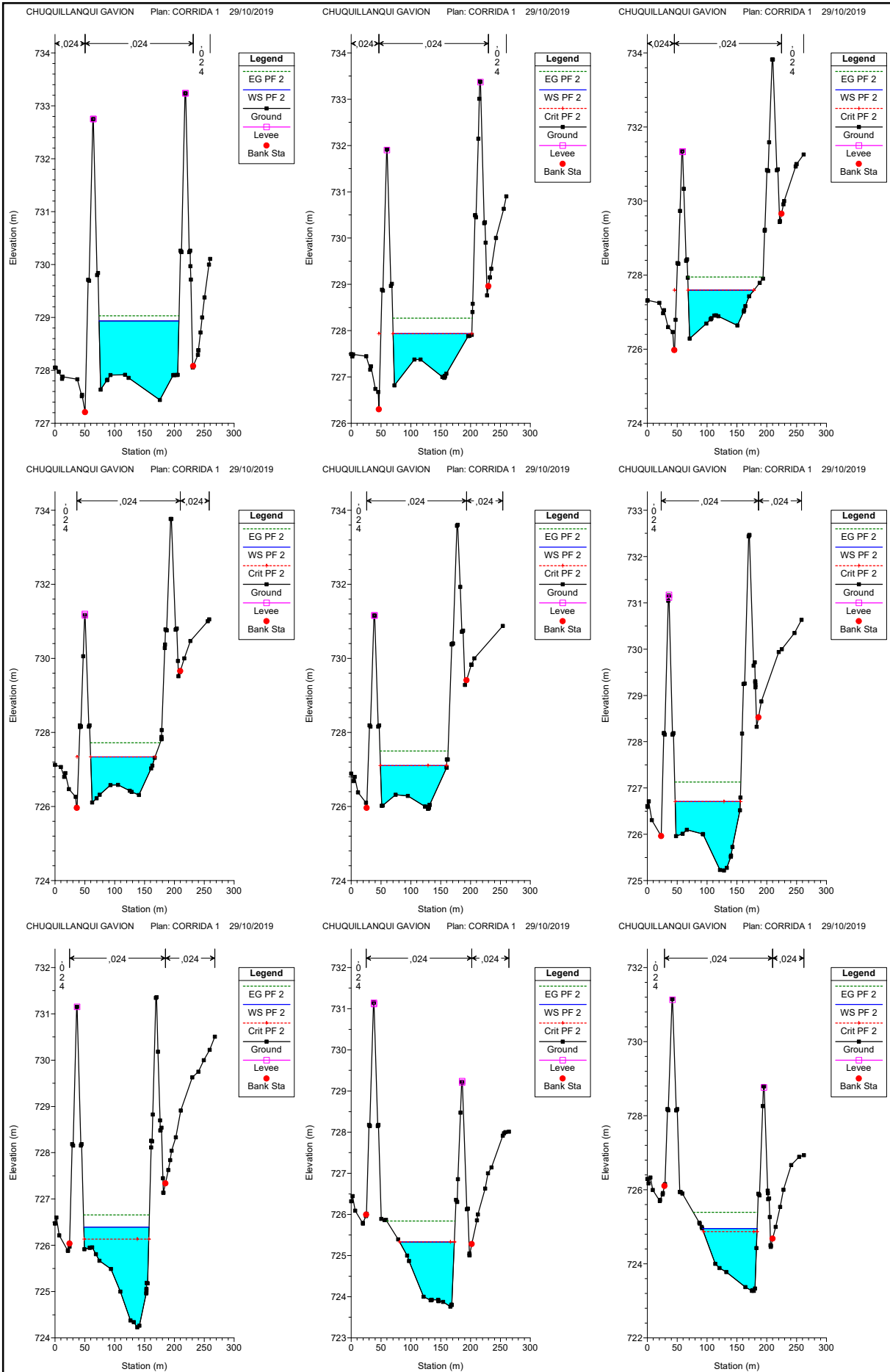


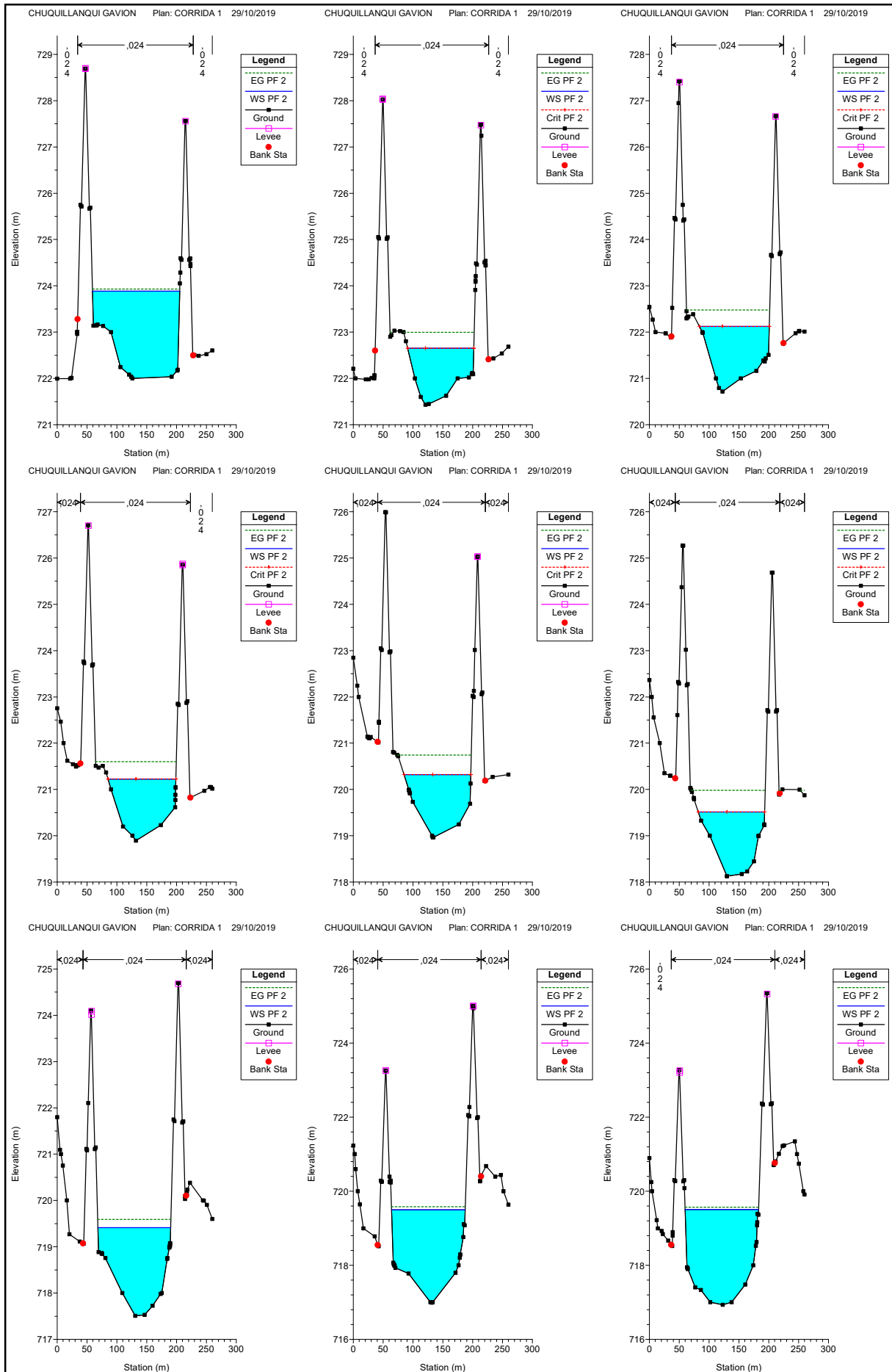




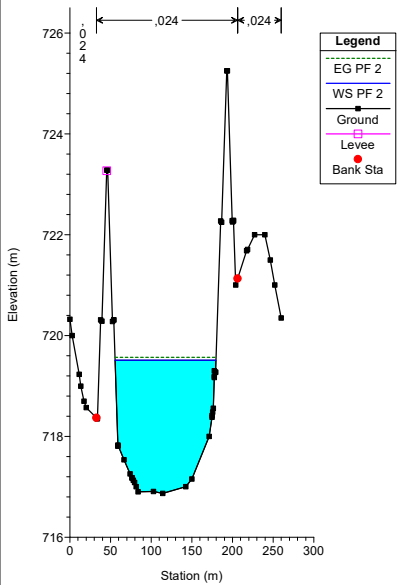




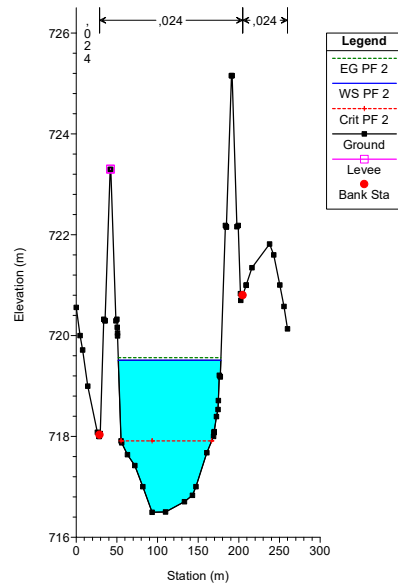




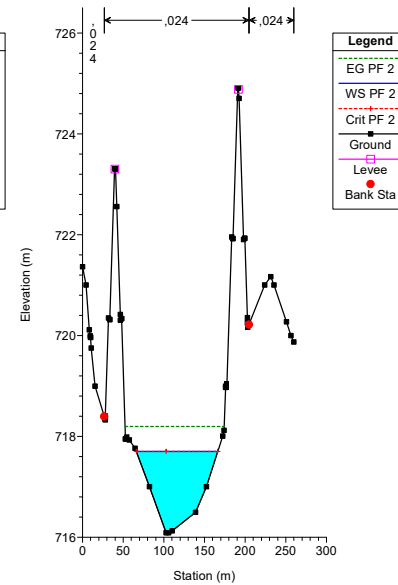
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



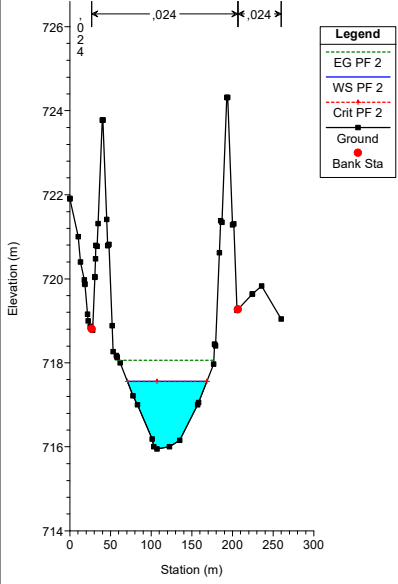
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



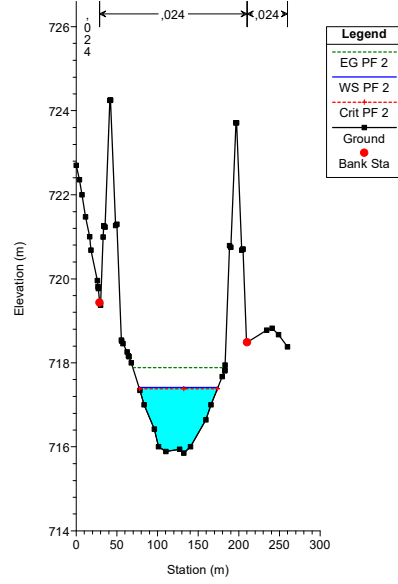
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



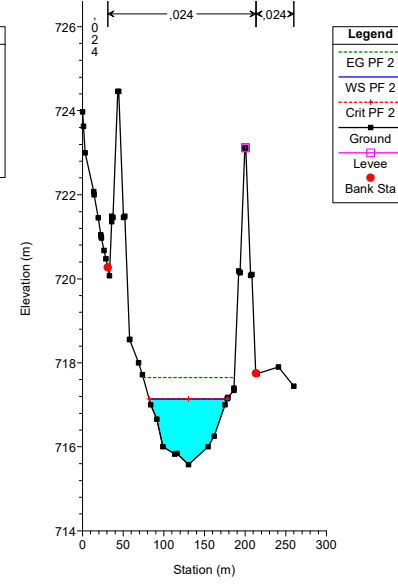
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



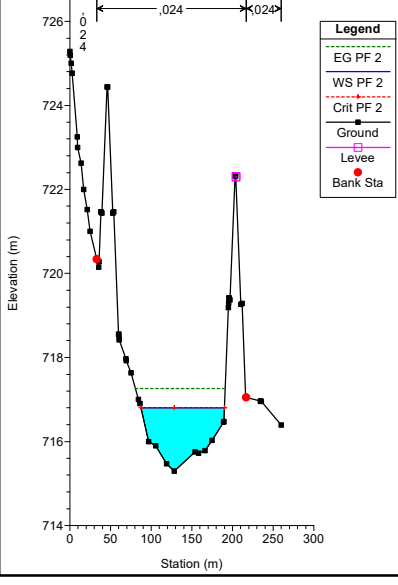
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



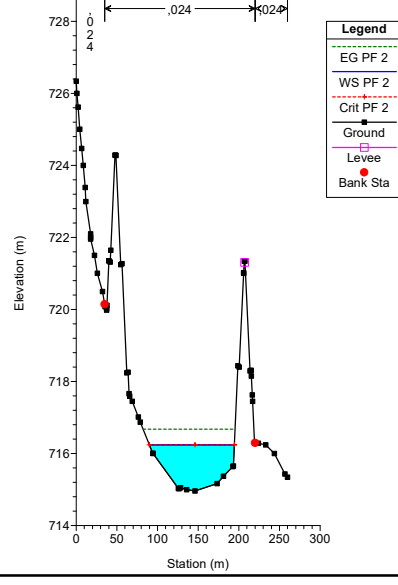
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



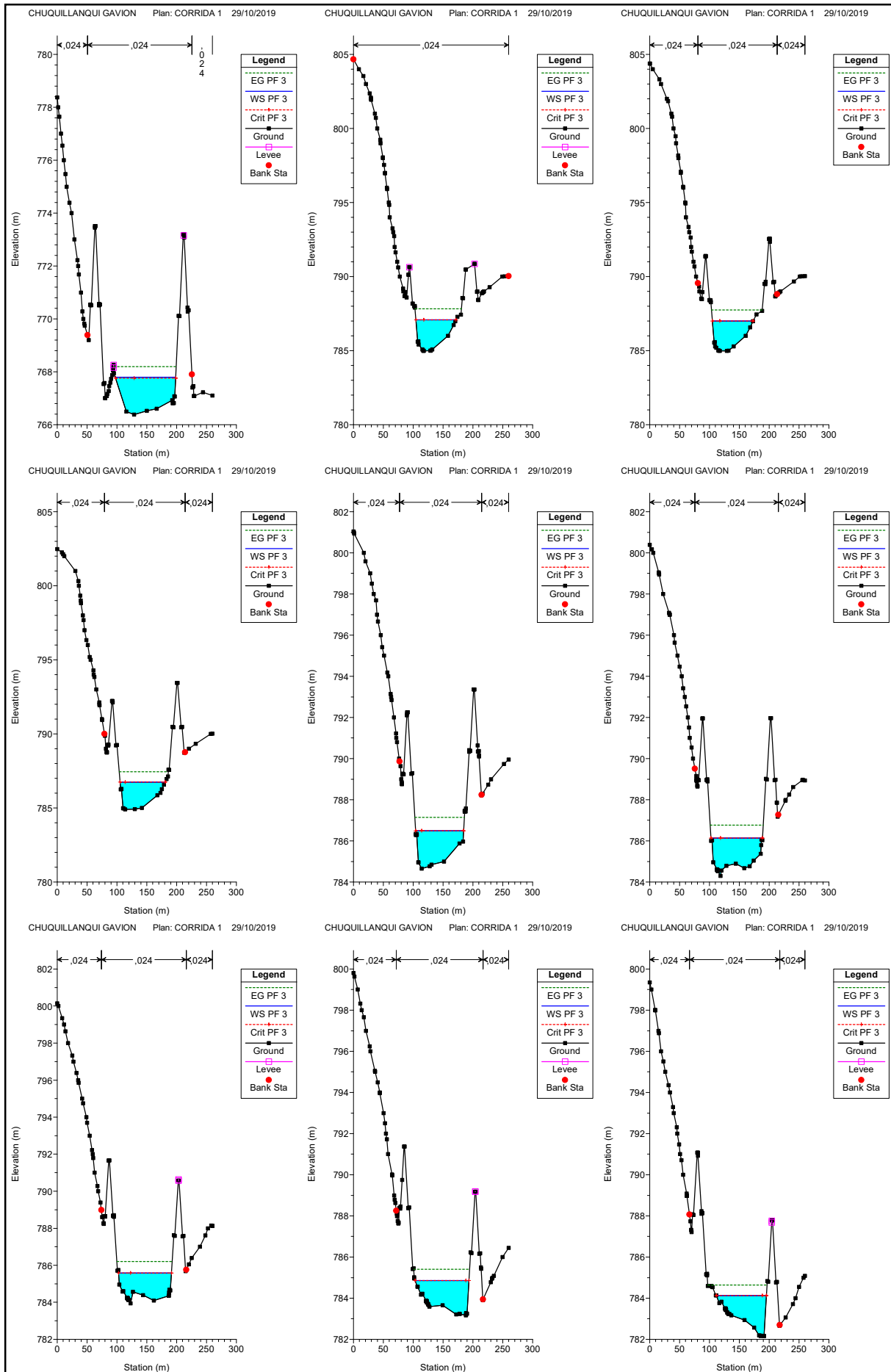
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

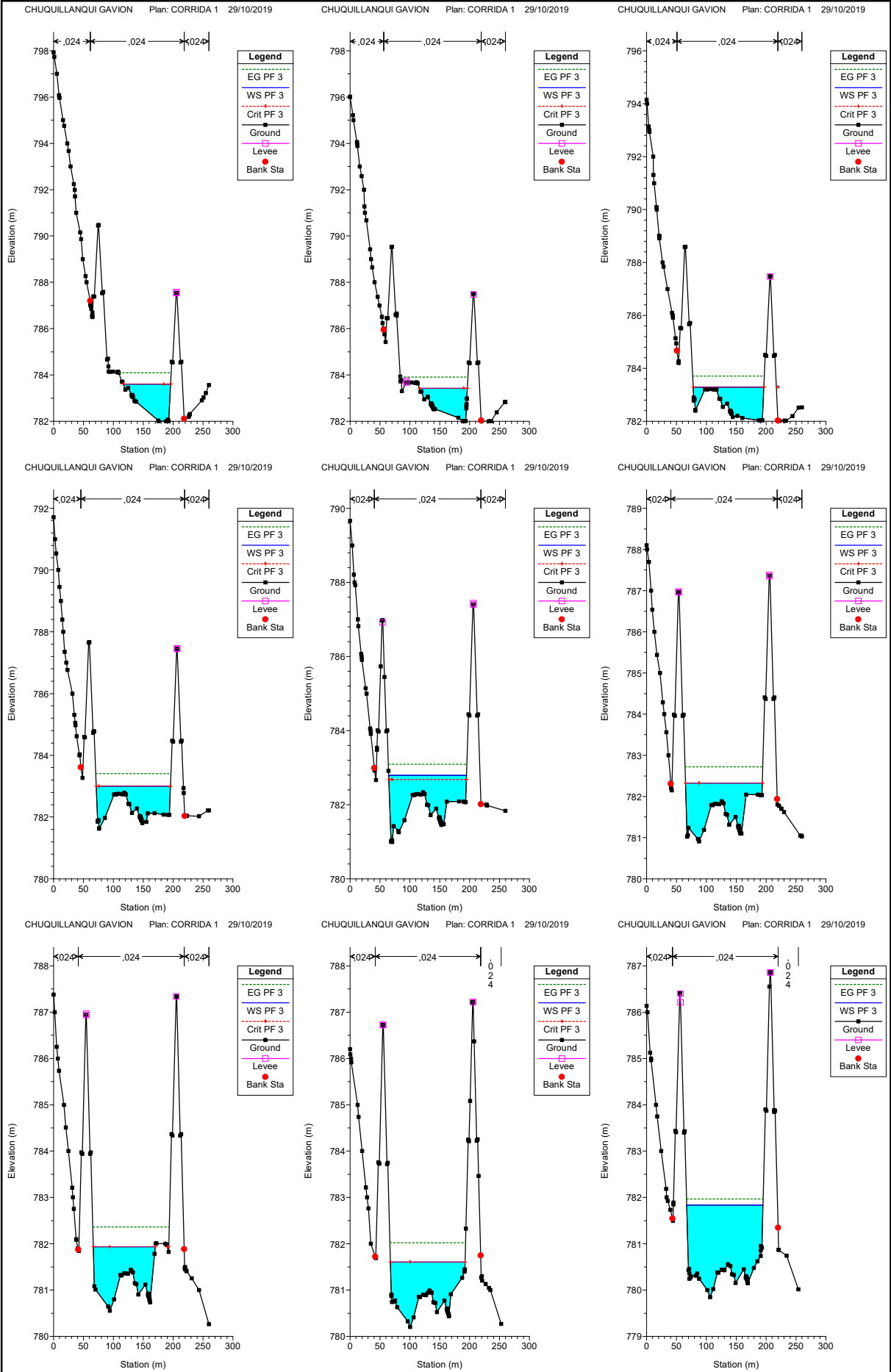


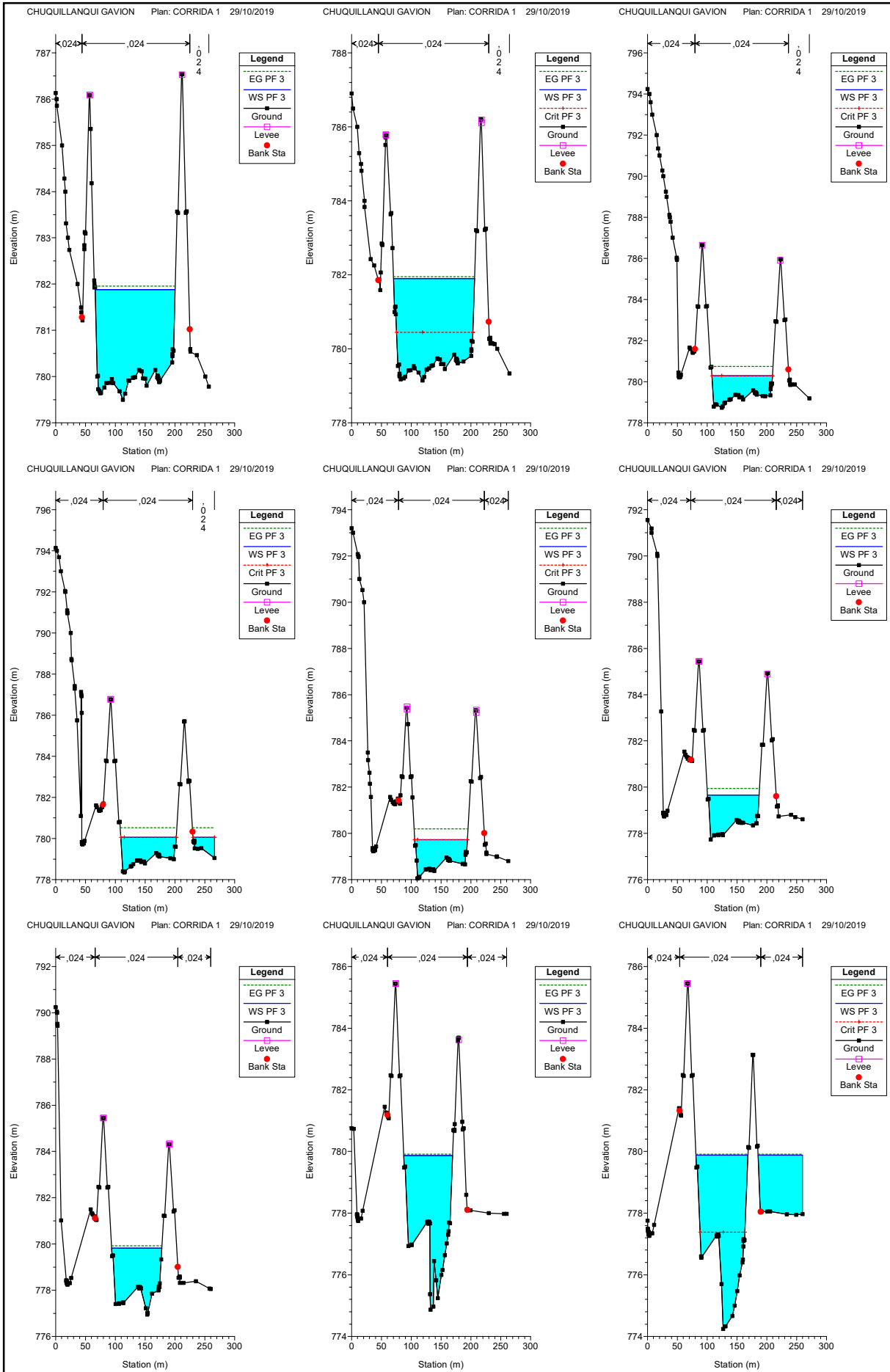
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

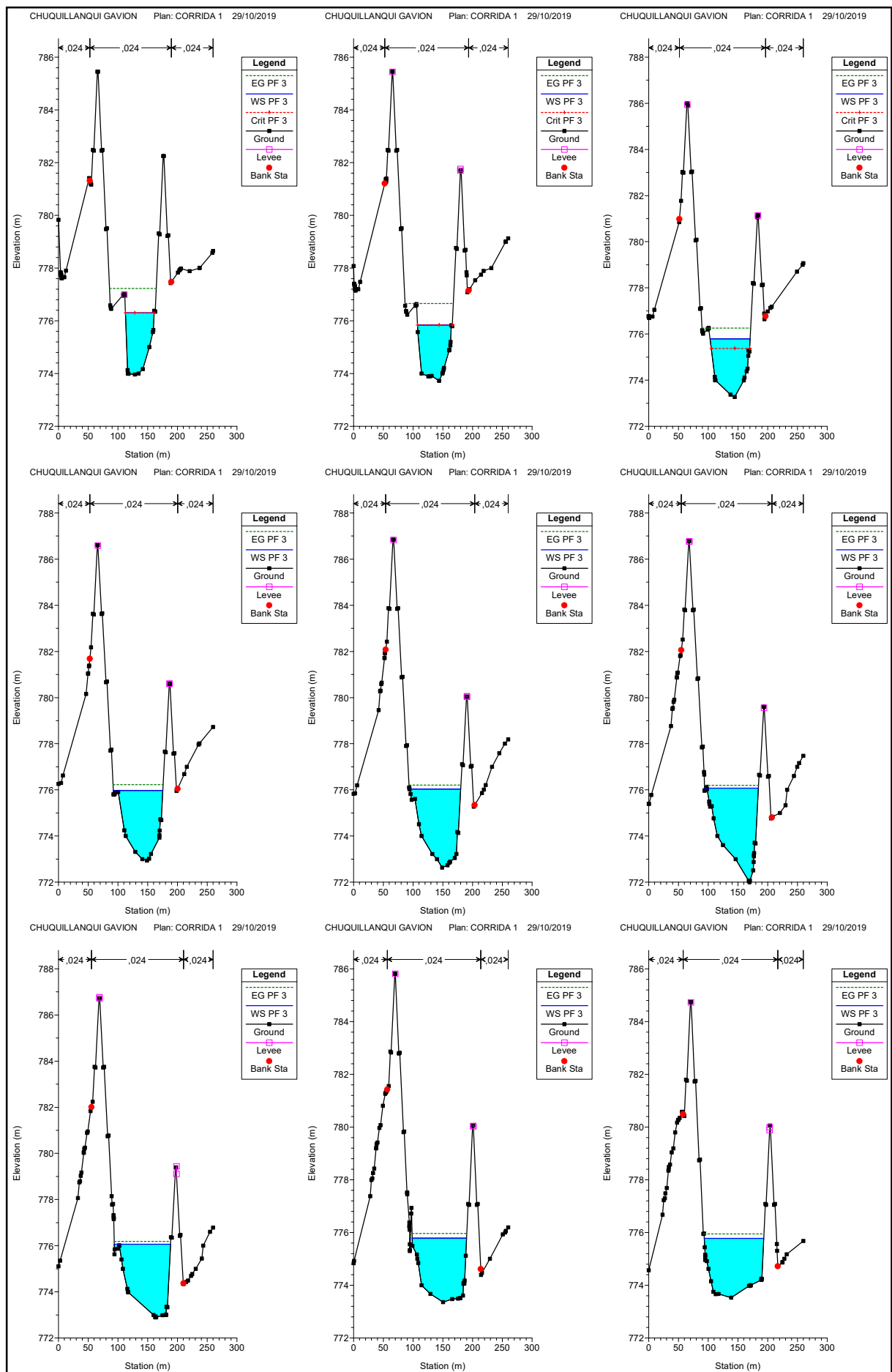


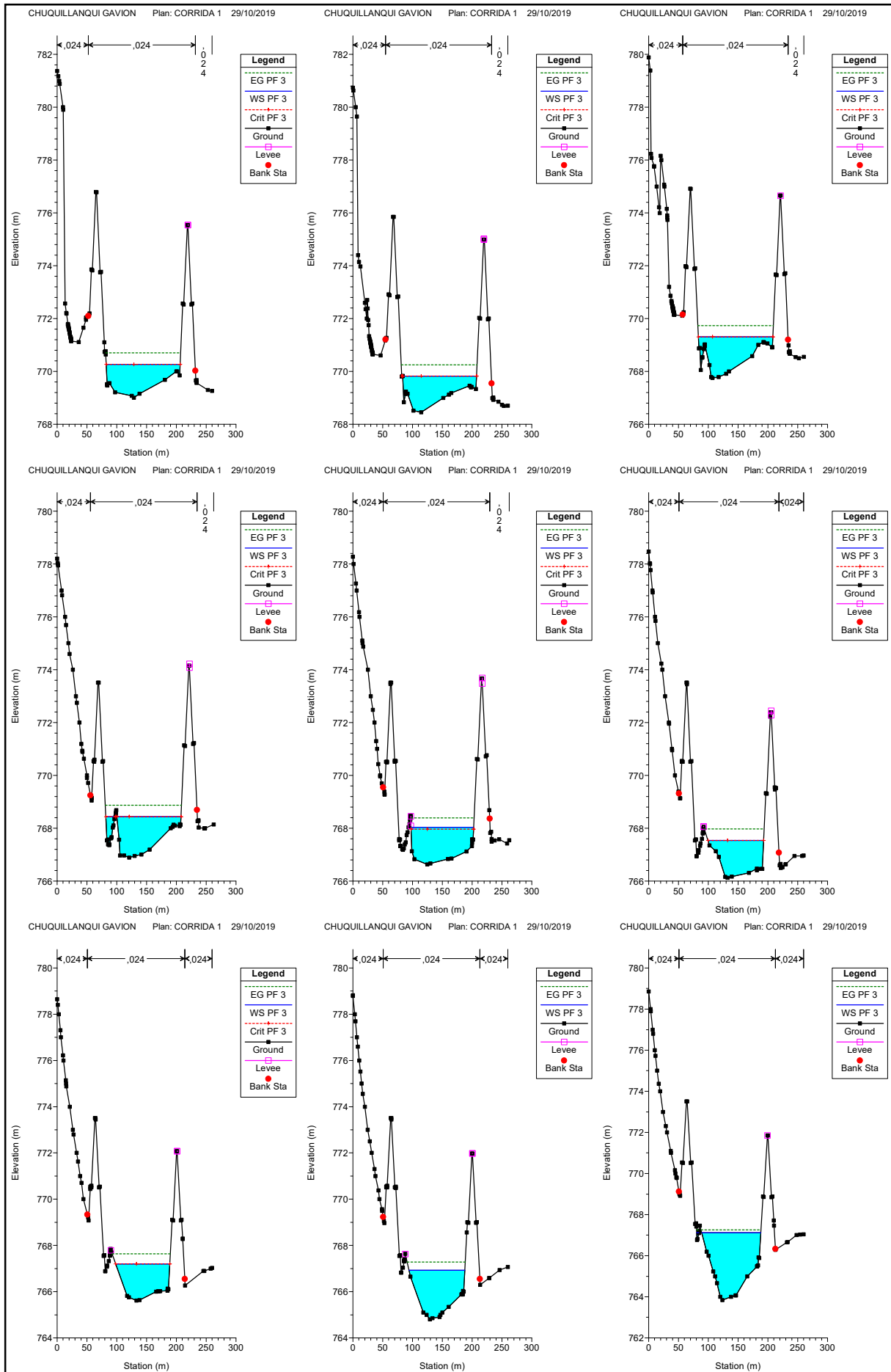
Periodo de retorno 50 años - 376,20 (m3/s)

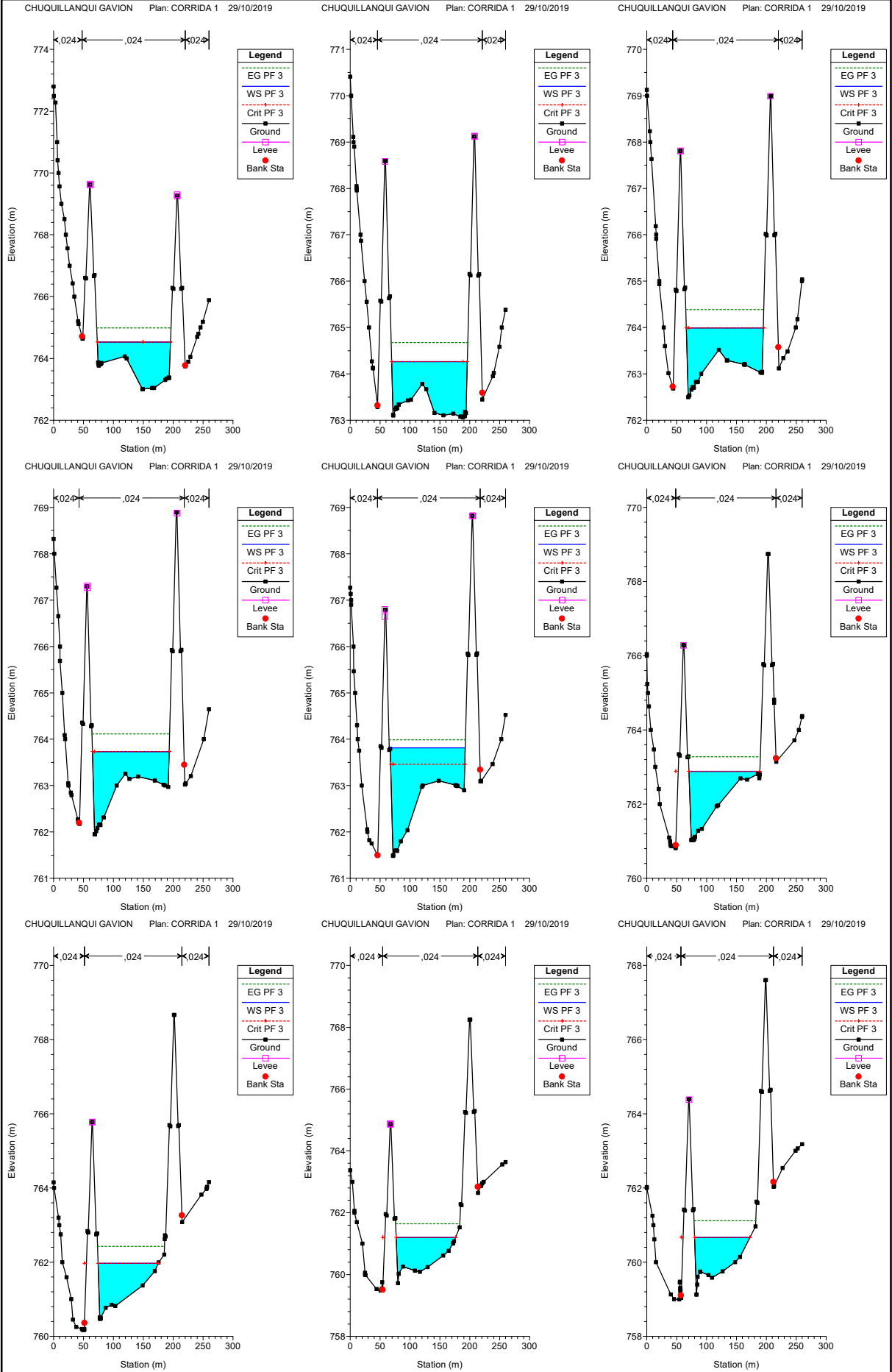


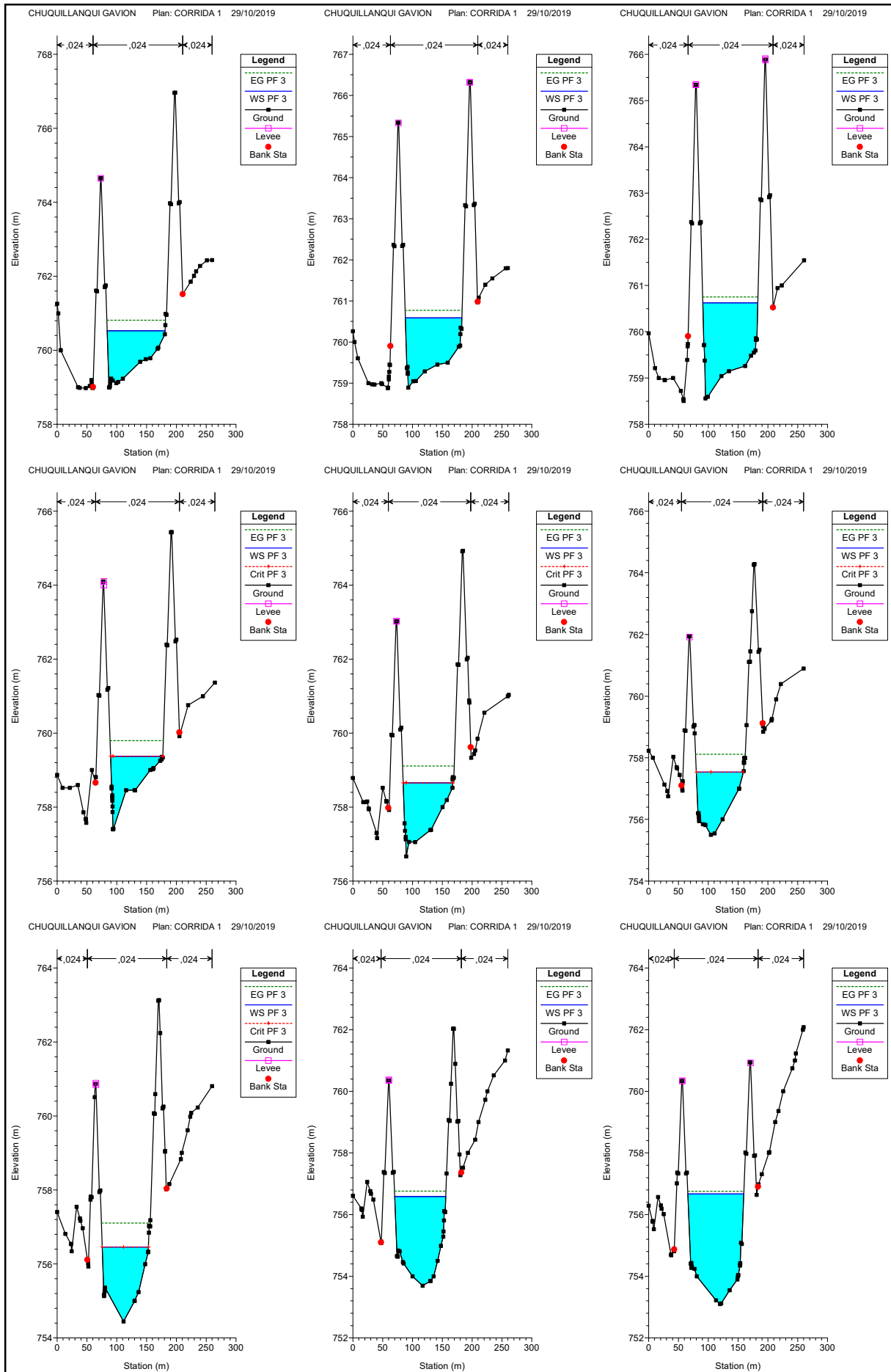


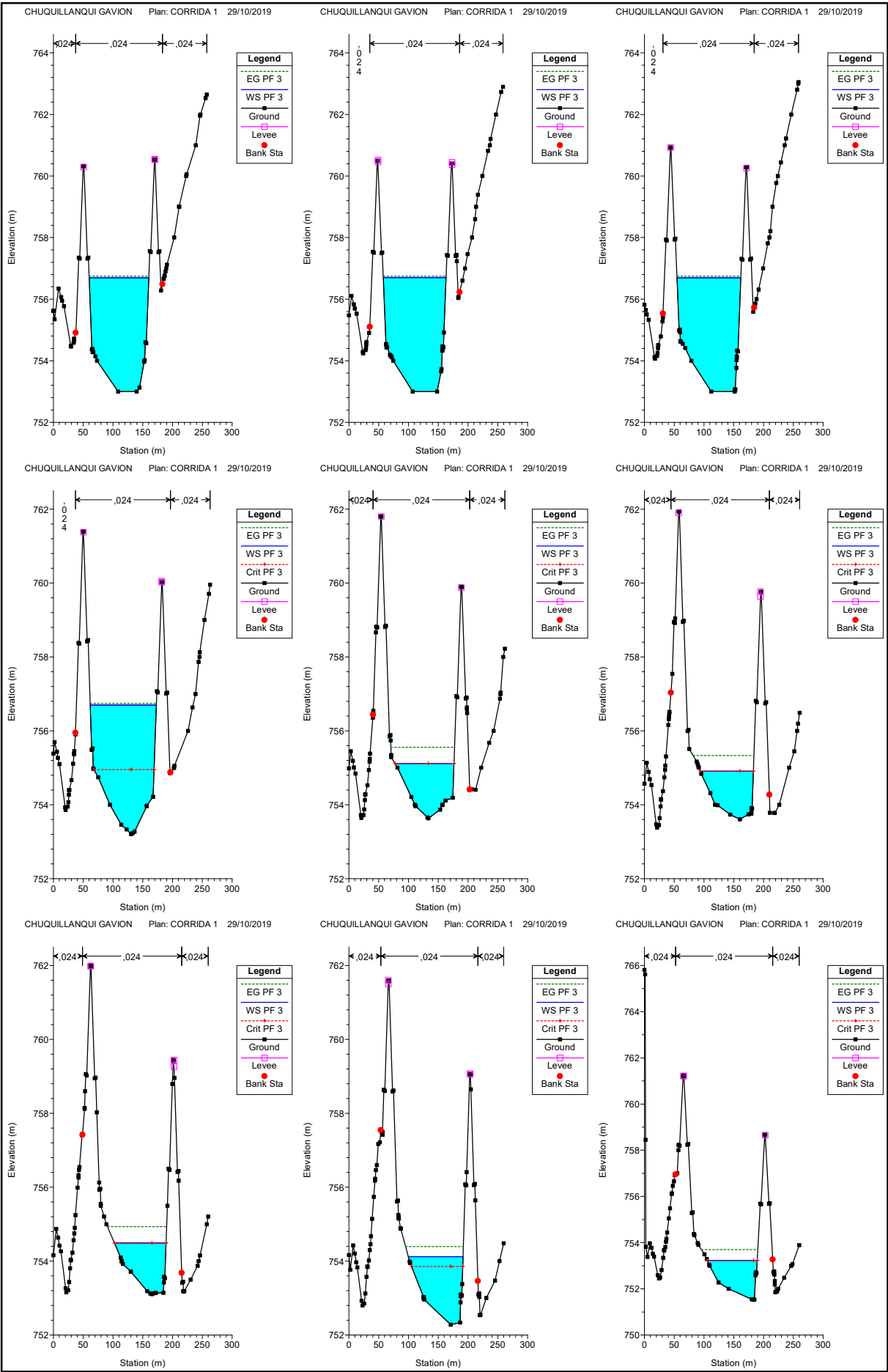


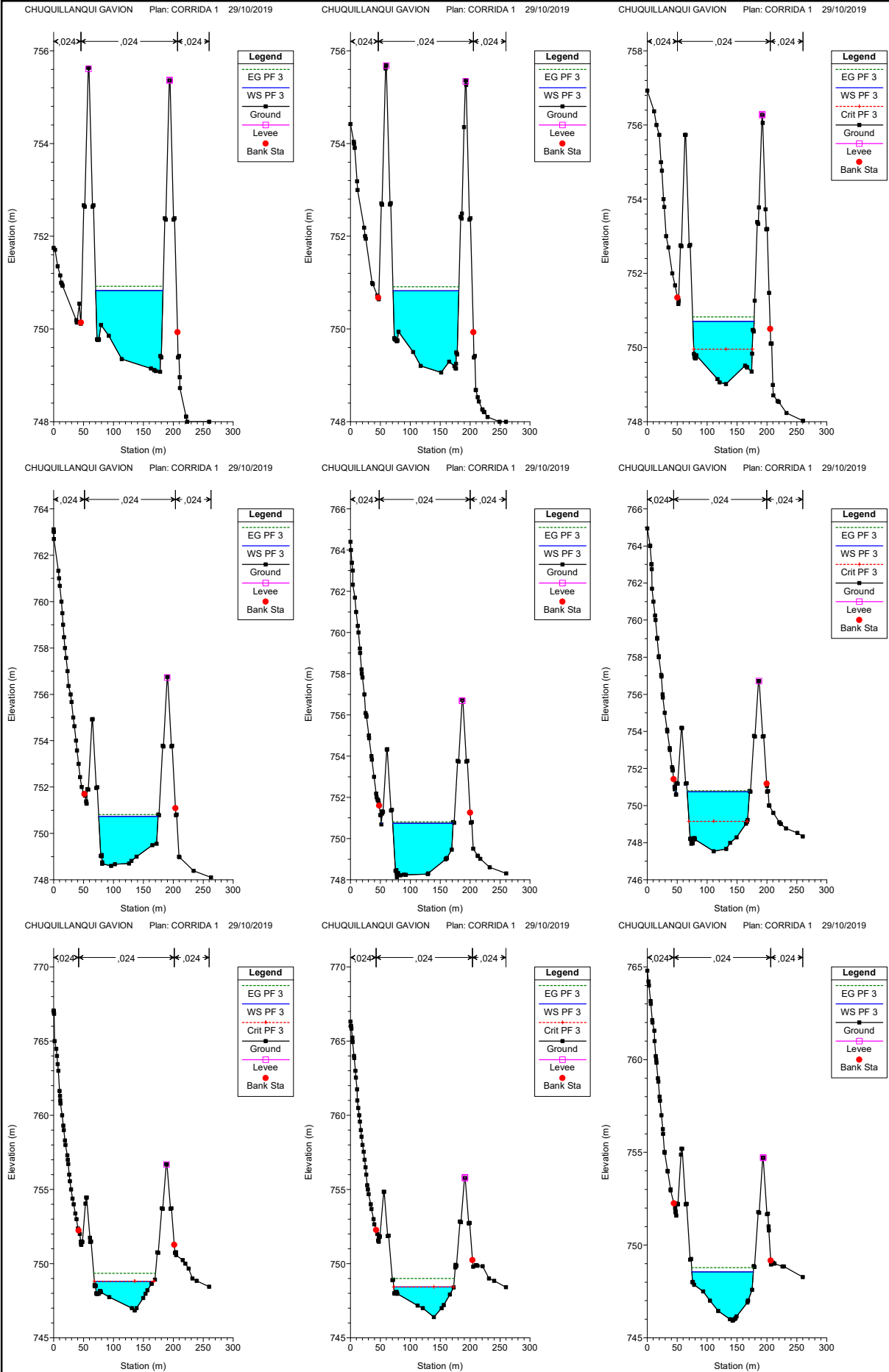


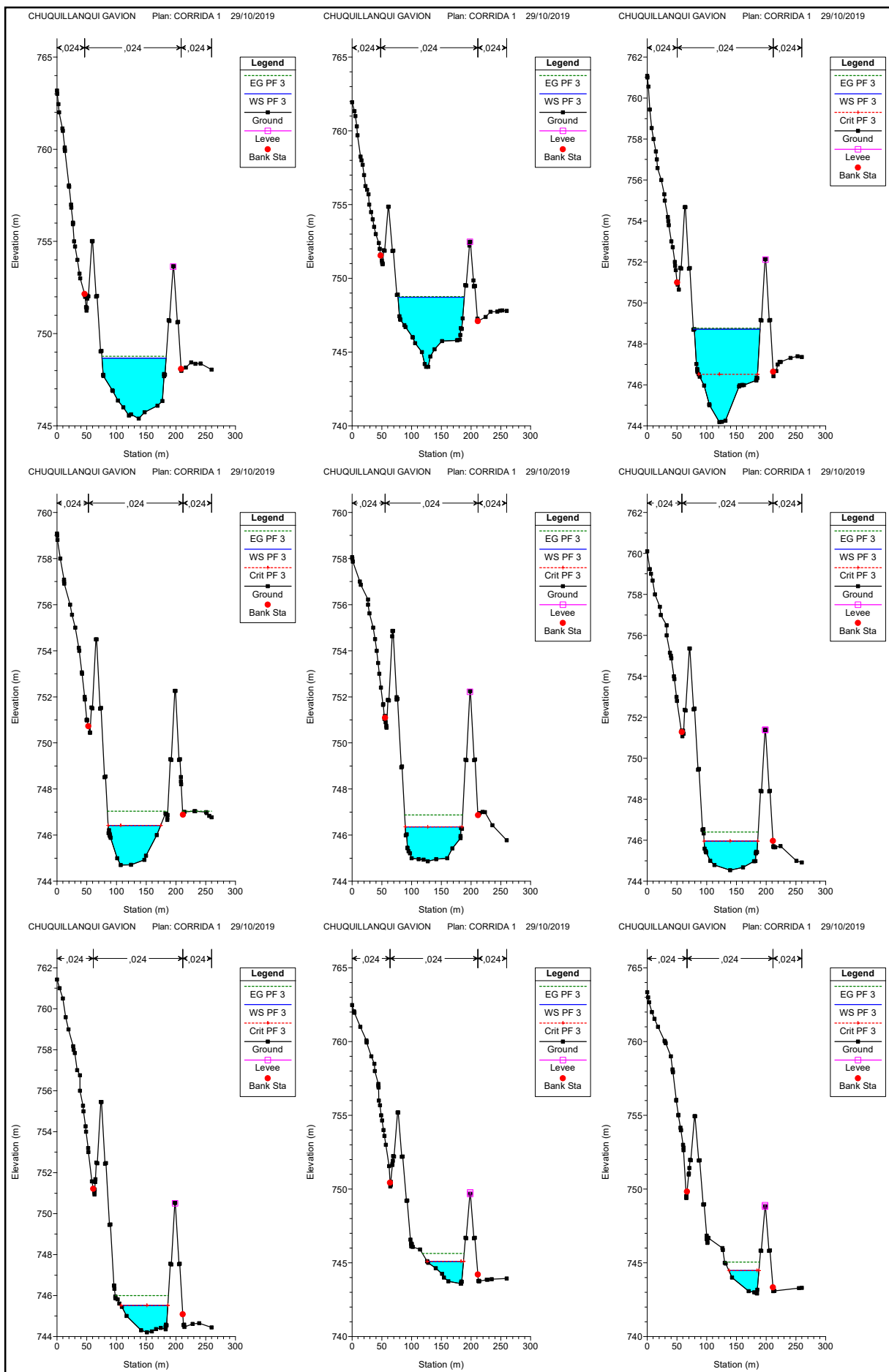












CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

Legend
EG PF 3
WS PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

Legend
EG PF 3
WS PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

Legend
EG PF 3
WS PF 3
Crit PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

Legend
EG PF 3
WS PF 3
Crit PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

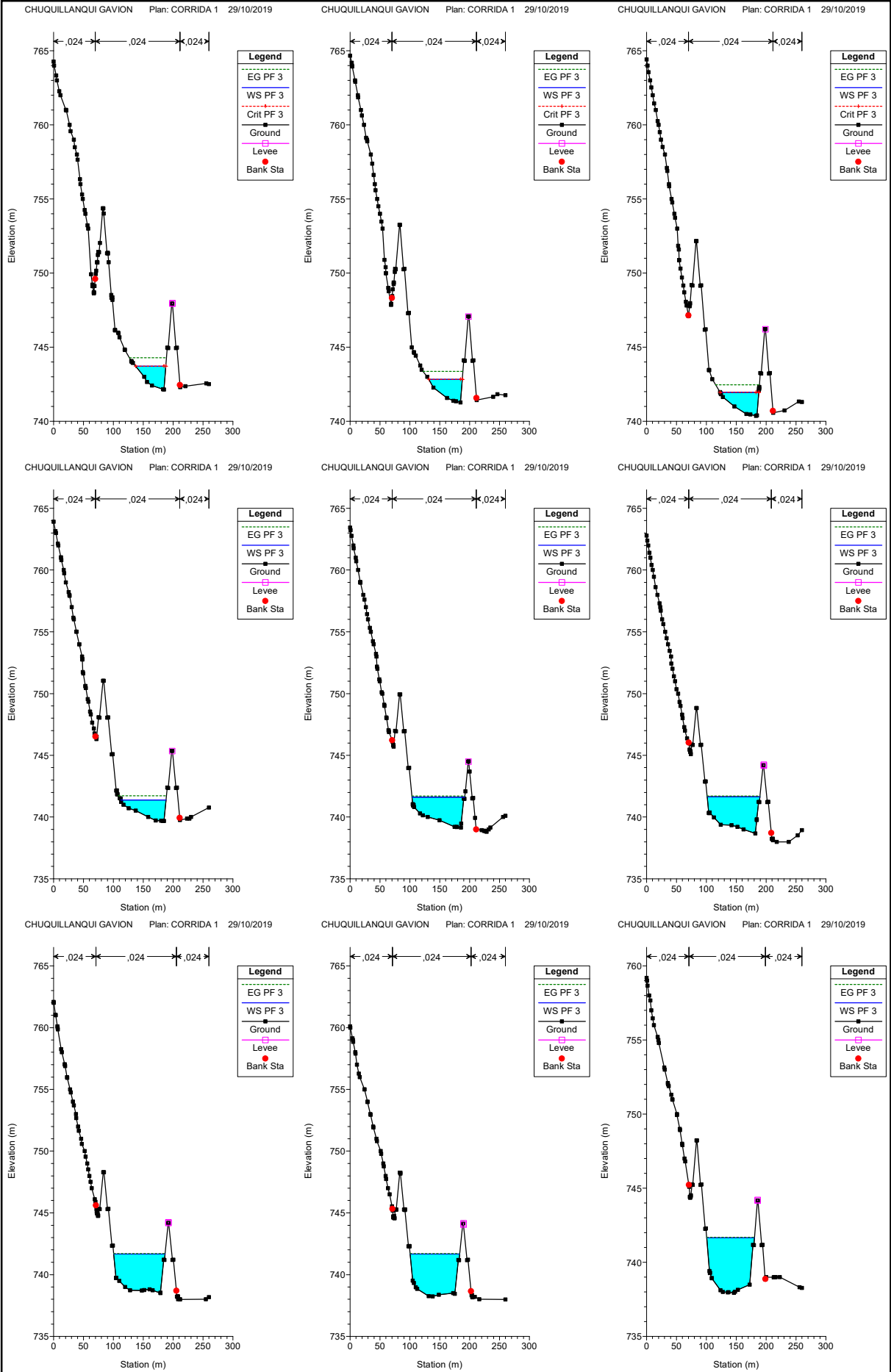
Legend
EG PF 3
WS PF 3
Crit PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

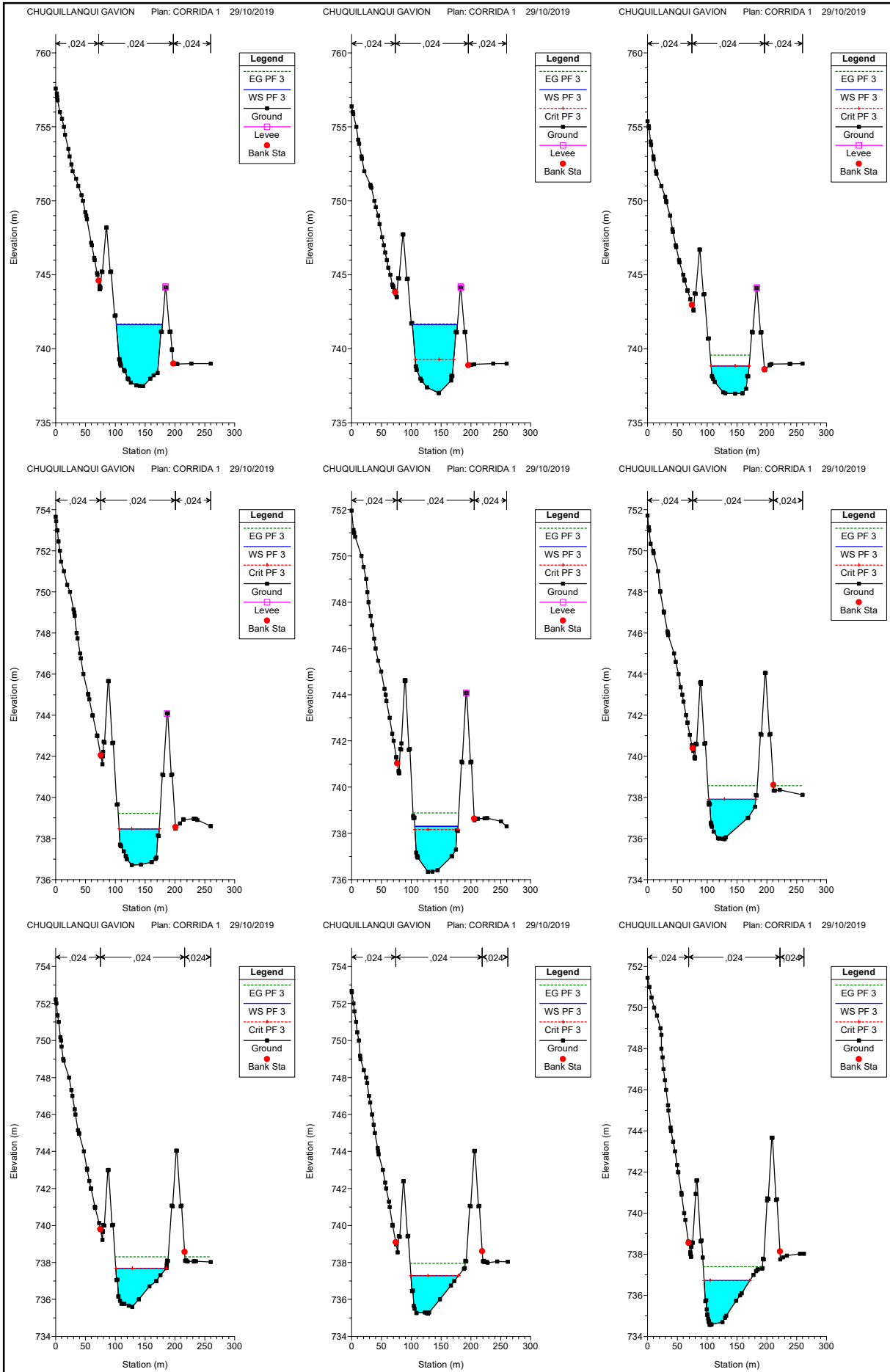
Legend
EG PF 3
WS PF 3
Crit PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

Legend
EG PF 3
WS PF 3
Crit PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

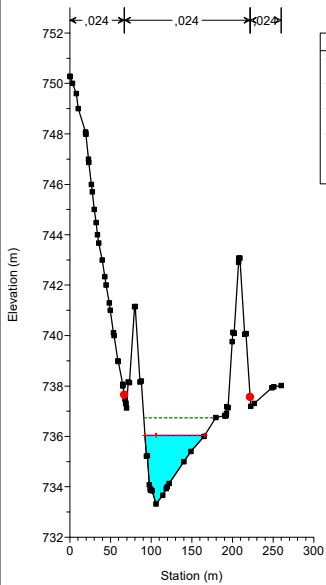
Legend
EG PF 3
WS PF 3
Crit PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

Legend
EG PF 3
WS PF 3
Crit PF 3
Ground
Levee
Bank Sta

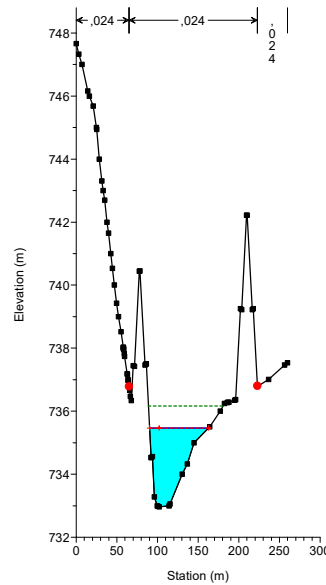




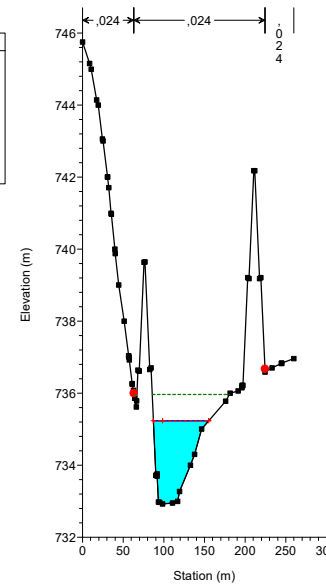
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



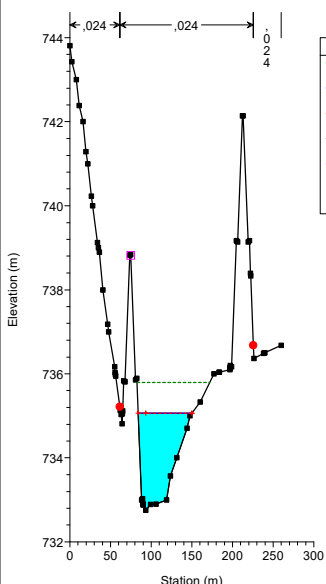
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



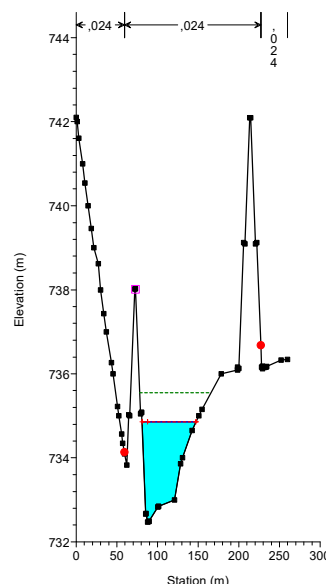
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



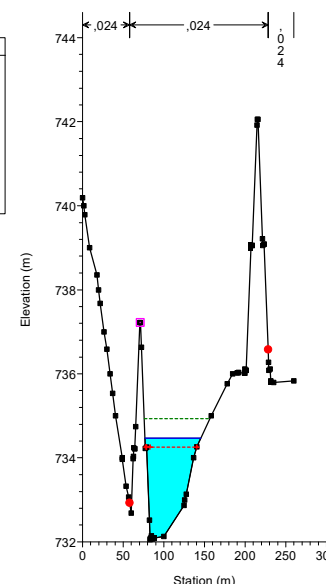
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



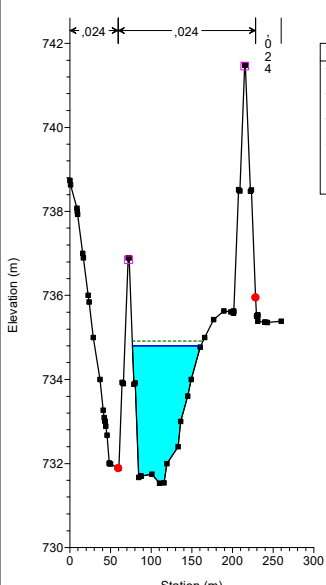
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



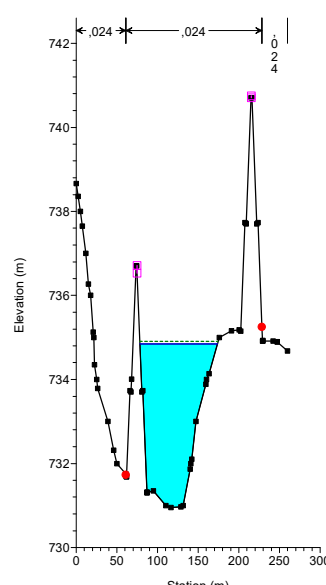
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



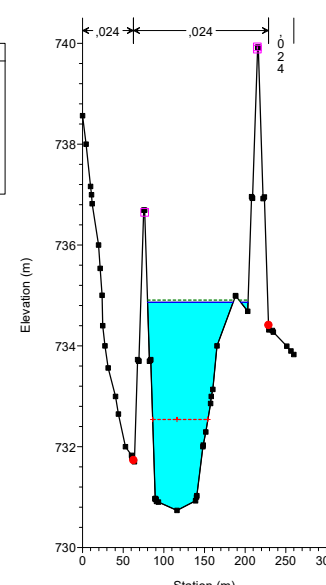
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

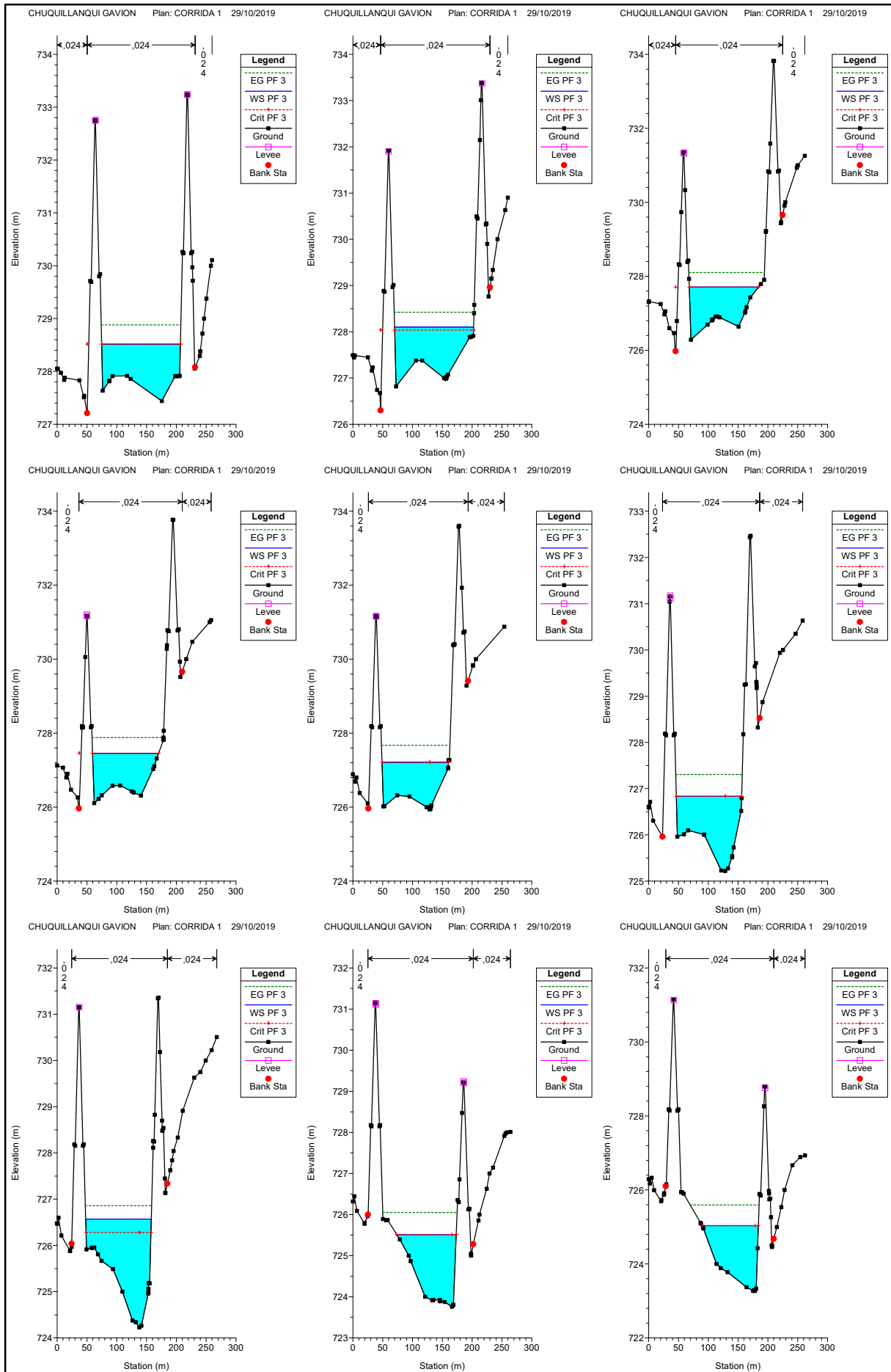


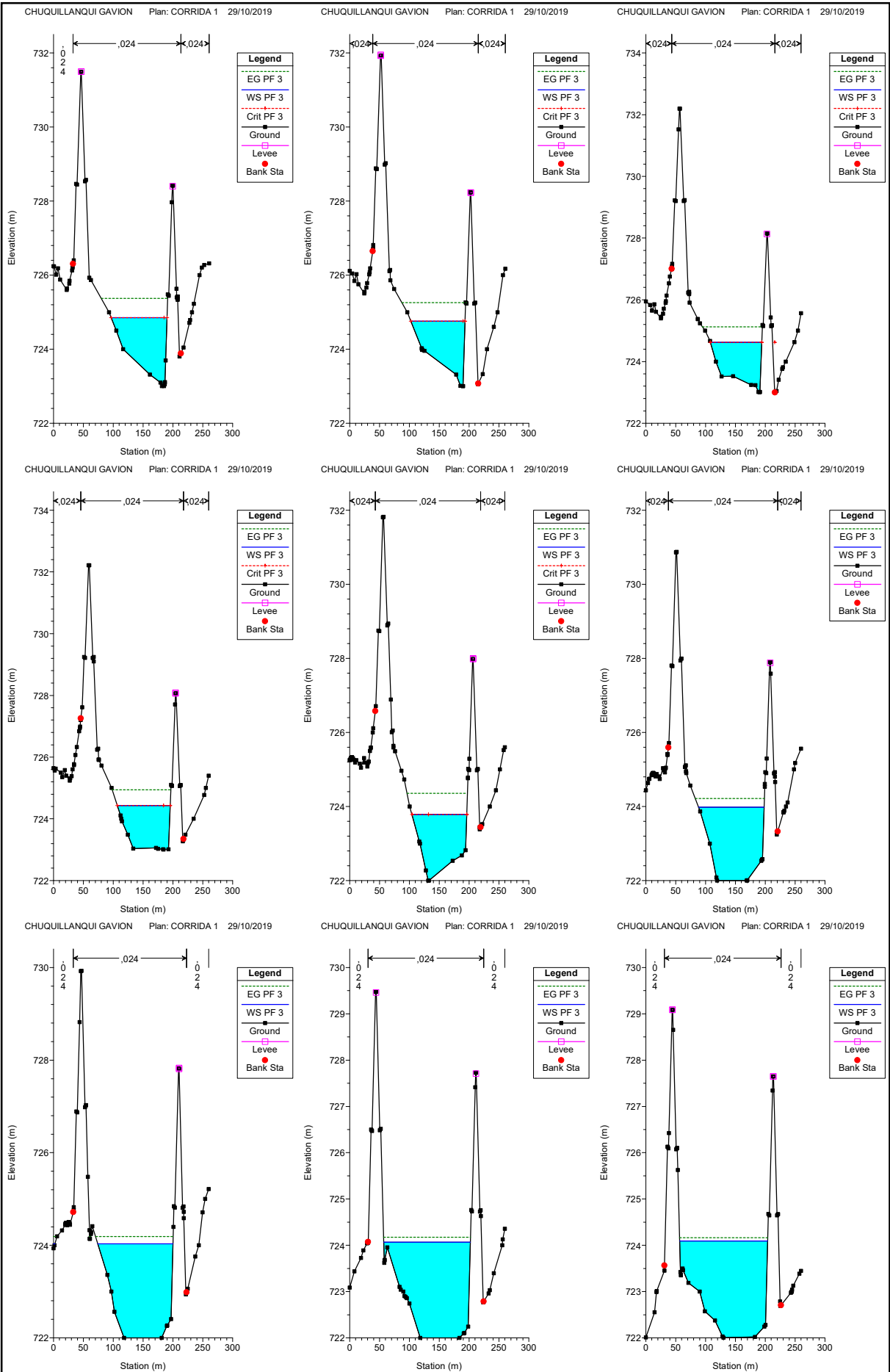
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

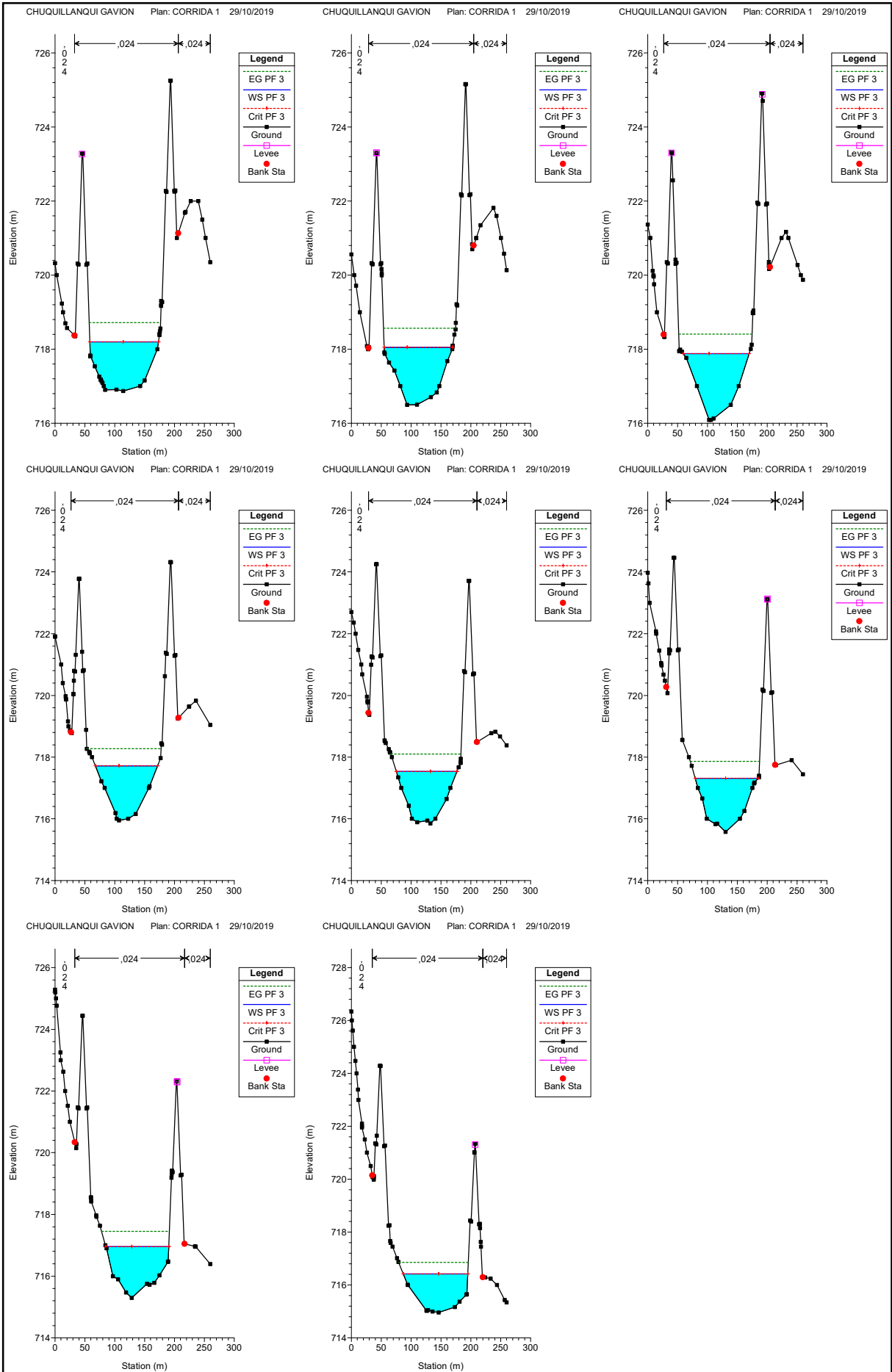


CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

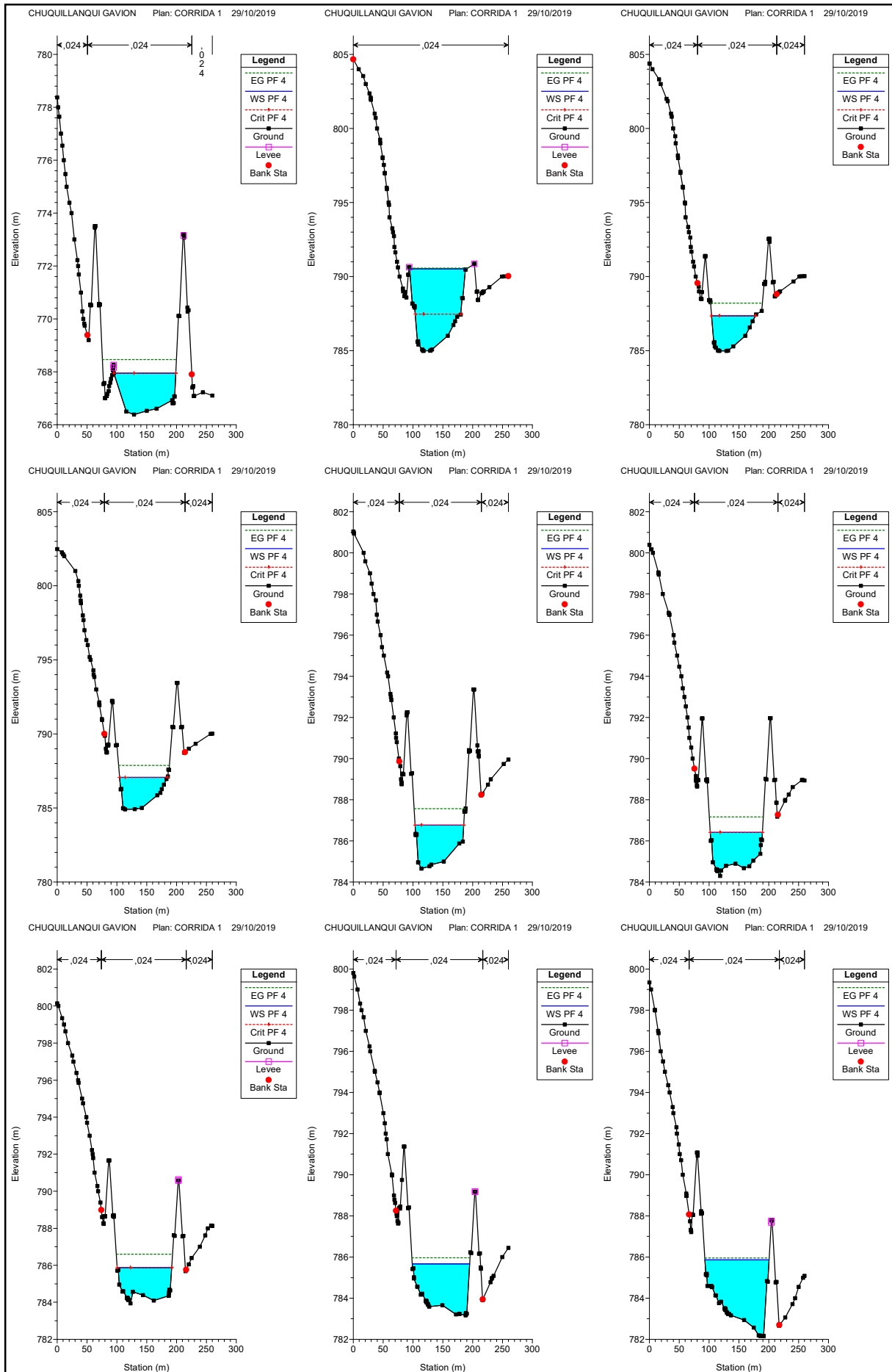


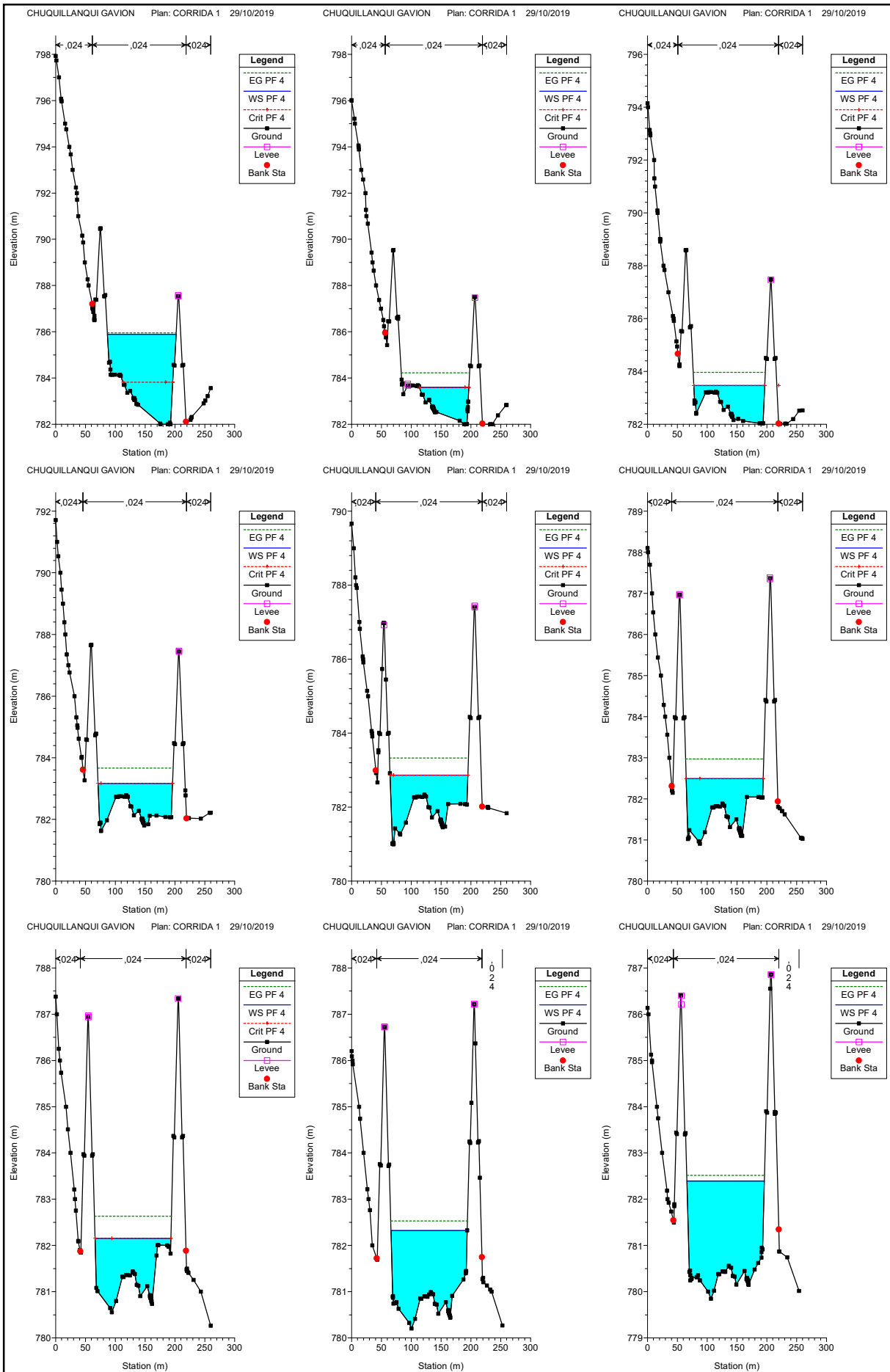


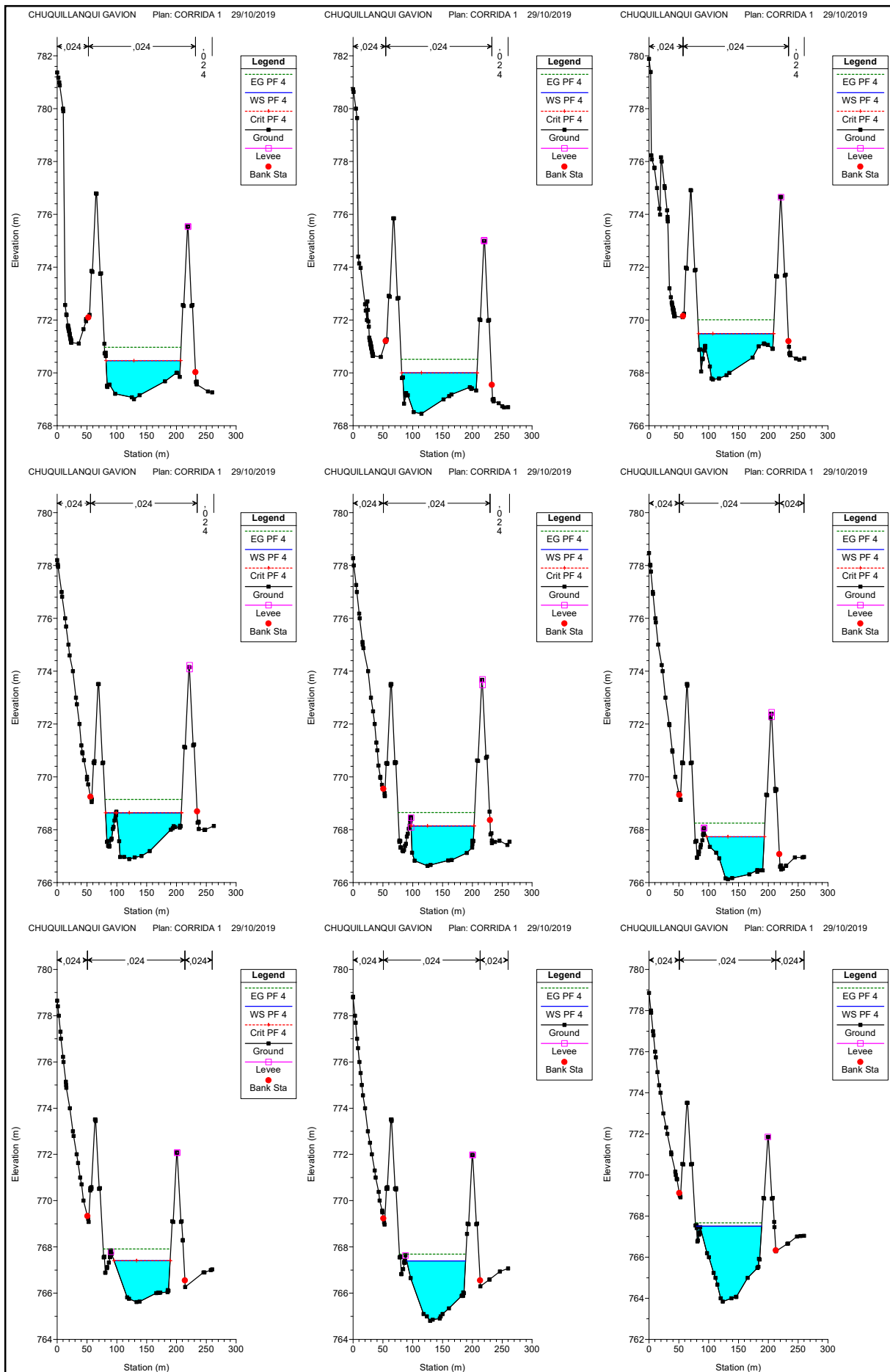


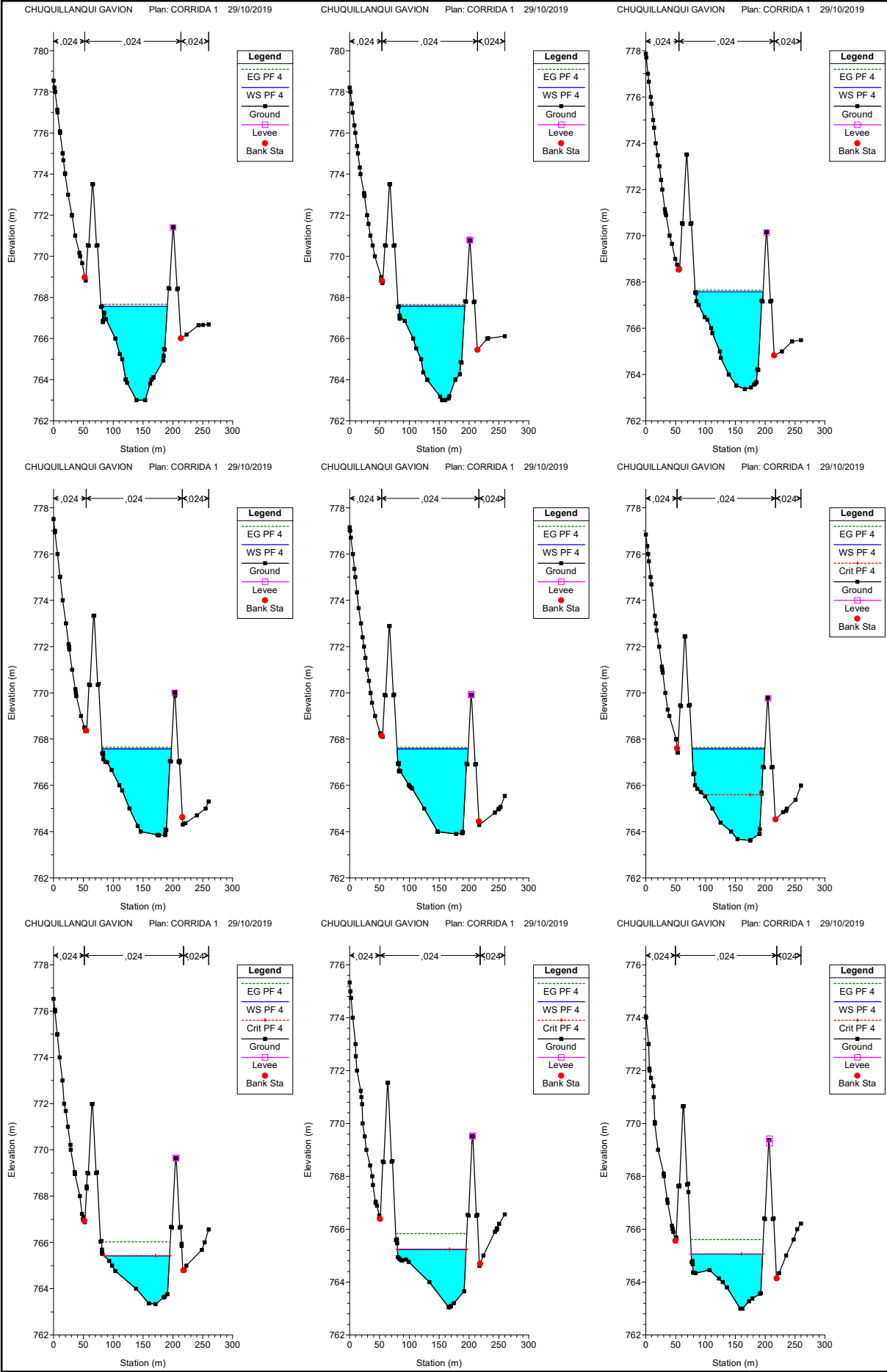


Periodo de retorno 100 años - 503,70 (m3/s)

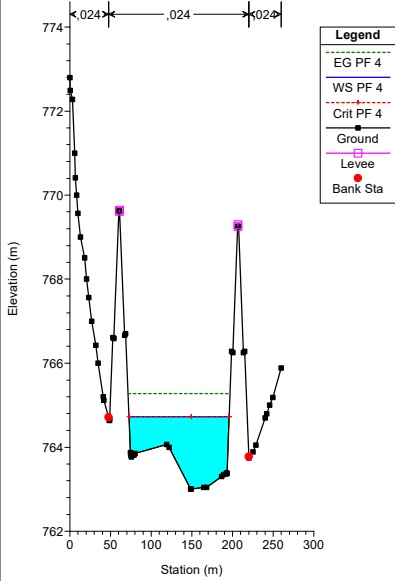




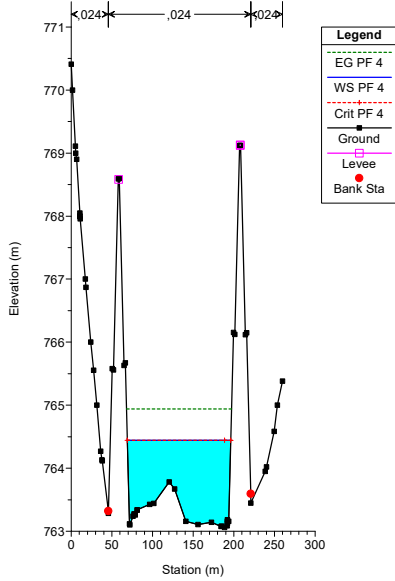




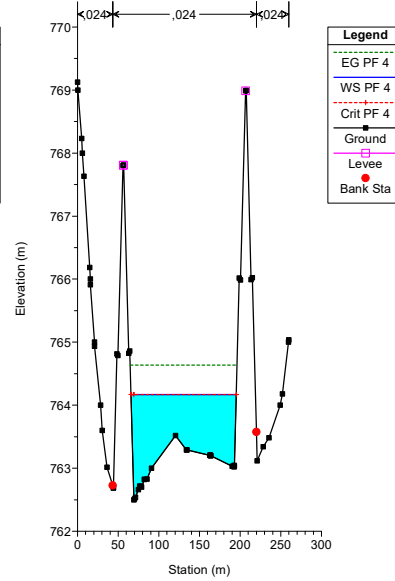
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



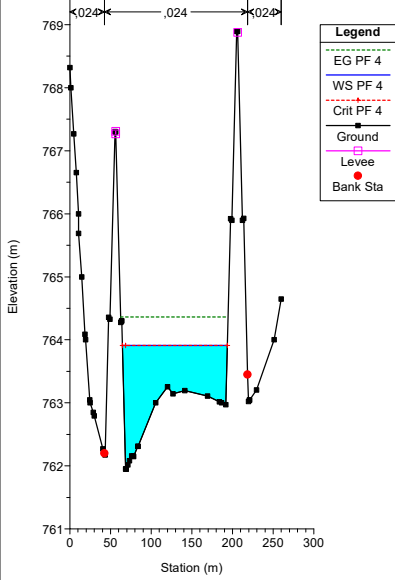
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



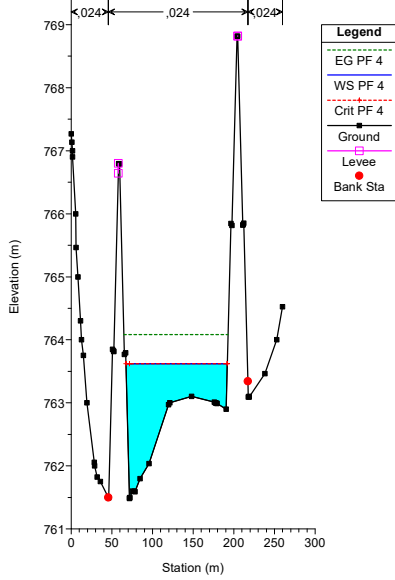
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



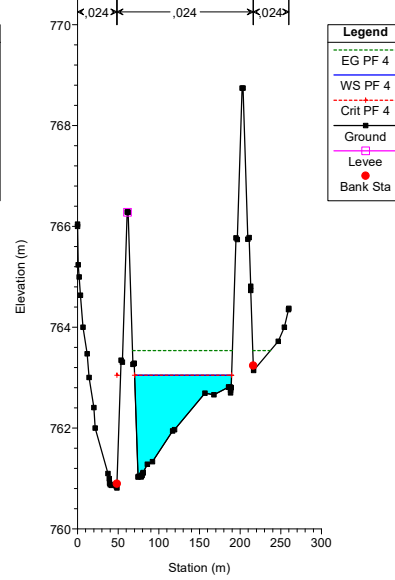
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



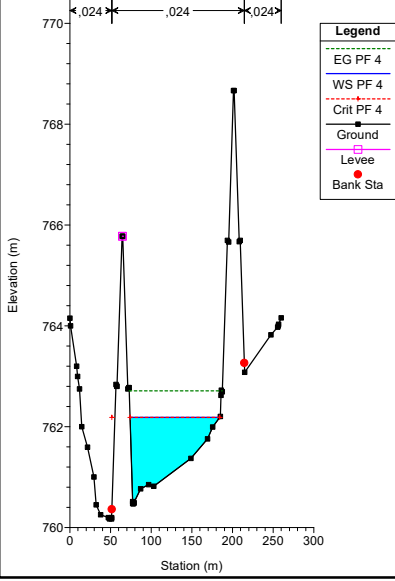
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



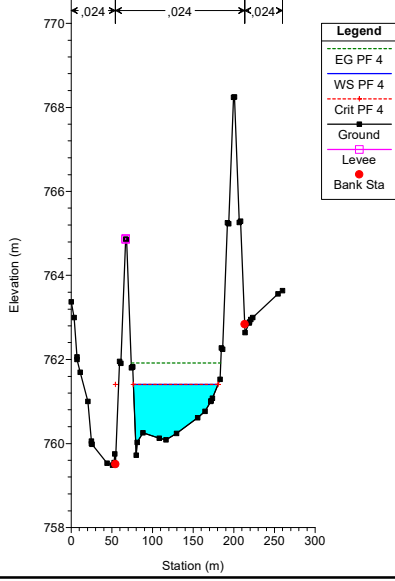
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



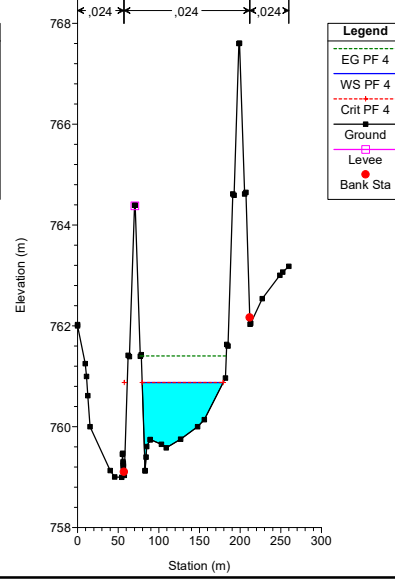
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

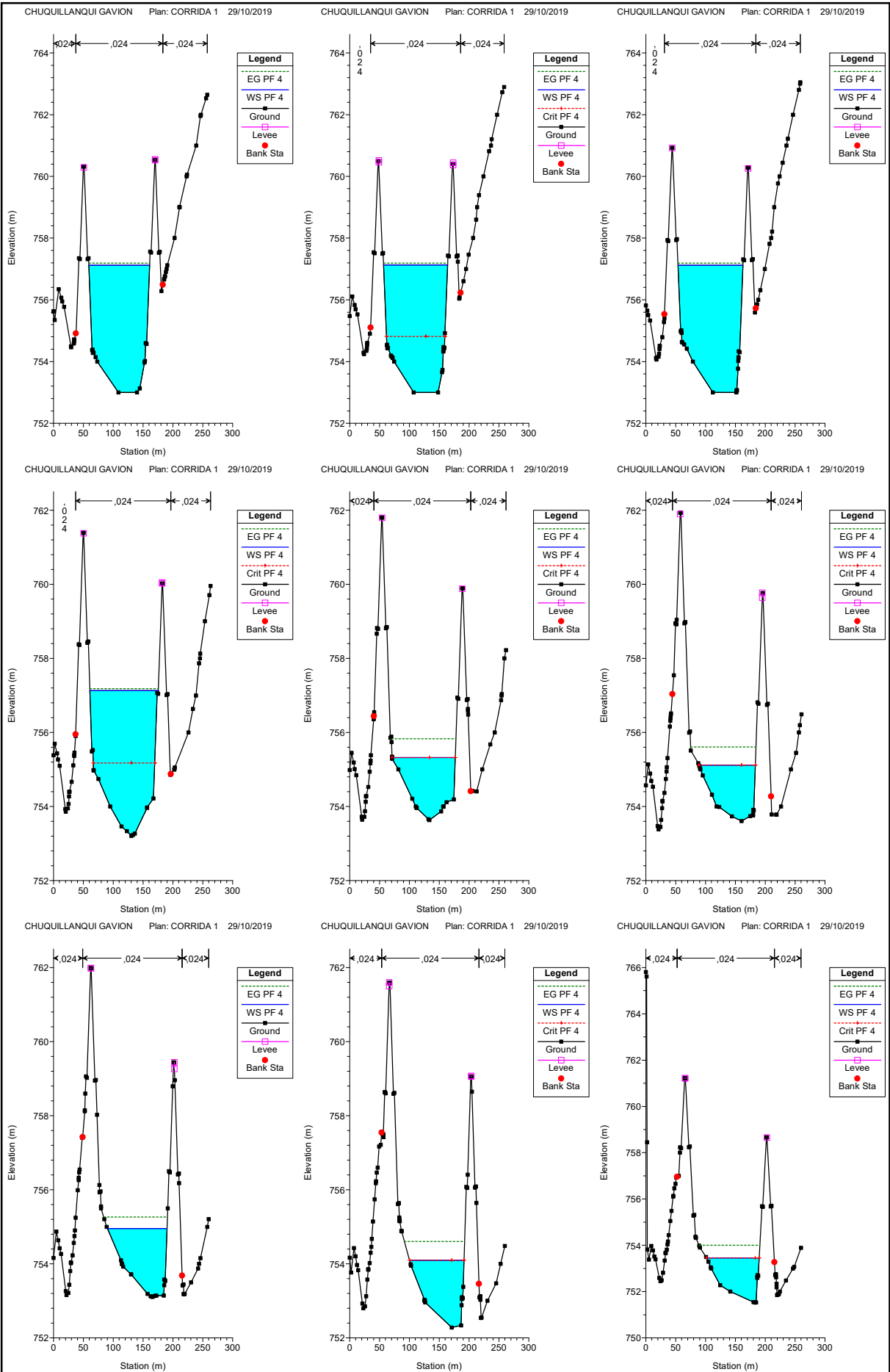


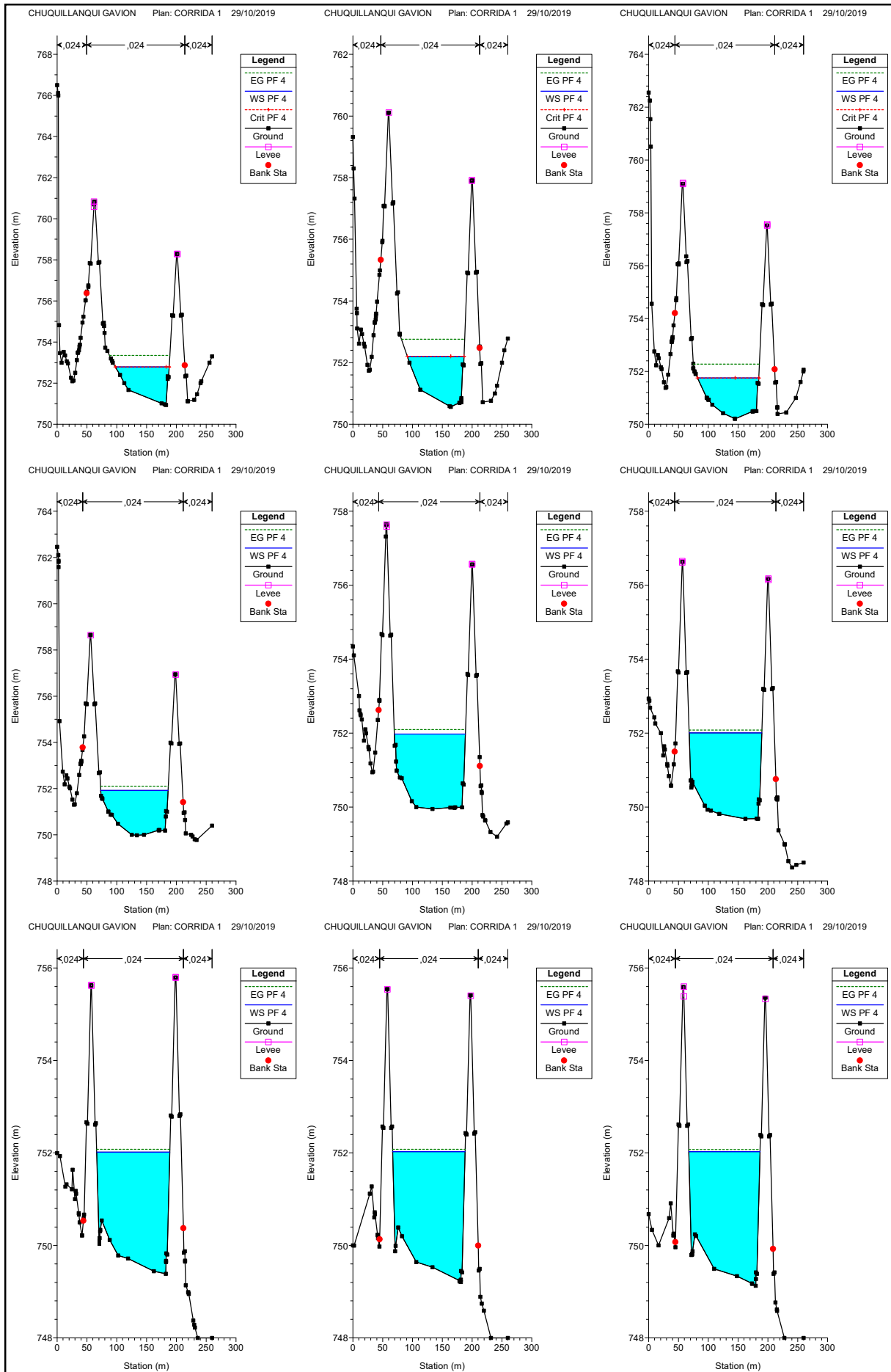
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

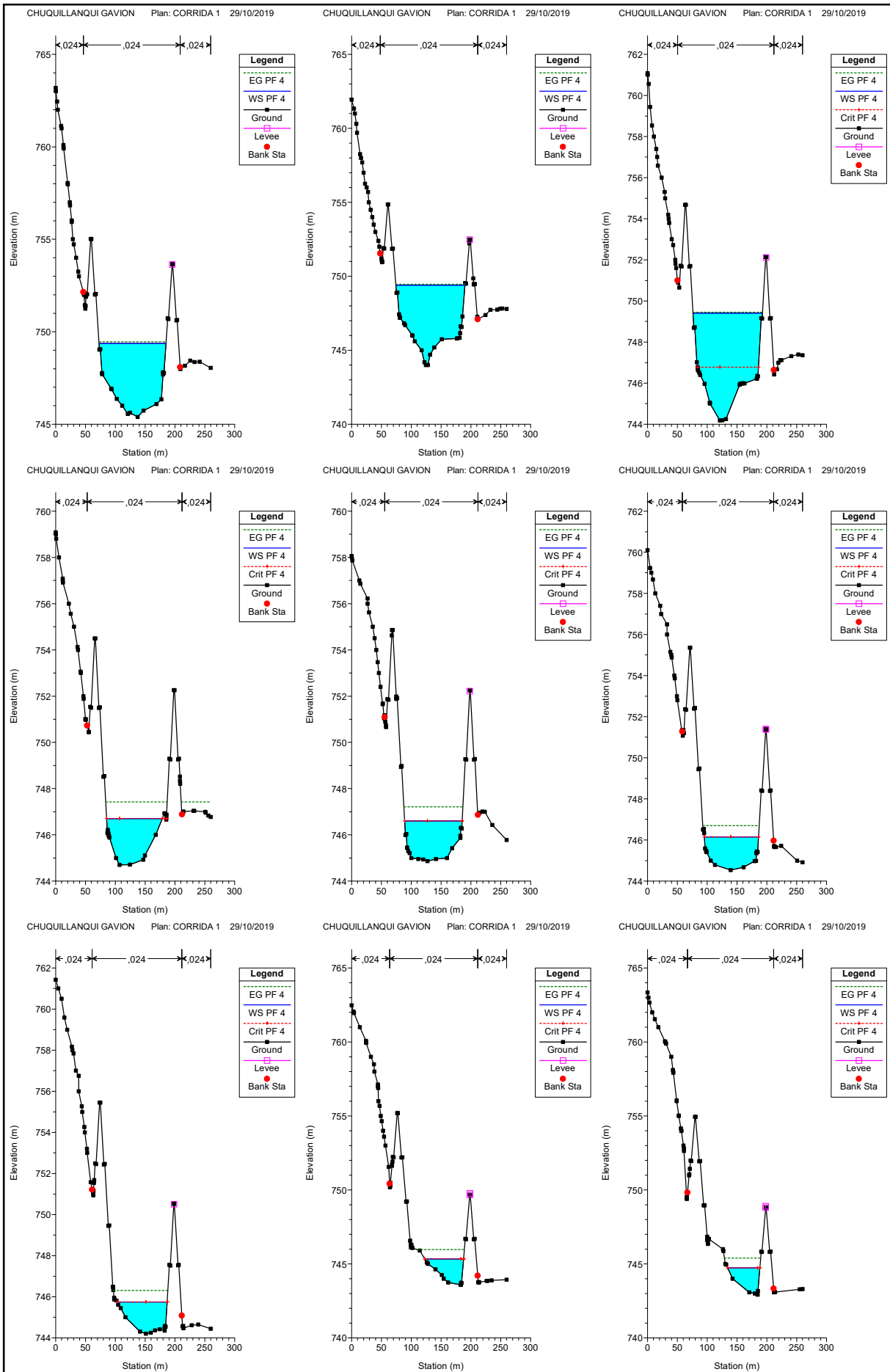


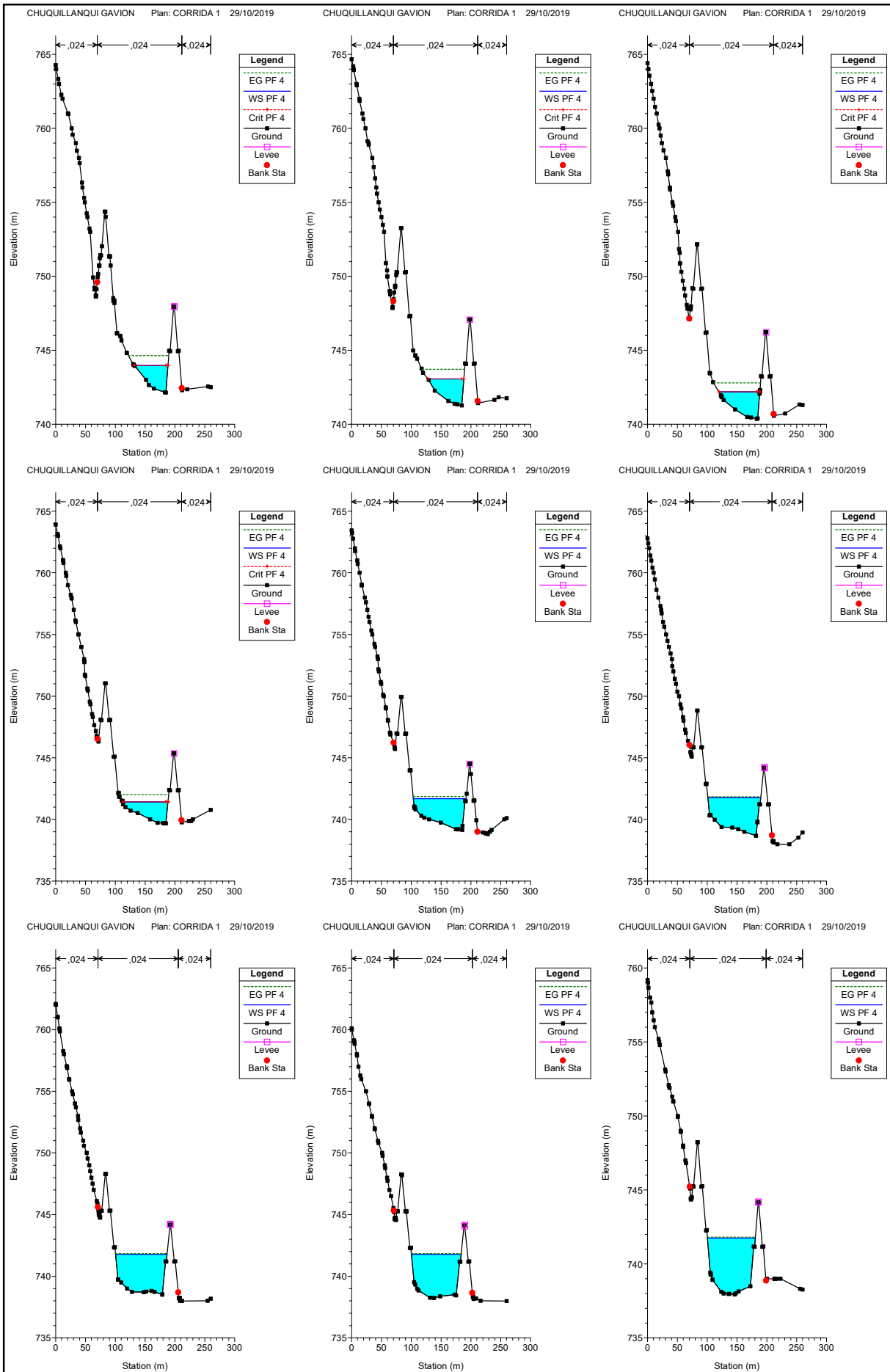
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019

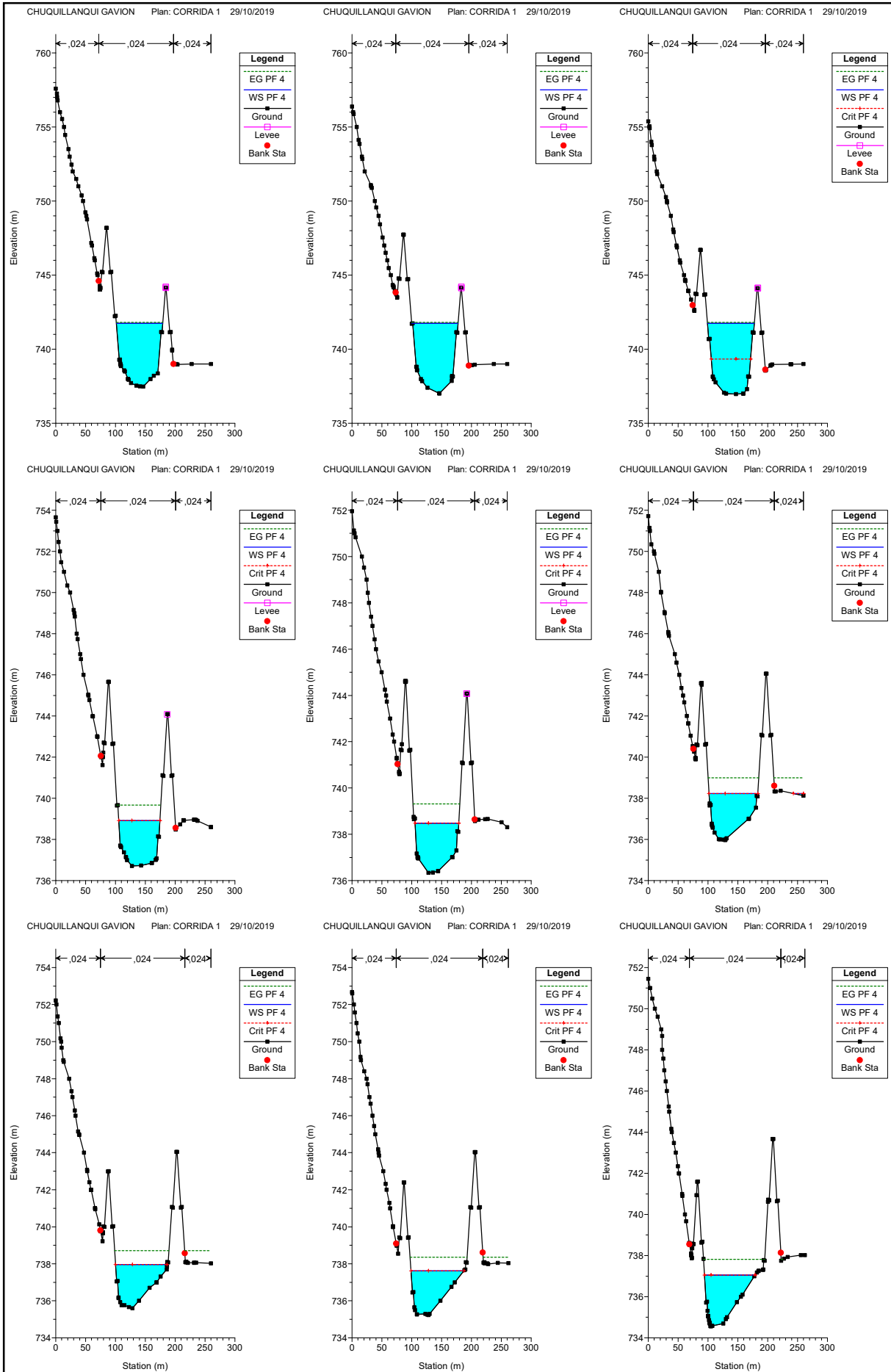


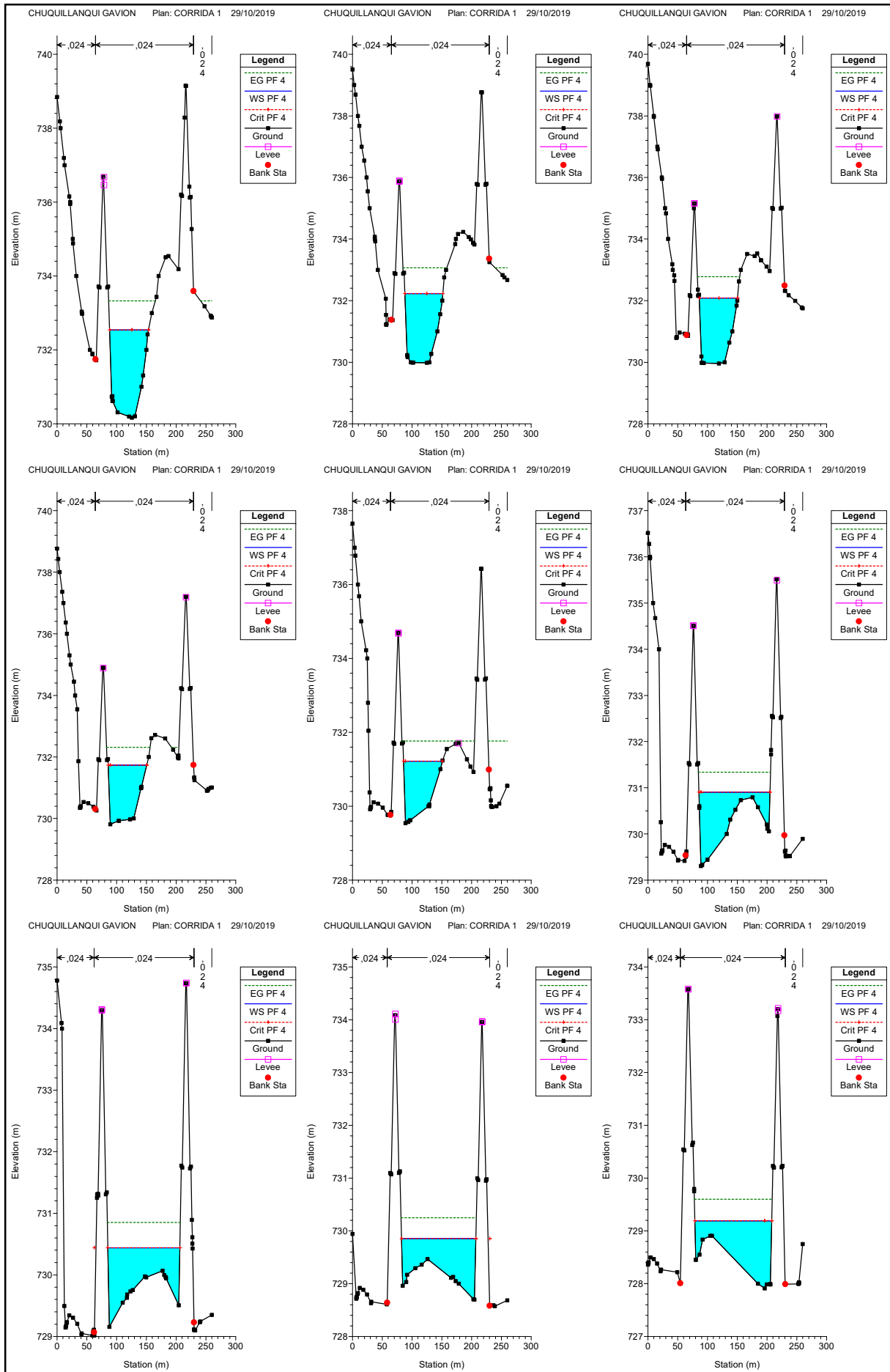


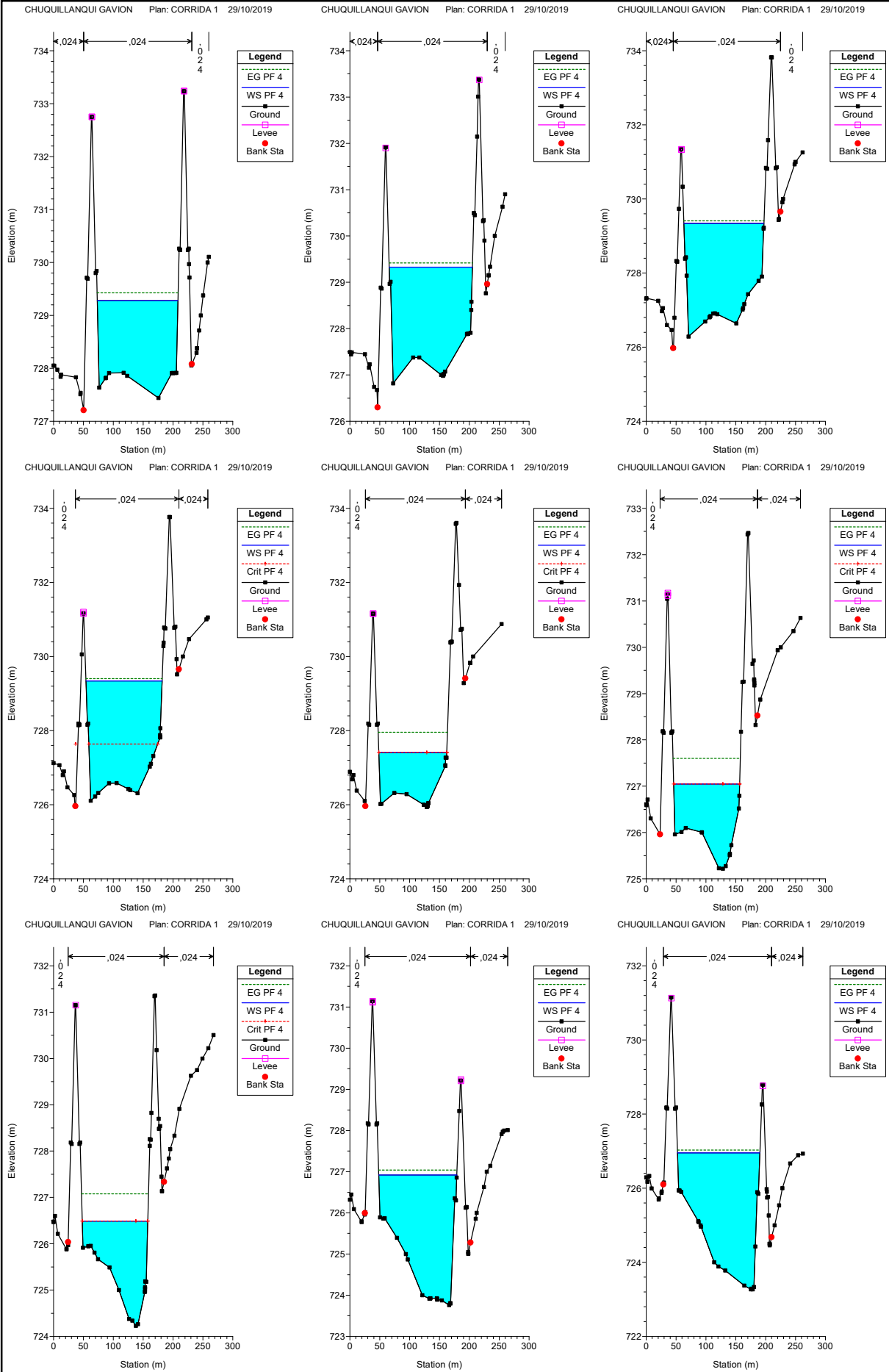




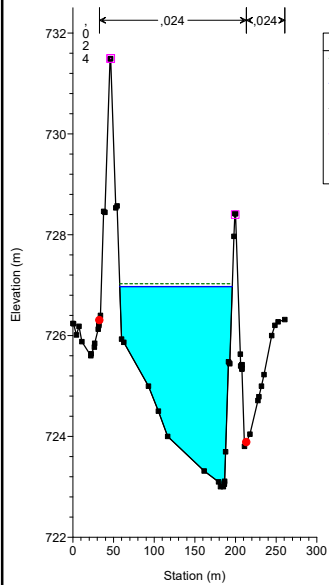




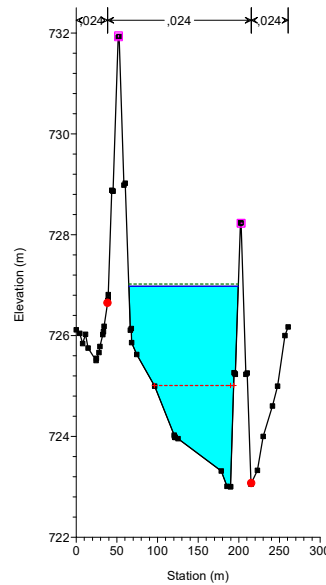




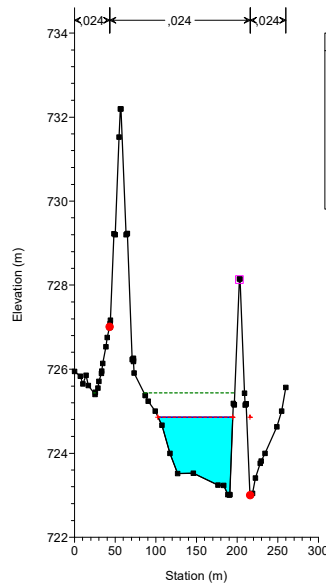
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



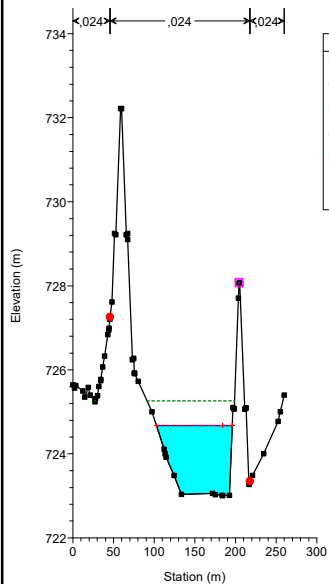
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



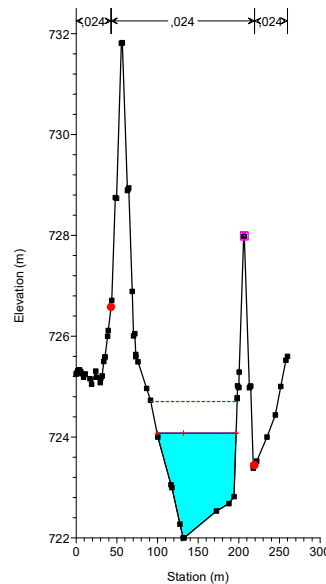
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



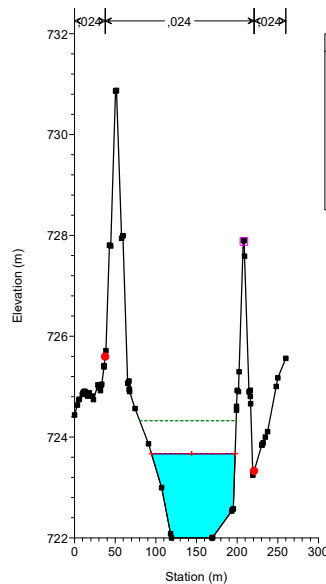
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



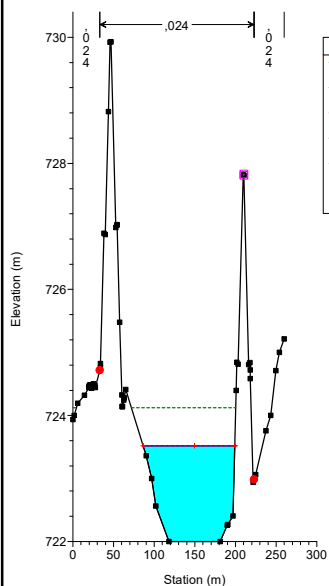
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



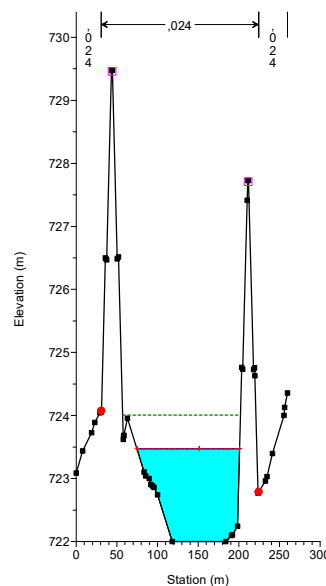
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



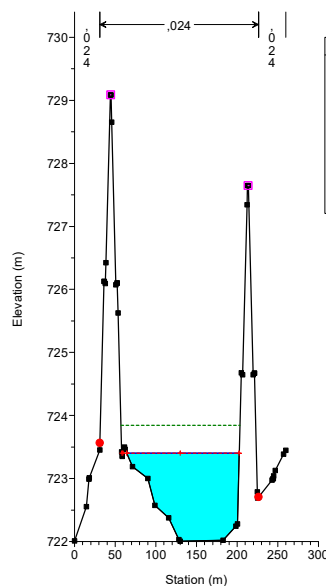
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



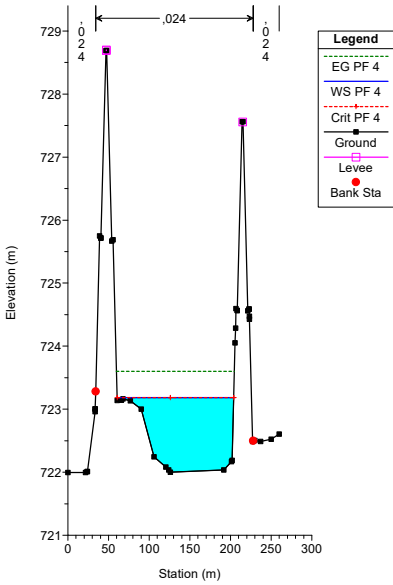
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



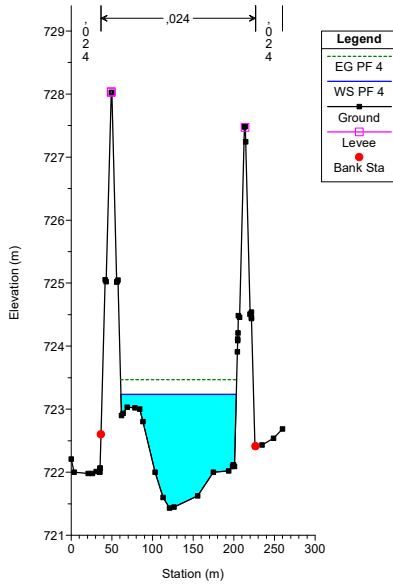
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



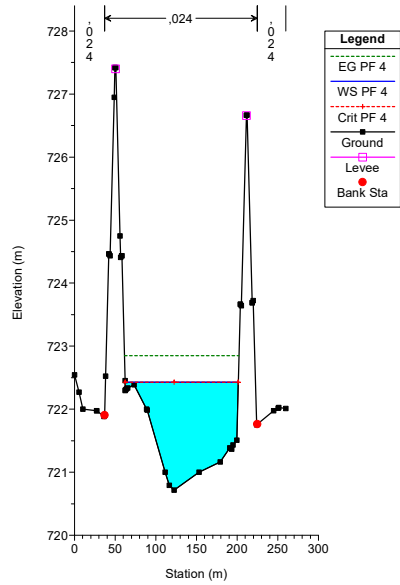
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



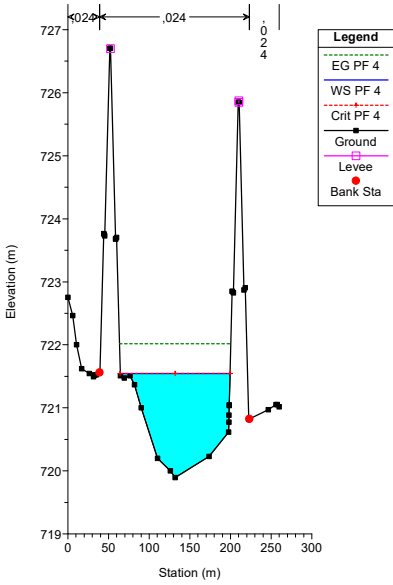
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



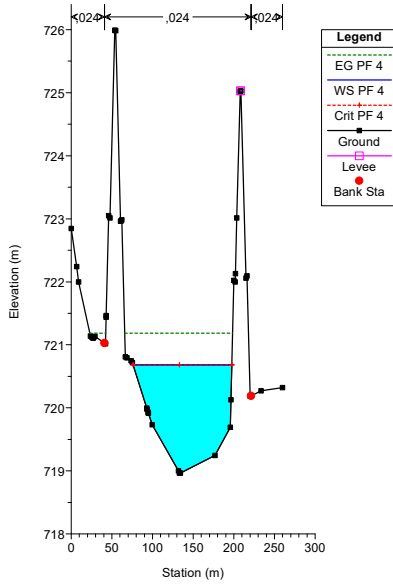
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



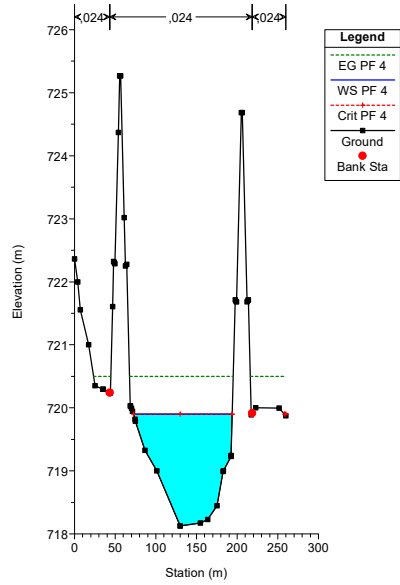
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



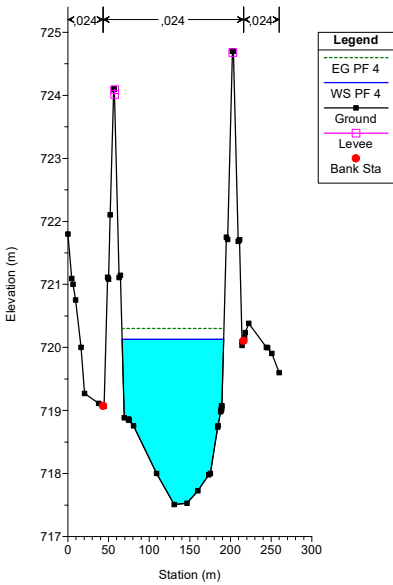
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



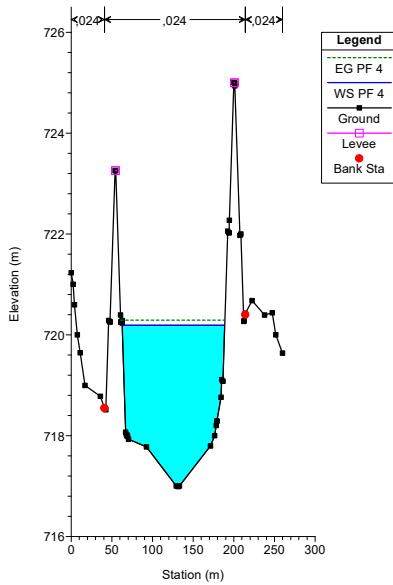
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



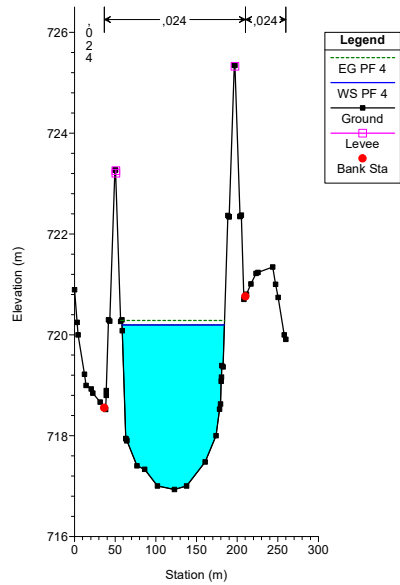
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



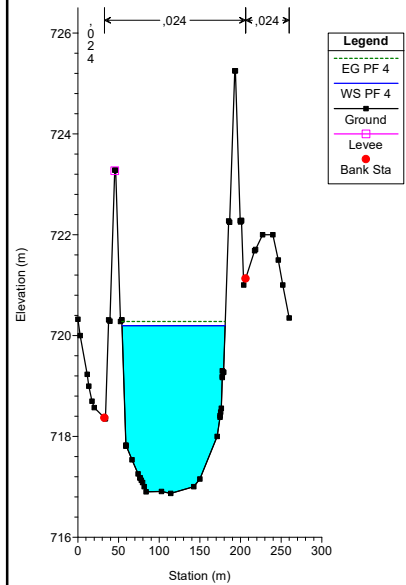
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



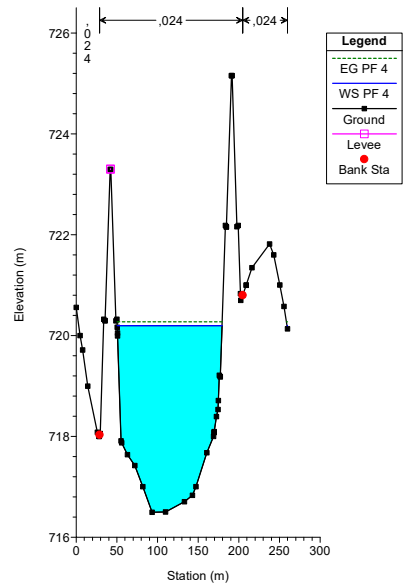
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



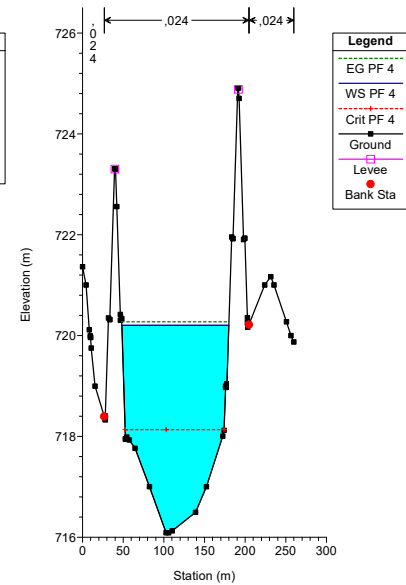
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



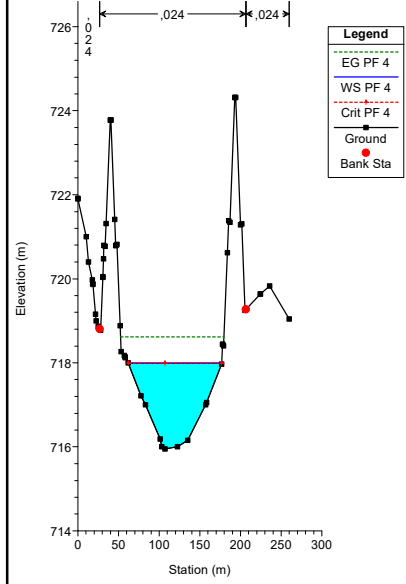
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



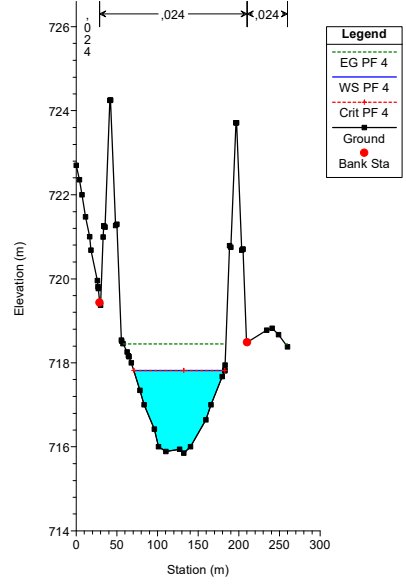
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



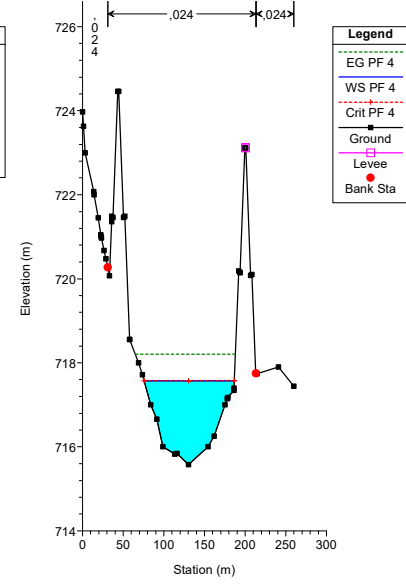
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



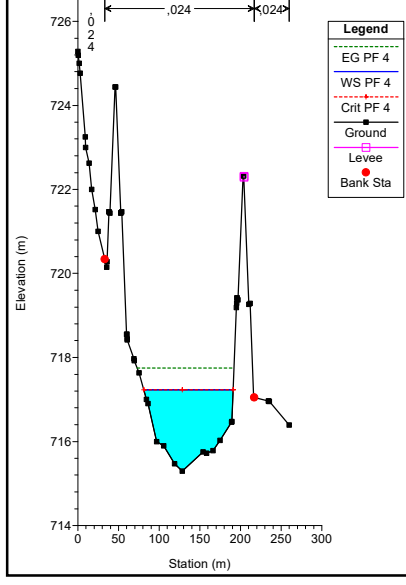
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



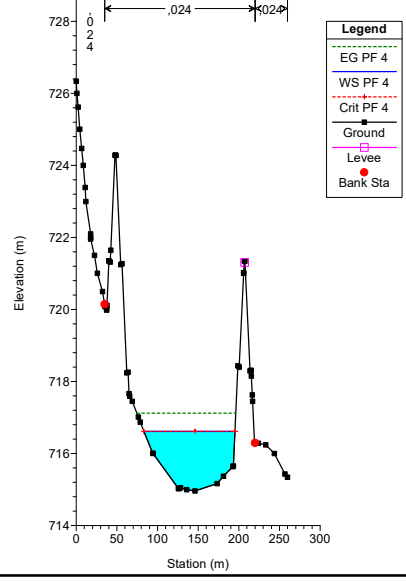
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



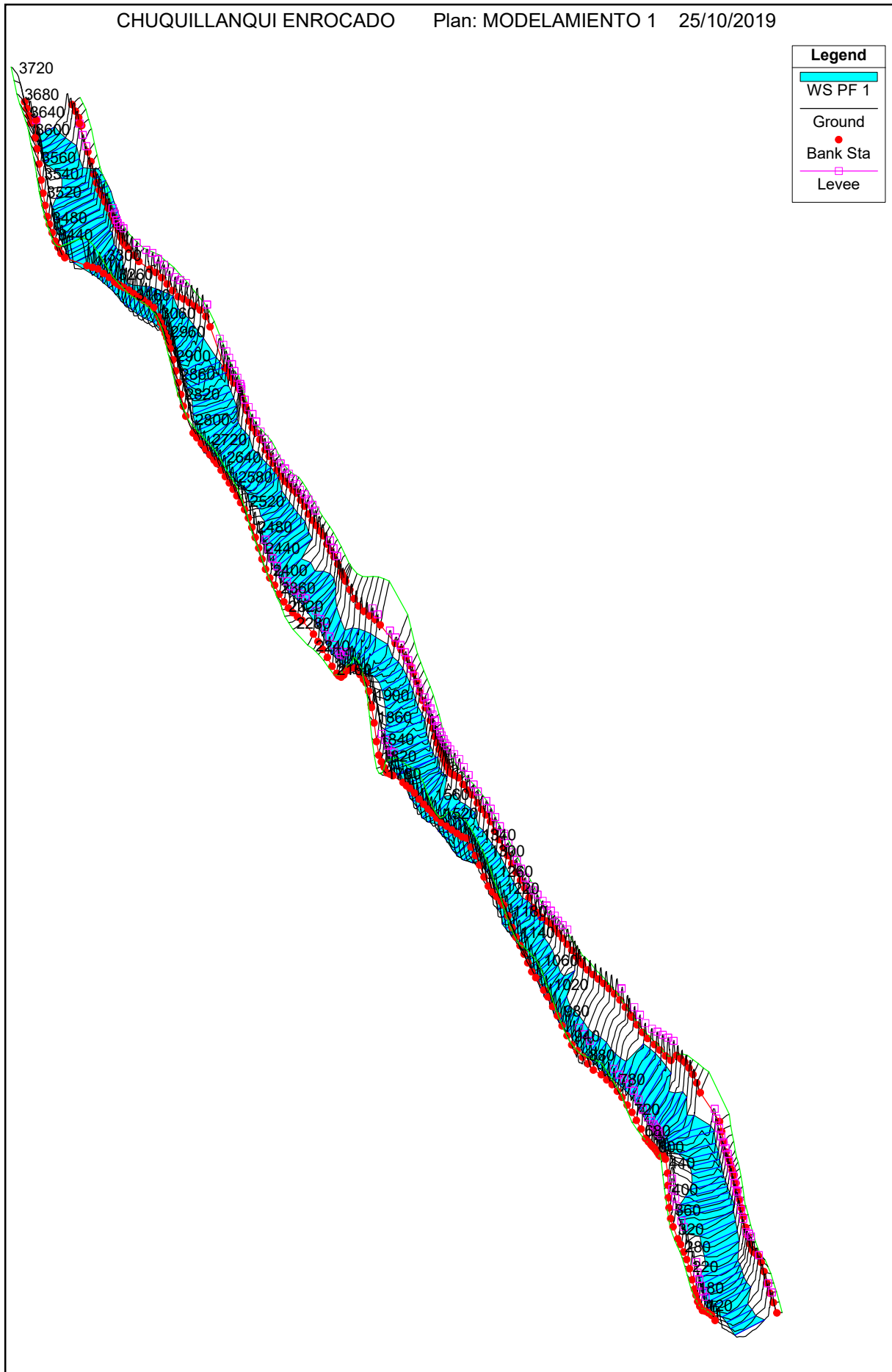
CHUQUILLANQUI GAVION Plan: CORRIDA 1 29/10/2019



**MODELAMIENTO - CAUCE
MODIFICADO DEL PERFIL
LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE
LIMITA LOS CASERIOS
CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY
ESTRUCTURA DE EROCADO**



Periodo de retorno 10 años - 265,40 (m3/s)

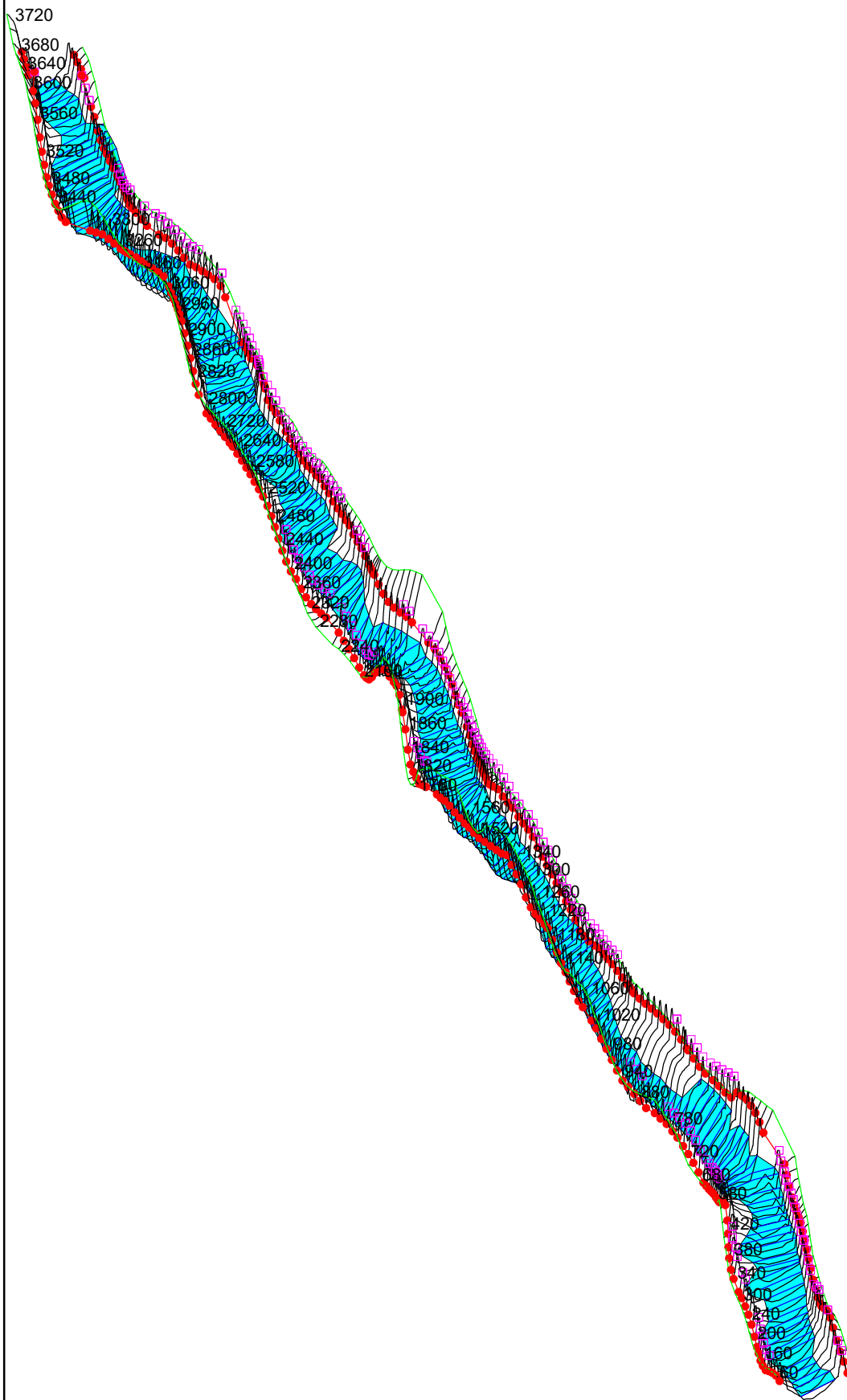
CHUQUILLANQUI ENROCADO Plan: MODELAMIENTO 1 25/10/2019



Periodo de retorno 25 años - 308,20 (m3/s)

CHUQUILLANQUI ENROCADO Plan: MODELAMIENTO 1 25/10/2019

Legend	
	WS PF 2
	Ground
	Bank Sta
	Levee



Periodo de retorno 50 años - 376,20 (m3/s)

CHUQUILLANQUI ENROCADO Plan: MODELAMIENTO 1 25/10/2019

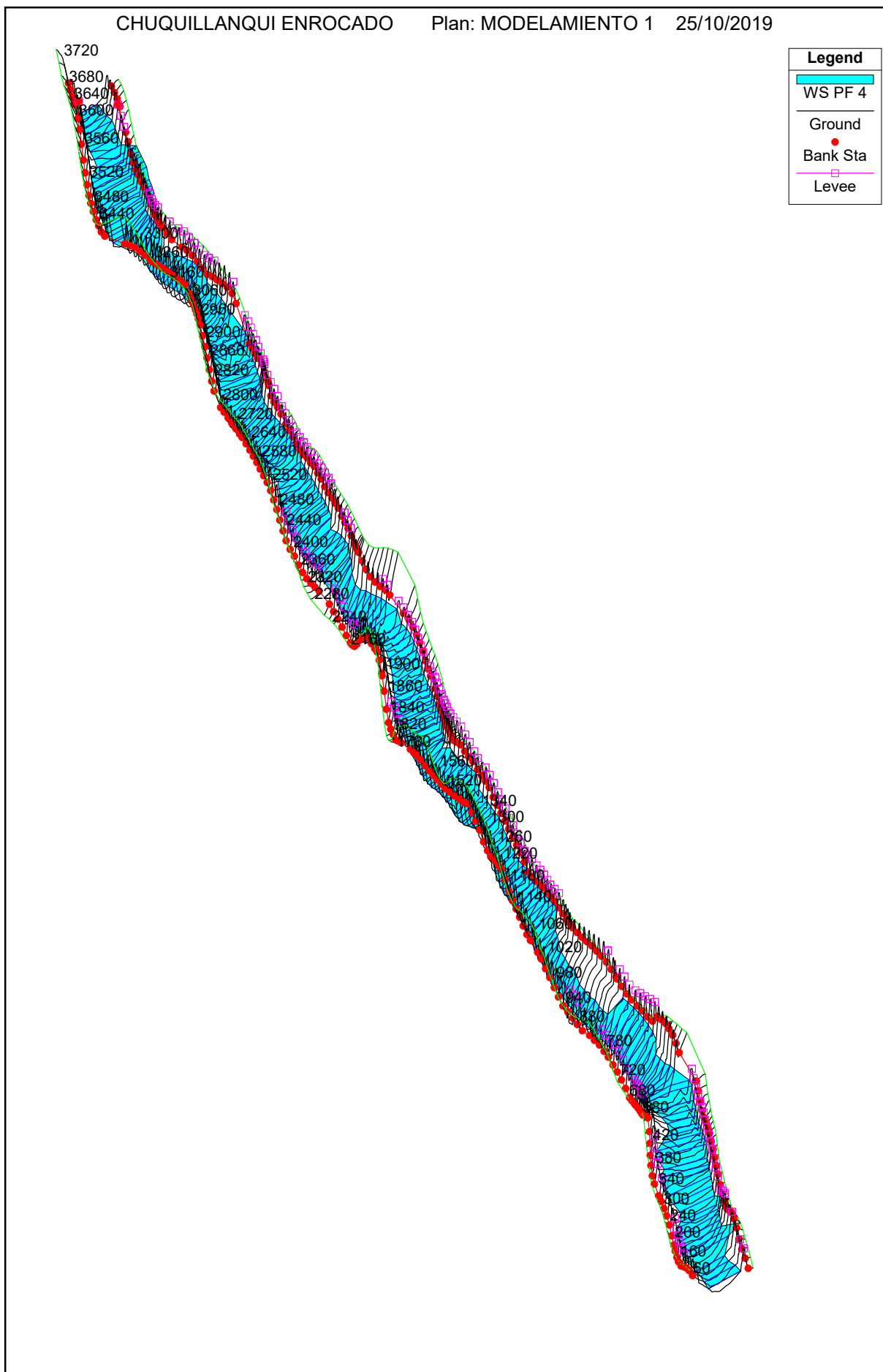
Legend

- WS PF 3
- Ground
- Bank Sta
- Levee



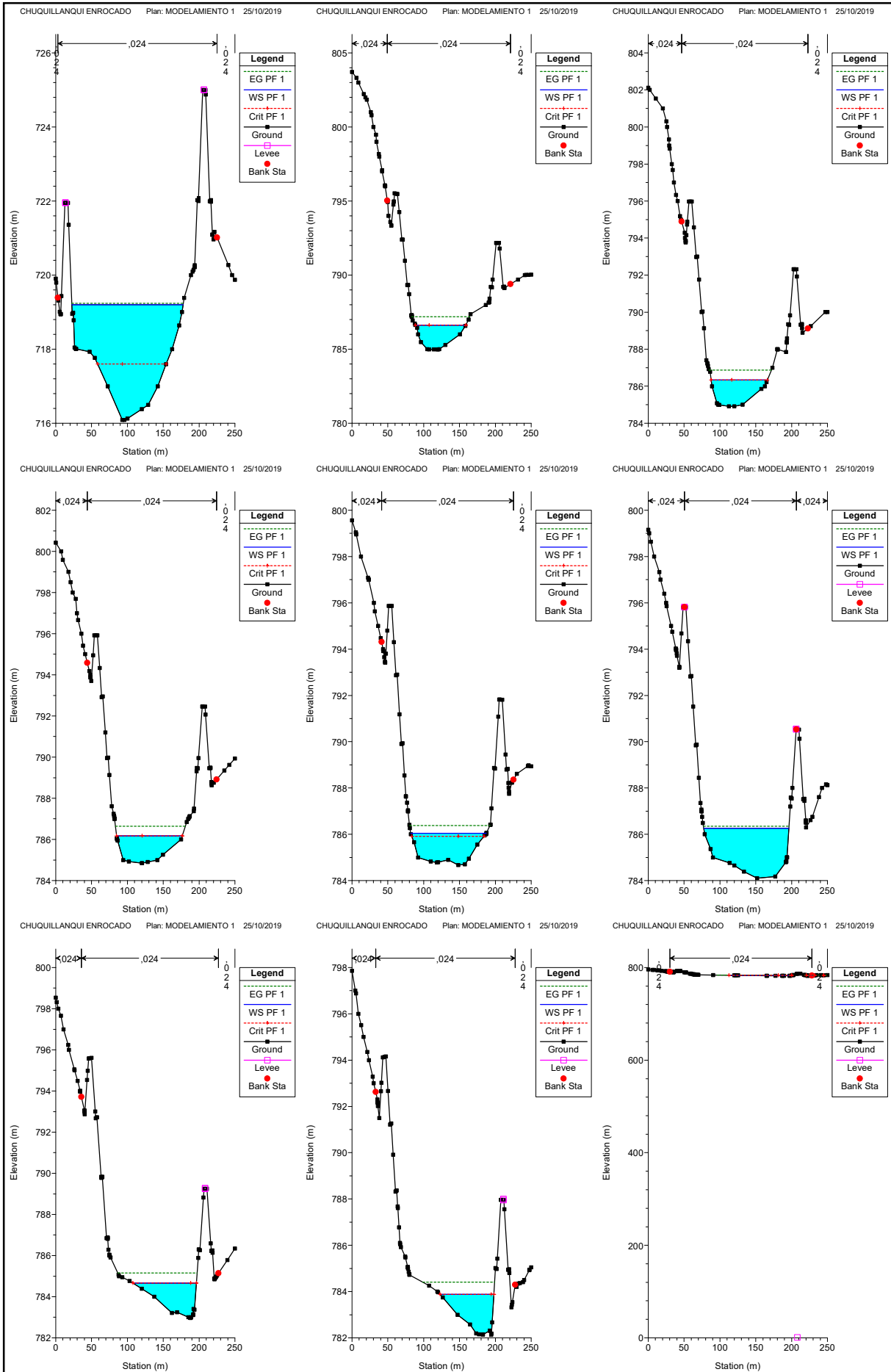
Periodo de retorno 100 años - 503,70 (m3/s)

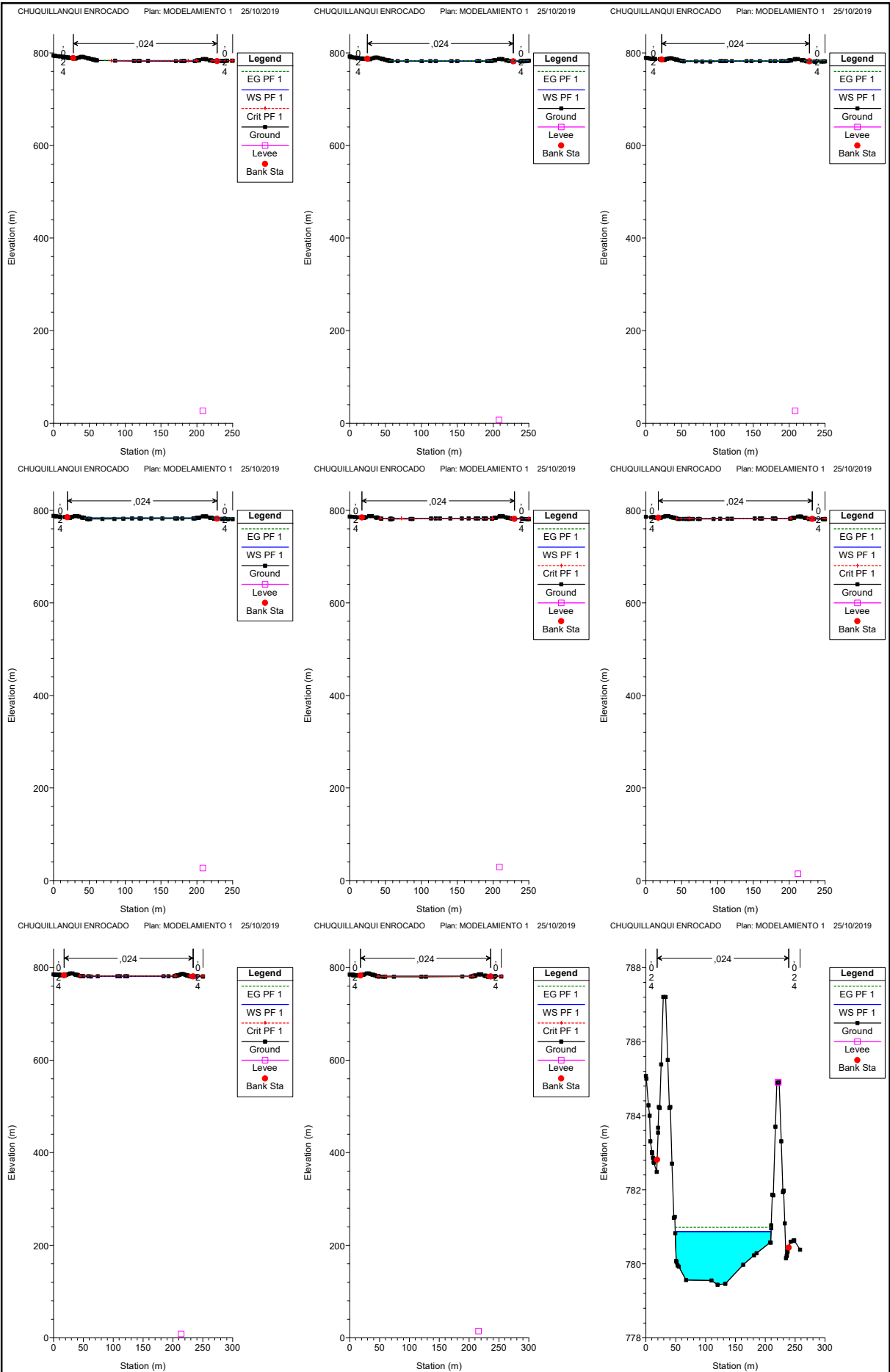
CHUQUILLANQUI ENROCADO Plan: MODELAMIENTO 1 25/10/2019

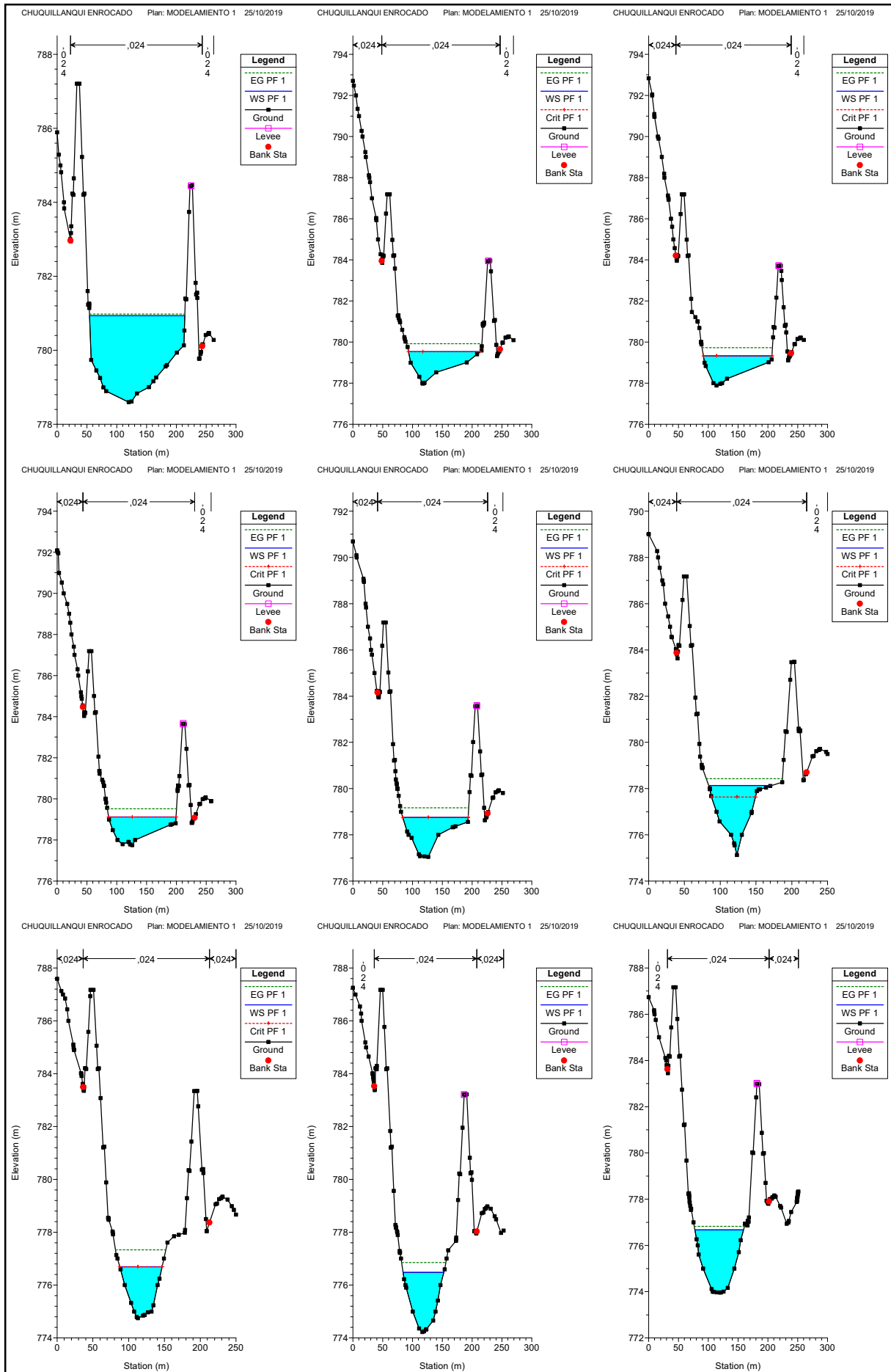


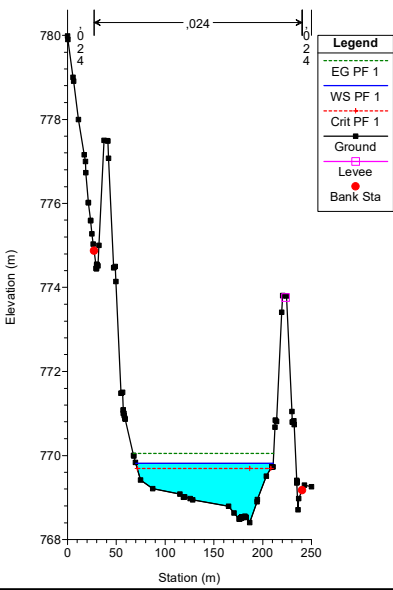
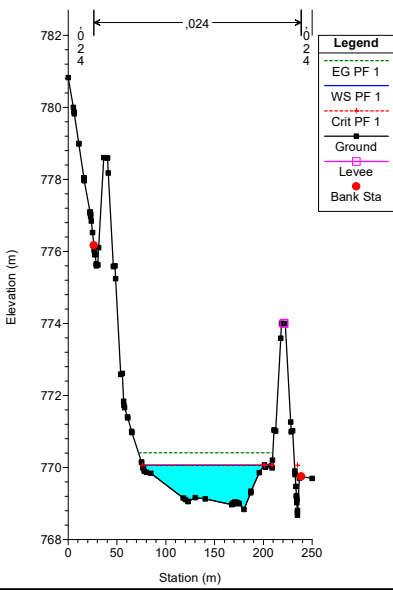
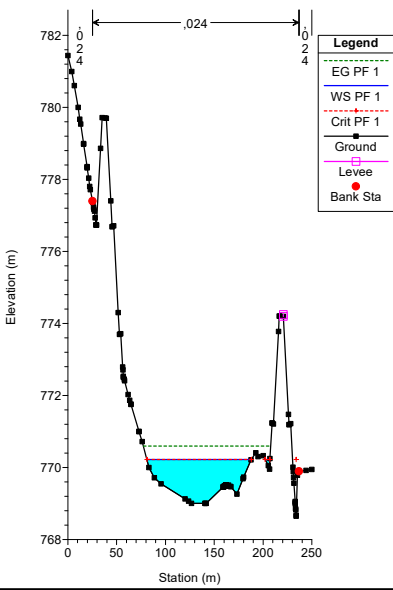
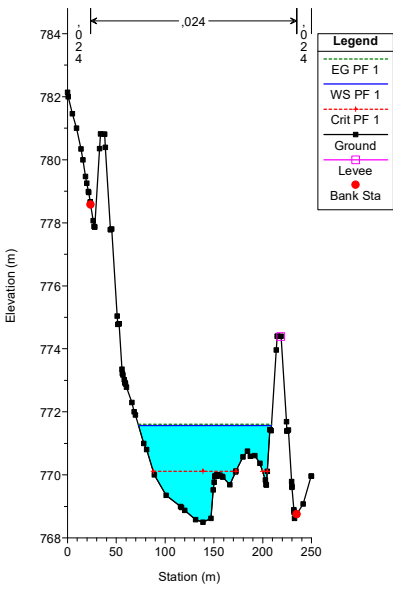
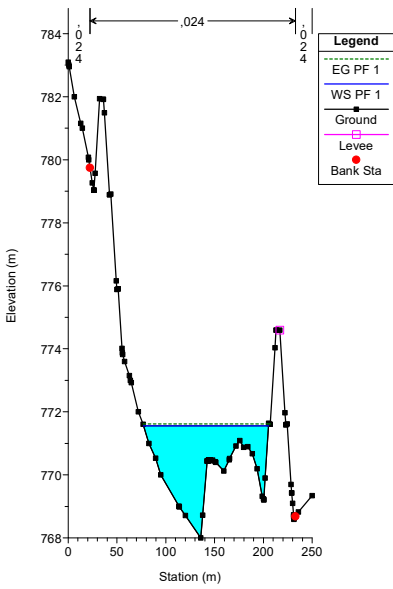
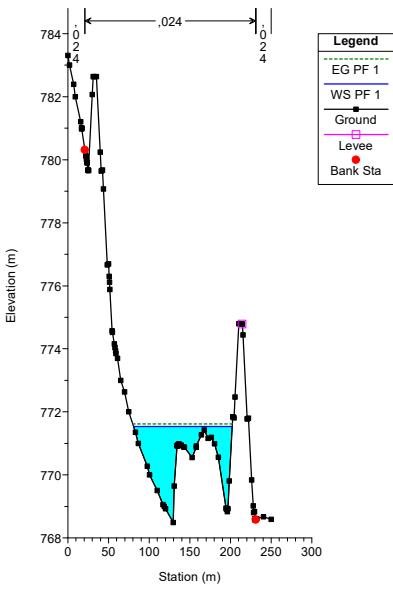
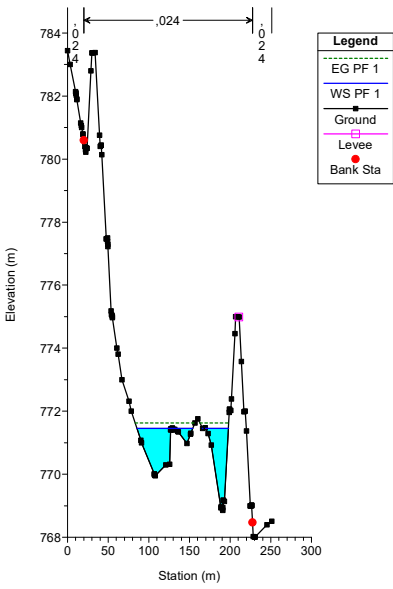
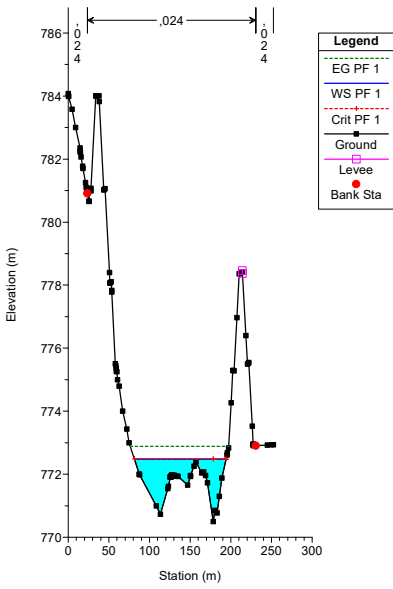
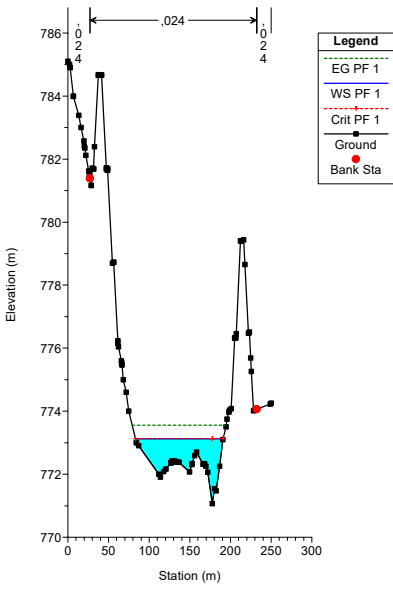
**MODELAMIENTO - CAUCE
MODIFICADO DE SECCIONES DEL
PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO
CHUQUILLANQUI EN EL TRAMO QUE
LIMITA LOS CASERIOS
CHUQUILLANQUI Y PINCHADAY
ESTRUCTURA DE EROCADADO**

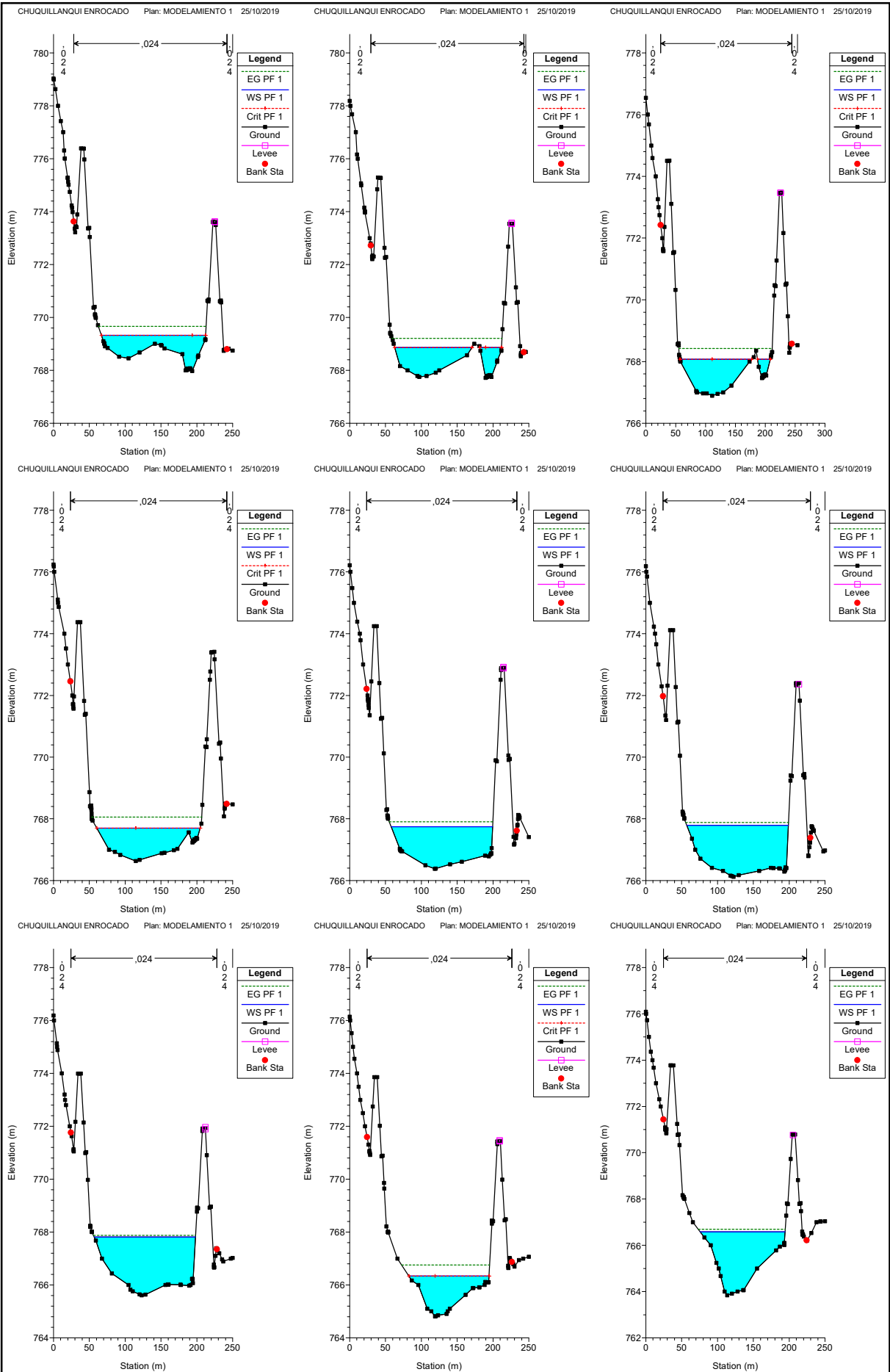
Periodo de retorno 10 años - 265,40 (m³/s)

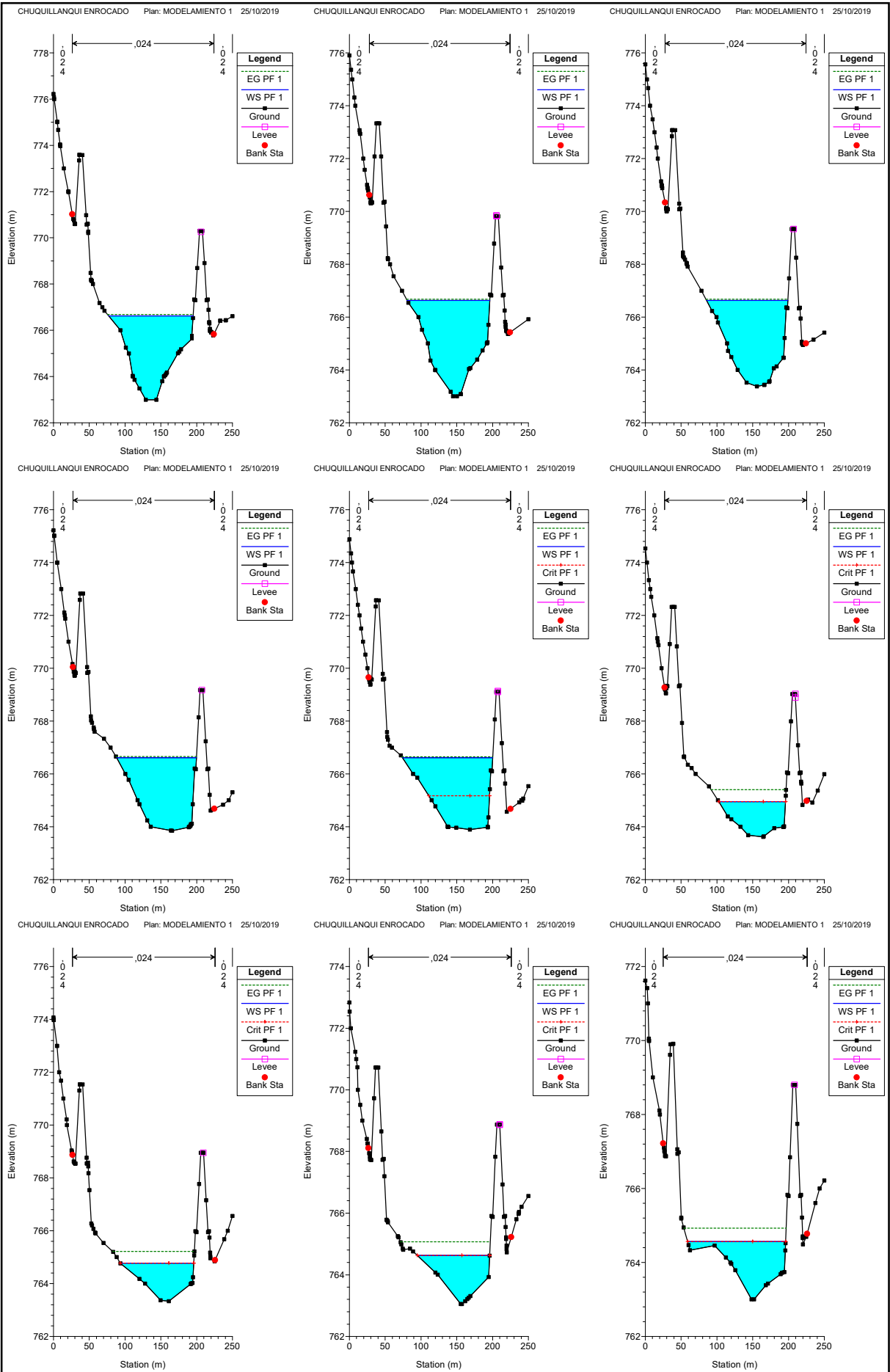


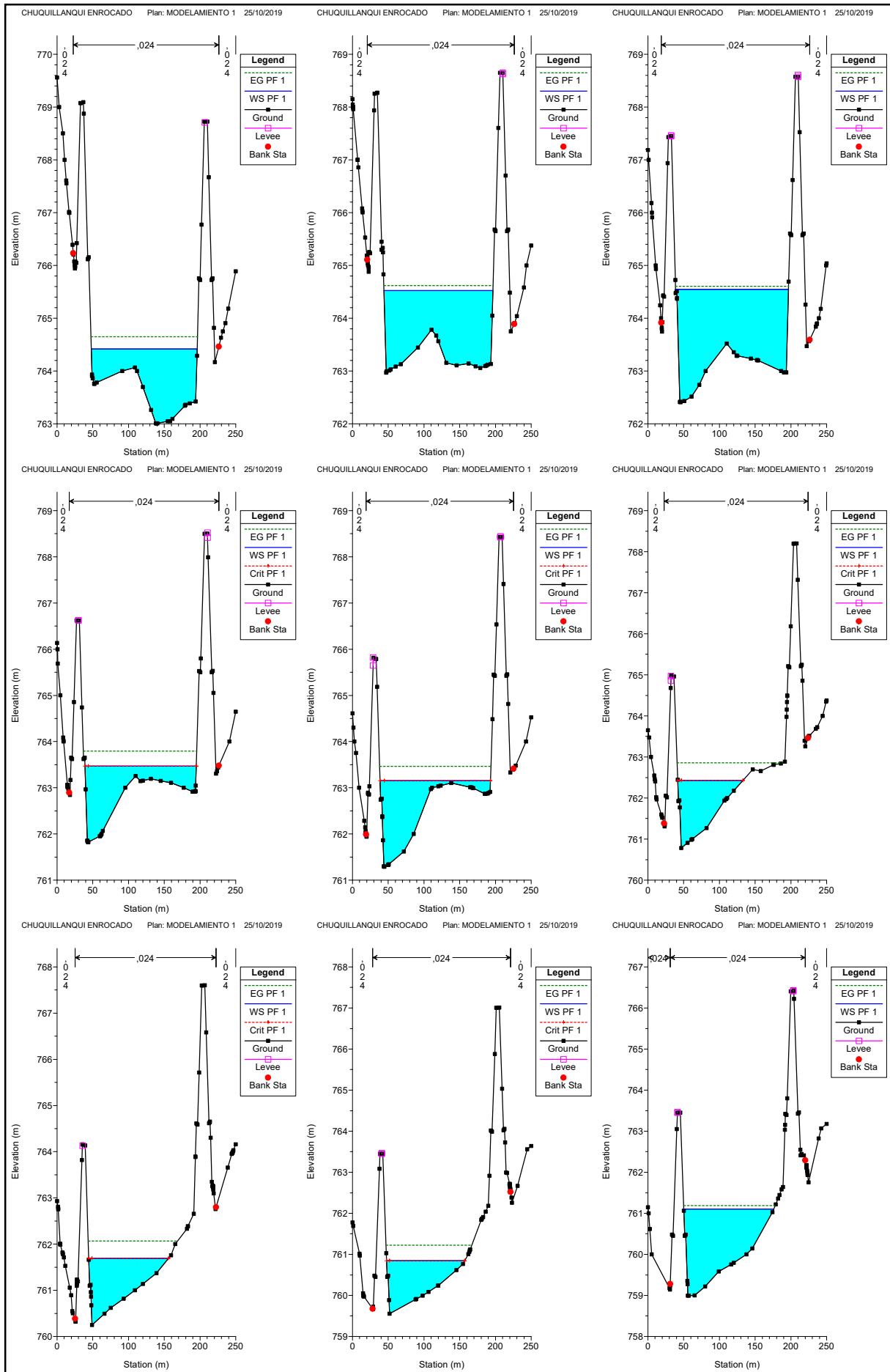


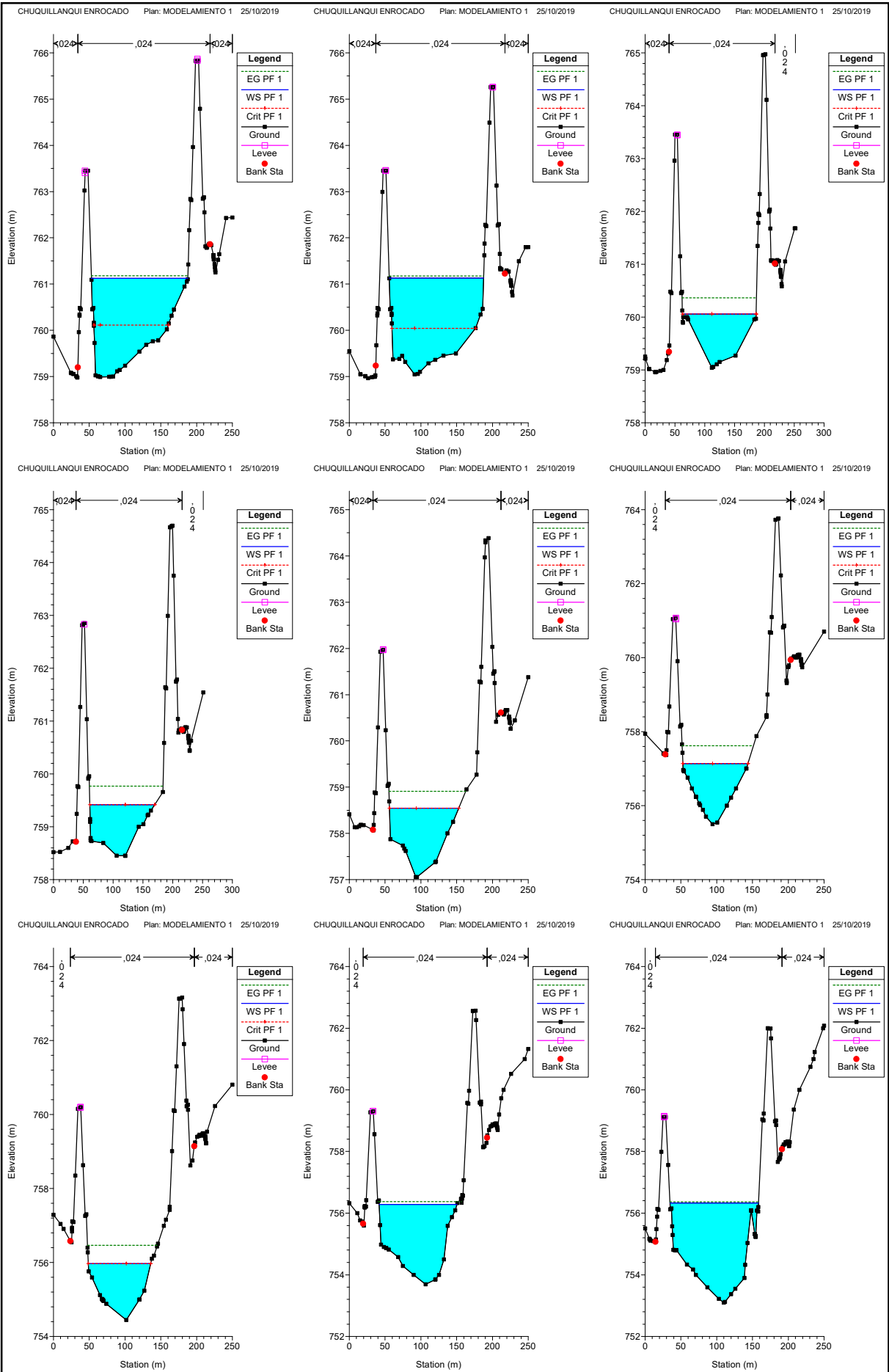


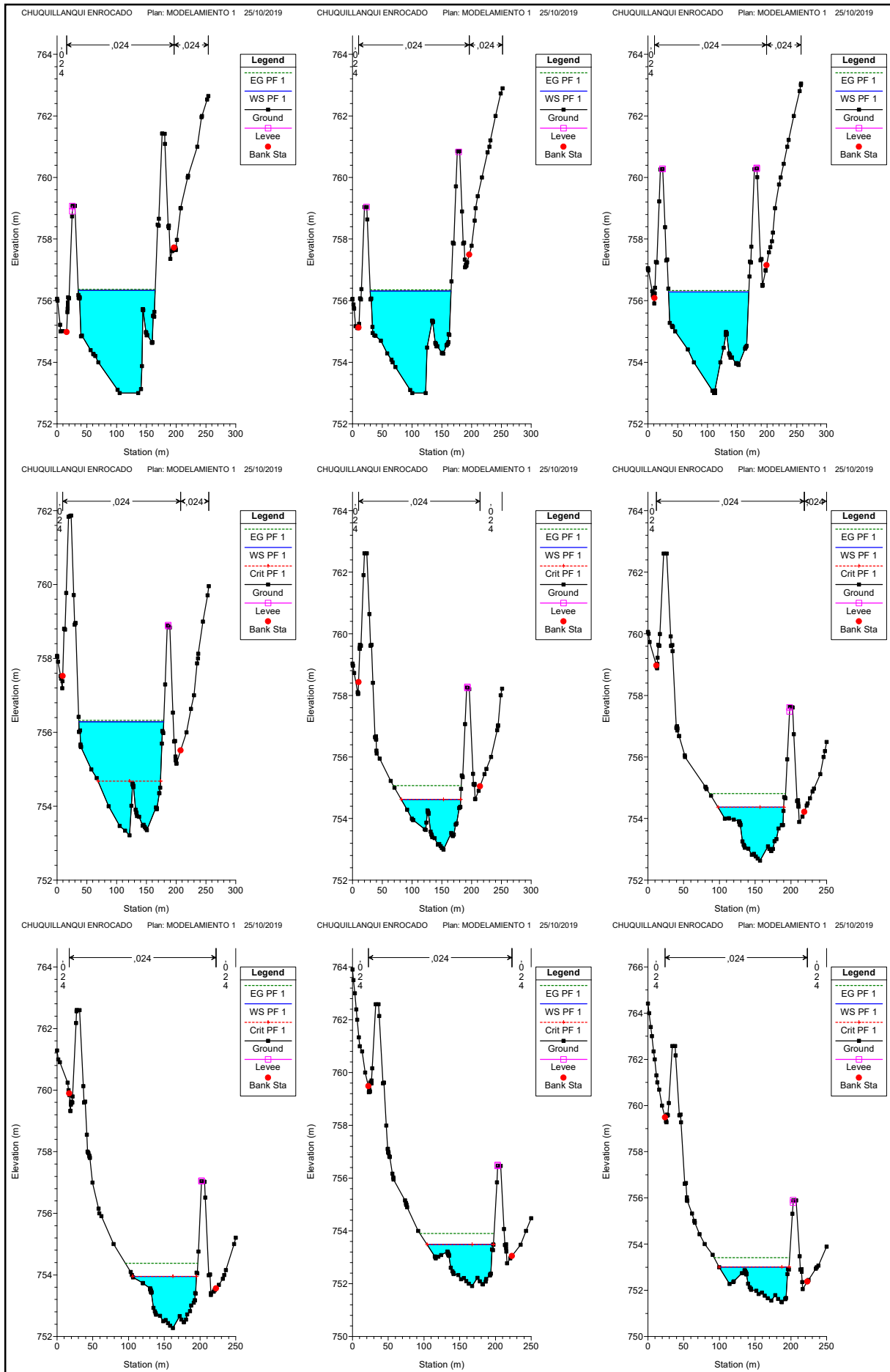


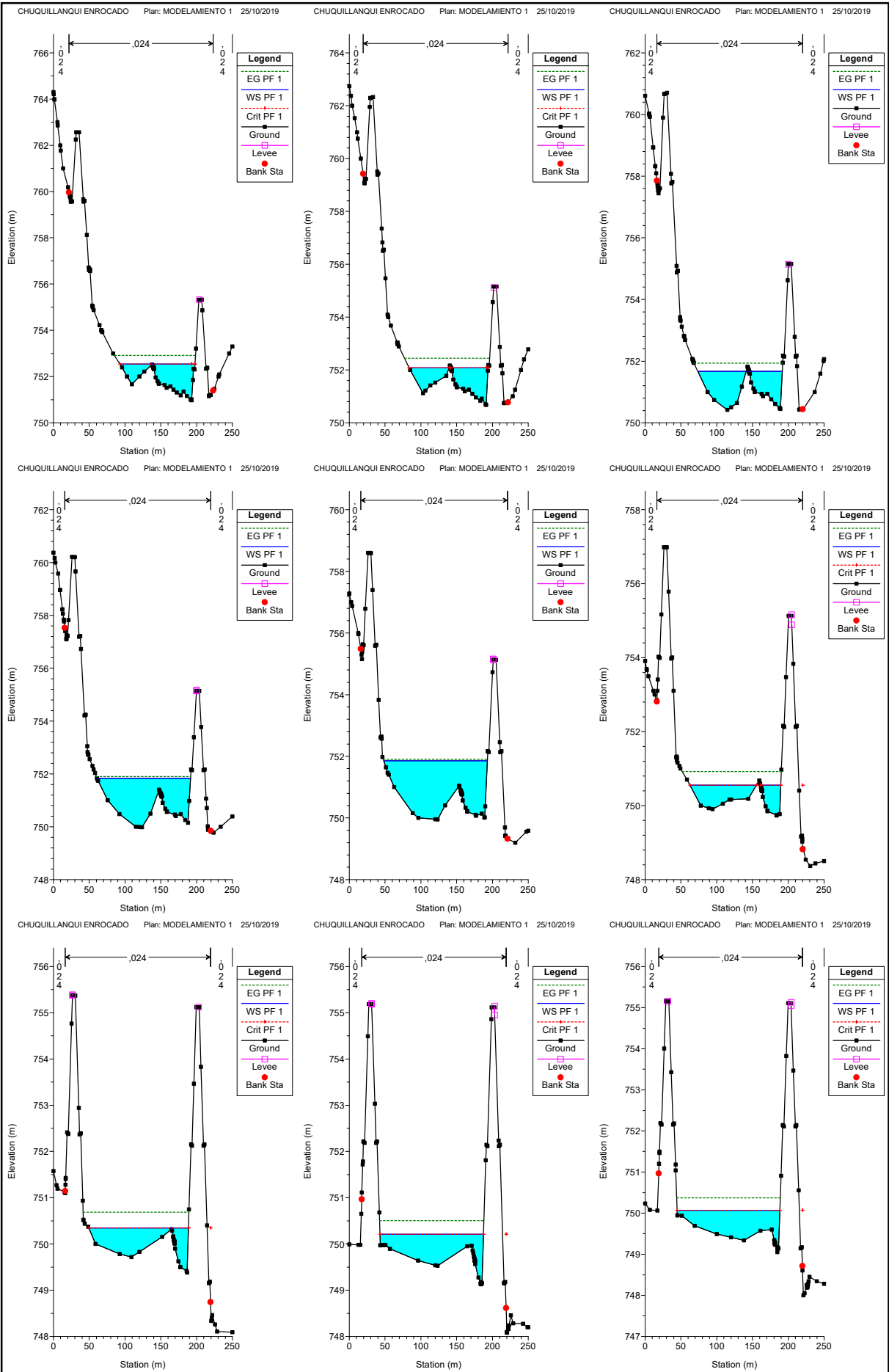


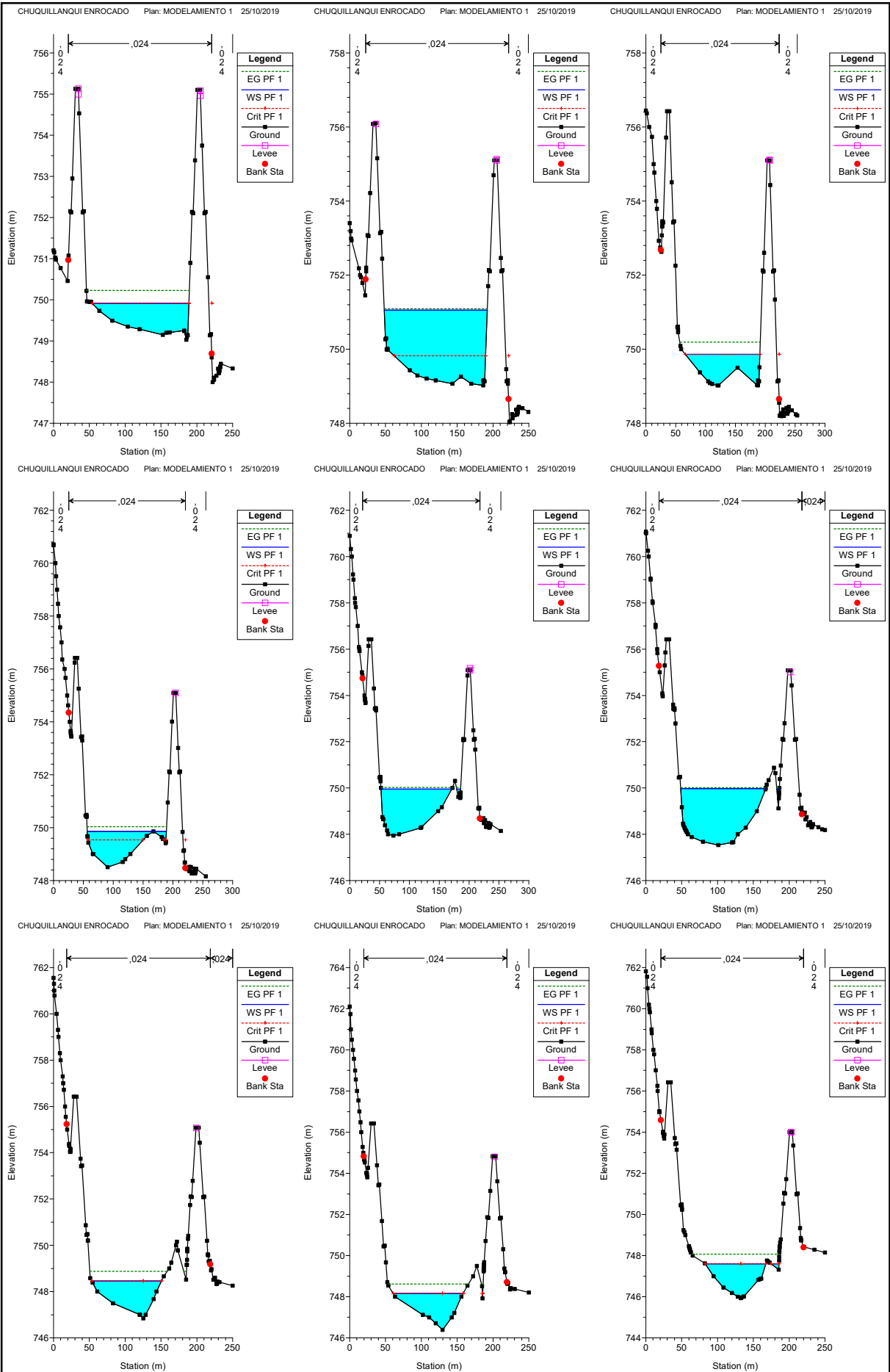


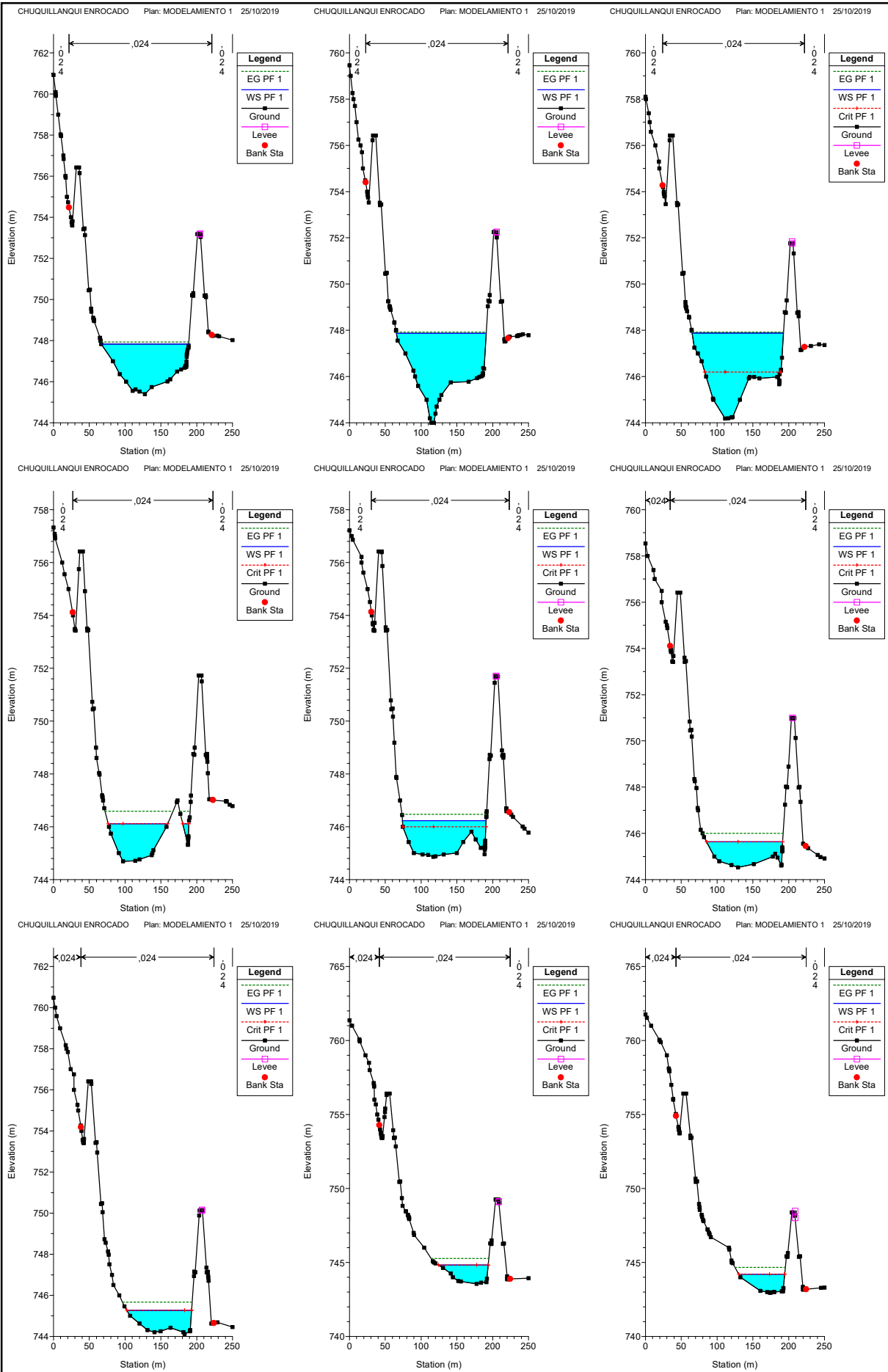


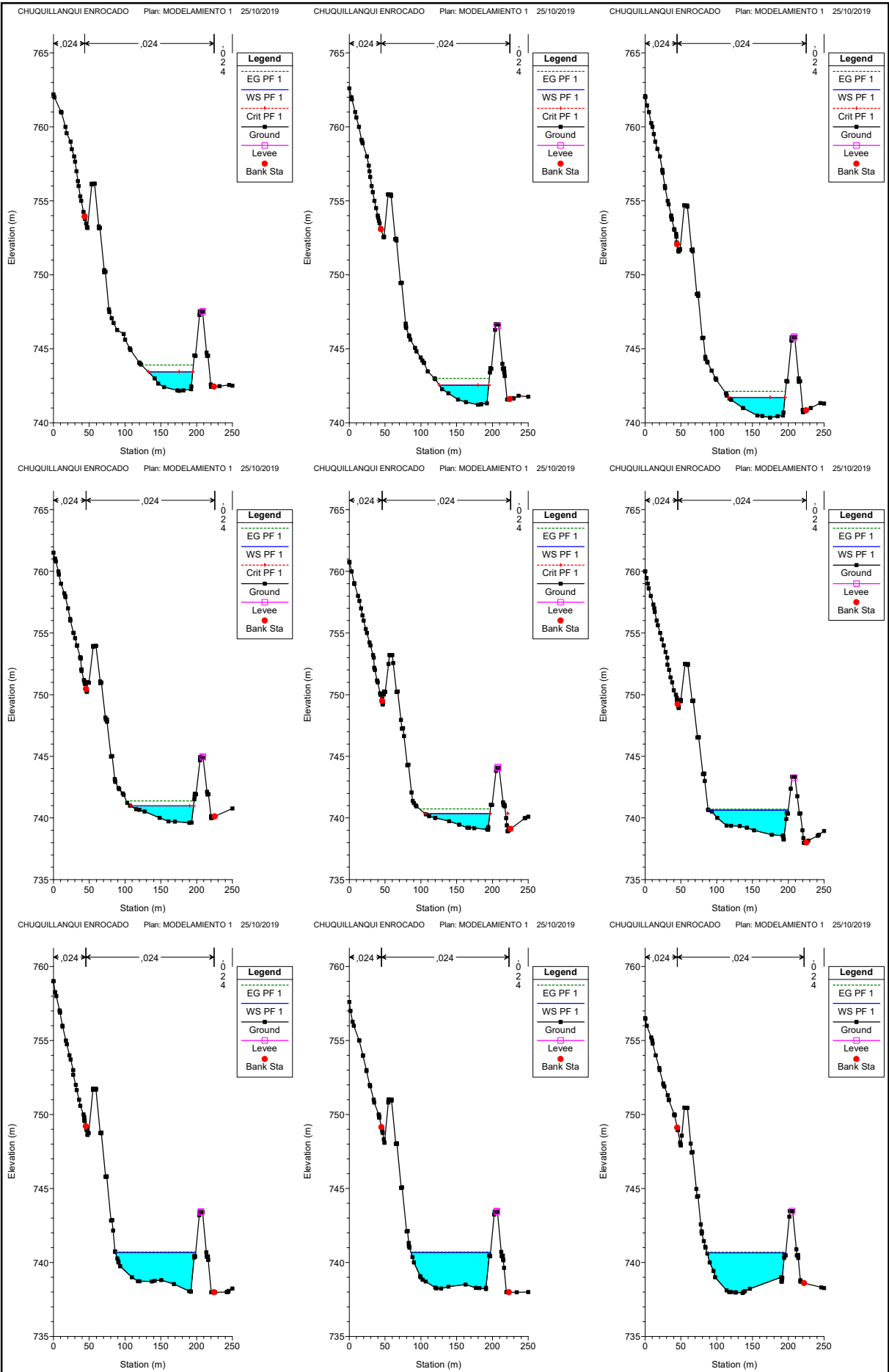


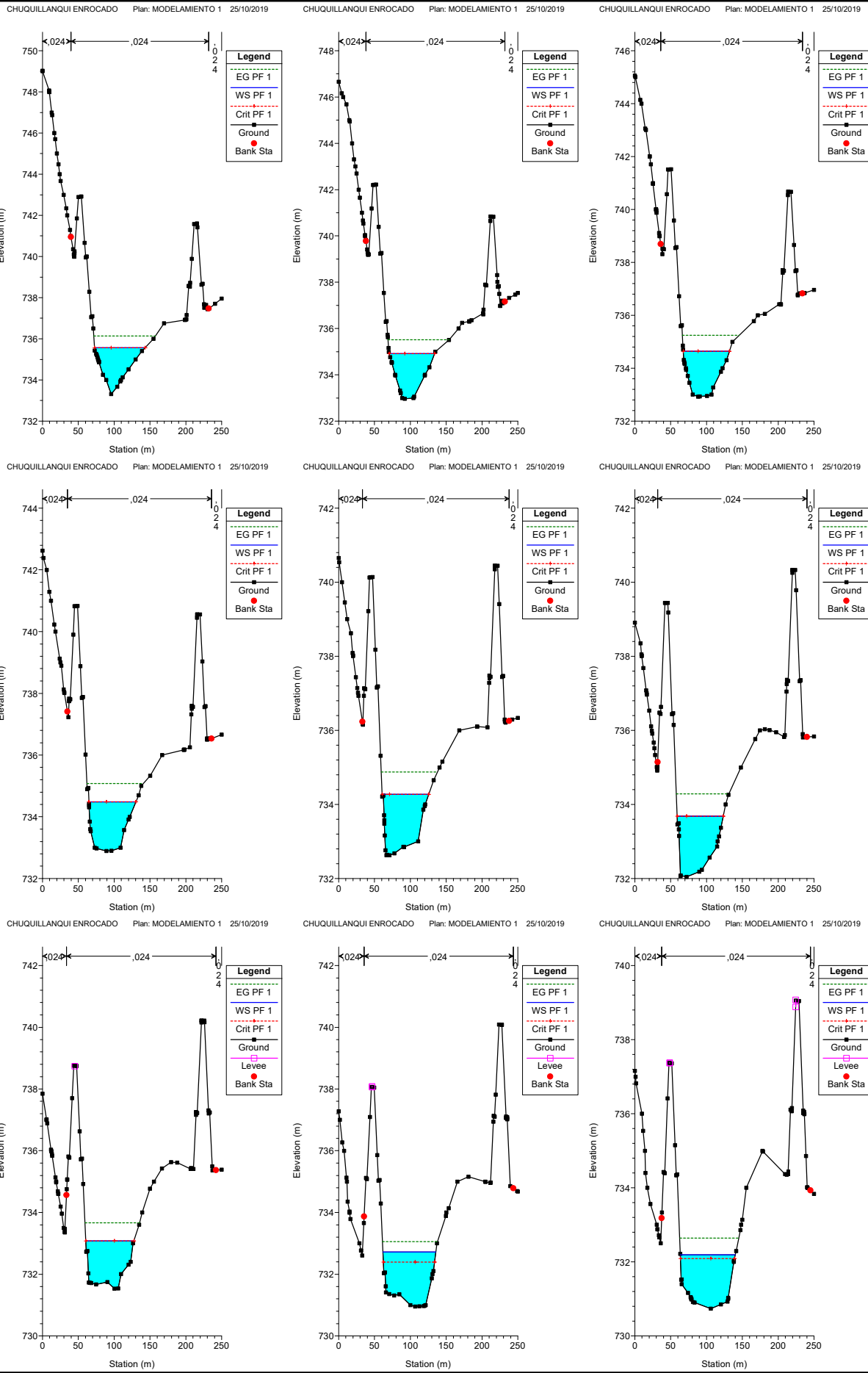


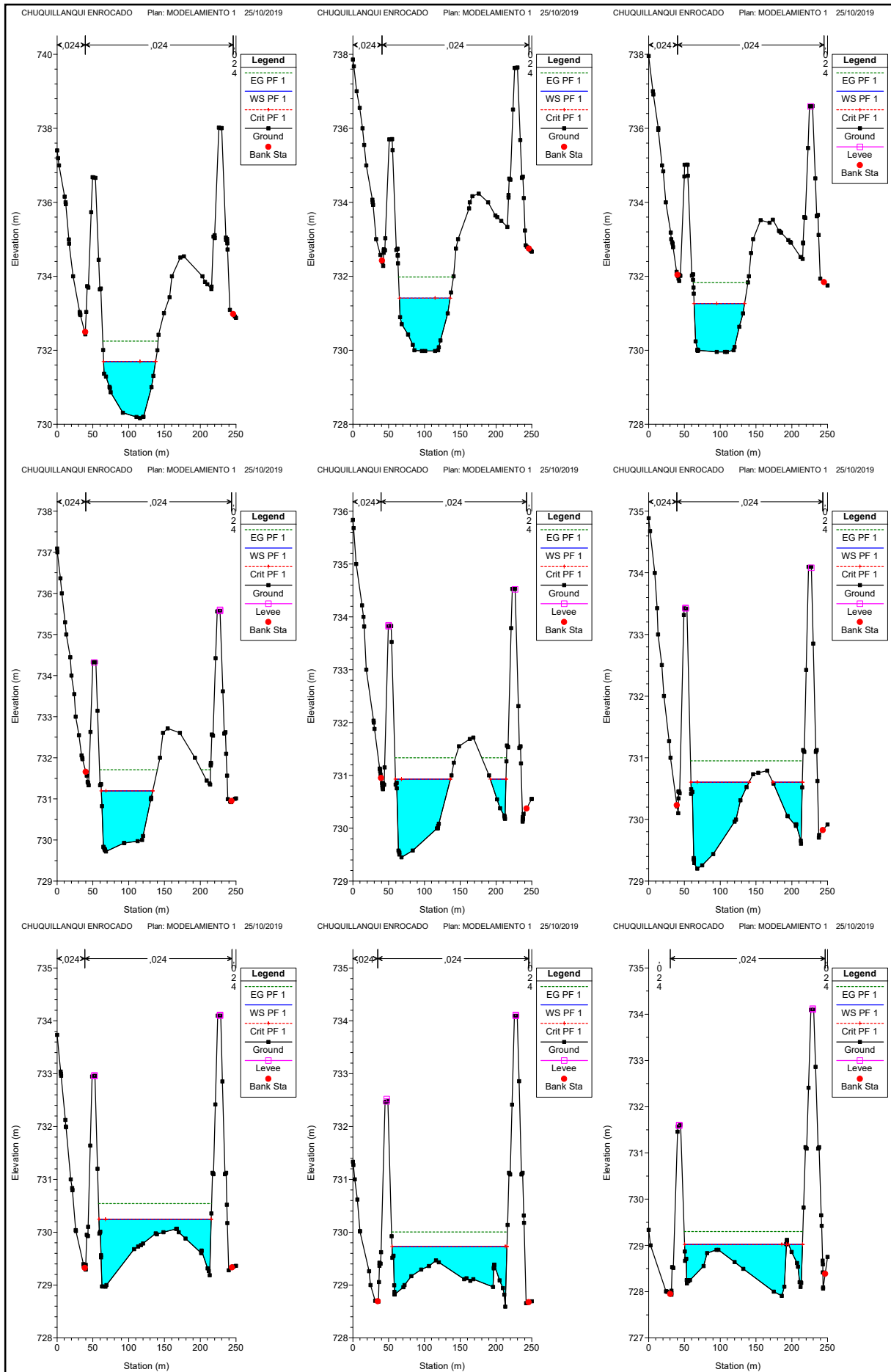


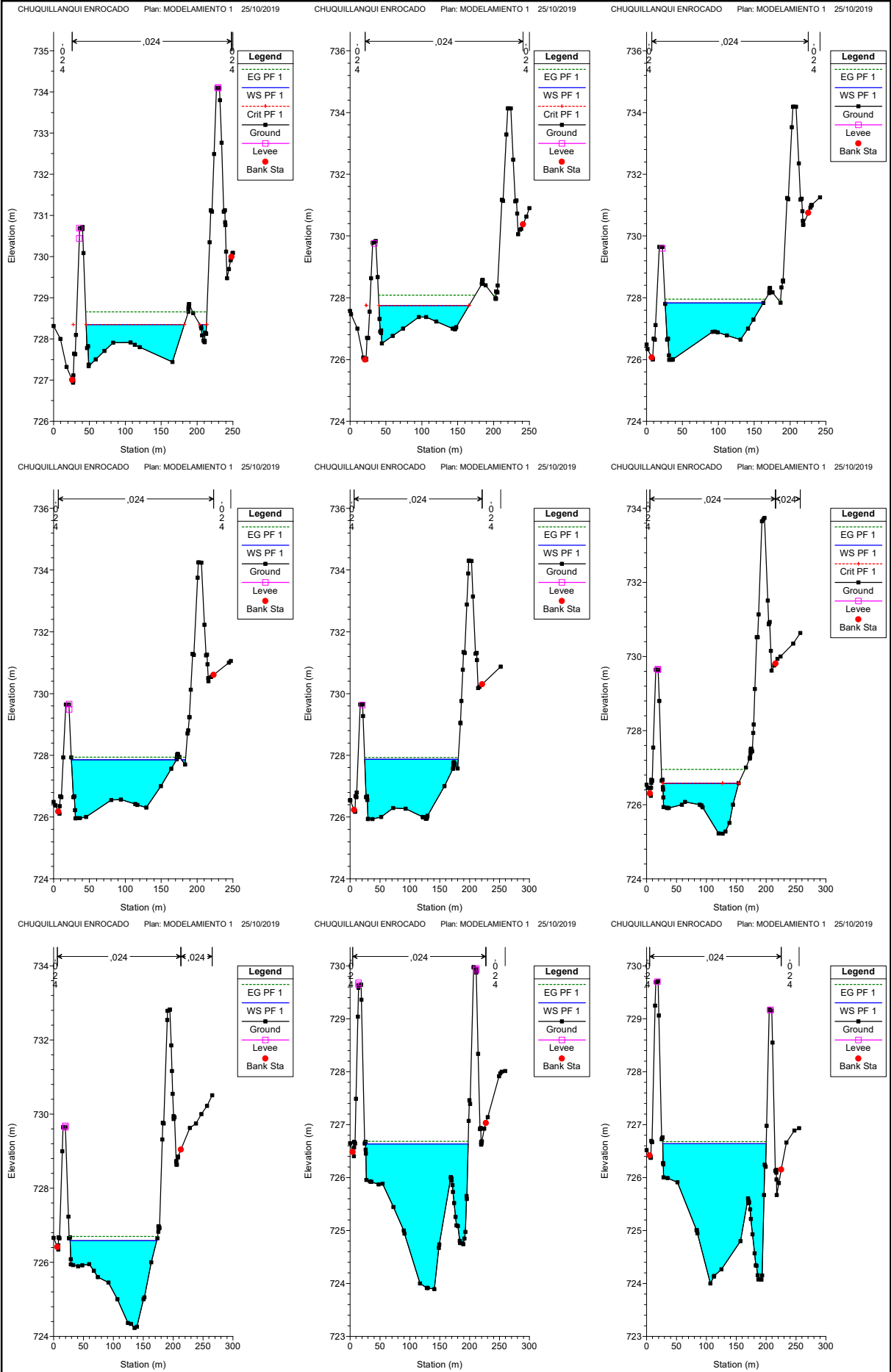


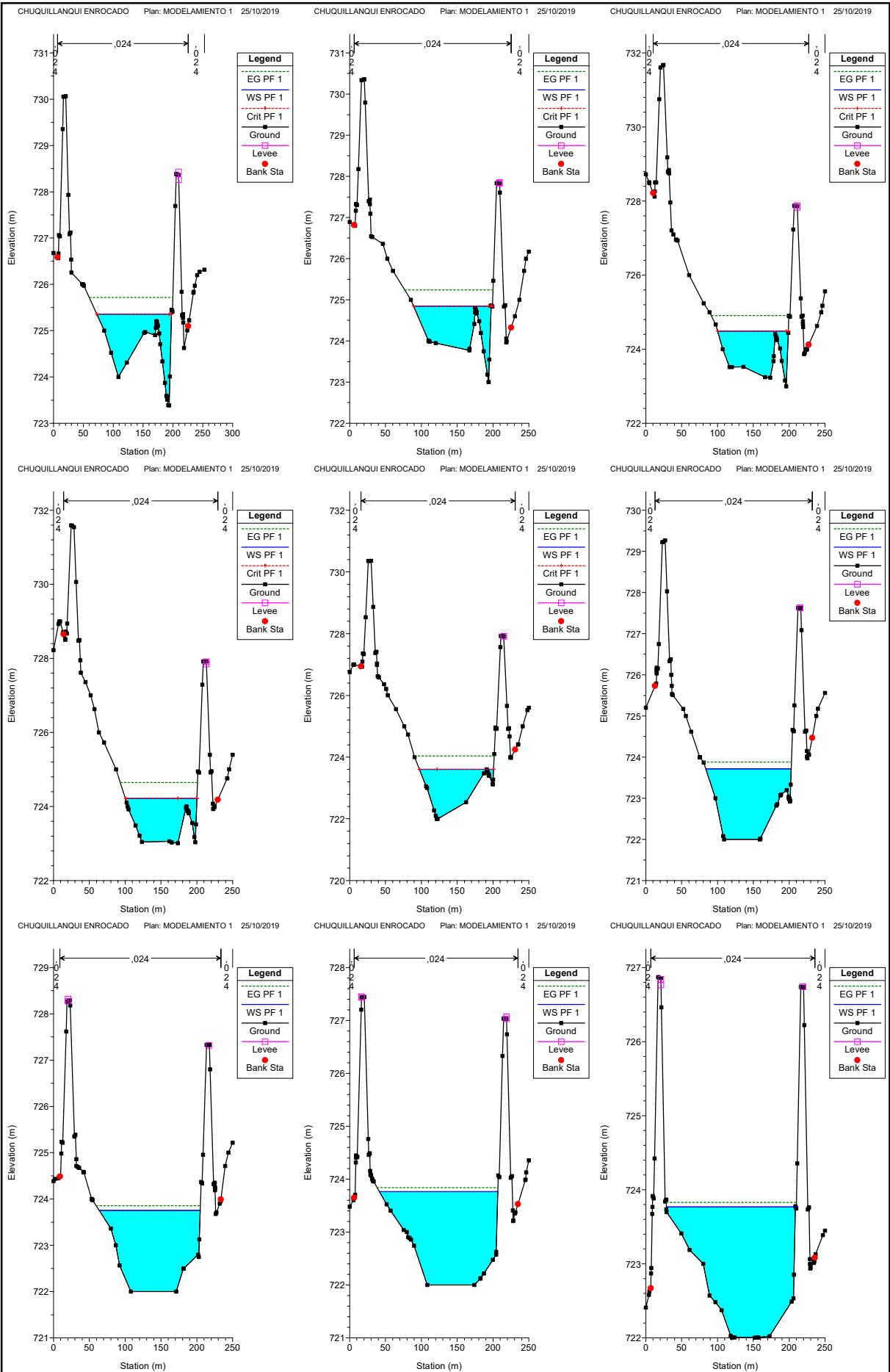


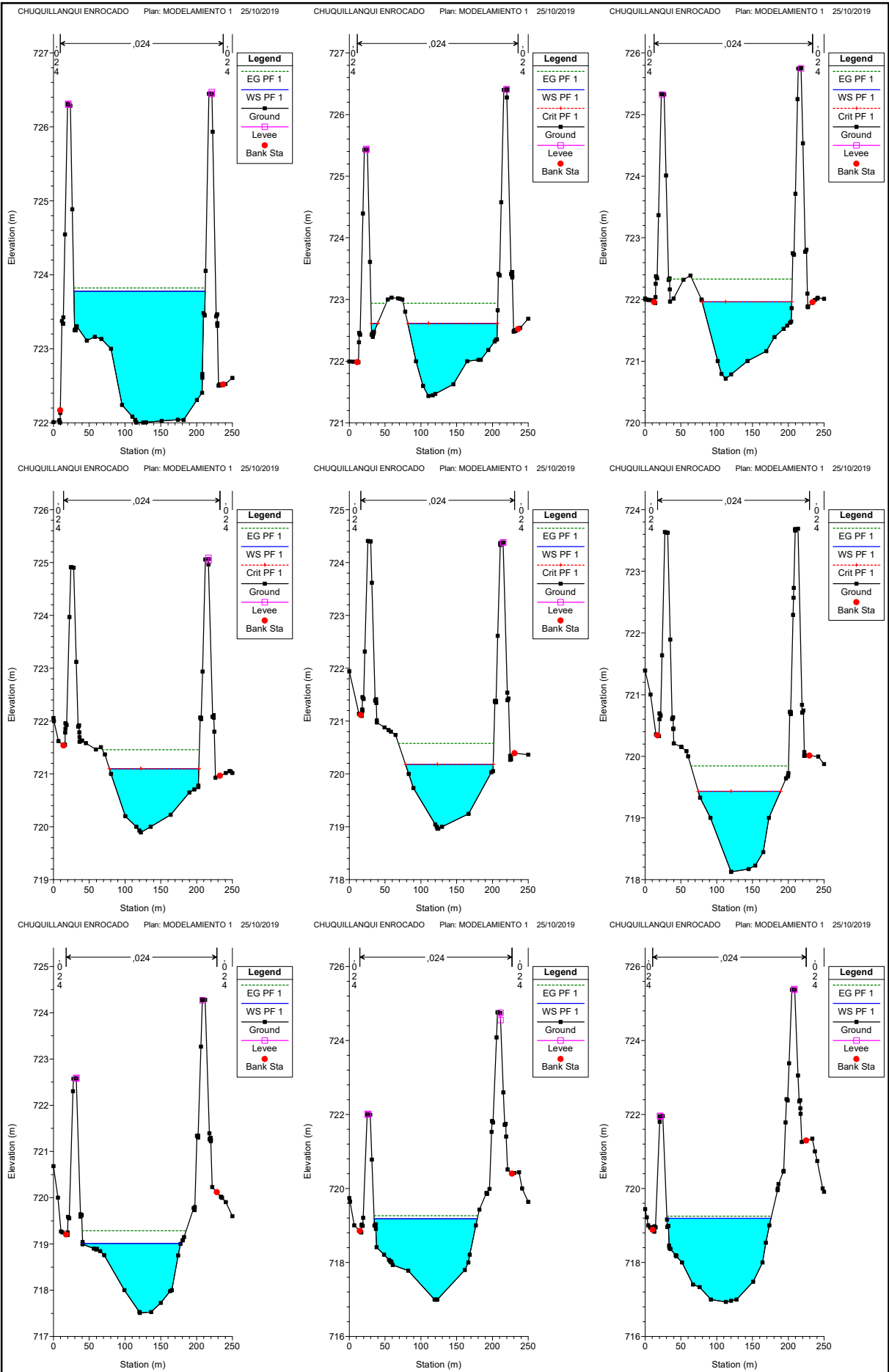


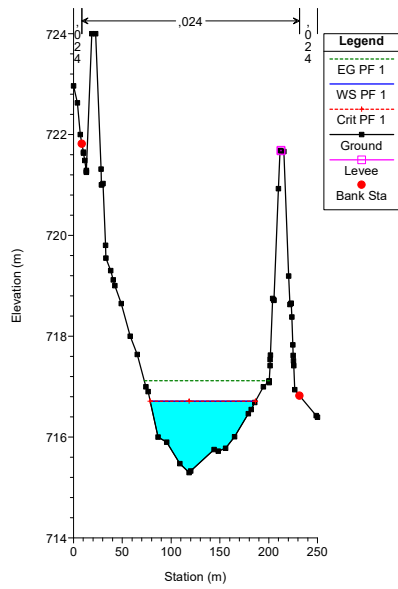
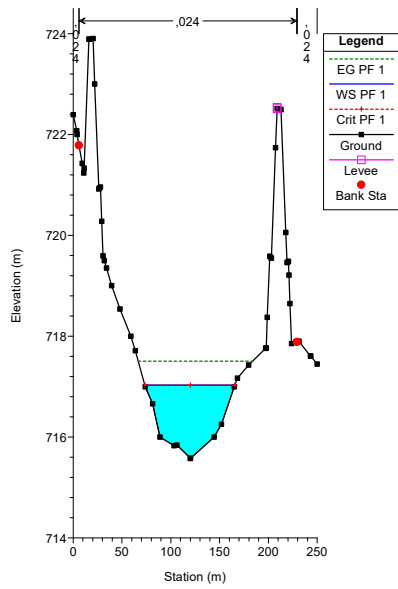
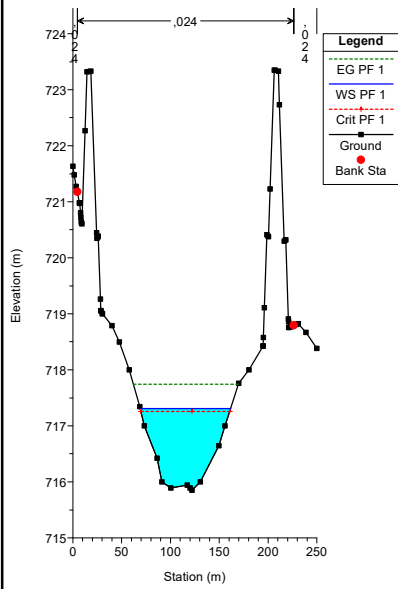
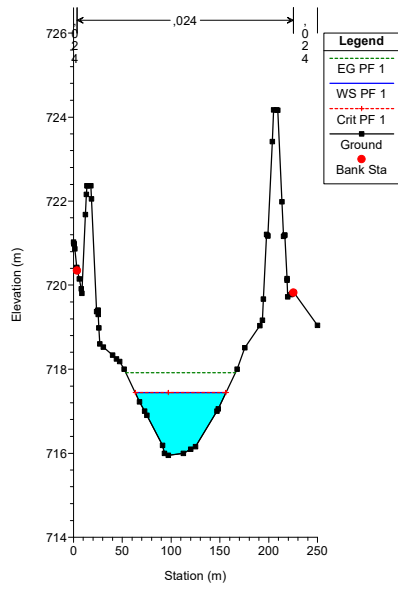
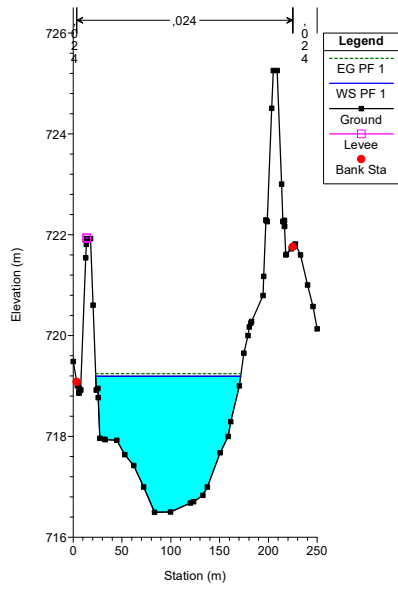
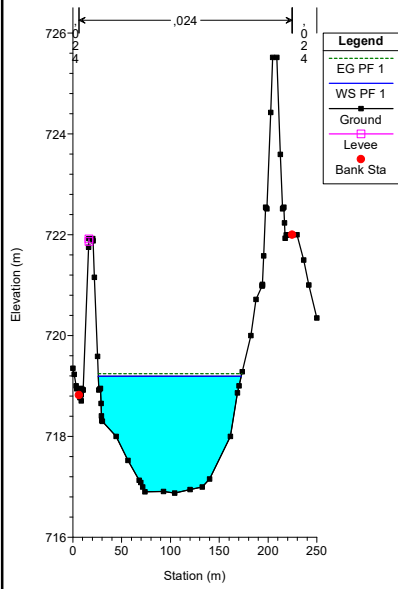




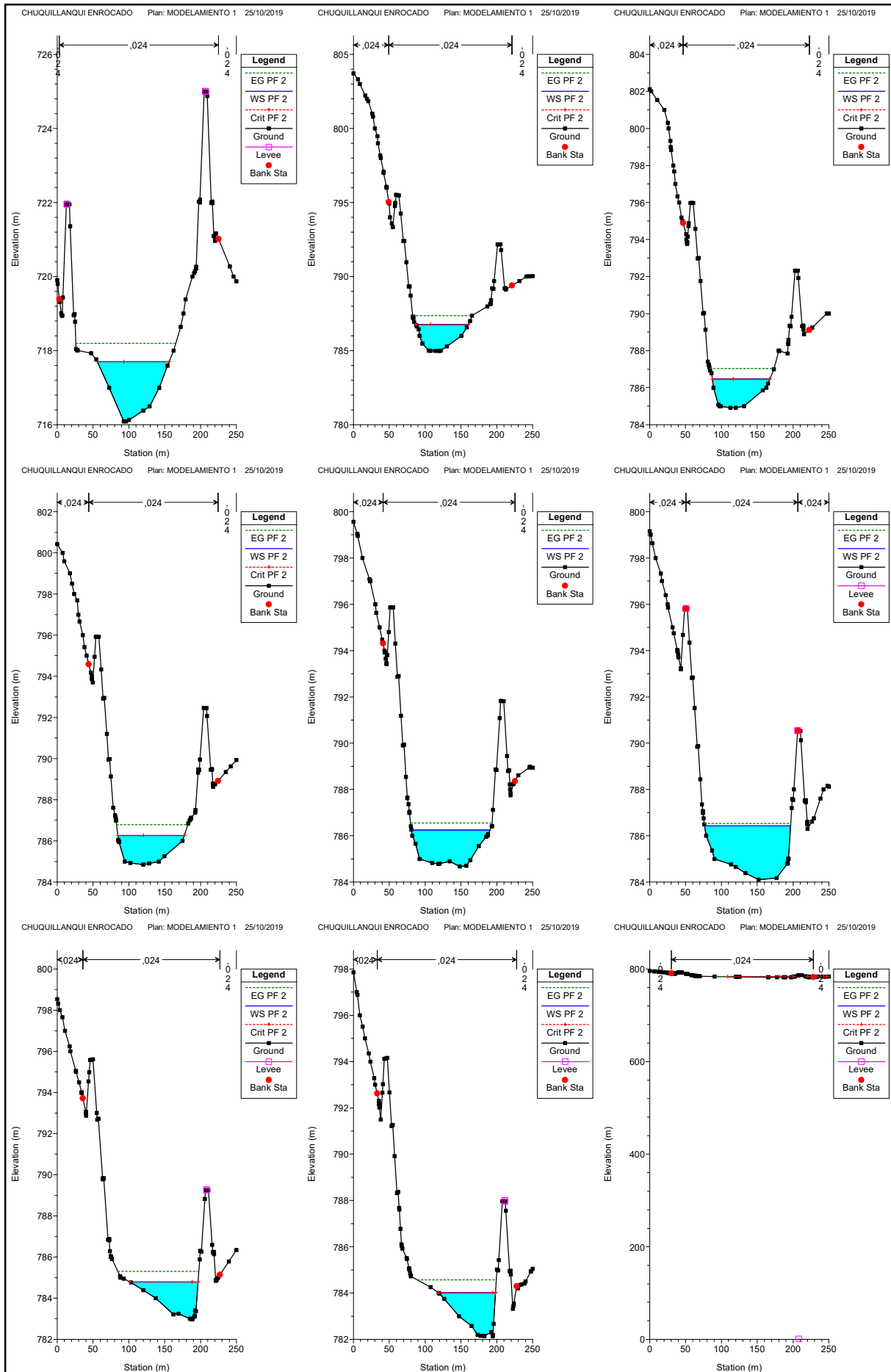


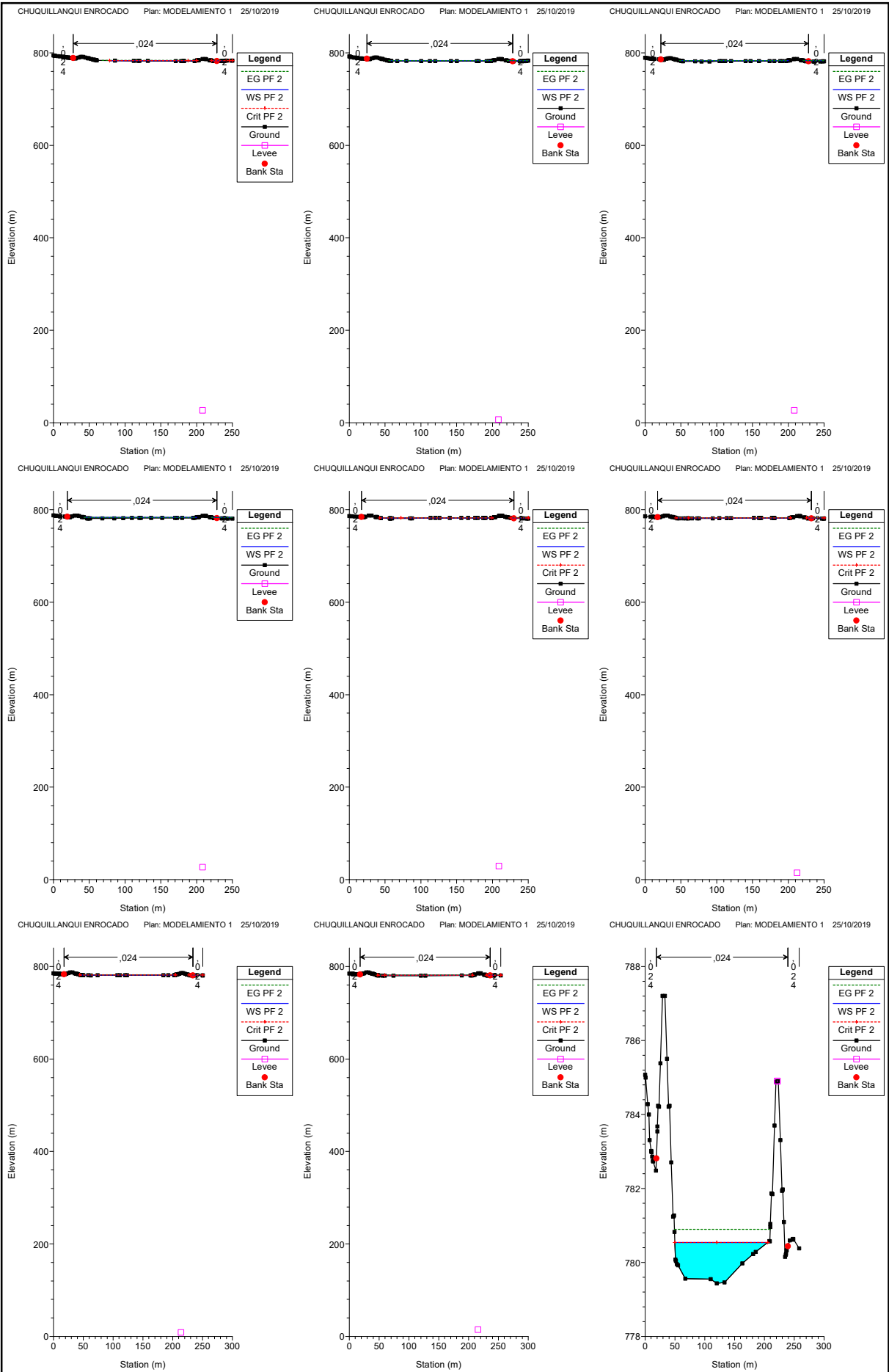


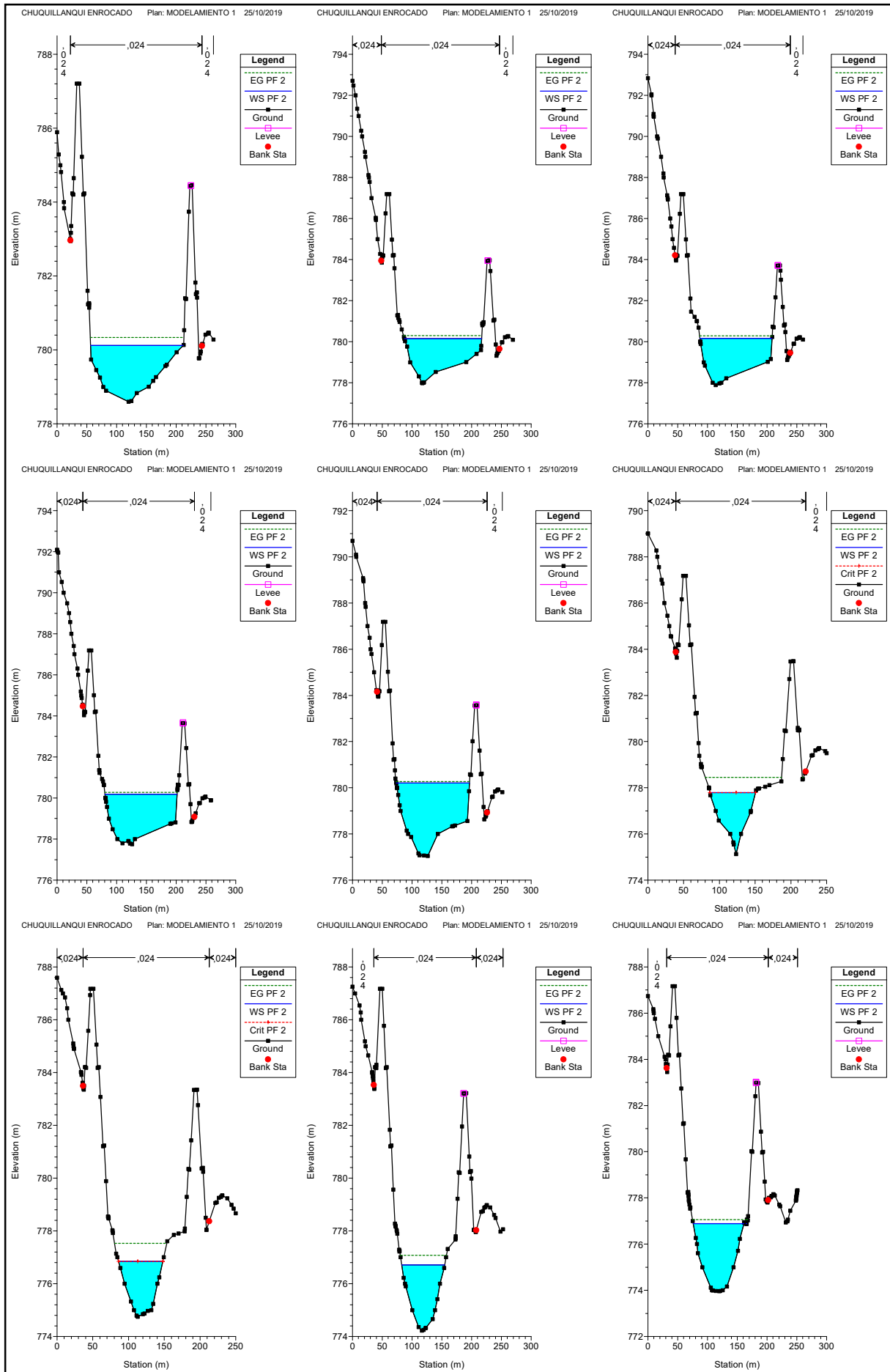


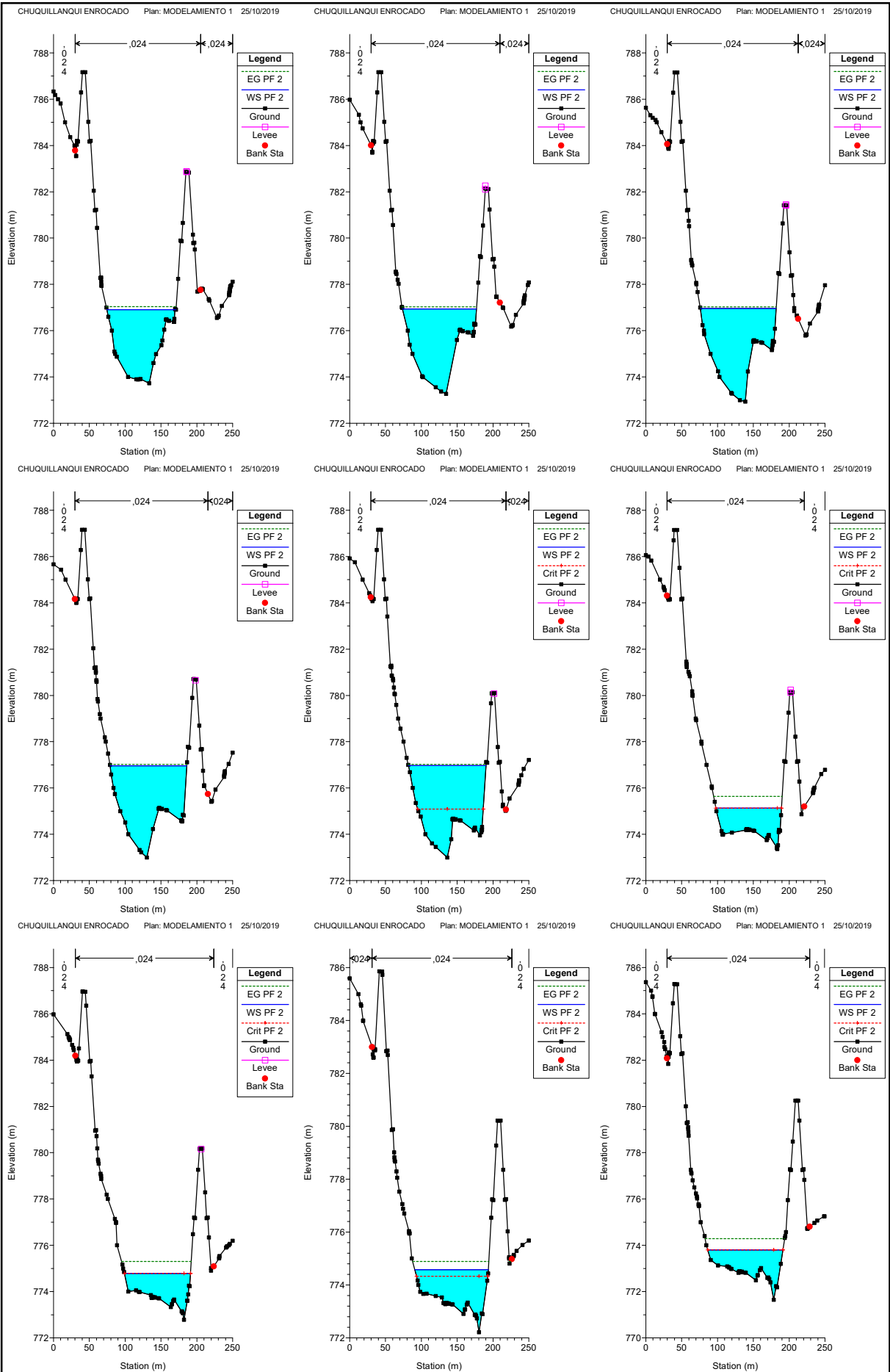


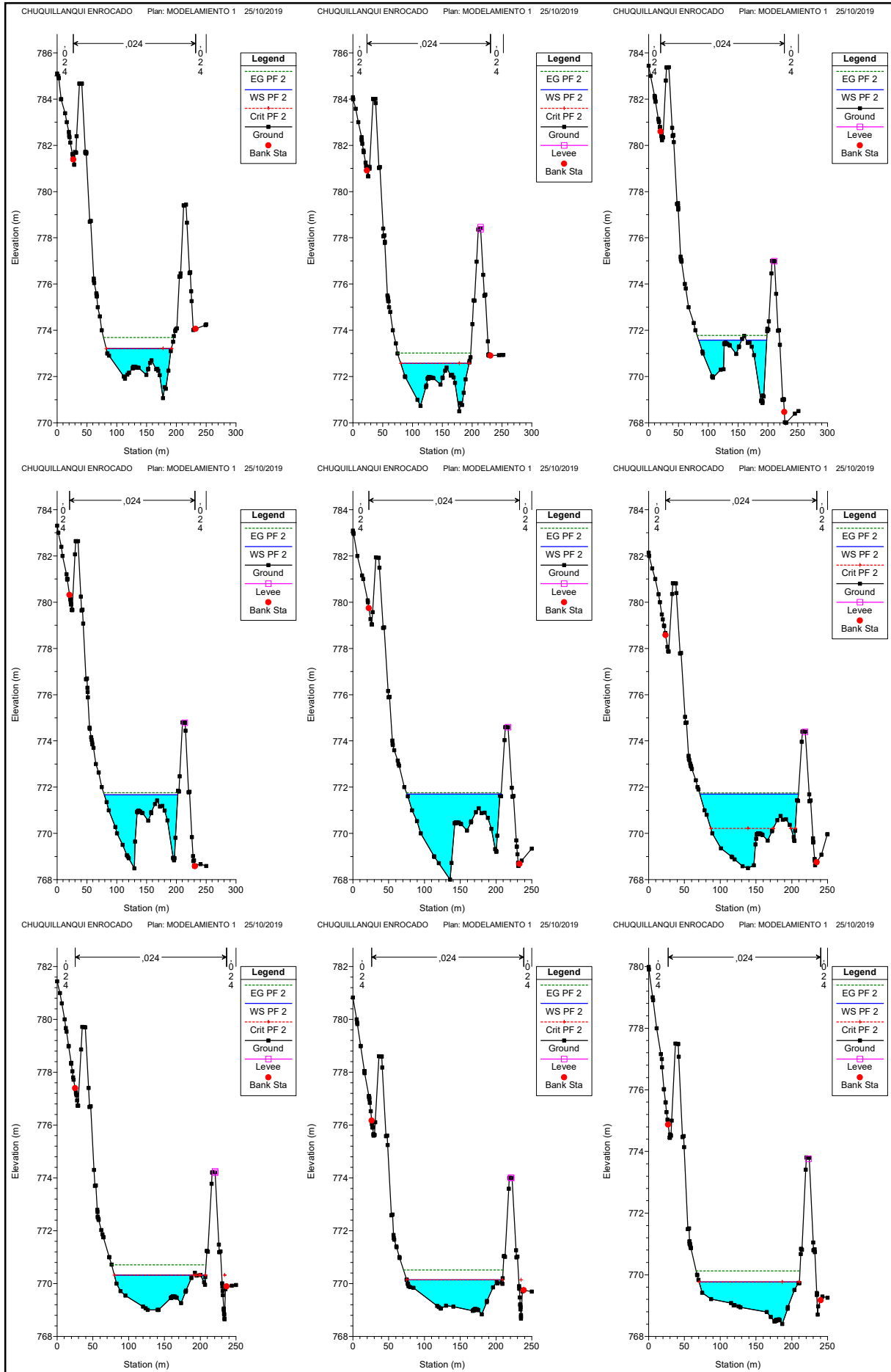
Periodo de retorno 25 años - 308,20 (m3/s)

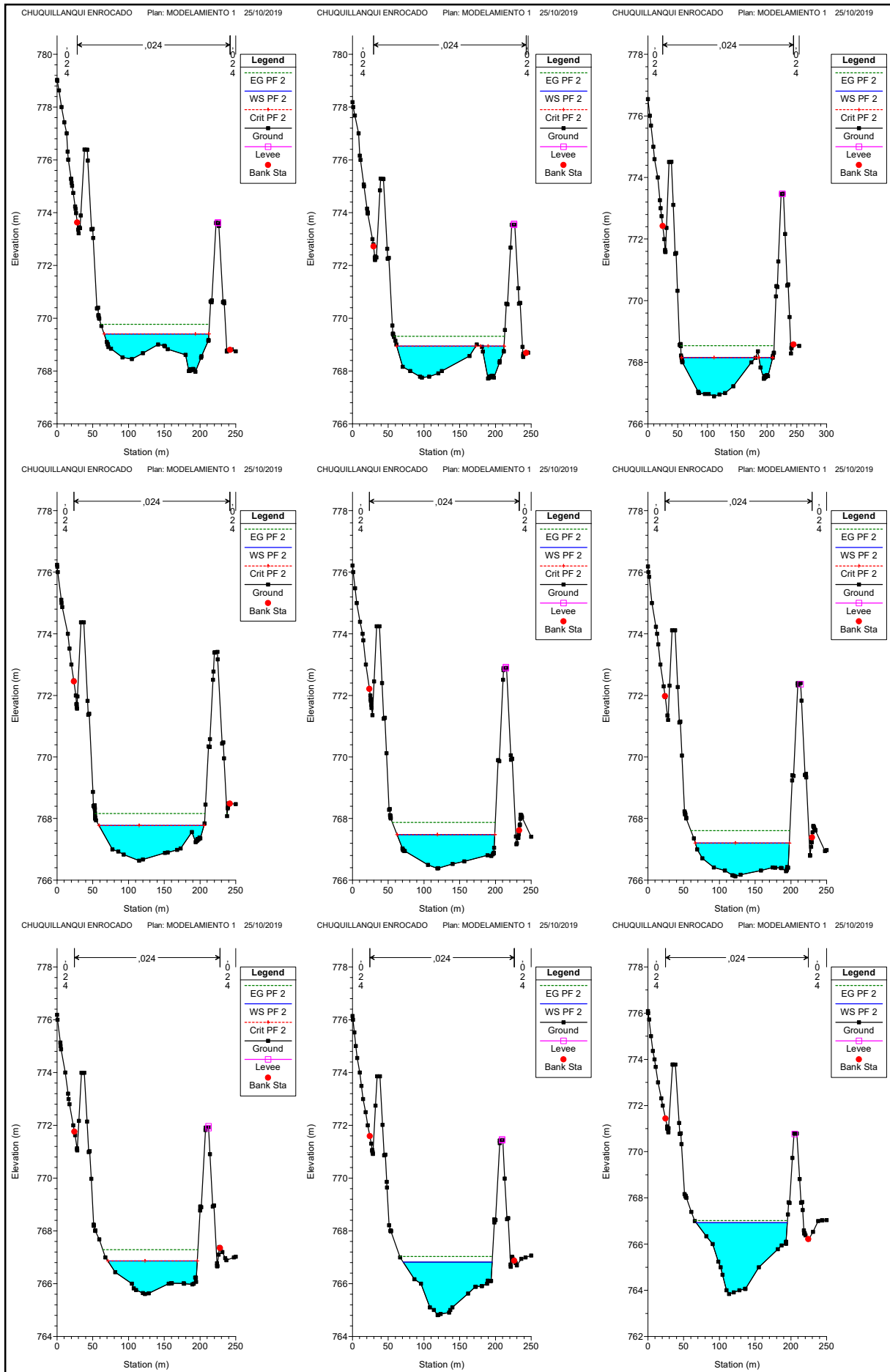


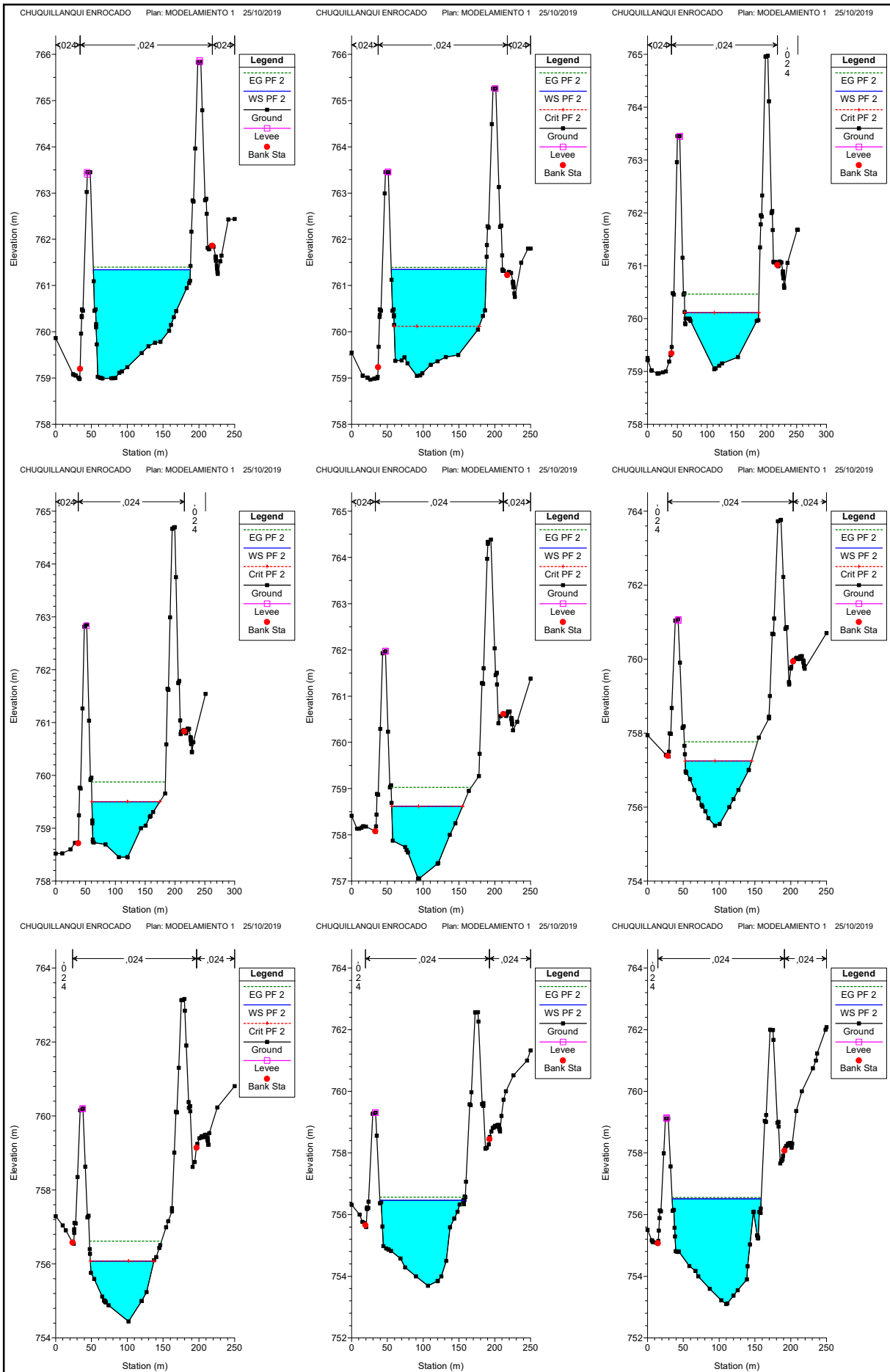


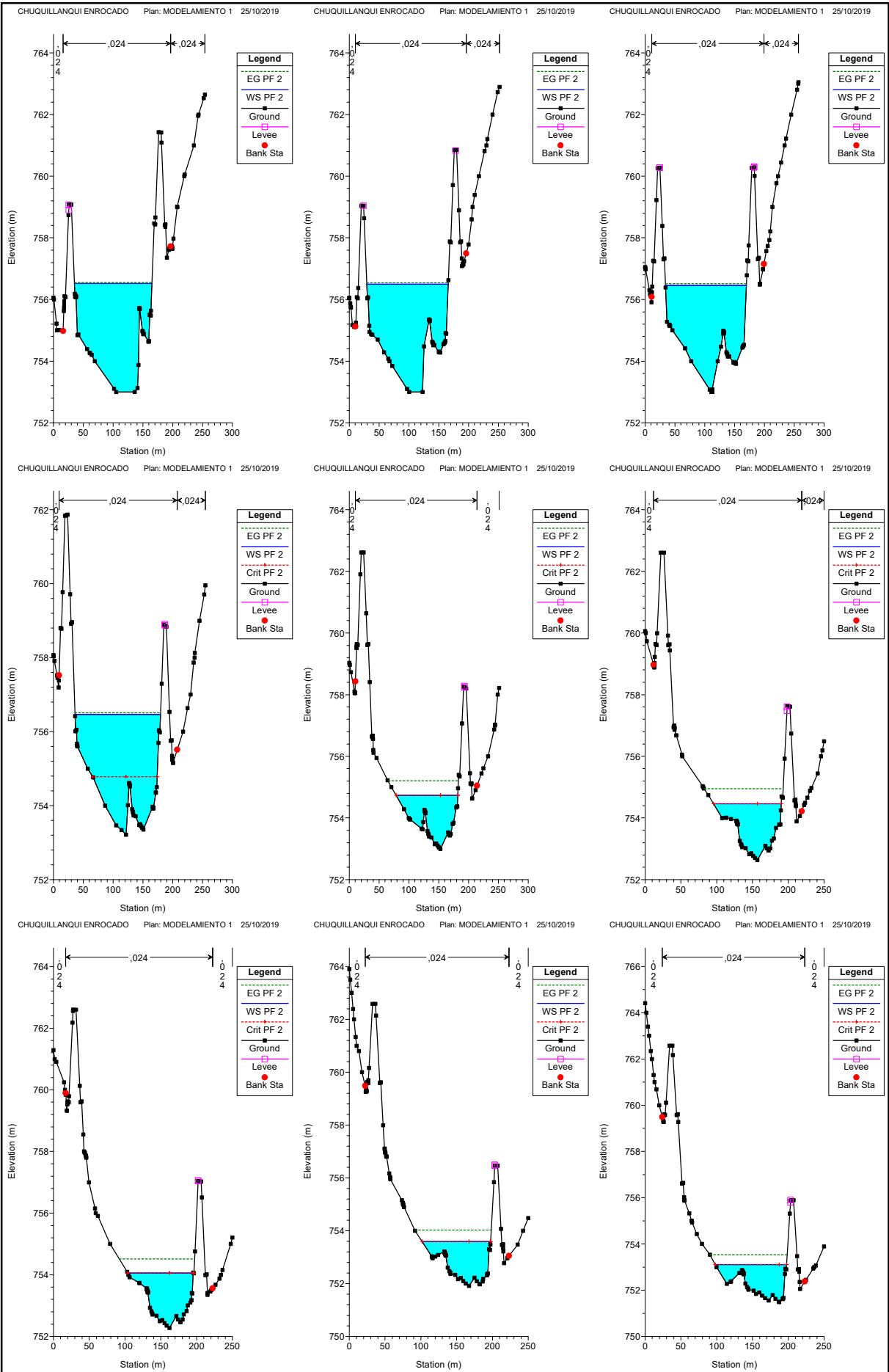


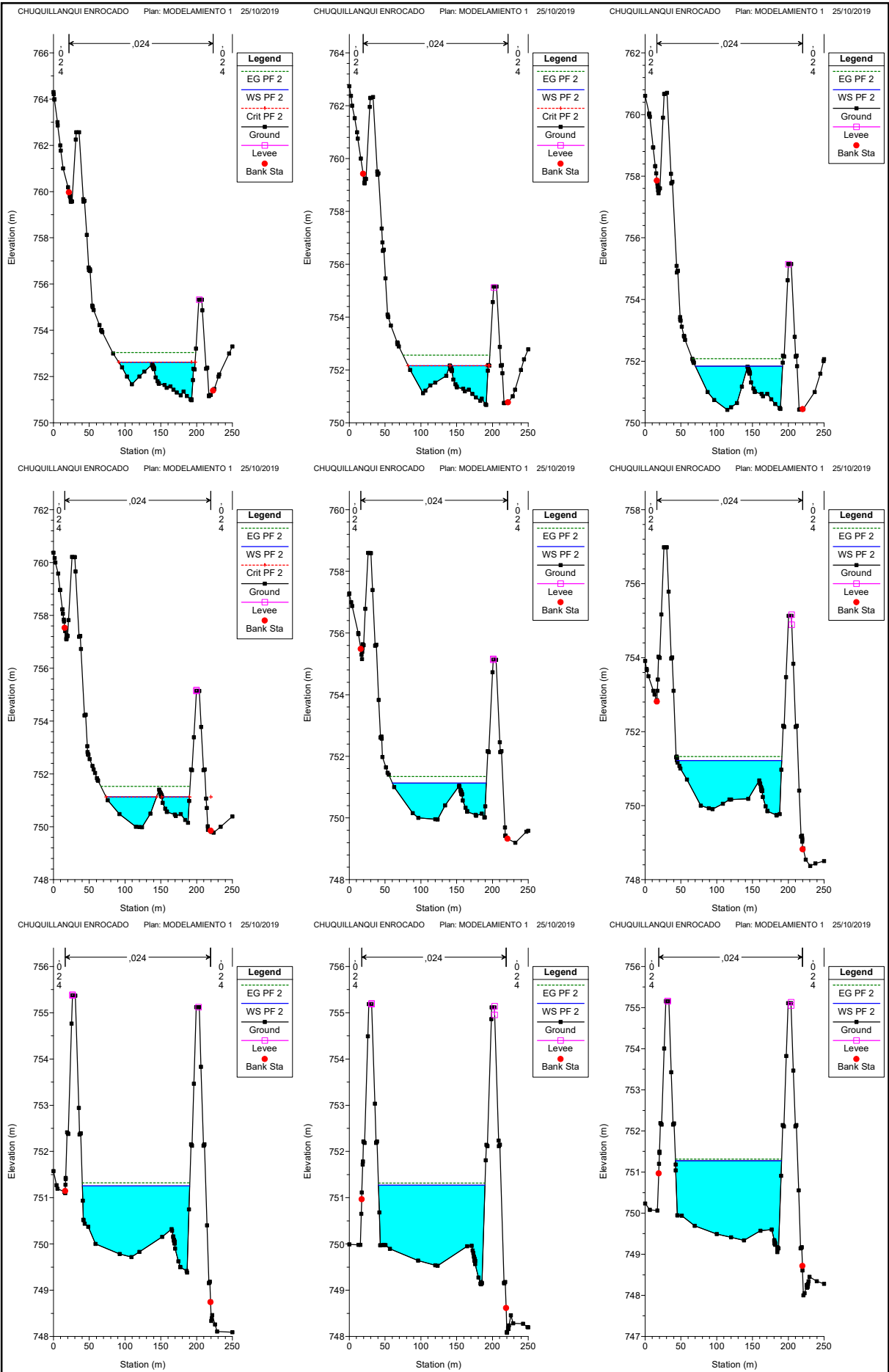


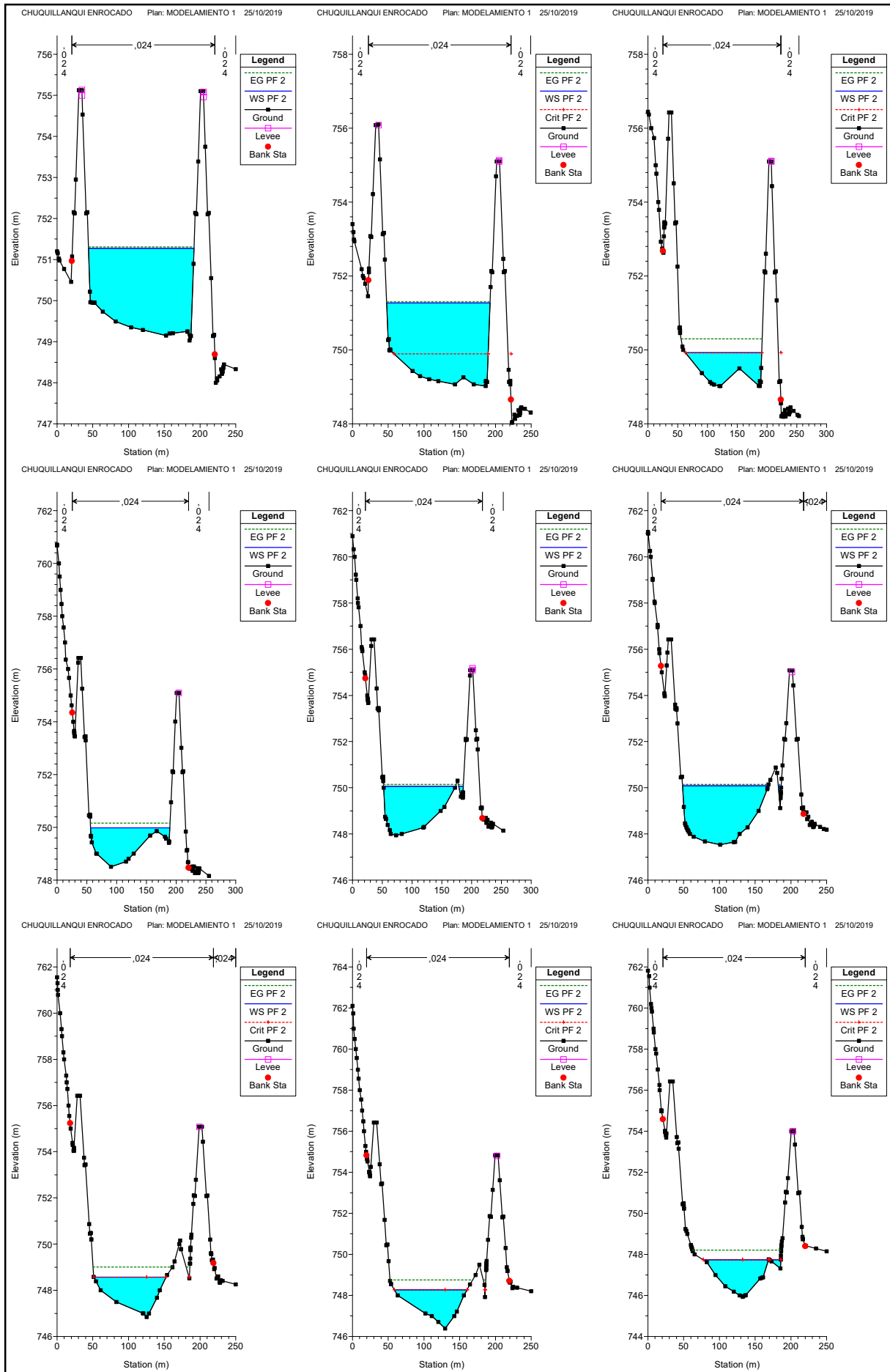


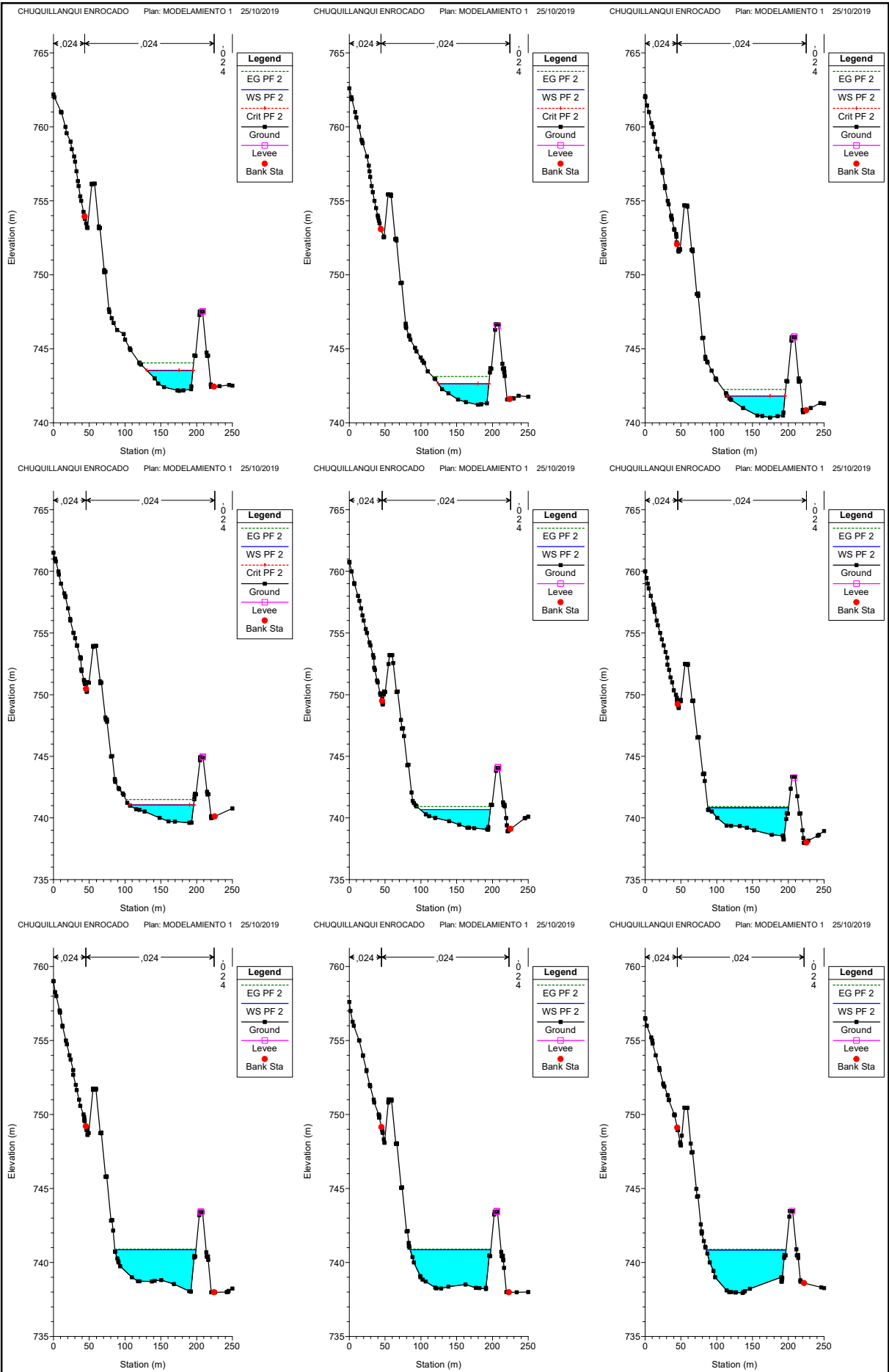


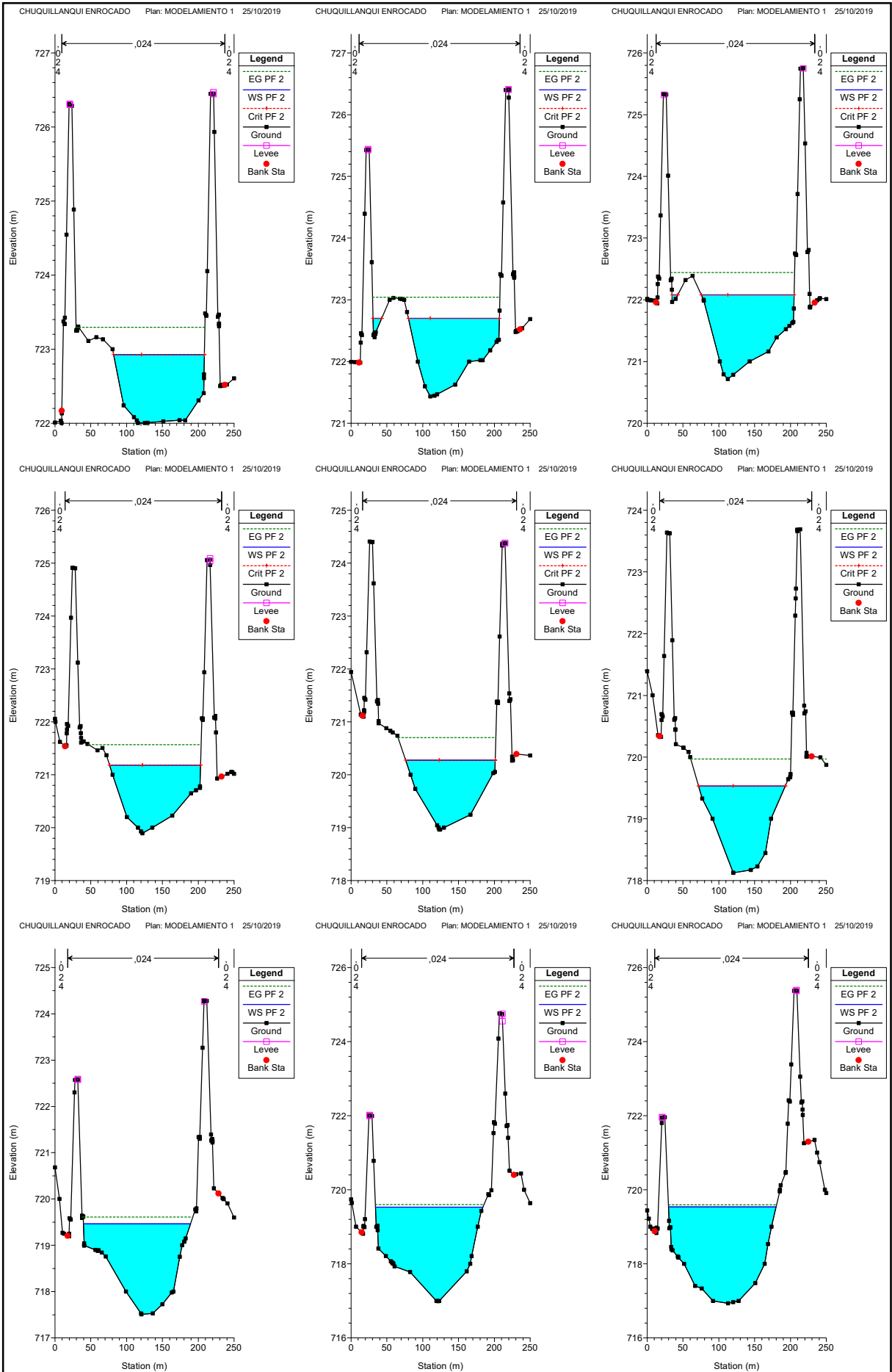


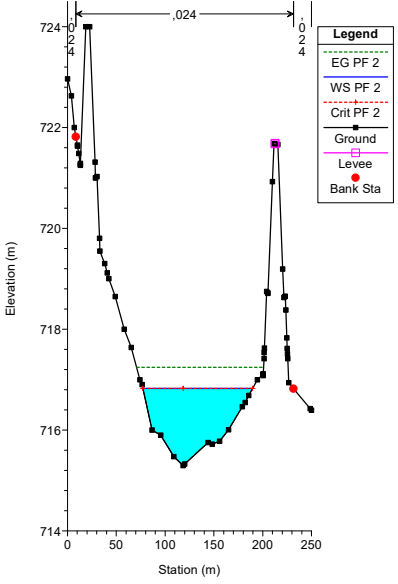
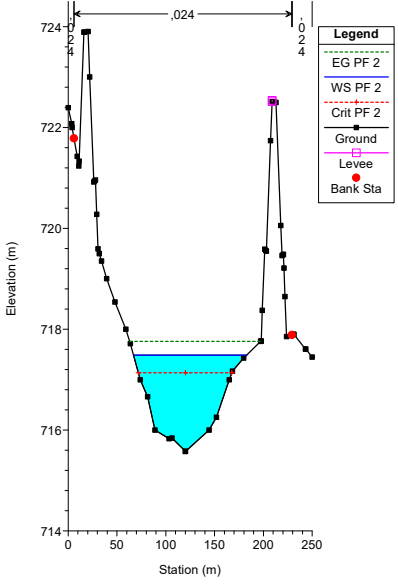
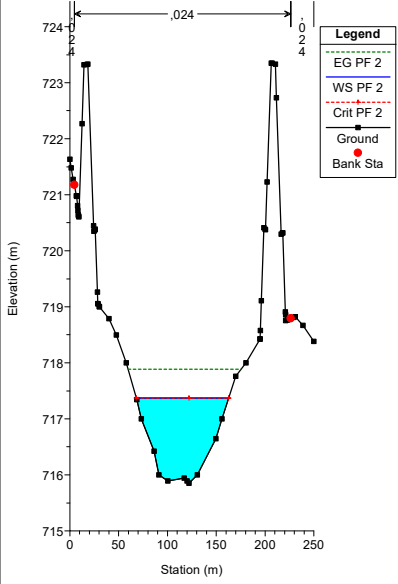
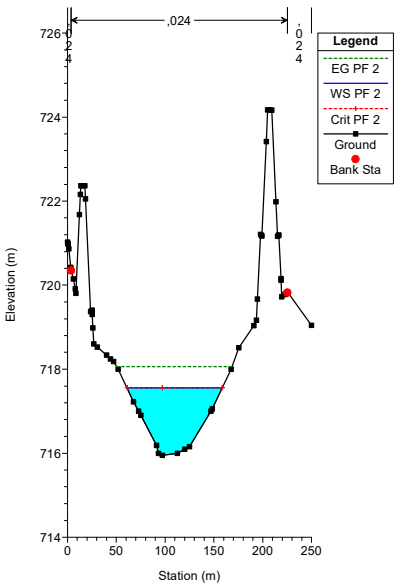
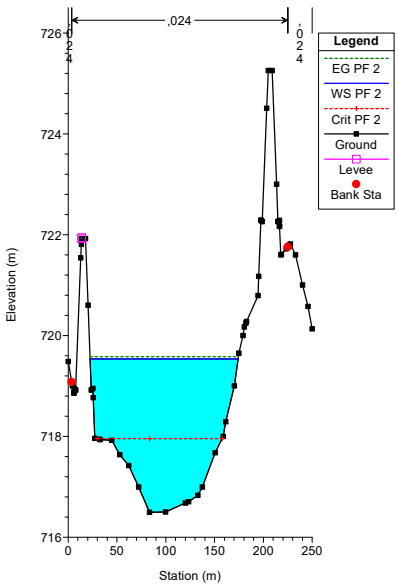
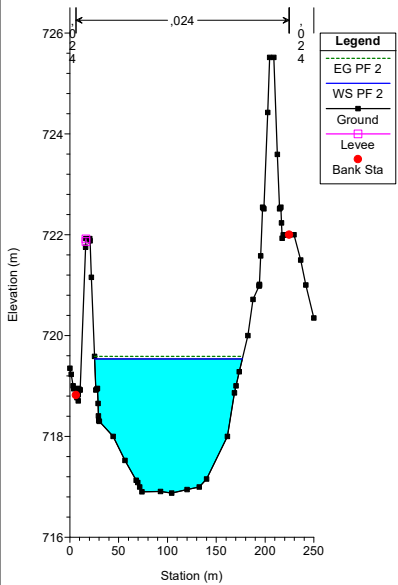




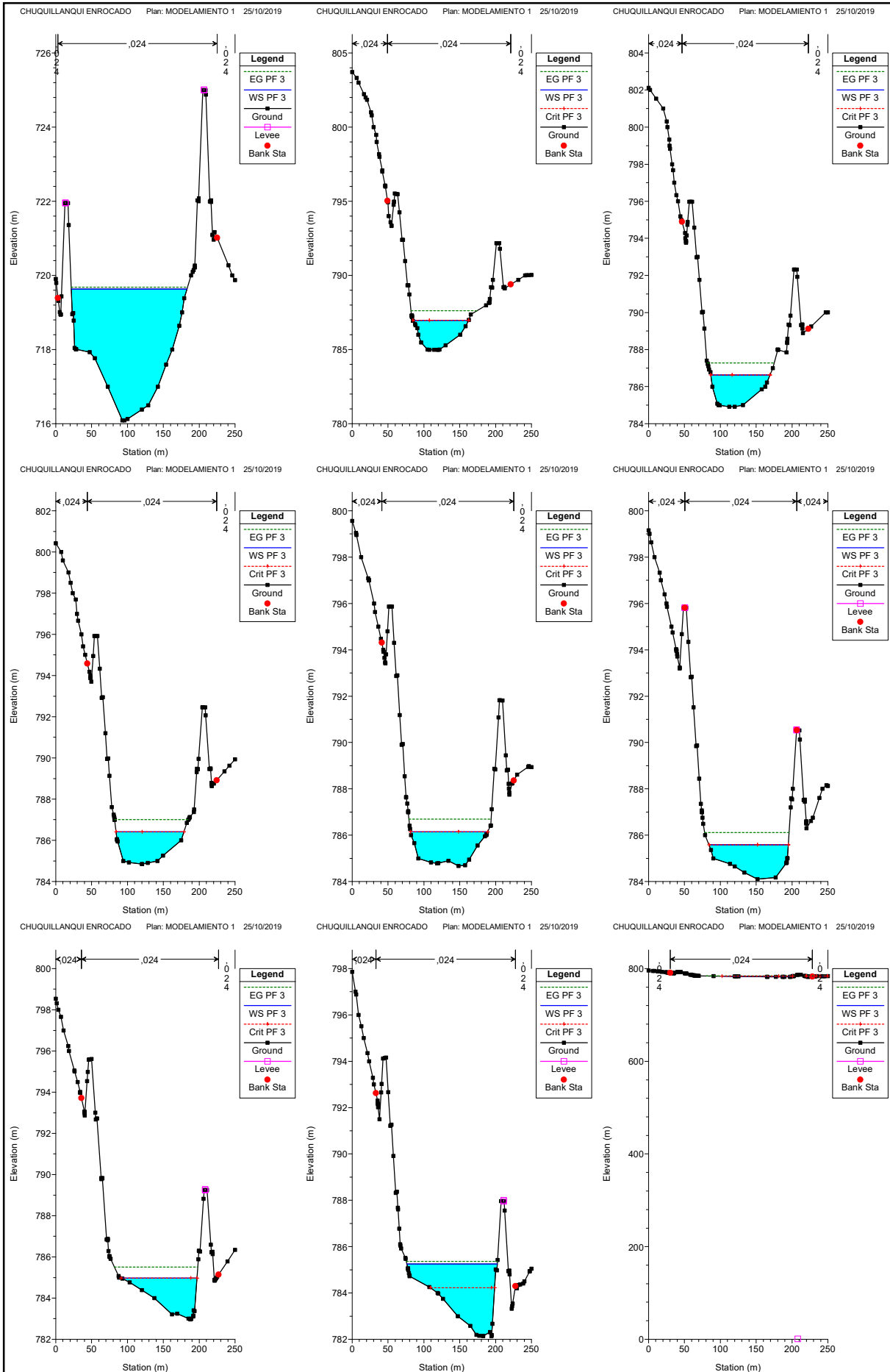


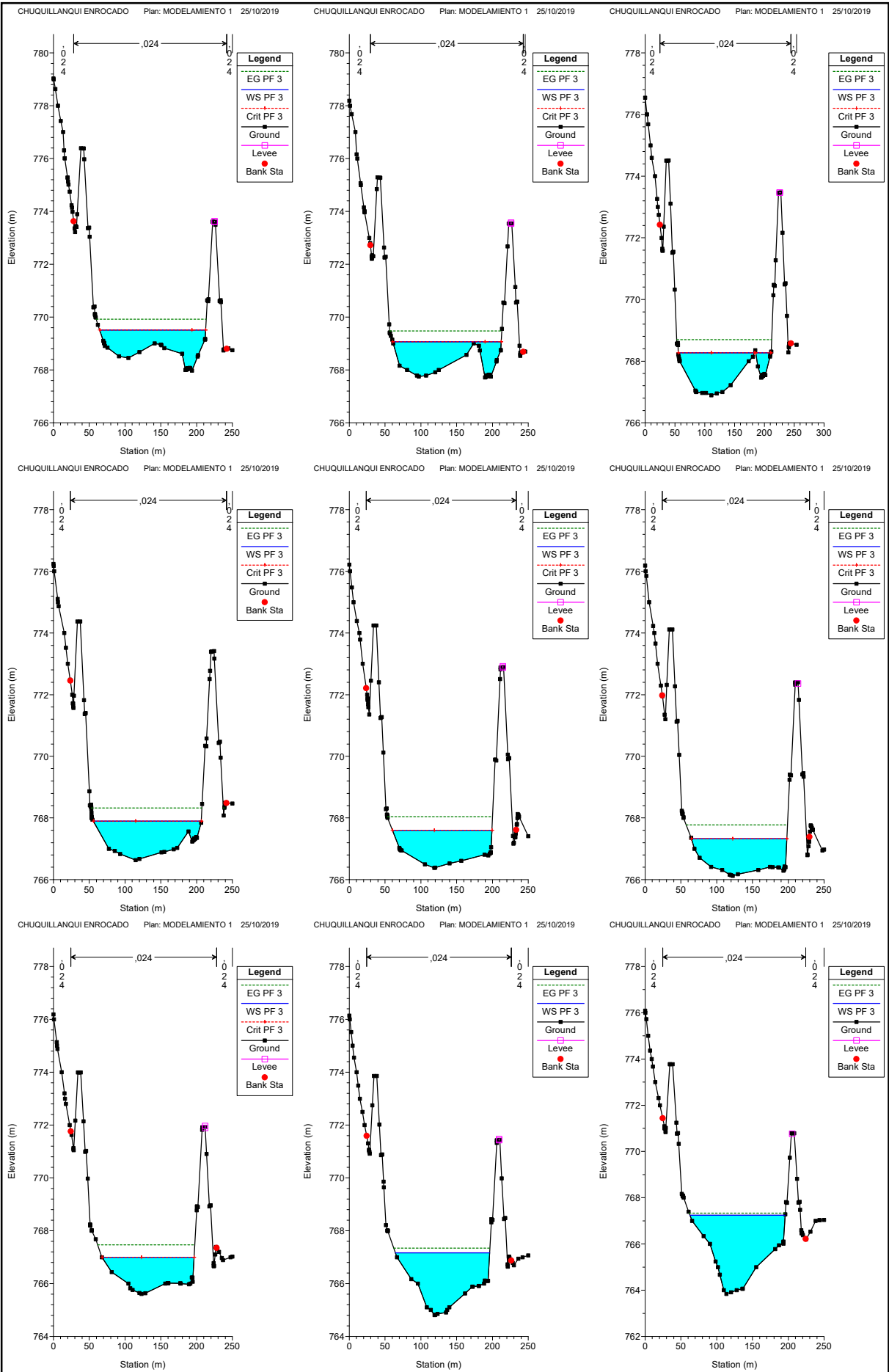


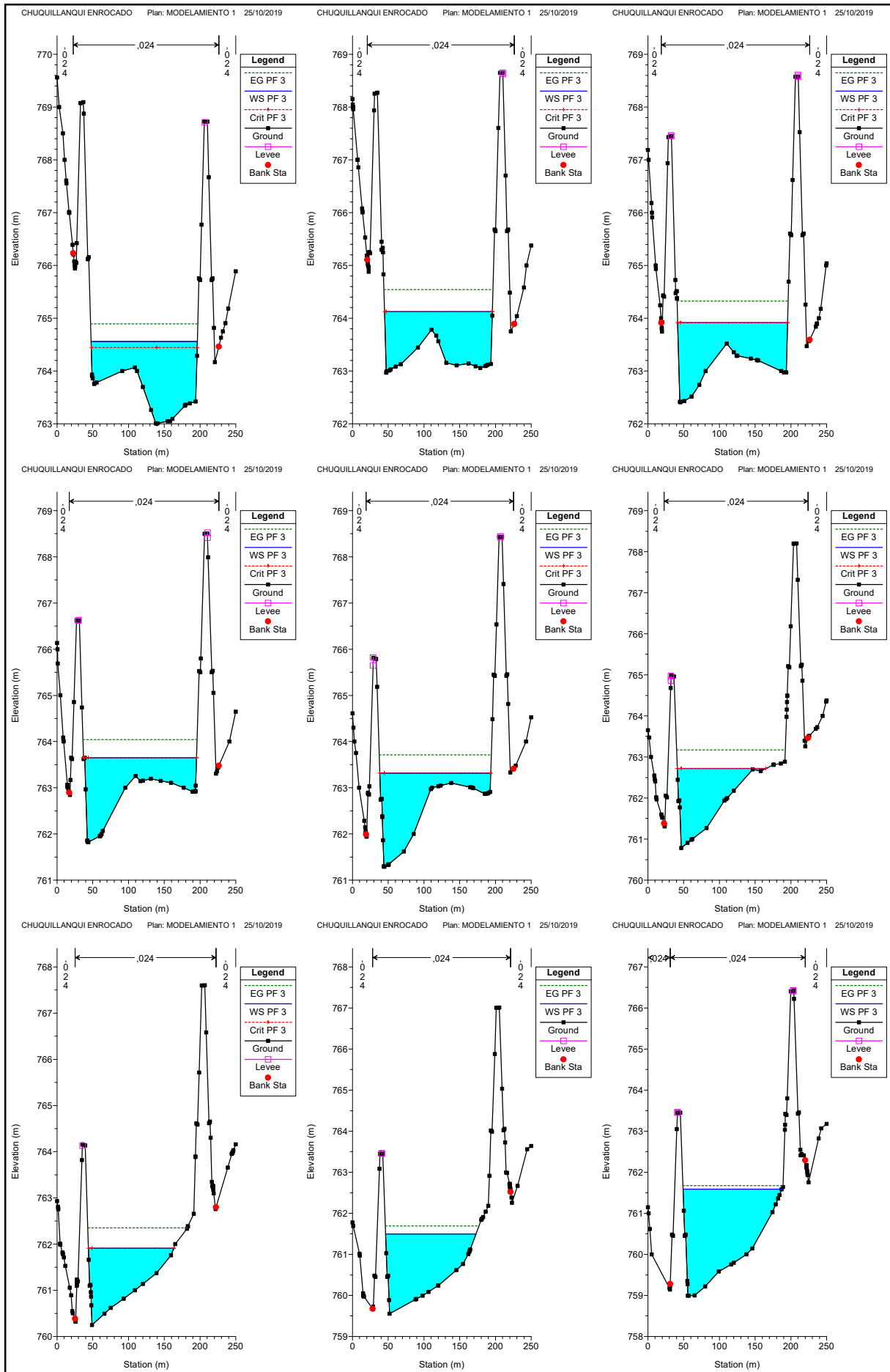


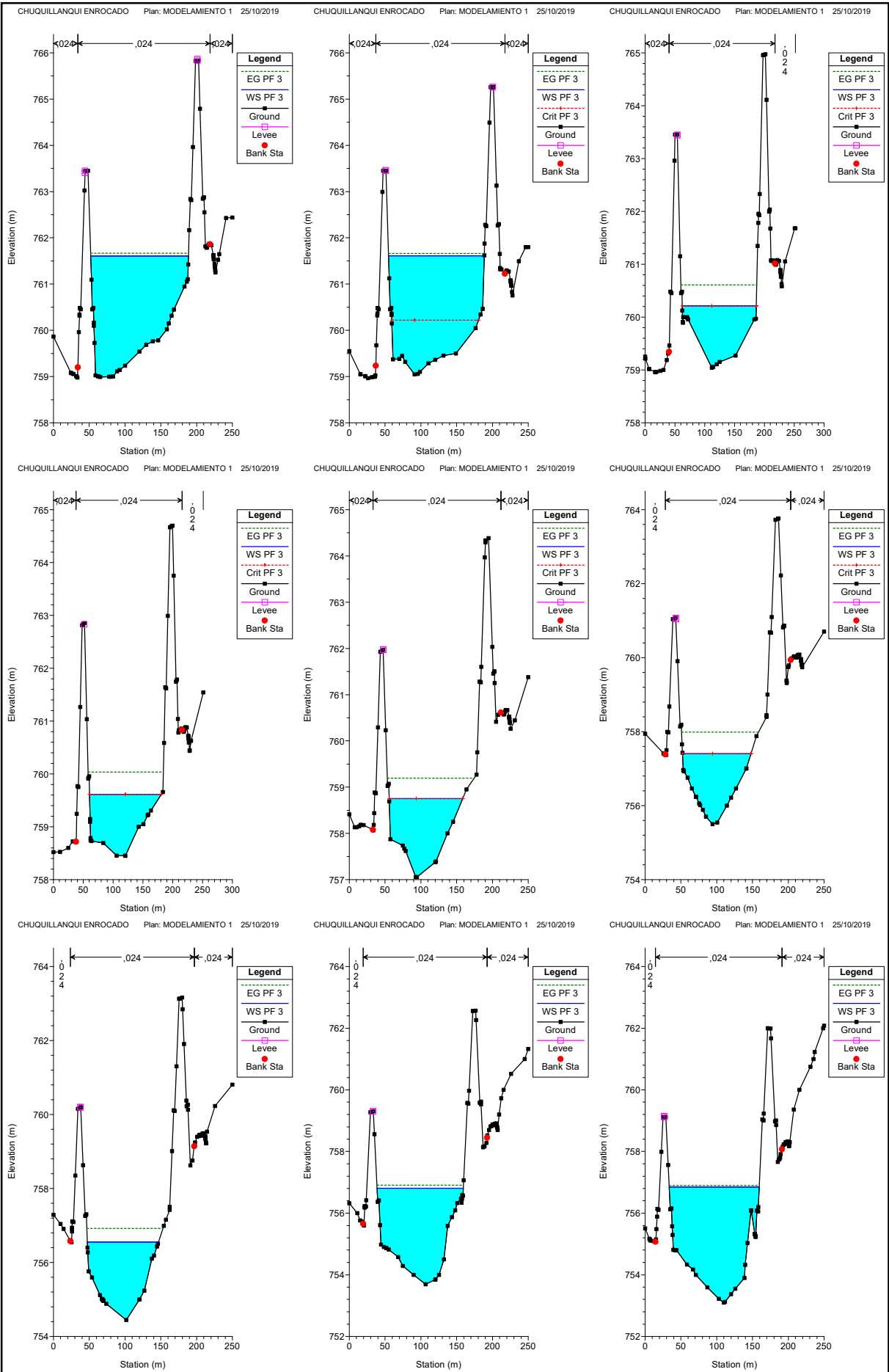


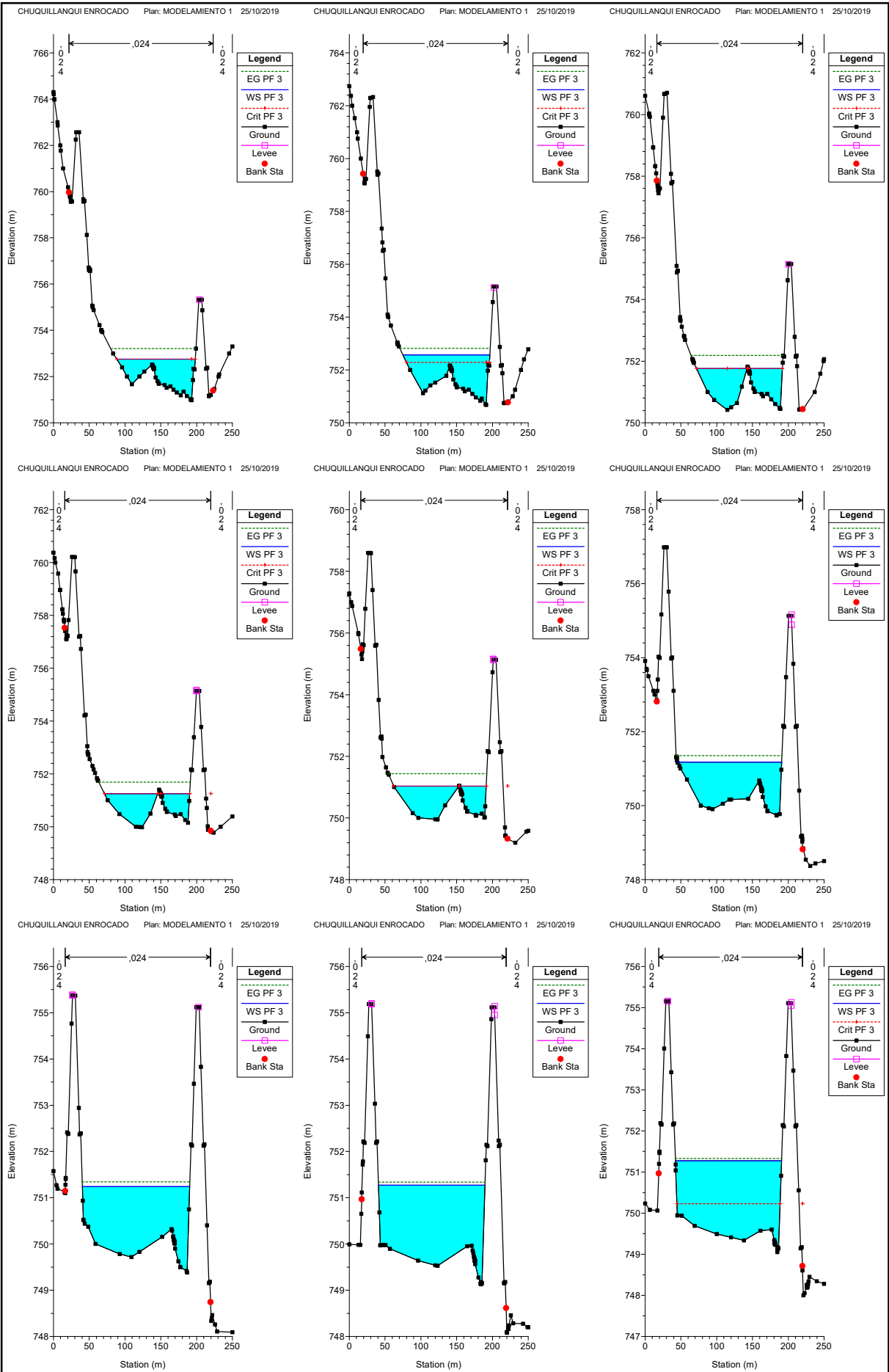
Periodo de retorno 50 años - 376,20 (m³/s)

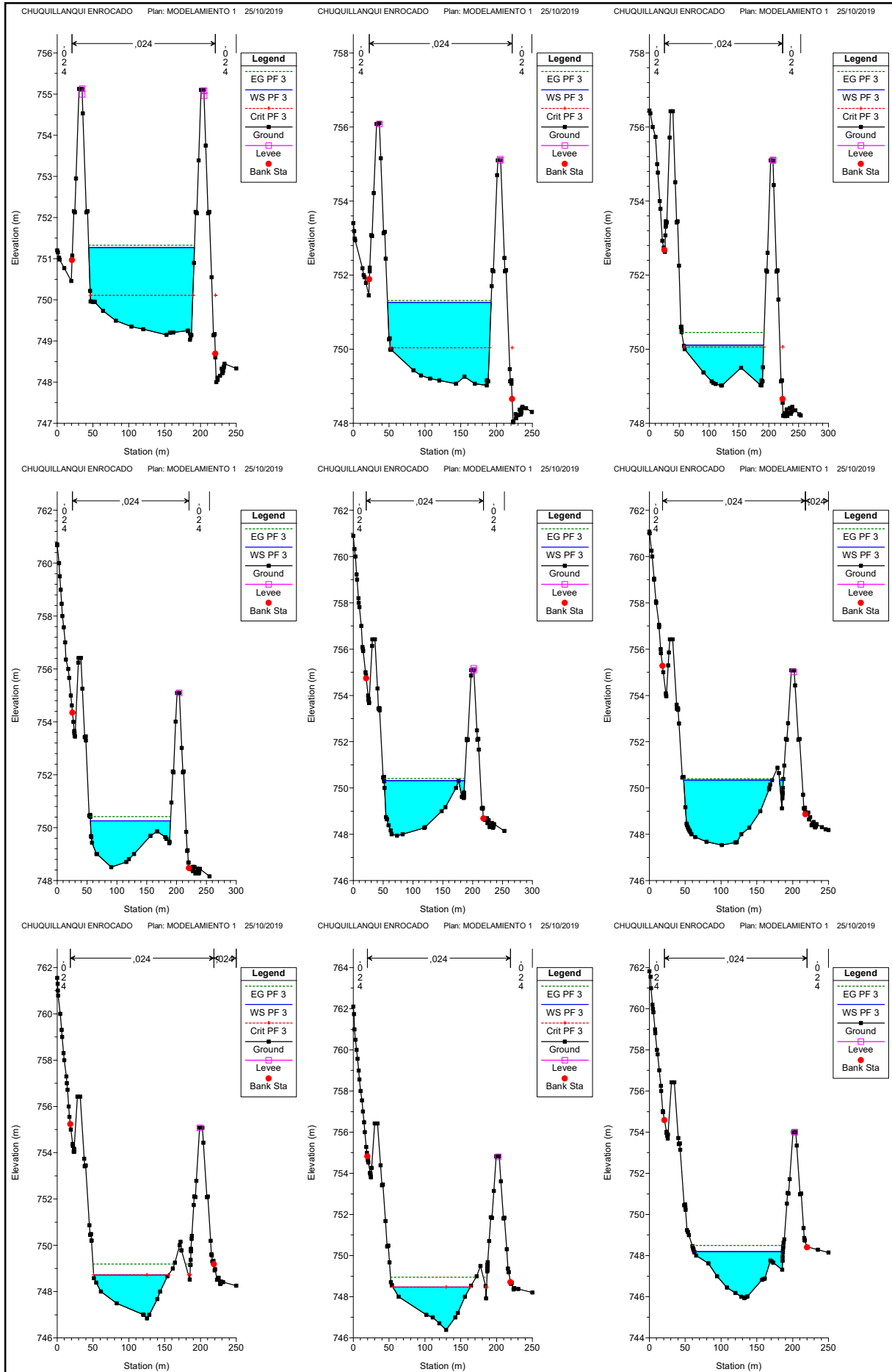


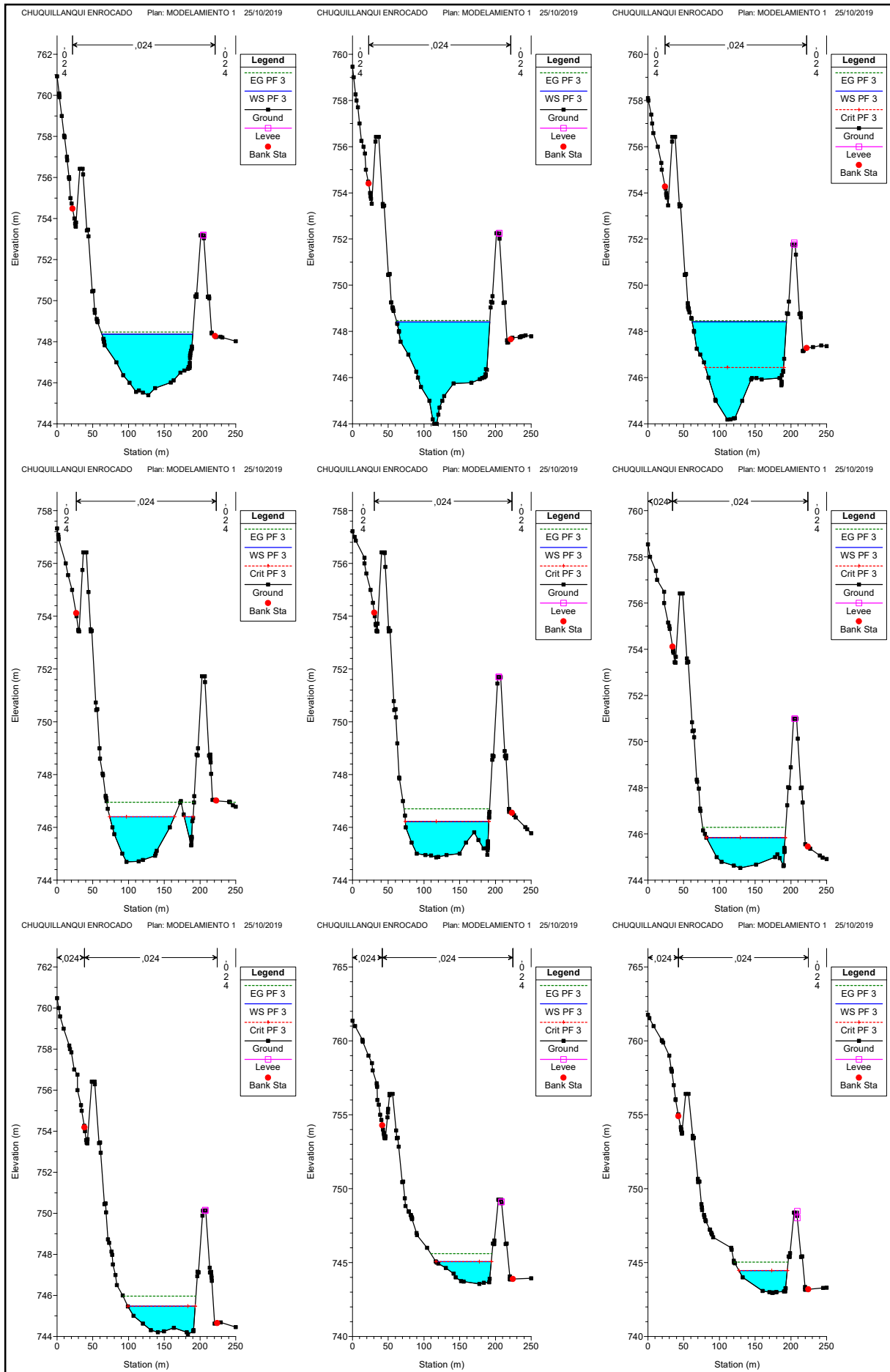


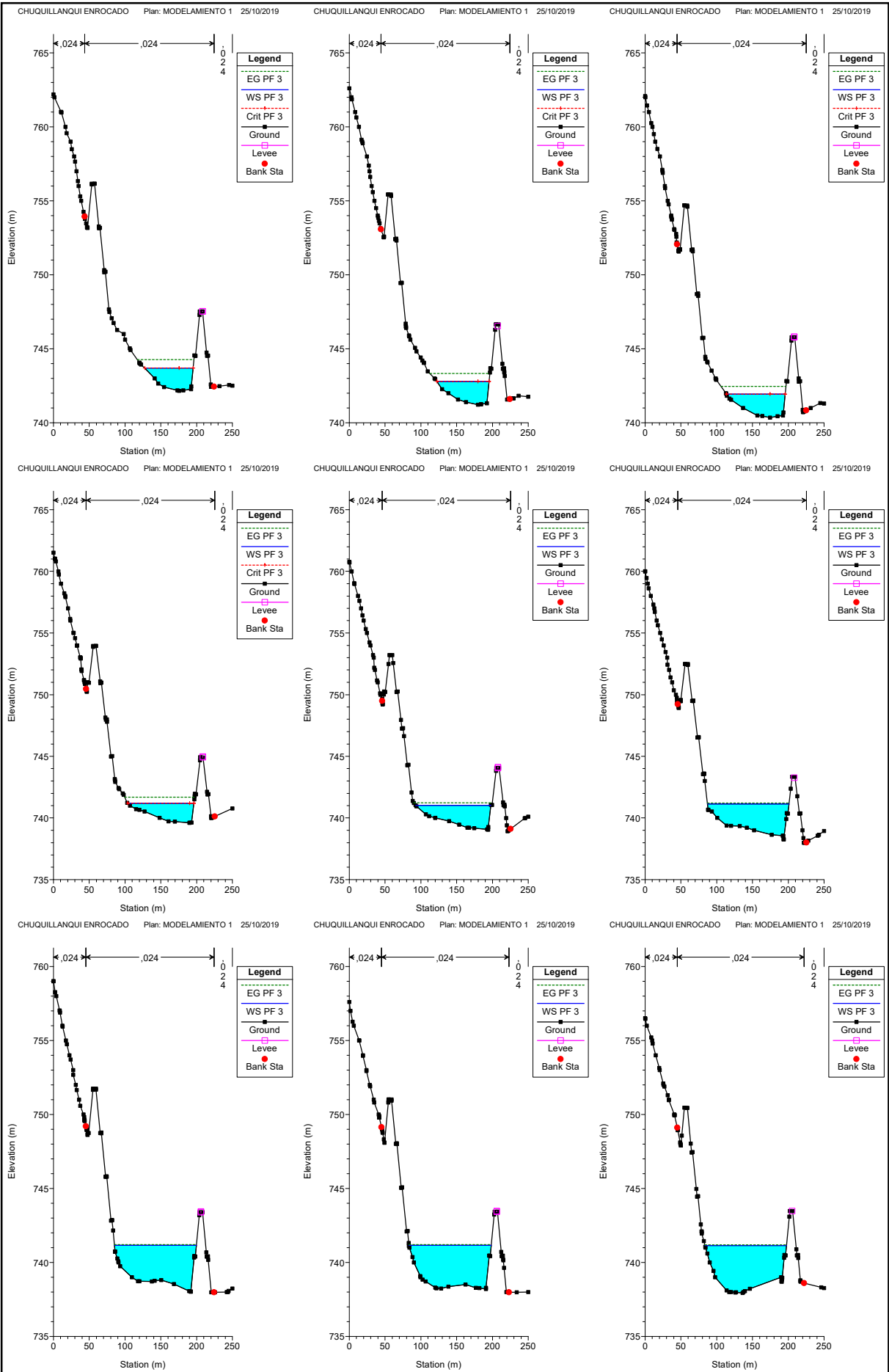


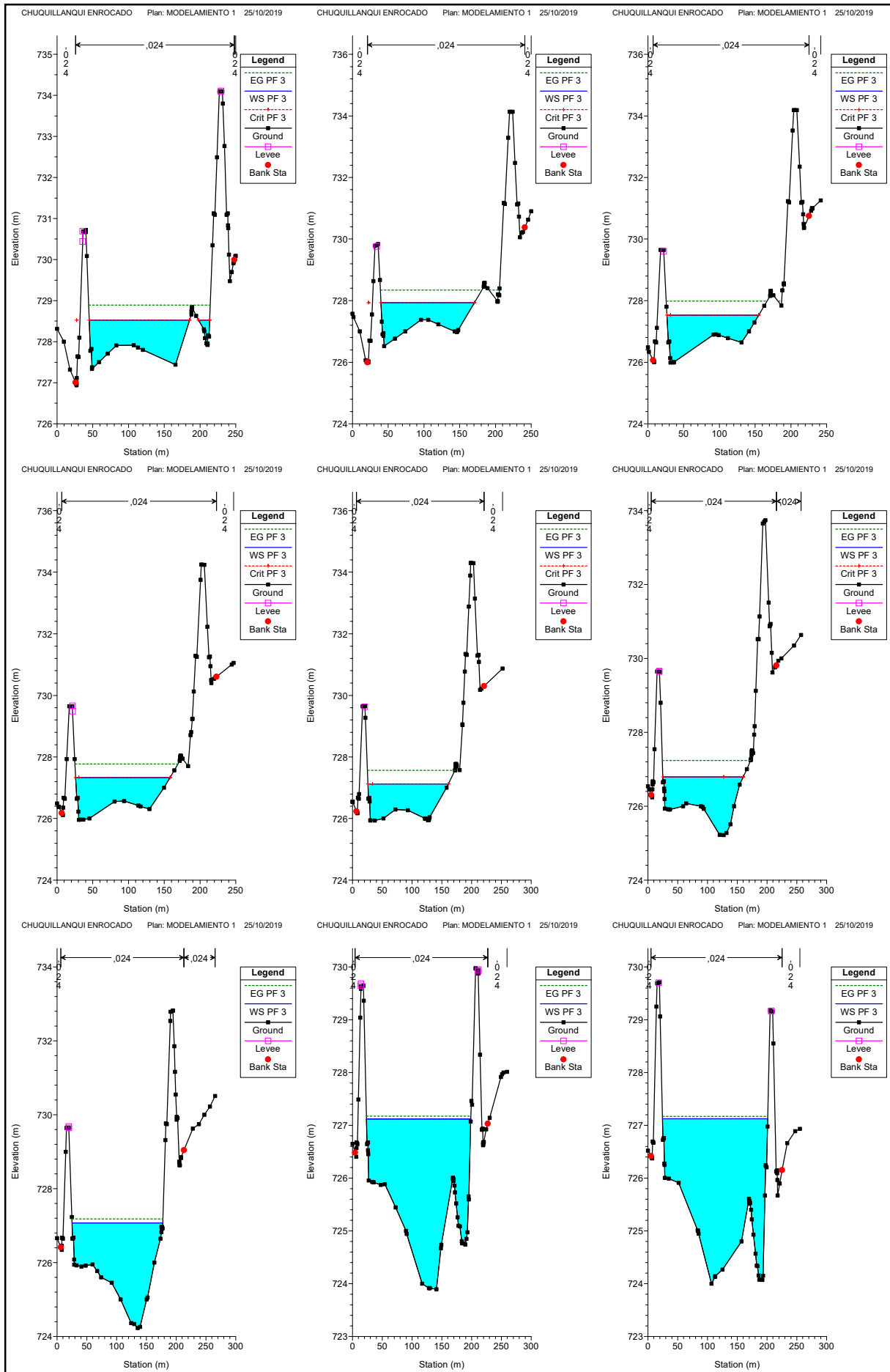


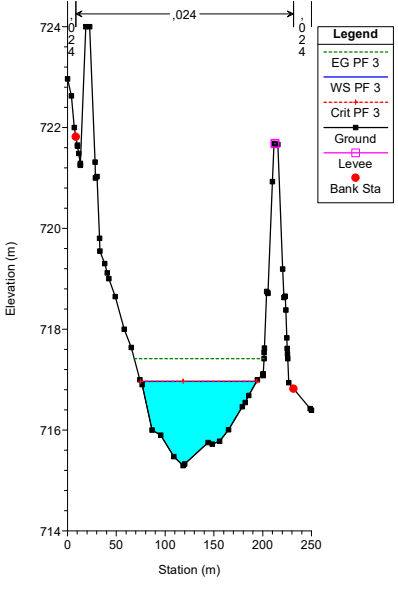
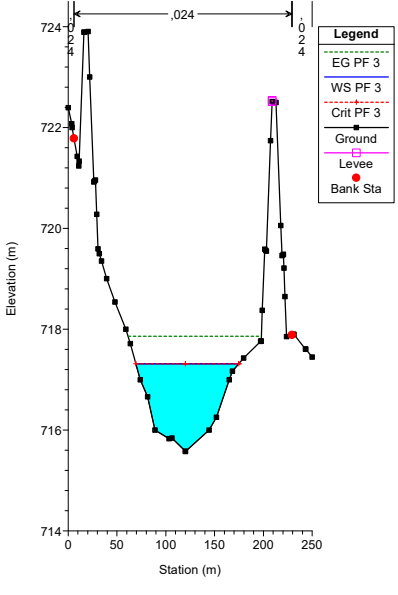
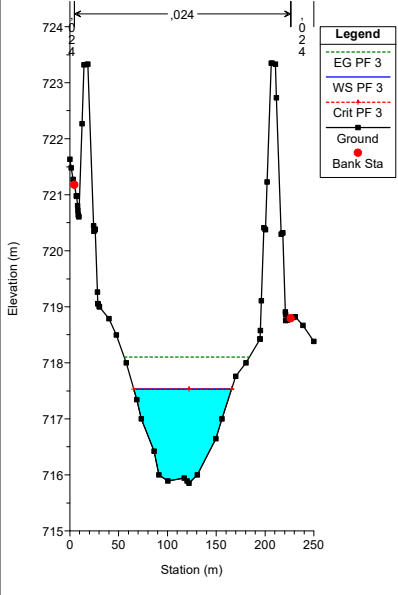
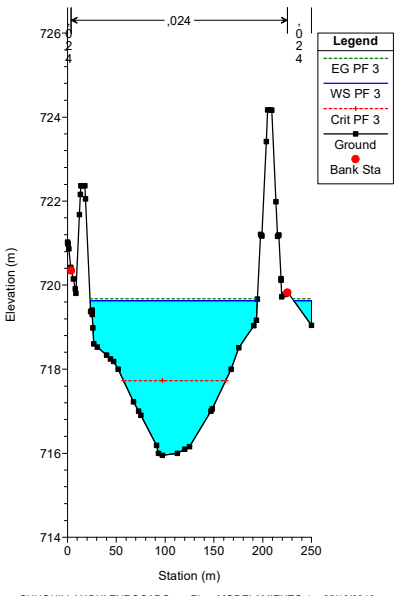
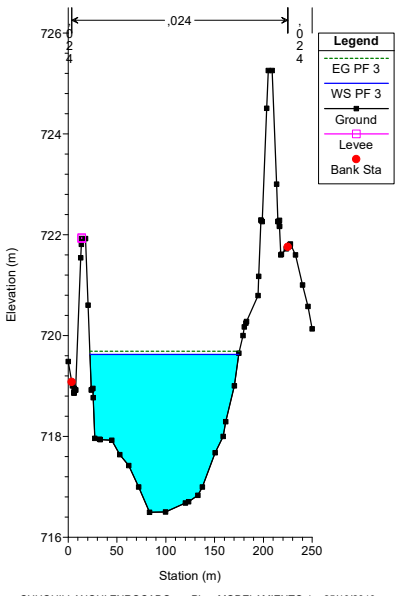
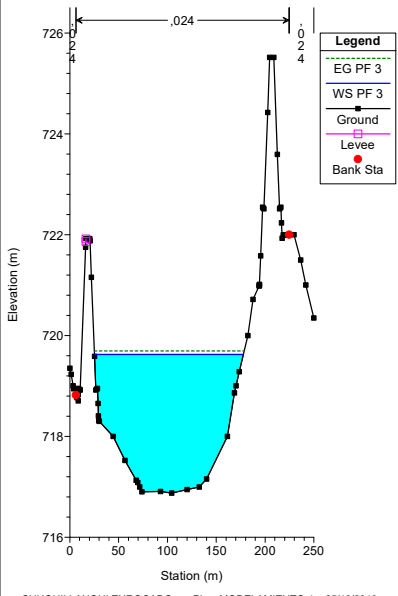












Periodo de retorno 100 años - 503,70 (m3/s)

