



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio y modelamiento hídrico de geomanta e hidrosiembra como reemplazo de
los emboquillados en la carretera Lima-Canta

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Mazco Cahuana, Diana Elizabeth (0000-0001-8674-3670)

Lecussan Urteaga, Kriss Stephanie (0000-0001-9818-3922)

ASESOR

Llerena Cano, Donald Gustavo (0000-0002-8260-4099)

Lima, 27 de octubre del 2020

DEDICATORIA

*De Diana, dedicado a mi amada madre Lidia por su apoyo incondicional,
a mi padre Julian que se encuentra en el cielo,
mi hermano Carlos y el pequeño Yaco.*

*De Kriss, dedicado a mi madre Juana, mi padre Willy, mi hermana Joan, al
pequeño de la casa Gianluca, y mi Ohana Diego, los quiero mucho.*

*A nuestras amadas familias agradecerles por su amor, comprensión y apoyo
incondicional, por todo el esfuerzo y las palabras de aliento que nos brindaron
durante estos años en la universidad.*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por protegernos durante todo el camino y darnos la fuerza para superar obstáculos y dificultades durante la realización de este proyecto.

Gracias a la universidad UPC y a nuestros asesores, Ing. Daniel Garay, Ing. William Sánchez e Ing. Gustavo Llerena Cano por su apoyo, paciencia, dirección, por compartir su conocimiento y su experiencia para la culminación del presente trabajo.

Gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes. A todos nuestros amigos que siempre nos han apoyado y brindado su cariño.

Gracias a nuestras familias que son nuestro principal soporte y son la motivación por la cual seguimos adelante.

RESUMEN

La presente investigación consiste en evaluar y verificar la eficiencia anti-erosiva del revestimiento denominado geomanta e hidrosiembra como reemplazo de los emboquillados de piedra, presentes en las alcantarillas ubicadas en la carretera Lima - Canta.

La primera metodología es de enfoque cualitativo, elaborada en campo mediante la recolección de datos mediante fichas, las cuales describen las características de 30 alcantarillas y la verificación del tipo de suelo. Seguidamente, se procesó la información recolectada donde se identificó 08 alcantarillas que presentaban problemas de erosión debido a la falla del emboquillado, posteriormente se procedió a obtener los caudales de diseño y se verifico su dimensionamiento.

La segunda metodología presenta un enfoque cuantitativo, donde se determinaron los parámetros de velocidad y esfuerzo cortante generados por el flujo en la descarga de las alcantarillas, dichos valores fueron obtenidos mediante la aplicación de modelos hidráulicos en los programas HEC-RAS e IBER. Con la finalidad de proporcionar la solución adecuada que permita asegurar la estabilidad de la estructura, los valores de velocidades y esfuerzo cortante obtenidos fueron comparados con la resistencia brindada por el emboquillado y la geomanta. Los resultados permiten determinar que el emboquillado no presenta una resistencia adecuada para la protección en la descarga de las alcantarillas a media ladera.

Finalmente, se recomienda el uso de geomanta e hidrosiembra para la protección de taludes de fuerte pendiente donde descarguen alcantarillas, en lugar de emboquillados los cuales no presentan resistencias adecuadas ante las velocidades y esfuerzos de corte producidas por el flujo de agua.

Palabras clave: emboquillado; alcantarillas; carretera; erosión; geomanta; hidrosiembra.

“Study and hydric modeling of geomanta and hydroseeding as a replacement for tipping on the Lima-Canta highway”

ABSTRACT

The present investigation consists of evaluating and verifying the anti-erosive efficiency of the lining called geomanta and hydroseeding as a replacement for the stone mouthpieces, present in the sewers located on the Lima - Canta highway.

The first methodology has a qualitative approach, prepared in the field by collecting data sheets, which describe the characteristics of 30 sewers and the verification of the type of soil. Next, the information collected was processed where 08 culverts were identified that presented erosion problems due to the failure of the mouthpiece, then the design flows were obtained and their sizing was verified.

The second methodology presents a quantitative approach, where the velocity and shear stress parameters generated by the flow in the discharge of the sewers were determined; these values were obtained by applying hydraulic models in the HEC-RAS and IBER programs. In order to provide the appropriate solution to ensure the stability of the structure, the values of speeds and shear stress obtained were compared with the resistance provided by the hole and the geomanta. The results allow to determine that the emboquillado does not present an adequate resistance for the protection in the discharge of the sewers to the middle slope.

Finally, the use of geomatting and hydroseeding is recommended for the protection of steep slopes where culverts discharge, instead of troughs which do not present adequate resistance to the speeds and shear stresses produced by the water flow.

Keywords: mouthpiece; sewers; highway; erosion; geomanta; hydroseeding.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CAPITULO I: PRESENTACION DE LA TESIS	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Realidad problemática	6
1.3. Formulación del problema.....	9
1.4. Hipótesis	9
1.5. Objetivos.....	9
1.5.1. Objetivo General.....	9
1.5.2. Objetivos Específicos	9
1.6. Indicadores del logro de los objetivos	10
1.7. Descripción del contenido	11
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. Normativa general	12
2.1.1. Manual de carreteras. Tomo I. Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013	12
2.1.2. Manual de carreteras. Tomo II. Hidrología, hidráulica y drenaje.....	12
2.1.3. Manual de carreteras. Manual de inventarios viales	13
2.1.4. Manual de carreteras. Manual de mantenimiento o conservación vial	13

2.2.	Plan de gobierno en el Perú para carreteras 2016-2025	13
2.3.	Ubicación de la carretera Lima - Canta	16
2.4.	Drenaje Transversal en carreteras.....	17
2.5.	Alcantarillas.....	20
2.5.1.	Definición	20
2.5.2.	Propósito	21
2.5.3.	Partes de una alcantarilla	21
2.5.4.	Clasificación y forma.....	21
2.5.5.	Consideraciones hidráulicas	23
2.6.	Diseño Hidráulico de las alcantarillas	24
2.7.	Emboquillado	26
2.7.1.	Colapso de emboquillados	27
2.7.2.	Reporte de emergencias viales.....	31
2.8.	Geomantas	32
2.8.1.	Tipos de geomantas	33
2.8.2.	Instalación de geomantas	34
2.9.	Hidrosiembra	37
2.9.1.	Elementos de Hidrosiembra.....	39
2.9.2.	Instalación de Hidrosiembra	39
2.10.	Erosión	40

2.10.1.	Erosión Hídrica de los suelos	41
2.11.	Software para el modelamiento de geomanta e hidrosiembra	42
2.11.1.	HEC-RAS	42
2.11.2.	IBER.....	44
3.	CAPITULO III: RECOPIACIÓN DE DATOS	45
3.1.	Evaluación en campo del comportamiento de los emboquillados de las alcantarillas de la carretera Lima – Canta	45
3.2.	Recopilación de la información técnica.....	61
3.2.1.	Topografía existente de la carretera Lima-Canta.....	61
3.2.2.	Diseño geométrico existente de la carretera Lima-Canta	63
3.2.3.	Resumen de datos	64
4.	CAPITULO IV: HIDROLOGÍA.....	65
4.1.	Estudio de cuencas.....	65
4.1.1.	Ubicación de alcantarillas	65
4.1.2.	Cartografía	66
4.1.3.	Delimitación de cuencas	67
4.1.4.	Tiempo de concentración.....	68
4.2.	Análisis de la información pluviométrica.....	70
4.2.1.	Pluviometría.....	70
4.2.2.	Precipitaciones máximas en 24 horas	72

4.2.3.	Análisis de datos dudosos	74
4.2.4.	Factor de ajuste de la frecuencia	76
4.2.5.	Periodo de retorno.....	77
4.2.6.	Análisis de frecuencia de la precipitación máxima.....	79
4.2.7.	Prueba de bondad de ajuste.....	82
4.2.8.	Precipitación para intervalos de tiempo menores a 24 horas	85
4.2.9.	Generación de curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia).....	90
4.3.	Estimación de caudales de diseño para las alcantarillas.....	90
5.	CAPITULO V: MODELAMIENTO CON SOFTWARE	93
5.1.	Procedimiento del modelamiento con software.....	93
5.2.	Modelamiento de la geomanta e hidrosiembra en las alcantarillas de la carretera Lima- Canta	94
5.2.1.	Información Topográfica	94
5.2.2.	Coefficiente de Rugosidad de Manning	95
5.2.3.	Caudales de diseño y consideraciones geométricas de las alcantarillas	100
5.2.4.	Verificación hidráulica de las alcantarillas	101
5.3.	Modelamiento en HEC-RAS	103
5.3.1.	Generación de secciones en AutoCAD Civil 3D.....	104
5.3.2.	Resultados del modelamiento para un Tr de 50 años	104
5.4.	Modelamiento en IBER.....	129

5.4.1.	Etapa de Pre-proceso del modelo matemático IBER.....	130
5.4.2.	Resultados del modelo IBER- sin disipador.	130
5.4.3.	Resultados del modelo IBER- con disipador de energía.	146
5.4.4.	Parámetros para el emboquillado de piedra.....	147
6.	CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	149
6.1.	Análisis y comparación de resultados del modelo HEC RAS.....	149
6.2.	Análisis y comparación de resultados del modelo IBER sin y con disipador de energía	151
6.3.	Análisis comparativo del emboquillado y la geomanta con hidrosiembra, en IBER	
	154	
	CONCLUSIONES.....	156
	RECOMENDACIONES	159
	ANEXOS.....	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Plan Nacional de Infraestructura 2016-2025	14
Tabla 2 Ubicación de la carretera Lima-Canta.	16
Tabla 3 Formas de alcantarillas metálicas.	22
Tabla 4 Coeficientes de Manning.	25
Tabla 5 Hidráulica de Canales abiertos	26
Tabla 6 Selección de alcantarillas.	45
Tabla 7 Datos de la alcantarilla Km 30+16	47
Tabla 8 Datos de la alcantarilla Km 32+130	49
Tabla 9 Datos de la alcantarilla Km 64+810	51
Tabla 10 Datos de la alcantarilla Km 65+909	53
Tabla 11 Datos de la alcantarilla Km 71+820, por elaboración propia.	55
Tabla 12. Datos de la alcantarilla Km 74+140	57
Tabla 13 Datos de la alcantarilla Km 76+700	59
Tabla 14. Datos de la alcantarilla Km 76+892	61
Tabla 15 Topografía existente de la carretera Lima-Canta.	62
Tabla 16 Datos del diseño geométrico existente de la carretera Lima-Canta.	63
Tabla 17 Cuadro resumen de las características geométricas	63
Tabla 18 Parámetros de subcuencas.....	68
Tabla 19 Tiempo de concentración.....	69
Tabla 20 Estaciones Pluviométricas	70
Tabla 21 Ubicación de las subcuencas con las estaciones pluviométricas.....	71
Tabla 22 Registro de Precipitaciones máximas de 24h por año.	72

Tabla 23 Valores de Kn para la prueba de datos dudosos.....	75
Tabla 24 Primer análisis de datos dudosos.	75
Tabla 25 Segundo análisis de datos dudosos.	76
Tabla 26 Tercer análisis de datos dudosos.....	76
Tabla 27 Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria.....	77
Tabla 28 Factor de ajuste de las estaciones Arahuay, Huamantanga y Canta	77
Tabla 29. Valores de periodo de retorno T (años).....	78
Tabla 30 Periodo de retorno para diseño	79
Tabla 31 Valores de α_y y σ_y	81
Tabla 32 Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, estación Arahuay	81
Tabla 33 Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, estación Huamantanga	82
Tabla 34 Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, estación Canta.....	82
Tabla 35 Valores críticos Δ_{tab} para la prueba de Kolmogorov – Smirnov	83
Tabla 36 Resultados de la prueba de bondad de ajuste, estación Arahuay	84
Tabla 37 Resultados de la prueba de bondad de ajuste, estación Huamantanga	84
Tabla 38 Resultados de la prueba de bondad de ajuste, estación Canta.....	84
Tabla 39 Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno	85
Tabla 40 Precipitaciones menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Arahuay .	86
Tabla 41 Precipitaciones menores de 24h en periodos de retorno, estación Huamantanga.....	87
Tabla 42 Precipitaciones menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Canta	87
Tabla 43 Intensidades menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Arahuay	88
Tabla 44 Intensidades menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Huamantanga	89
Tabla 45 Intensidades menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Canta	89

Tabla 46 Coeficientes de la curva IDF para cada estación pluviométrica.....	90
Tabla 47 Coeficientes de escorrentía (Zonas Rurales)	91
Tabla 48 Caudales de diseño	92
Tabla 49 Valores de coeficiente de rugosidad de Manning para corrientes naturales.....	95
Tabla 50 Valores de coeficiente de rugosidad de Manning (n).....	97
Tabla 51 Resumen de los valores adoptados en los modelos	100
Tabla 52 Geometría de las alcantarillas y caudales de diseño.....	100
Tabla 53 Verificación Hidráulica	101
Tabla 54 Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°1, Progresiva - 30+160.	107
Tabla 55 Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130	110
Tabla 56 Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°3, Progresiva - 64+810	113
Tabla 57 Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°4, Progresiva - 65+909	116
Tabla 58. Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820	119
Tabla 59 Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140	122
Tabla 60 Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°7, Progresiva - 76+700	125
Tabla 61 Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°8, Progresiva - 76+892	128
Tabla 62 Coeficiente de Manning en el modelo IBER.....	130
Tabla 63 Resumen del modelo IBER, sin dissipador de energía	145
Tabla 64 Resumen del modelo IBER, con dissipador de energía	146
Tabla 65 Coeficiente de rugosidad de Manning para el emboquillado	147
Tabla 66 velocidad máxima en función de las características del material-emboquillado	147
Tabla 67 Cuadro comparativo con Manning de 0.030, HEC-RAS	149
Tabla 68 Cuadro comparativo con Manning de 0.028, HEC-RAS	149
Tabla 69 Cuadro comparativo con Manning de 0.033, HEC-RAS	150

Tabla 70 Cuadro comparativo sin disipador y con disipador Manning de 0.03, IBER..... 151

Tabla 71 Cuadro comparativo sin disipador y con disipador Manning de 0.028, IBER.... 152

Tabla 72 Cuadro comparativo sin disipador y con disipador Manning de 0.033, IBER... 153

Tabla 73 Comparación entre el emboquillado y geomanta con Manning de 0.030, IBER 154

Tabla 74 Comparación entre el emboquillado y geomanta con Manning de 0.028, IBER 154

Tabla 75 Comparación entre el emboquillado y geomanta con Manning de 0.033, IBER 155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Funciones de los geosintéticos, por elaboración propia.....	6
Figura 2. Esquema de falla del emboquillado en obras viales, elaboración propia.....	8
Figura 3. Indicadores de logros de objetivos	10
Figura 4. Plan Nacional de Infraestructura 2016-2025, por Escuela de Gestión Pública de la UP, 2016.	15
Figura 5. Carreteras del Perú, red vial nacional, por MTC, 2016.	15
Figura 6. Longitud de la carretera Lima-Canta, por MTC, 2014	17
Figura 7. Representación gráfica del sistema de drenaje en una carretera, por Cárdenas, L, 2013.	18
Figura 8. Acumulación de agua sobre el nivel del suelo, por elaboración propia.....	19
Figura 9. Formulas utilizadas para diseño, por elaboración propia.....	24
Figura 10. Conceptos de la Formula, por elaboración propia.	24
Figura 11. Vista de colapso de la mampostería a la salida de la alcantarilla carretera tramo Churín – Oyón por Núñez, 2014.....	28
Figura 12. Socavación de solado de mampostería en alcantarilla Churín – Oyón, por Núñez, J. 2014.....	28
Figura 13. Falla por desplazamiento de emboquillado de alcantarilla Churín–Oyón. Núñez, 2014.	29
Figura 14. Falta prolongación de emboquillado de alcantarilla Churín – Oyón., por Núñez, 2014.	30
Figura 15. Reporte de emergencias en la red vial nacional, por MTC 2015.	31

Figura 16. Preparación del terreno, por ML Ingeniería, 2017	34
Figura 17. Realizar zanja de anclaje, por ML Ingeniería, 2017	35
Figura 18. Colocación de la geomanta, por ML Ingeniería, 2017	35
Figura 19. Traslape de geomantas, por ML Ingeniería, 2017	36
Figura 20. Colocación mezcla tierra semilla, por ML Ingeniería, 2017	36
Figura 21. Colocación de hidrosiembra, por ML Ingeniería, 2017	37
Figura 22. Hidrosiembra en Sector Las Vegas, carretera Tingo María – Aguaytía, por Dendro 2015.	38
Figura 23. Hidrosiembra aplicada sobre un talud de Chiquintirca, Ayacucho, por Dendro 2015.	38
Figura 24. Componentes de la hidrosiembra, por Naturalea, 2015.	39
Figura 25. Etapas de erosión hídrica, por Derpsch, 1991	41
Figura 26. Sección de Alcantarilla Km 30+160, por MTC, 2016.	46
Figura 27. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 30+160, por elaboración propia.	47
Figura 28. Sección de Alcantarilla Km 32+130, por MTC, 2016.	48
Figura 29. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 32+130. Fuente: Propia.	49
Figura 30. Sección de Alcantarilla Km 64+810, por MTC, 2016.	50
Figura 31. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 64+810. Fuente: Propia.	51
Figura 32. Sección de Alcantarilla Km 65+909, por MTC, 2016.	52
Figura 33. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 65+909. Fuente: Propia.	53

Figura 34. Sección de Alcantarilla Km 71+820, por MTC, 2016.	54
Figura 35. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 71+820. elaboración propia.	55
Figura 36. Sección de Alcantarilla Km 74+140, MTC, 2016.	56
Figura 37. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 74+140. Fuente: Propia.	57
Figura 38. Sección de Alcantarilla Km 76+700, por MTC 2016.	58
Figura 39. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 76+700.	59
Figura 40. Sección de Alcantarilla Km 76+892, por MTC, 2014.	60
Figura 41. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 76+892, por elaboración propia.	60
Figura 42. Ubicación de las alcantarillas, por elaboración propia.	65
Figura 43. Delimitación de subcuencas, por elaboración propia.	67
Figura 44. Ubicación de estaciones pluviométrica, por elaboración propia.	71
Figura 45. Precipitación total mensual de la estación Arahua, Elaboración propia.	73
Figura 46. Precipitación total mensual de la estación Huamantanga, por elaboración propia	73
Figura 47. Precipitación total mensual de la estación Canta, elaboración propia.	73
Figura 48. Procedimiento para el modelamiento en software, elaboración propia.	93
Figura 49. Cauce natural en las alcantarillas, por elaboración propia.	96
Figura 50. Especificación Técnica de Pyramat 75, por Propex, 2018.	98
Figura 51. Especificación Técnicas de TM13C, por Tierra armada, 2018.	99
Figura 52. Alcantarilla N°1, Progresiva -30+160 (Vista en planta HEC-RAS) por elaboración propia.	104

Figura 53. Alcantarilla N°1, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	105
Figura 54. Alcantarilla N°1, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	105
Figura 55. Alcantarilla N°1, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia.....	106
Figura 56. Alcantarilla N°1, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.....	106
Figura 57. Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130 (Vista en planta HEC-RAS) por elaboración propia.....	107
Figura 58. Alcantarilla N°2, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	108
Figura 59. Alcantarilla N°2, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	108
Figura 60. Alcantarilla N°2, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración	109
Figura 61. Alcantarilla N°2, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años), por elaboración propia.....	109
Figura 62. Alcantarilla N°3, Progresiva -64+810 (Vista en planta HEC-RAS), por Elaboración propia.....	110
Figura 63. Alcantarilla N°3, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	111
Figura 64. Alcantarilla N°3, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	111

Figura 65. Alcantarilla N°3, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años) por elaboración propia.....	112
Figura 66. Alcantarilla N°3, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.....	112
Figura 67. Alcantarilla N°4, Progresiva -65+909 (Vista en planta HEC-RAS), por elaboración propia.	113
Figura 68. Alcantarilla N°4, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	114
Figura 69. Alcantarilla N°4, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	114
Figura 70. Alcantarilla N°4, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia.....	115
Figura 71. Alcantarilla N°4, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años), por elaboración propia.....	115
Figura 72. Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820 (Vista en planta HEC-RAS) por elaboración propia.....	116
Figura 73. Alcantarilla N°5, (Vista en planta para un Tr de 50 años) por elaboración propia.	117
Figura 74. Alcantarilla N°5, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años) por elaboración propia.	117
Figura 75. Alcantarilla N°5, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia.....	118
Figura 76. Alcantarilla N°5, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.....	118

Figura 77. Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140 (Vista en planta HEC-RAS), por elaboración propia.	119
Figura 78. Alcantarilla N°6, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración.	120
Figura 79. Alcantarilla N°6, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años) por elaboración propia.	120
Figura 80. Alcantarilla N°6, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	121
Figura 81. Alcantarilla N°6, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	121
Figura 82. Alcantarilla N°7, (Vista en planta HEC-RAS), por elaboración propia.	122
Figura 83. Alcantarilla N°7, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	123
Figura 84. Alcantarilla N°7, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	123
Figura 85. Alcantarilla N°7, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años) por elaboración propia.	124
Figura 86. Alcantarilla N°7, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.	124
Figura 87. Alcantarilla N°8, Progresiva -76+892 (Vista en planta HEC-RAS), por elaboración propia.	125
Figura 88. Alcantarilla N°8, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.	126
Figura 89. Alcantarilla N°8, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años) por elaboración propia.	126

Figura 90. Alcantarilla N°8, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia..... 127

Figura 91. Alcantarilla N°8, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia..... 127

Figura 92. Alcantarilla N°1, Progresiva - 30+130 (Mapa de velocidades), por elaboración propia..... 131

Figura 93. Alcantarilla N°1, Progresiva - 30+130 (Mapa de tirantes) por elaboración propia. 131

Figura 94. Alcantarilla N°1, Progresiva - 30+130 (Mapa de esfuerzo cortante) por elaboración propia. 132

Figura 95. Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130 (Mapa de velocidades), por elaboración propia..... 133

Figura 96. Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130 (Mapa de tirantes) por elaboración propia. 133

Figura 97. Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia 134

Figura 98. Alcantarilla N°3, Progresiva - 64+810 (Mapa de velocidades), por elaboración propia..... 135

Figura 99. Alcantarilla N°3, Progresiva - 64+810 (Mapa de tirantes), por elaboración propia. 135

Figura 100. Alcantarilla N°3, Progresiva - 64+810 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia. 136

Figura 101. Alcantarilla N°4, Progresiva - 65+909 (Mapa de velocidades), por elaboración propia..... 137

Figura 102. Alcantarilla N°4, Progresiva - 65+909 (Mapa de tirantes), por elaboración propia.	137
Figura 103. Alcantarilla N°4, Progresiva - 65+909 (Mapa de esfuerzo cortante), por Elaboración propia.....	138
Figura 104. Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.....	138
Figura 105. Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820 (Mapa de tirantes), por Elaboración propia.....	139
Figura 106. Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia.	139
Figura 107. Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.....	140
Figura 108. Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140 (Mapa de tirantes), por elaboración propia	141
Figura 109. Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia.	141
Figura 110. Alcantarilla N°7, Progresiva - 76+700 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.....	142
Figura 111. Alcantarilla N°7, Progresiva - 76+700 (Mapa de tirantes), por elaboración propia.	142
Figura 112. Alcantarilla N°7, Progresiva - 76+700 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia.	143
Figura 113. Alcantarilla N°8, Progresiva - 76+892 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.....	144

Figura 114. Alcantarilla N°8, Progresiva - 76+892 (Mapa de tirantes), por elaboración propia.
..... 144

Figura 115. Alcantarilla N°8, Progresiva - 76+892 (Mapa de esfuerzo cortante), por
elaboración propia 145

Figura 116. Esfuerzo cortante – emboquillado, por Diseño de Canales. S. Santos II. 148

1. CAPITULO I: PRESENTACION DE LA TESIS

1.1. Antecedentes

Según Bañon (2000), en la publicación: “Manual de Carreteras: Volumen II: construcción y mantenimiento” indica que una obra vial modifica el curso natural del agua sobre el terreno, por lo que debe procurarse construir un drenaje que restituya dicha continuidad, permitiendo su paso bajo la carretera en condiciones que no altere el paso del agua en la red, concluyendo que el drenaje transversal se tiene que aprovechar para desaguar el caudal recogido por la plataforma, canalizado a través de cunetas para no permitir el exceso de agua acumulada en el terreno.

Según Barreto (2004), en la tesis: “Control de Erosión en obras de drenaje transversal de carreteras ubicadas en zonas andinas” Analizo que la erosión hídrica es la remoción de suelo por el efecto del agua y puede ser causada por las gotas de lluvias o por el escurrimiento superficial; encontró que en nuestro país la erosión de suelos se manifiesta en deslizamientos, aluviones, huaicos con las consecuentes pérdidas económicas, ambientales, vidas humanas y la biodiversidad natural, concluyendo que gran parte del territorio peruano por su topografía accidentada está expuesto a erosión de suelos, sobre todo a erosión por lluvia, por lo cual produce la pérdida de miles de toneladas de suelo cada año.

A continuación, se muestran los siguientes estudios científicos que tienen relación con la erosión de suelo en carreteras:

Según Grobe (2006), en su publicación: “Compost use for erosion control in California” investigo que Brent Hallock, del “California Polytechnic Earth and Soil Sciences Department” (Departamento Politécnico de Ciencias de la Tierra y el Suelo de California) Realizo un proyecto con el compost (material orgánico). La metodología consistía en un proyecto in situ, involucro cajas de prueba llenas de tierra vegetal compactada al 95% y configurada con ángulo de 2H:1V, ubicadas en una ladera orientada al sur, cabe resaltar que eligió el lugar que posee mayor riesgo de pérdidas de suelo por escorrentía, a este proyecto le aplico el compost de un cuarto de pulgada en combinación con redes de yute y paja prensada y analizo si ese material puede controlar la erosión en el suelo, obteniendo como resultado que el compost reduce la escorrentía y el sedimento sin afectar la calidad del agua. Además, puede ayudar a regenerar los suelos estériles y que actualmente puede ser utilizado en obras de infraestructura vial.

Por otro lado, Bakr et al. (2012) en su investigación: “Evaluation of compost/mulch as highway embankment erosion control in Louisiana at the plot-scale” indica que en la ciudad de Louisiana, para controlar la erosión del terreno en las carreteras han experimentado con el compost y eligieron dos ubicaciones las cuales fueron sectorizadas en cuatro parcelas; uno en un área activa de construcción de carreteras y otra en un área de arroyos continuos y erosión del suelo, este lugar contaba con una pendiente de (10-34%). El uso del compost para controlar la erosión mejora la conservación del suelo y reduce sustancialmente la erosión. El objetivo principal de este estudio fue evaluar el comportamiento del compost colocándolo en los bordes de las carreteras donde discurre la escorrentía.

La hipótesis fue que el uso del compost reduciría significativamente “los sólidos suspendidos totales” (TSS) y la turbidez en la escorrentía de la autopista de Louisiana. Los resultados confirmaron la efectividad de la cobertura de compost como una de las mejores prácticas de manejo exitosas. Disminuye específicamente en los sólidos suspendidos totales” (TSS) del 70% y 74% cuando se aplica el compost de espesor de 5 cm y 10 cm.

Asimismo, Hongyuan, et al. (2016) en su investigación: “Effectiveness of geotextiles for road slope protection under simulated rainfall” encontró que, en el norte de China, para controlar la erosión del terreno, realizaron un estudio en campo, en donde se determina la efectividad de 4 tipos de geotextiles bajo una lluvia simulada. (Geotextil no tejido, geotextil de fibra de coco mixta, geotextil de fibra de coco, geotextil de fibras vegetales). Obteniendo de resultado lo siguiente: Los geotextiles controlaron efectivamente la escorrentía y la erosión del suelo, pero no eventos menores de escorrentía (<1.15 mm). La reducción de la escorrentía y la erosión del suelo disminuyó aumentando la intensidad de la lluvia y fue más exitoso bajo niveles de intensidad de lluvia moderada. El geotextil no tejido fue el más efectivo para reducir la escorrentía y fue eficaz para limitar la erosión del suelo bajo una intensidad de lluvia de 47 mm en 1 hora. Los resultados muestran que los geotextiles son más efectivos para el control de erosión que para el control de la escorrentía, especialmente en caso de eventos de lluvias más intensas.

Finalmente, De Oña et al. (2011) en su investigación: “Erosion and vegetation cover in road slopes hydroseeded with sewage sludge” encontró que para el control de la erosión

proponen la cubierta vegetal en las laderas de las carreteras con hidrosiembra que posee lodo de aguas residuales, en donde, las plantas que crecen en los terraplenes de las carreteras protegen las pendientes de la erosión del suelo y reducen el impacto visual. Concluyendo, que la adición del lodo de aguas residuales a la hidrosiembra mejora el rendimiento del terraplén al reducir la erosión y aumentar la cobertura vegetal de manera más efectiva. Por consiguiente, todos los componentes de hidrosiembra convencionales excepto las semillas podrían ser reemplazados por lodo de aguas residuales. (De Oña, et al. 2011).

Los antecedentes de la presente tesis están estrechamente relacionados a los geosintéticos. A continuación, se presenta un resumen de los geosintéticos:

La utilización de los geosintéticos en la Ingeniería Civil se inicia en los años sesenta en EE. UU. en forma de napas, para mejorar las características de los suelos. Así mismo, se empieza a utilizar en Europa, concretamente en Holanda, donde se emplean para protección de costas.

A partir de 1977 comienza su desarrollo nace con el nombre de Geotextil, nombre propuesto por Jean Paúl Giroud que es uno de los mayores impulsores de estos materiales en contacto con el suelo.

Los geosintéticos son materiales fabricados a partir de la transformación industrial de ciertas sustancias químicas llamadas polímeros, son transformados en fibras, laminas,

perfiles, películas, tejido o mallas. “Geotexan, (2012) Geotextiles, historia. España. Recuperado de <https://geotexan.com/>”

A continuación, se indica las funciones principales de los geosintéticos según la empresa Geotexan S.A.C.

Funciones hidráulicas

- Drenar: permite la circulación de un fluido en el plano de los geosintéticos
- Filtrar: permitir la circulación de n fluido a través de los geosintéticos
- Impermeabilizar: No permitir el paso de un fluido a través de los geosintéticos
- Funciones mecánicas
- Separar: No permitir en ningún momento la mezcla de distintos tipos de suelo.
- Reforzar: Aumentar la resistencia mecánica en el terreno

Proteger: Producir un efecto “colchón” sobre las láminas de impermeabilización, protegiéndolas contra posibles punzonamientos. “Geotexan, (2012) Geotextiles. España.

Seguidamente, se indica la clasificación de los geosintéticos según su método de fabricación según la empresa Geotexan S.A.C.

Geosintéticos No Tejidos: Las fibras están colocadas de forma aleatoria (no tienen dos direcciones de fibra)

Geosintéticos Tejidos: Las fibras tienen dos direcciones (tramo y urdimbre)

Geocompuestos: Son compuestos formados por 2 o más geosintéticos.

Geomembranas: Son elaboradas con polietileno de alta densidad, tiene como función controlar la migración de fluidos. “Geotexan, (2012) Geotextiles. España.

De acuerdo con las investigaciones que se realizó en la siguiente imagen se podrá apreciar las funciones de los geosintéticos que más se ofrecen en el mercado:

Geomallas	•Función: Estabilizacion y refuerzo de taludes
Geodren	•Función: Filtrar fluidos para ser drenados a una ubicación que no afecte la obra civil.
Geocelda	•Función: Confinar materiales granulares y suelos.
Geomembrana	•Función: Impermeabilizar de la zona elegida.
Geotextil	•Función: Control de erosión, estabilidad de taludes, impermeabilizacion de sectores.
Geomanto	•Función: Control de erosión

Figura 1. Funciones de los geosintéticos, por elaboración propia.

Estos antecedentes fueron el punto de partida para elegir nuestra solución para el control de erosión en las salidas de las alcantarillas. Por eso se eligió la geomanta y la hidrosiembra como reemplazo de los emboquillados y en el marco teórico se definirá a detalle estos elementos propuestos como solución.

1.2. Realidad problemática

Se identificó que el uso del emboquillado como solución ante la erosión en la descarga de una alcantarilla presenta mayor riesgo, debido que es una estructura compuesta de piedra asentada con concreto de baja resistencia, lo cual no soporta asentamientos

diferenciales que es el principal problema generado por desplazamientos y erosión del terreno.

El proceso de deterioro de emboquillados que se colocan en los cabezales de diferentes estructuras hidráulicas tales como alcantarillas, badenes, canales, cunetas, entre otras son necesarias para determinar la vida útil de la infraestructura que es la causa de daños y desplazamientos de la plataforma de carreteras y reducción de la vida útil de diseño. Todos los acontecimientos mencionados se identifican en obras viales desarrolladas a media ladera en zonas de la sierra y selva de nuestro país que, puede ser descrita de la siguiente forma:

Los emboquillados consisten en elementos de protección contra la erosión superficial, pero no se encuentran diseñados para soportar esfuerzos de tracción.

Por efecto de la erosión del terreno, el emboquillado pierde estabilidad por no soportar esfuerzos externos, que produce la fractura y pérdida progresiva de la infraestructura.

La erosión continua del terreno genera asentamientos e inestabilidad en los cabezales de las alcantarillas o zapatas del muro.

Los asentamientos de la estructura conllevan a la generación de grietas de tracción en la superficie del pavimento, que permite el ingreso de agua a las capas granulares, y posteriormente a la pérdida de capacidad de soporte y la deformación de la vía.

La descripción del mecanismo de falla puede ser visualizada en la Figura 2:

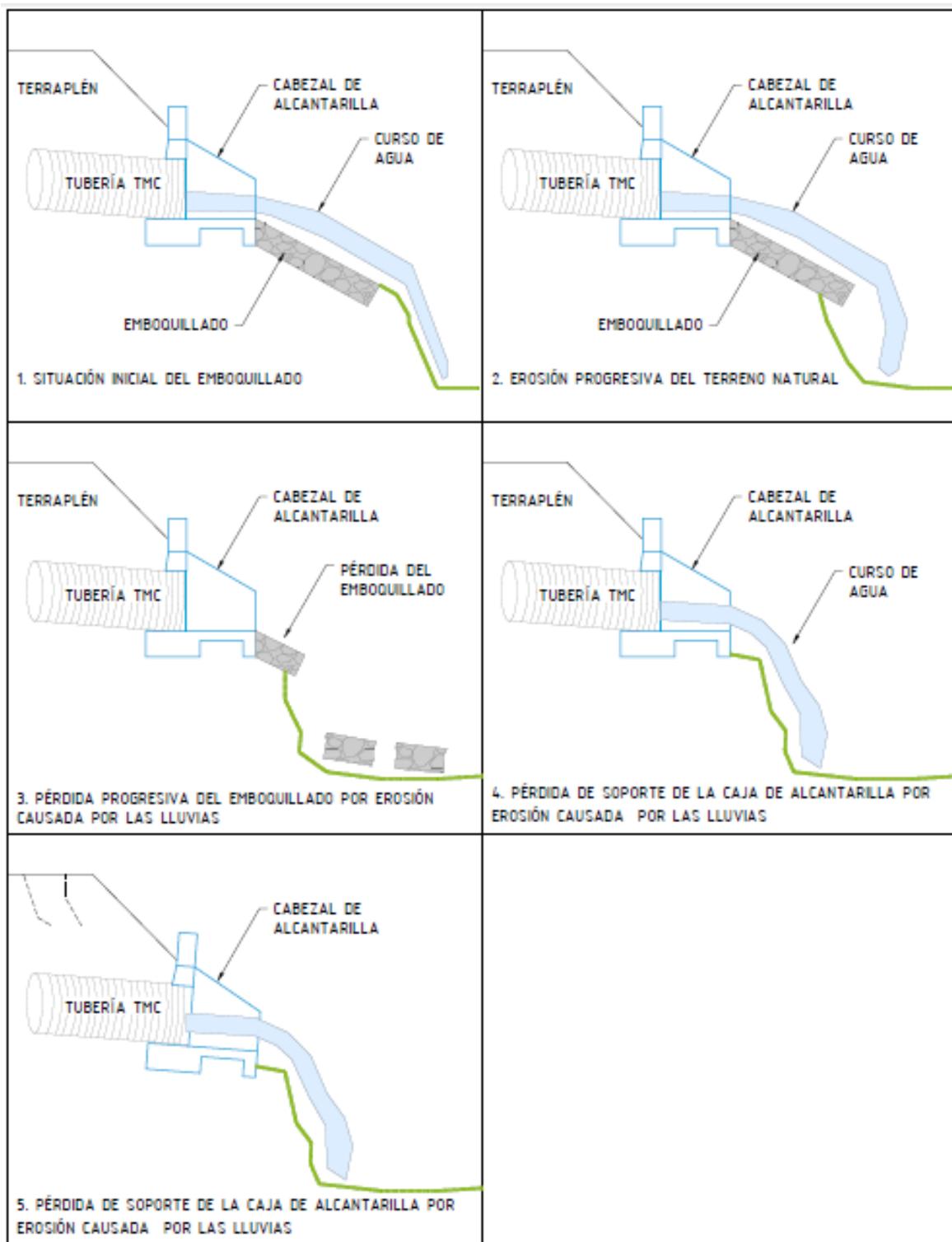


Figura 2. Esquema de falla del emboquillado en obras viales, elaboración propia

1.3. Formulación del problema

¿La aplicación de geomanta e hidrosiembra, será eficiente para el control de la erosión como reemplazo de los emboquillados utilizados en el sistema de drenaje transversal en la carretera Lima - Canta?

1.4. Hipótesis

Según el modelamiento hídrico mediante los programas HEC-RAS e IBER. La solución con geomanta e hidrosiembra como reemplazo del emboquillado es eficiente para el control de la erosión y permitirá la durabilidad ante la erosión natural, garantizará la mayor vida útil de la estructura y consecuentemente de la vía. Cabe resaltar que nuestras variables de medición que se utilizaron para el diseño son el esfuerzo cortante y la velocidad admisible.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Demostrar mediante el modelamiento hídrico que la aplicación de geomanta e hidrosiembra es eficiente para la protección de las descargas a la salida de la alcantarilla, como reemplazo de los emboquillados utilizados en el sistema de drenaje transversal de la carretera Lima - Canta.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar la teoría y evaluar el comportamiento del emboquillado en las alcantarillas de la carretera Lima-Canta.
- Determinar los caudales de cada alcantarilla con el estudio Hidrológico de la carretera Lima-Canta.

- Modelar las alcantarillas seleccionadas de la carretera Lima-Canta aplicando la geomanta e hidrosiembra en los programas HEC-RAS e IBER
- Comparar la eficiencia de la geomanta e hidrosiembra frente a los emboquillados.

1.6. Indicadores del logro de los objetivos

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDAD	LOGRO
Analizar la teoría y evaluar el comportamiento del emboquillado en las alcantarillas de la carretera Lima –Canta.	Recopilar información de “Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje” publicada por el MTC en el 2013. Aplicar ficha SIC 18, SIC19 Y SIC 20 del Manual de Inventario Viales – MTC.	Obtener datos basados en información técnica. En campo recopilar información del estado de los emboquillados con las fichas de inventario. Generar plano con la ubicación de los emboquillados que se van analizar.
Determinar los caudales de cada alcantarilla con el estudio Hidrológico de la Carretera Lima- Canta.	Realizar el estudio hidrológico de la zona, para este estudio se utiliza las fórmulas planteadas en el curso de Hidrología.	Obtener datos sobre cuencas, subcuencas, precipitación, etc. Generar curvas IDF, y determinar caudal para cada alcantarilla.
Modelar las alcantarillas seleccionadas de la carretera Lima-Canta aplicando la geomanta e hidrosiembra en los programas HEC-RAS e IBER	Mediante el HEC-RAS y el IBER, programas que ayuden al análisis de la estructura propuesta.	Obtener una simulación de la nueva propuesta sobre las alcantarillas escogidas mediante los programas indicados.
Comparar la eficiencia de la geomanta e hidrosiembra frente a los emboquillados.	De acuerdo con los resultados obtenidos de los programas HEC-RAS e IBER, realizar cuadros comparativos.	Cuadros comparativos de la eficiencia de cada material comparando los parámetros de esfuerzo cortante y velocidad.

Figura 3. Indicadores de logros de objetivos

1.7. Descripción del contenido

- Capítulo I, se desarrolló la presentación de la tesis, antecedentes, realidad problemática, formulación del problema, hipótesis, objetivos, indicadores del logro, descripción del contenido, el plan de actividades y cronograma
- Capítulo II, se elaboró el marco teórico en donde se presenta el plan de gobierno del Perú para carreteras, ubicación de la carretera Lima-Canta, alcantarillas, tuberías, emboquillados, erosión y socavación del suelo; así como también, se indica los conceptos de la nueva estructura geomanta e hidrosiembra y sus respectivos métodos de instalación en campo. Por último, se indican los softwares para el análisis del comportamiento hidráulico del nuevo material.
- Capítulo III, se realizó la recopilación de información de campo, se analizó, se evaluó el comportamiento y la eficiencia del emboquillado en las alcantarillas de la carretera Lima-Canta.
- Capítulo IV, se desarrolló el análisis hidrológico de la cuenca del río Chillón, para determinar los caudales de alcantarillas que se analizan en la presente tesis.
- Capítulo V, se realiza el modelamiento hídrico de las alcantarillas con el sistema propuesto de geomanta e hidrosiembra en los programas HEC-RAS y el IBER.
- En el capítulo VI, se realizó un análisis comparativo de la eficiencia de la geomanta e hidrosiembra frente a los emboquillados.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se realizó la descripción de los emboquillados, con el fin de proponer una alternativa que contribuya a controlar la erosión del terreno en las obras de drenaje transversal, mitigar el efecto del asentamiento de las estructuras de drenaje, para alcanzar la vida útil del diseño.

2.1. Normativa general

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en material de transporte y tránsito terrestres, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

2.1.1. Manual de carreteras. Tomo I. Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

El presente manual tiene como fin establecer los requerimientos básicos para promover la uniformidad en la construcción de la obra vial. Además, previene y disminuye las controversias, ya que se presentan mecanismos de control de calidad de la obra. Cabe resaltar que para la ejecución de cualquier proyecto vial se considera el factor social y ambiental. Este manual se aplica en todo el territorio peruano.

2.1.2. Manual de carreteras. Tomo II. Hidrología, hidráulica y drenaje

El presente manual sirve como guía para el diseño de las obras de drenaje superficial y subterránea de la infraestructura vial.

2.1.3. Manual de carreteras. Manual de inventarios viales

El presente manual es un documento técnico de carácter normativo que rige a nivel nacional con la finalidad de establecer una metodología para la evaluación continua con un inventario vial que sirva de guía para la toma de decisiones en el proceso de planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación de carreteras.

2.1.4. Manual de carreteras. Manual de mantenimiento o conservación vial

El presente manual es una guía para que las entidades y los Ingenieros responsables, programen, presupuesten, ejecuten y controlen las actividades de conservación vial, ajustándose a las políticas y procedimientos de la Entidad; asimismo, a los estándares, pautas y a las buenas prácticas de Ingeniería.

Quien dispone estos manuales es el Ministerio de Transporte y Comunicaciones bajo el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado mediante Decreto Supremo N°034-2008-MTC.

2.2. Plan de gobierno en el Perú para carreteras 2016-2025

Las carreteras, son medios de comunicación que permiten conectar pueblos y ciudades, estas permiten que el país desempeñe funciones culturales, económicas y de integración, lo cual conlleva al progreso del país. El Perú tiene diversidad geográfica y eso es un impedimento para la rápida expansión en el desarrollo de la infraestructura vial. (Sagasti, 1999).

Según el Ranking Mundial de Competitividad de IMD Y CENTRUM CATOLICA (2016) elaboró un estudio bajo un análisis de los 61 países más importantes del mundo, el que informa que USA es quien lidera el ranking con relación a

infraestructura básica donde toma como parámetro la infraestructura vial. Nuestro país se ubica en el puesto 58.

En la actualidad el Perú, en el sector transporte, mantiene una brecha de inversión en infraestructura de US\$ 57,499 millones a largo plazo, para el periodo 2016 – 2025.

Tabla 1
Plan Nacional de Infraestructura 2016-2025

RUBRO	MONTO DE LA BRECHA (U.S. MILL)	%
AGUA Y SANEAMIENTO	12,252.00	7.68%
TELECOMUNICACIONES	27,036.00	16.95%
TRANSPORTES	57,499.00	36.04%
ENERGIA	30,775.00	19.29%
SALUD	18,944.00	11.87%
EDUCACIÓN	4,568.00	2.86%
INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA	8,477.00	5.31%
TOTAL	159,549.00	100.00%

Nota: Escuela de Gestión Pública de la UP, 2016.

A continuación, en la Figura 4 se muestra la distribución de la brecha del sector transportes 2016-2025. Del cual se puede deducir que el rubro transportes tiene una brecha total del 36% de la brecha total por consiguiente el sector carreteras el 55% del sector transportes y 20% de la brecha total.

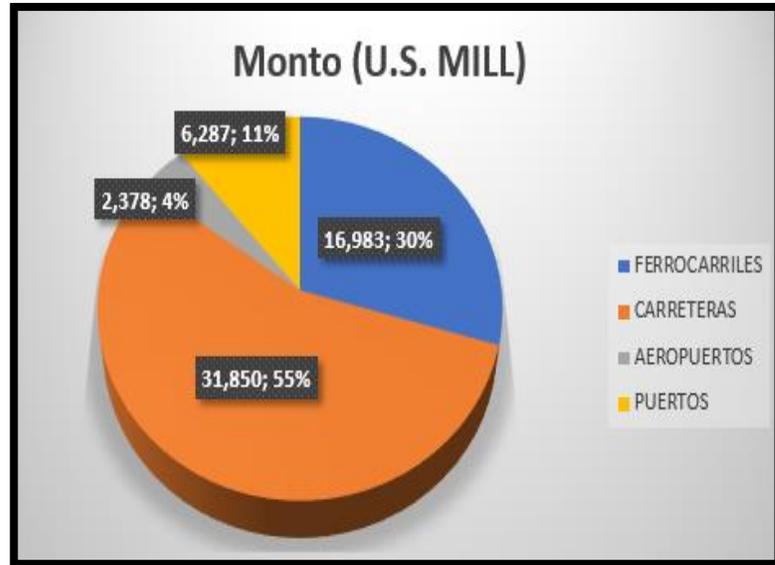


Figura 4. Plan Nacional de Infraestructura 2016-2025, por Escuela de Gestión Pública de la UP, 2016.

En los últimos 26 años se han ejecutado nuevas carreteras y se ha mejorado la red vial nacional, en el territorio peruano como se muestra en la Figura 4. (MTC, 2016).

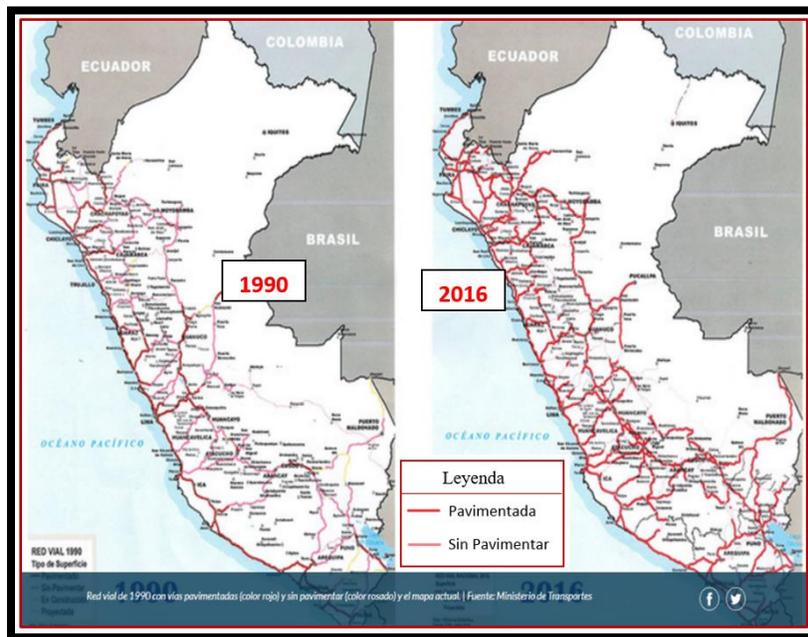


Figura 5. Carreteras del Perú, red vial nacional, por MTC, 2016.

2.3. Ubicación de la carretera Lima - Canta

En esta presente tesis se eligió la carretera Lima-Canta debido a que se puede utilizar para aliviar el tráfico en la carretera central. Las altitudes de las estructuras de drenaje transversal que se evalúan en la carretera Lima-Canta varían desde los 70 m.s.n.m a los 2870 m.s.n.m. La carretera Lima-Canta se desarrolla a lo largo del Valle del Rio Chillón. Cabe resaltar que se encuentra asfaltada, pero existen sectores que se encuentran afectados por el fenómeno del Niño.

Tabla 2
Ubicación de la carretera Lima-Canta.

UBICACIÓN DEL PROYECTO			
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	DESCRIPCION
Lima	Lima	Carabayllo	0+000 - 17+300
	Canta	Santa Rosa de Quives	El limite se ubica en la progresiva 17+300
		Lachaqui	El limite se ubica en la progresiva 60+840
		Canta	60+800 - 79+470

Nota: por MTC, 2014

La carretera Lima- Canta tiene una longitud de 80.5 km ver Figura 6, en donde existen 280 alcantarillas contabilizadas en el año 2011. (MTC, Provias, 2011)

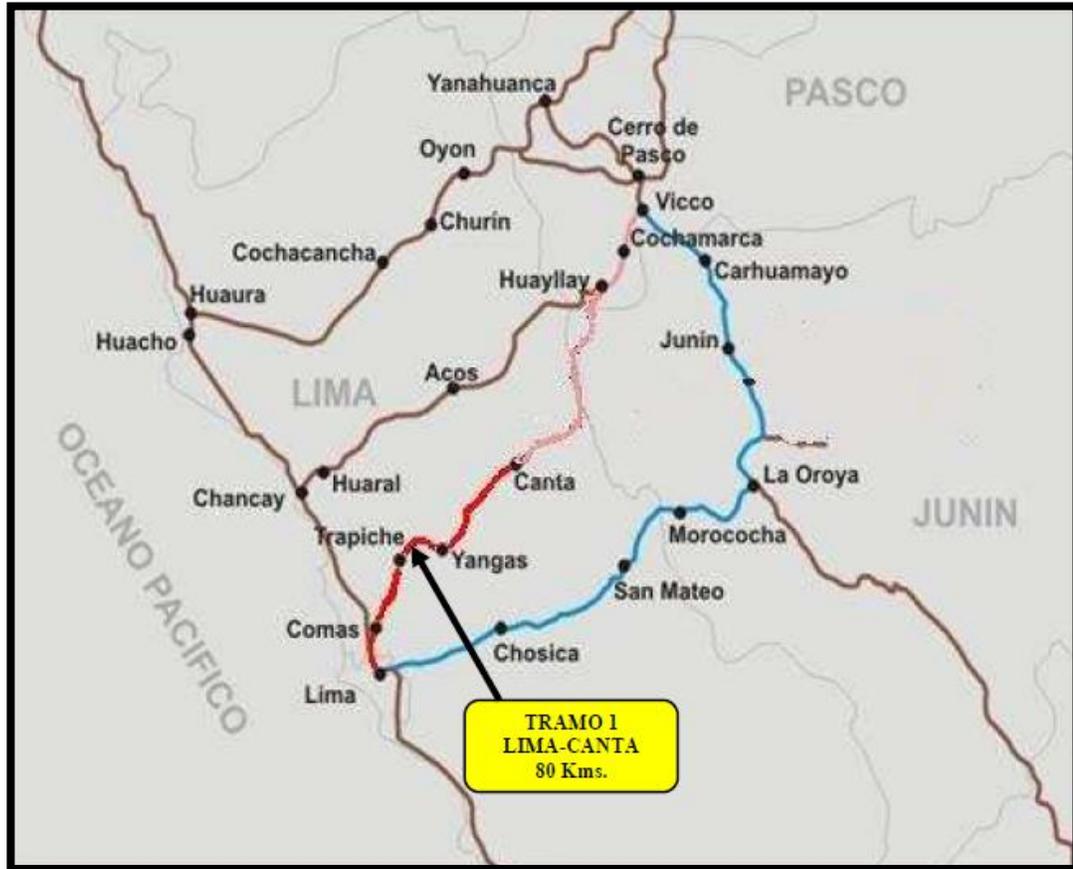


Figura 6. Longitud de la carretera Lima-Canta, por MTC, 2014

2.4. Drenaje Transversal en carreteras

Según Bengaray, (2001), afirma que drenaje es la acción de conducir y evacuar el agua de los terrenos húmedos, por medio de la estructura e implementos adecuados. En el drenaje vial, esta acción está destinada a mantener la vía libre de agua, tanto durante la lluvia como después de ella, Para ello se deben disponer estructuras que capturen las aguas superficiales y subterráneas, las cuales conduzcan fuera de la carretera y la dispongan en los cauces naturales, evitando los daños a la vía o a las propiedades adyacentes permitiendo el tránsito seguro y cómodo de los vehículos, ver Figura 7 la cual muestra una representación del sistema de drenaje en una carretera.

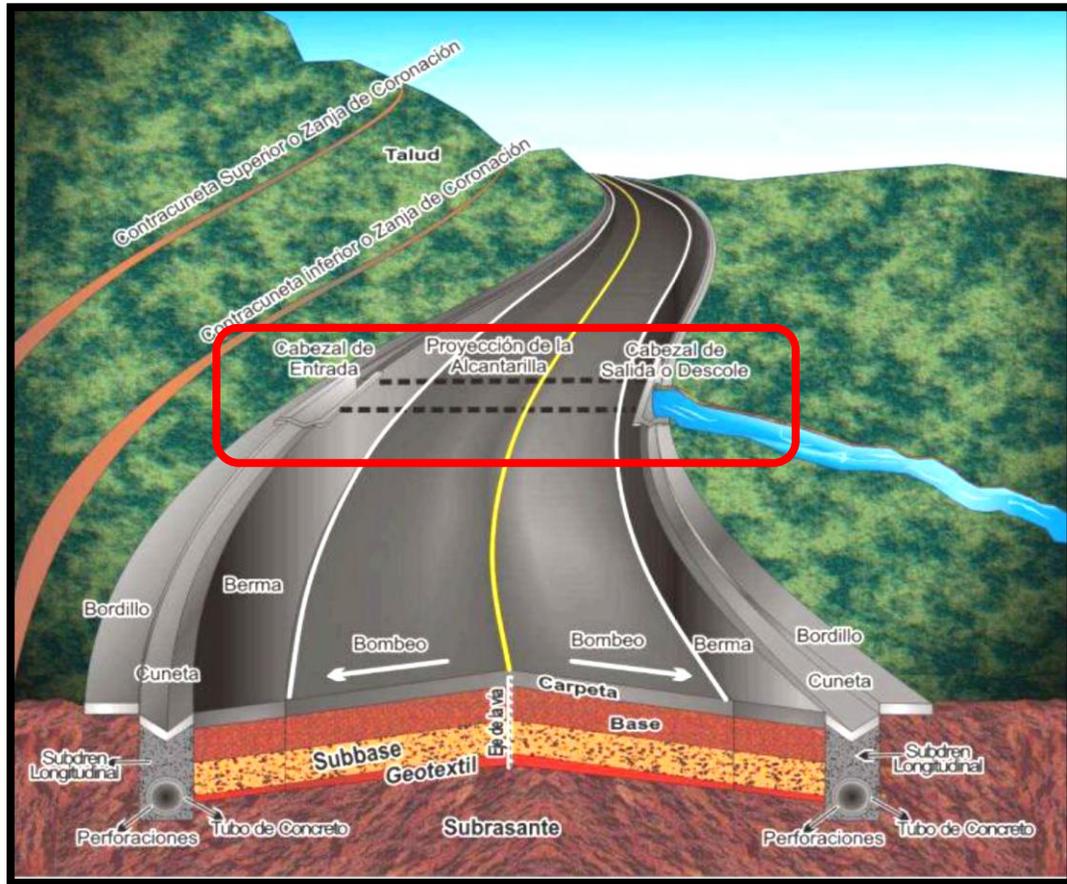


Figura 7. Representación gráfica del sistema de drenaje en una carretera, por Cárdenas, 2013.

Sánchez (2011), encuentra que, la recolección, encauzamiento y disposición de las aguas pluviales, tanto superficiales, como subterráneas (cortes de carretera, nivel freático elevado) es esencial para garantizar la estabilidad e integridad de una vía de comunicación.

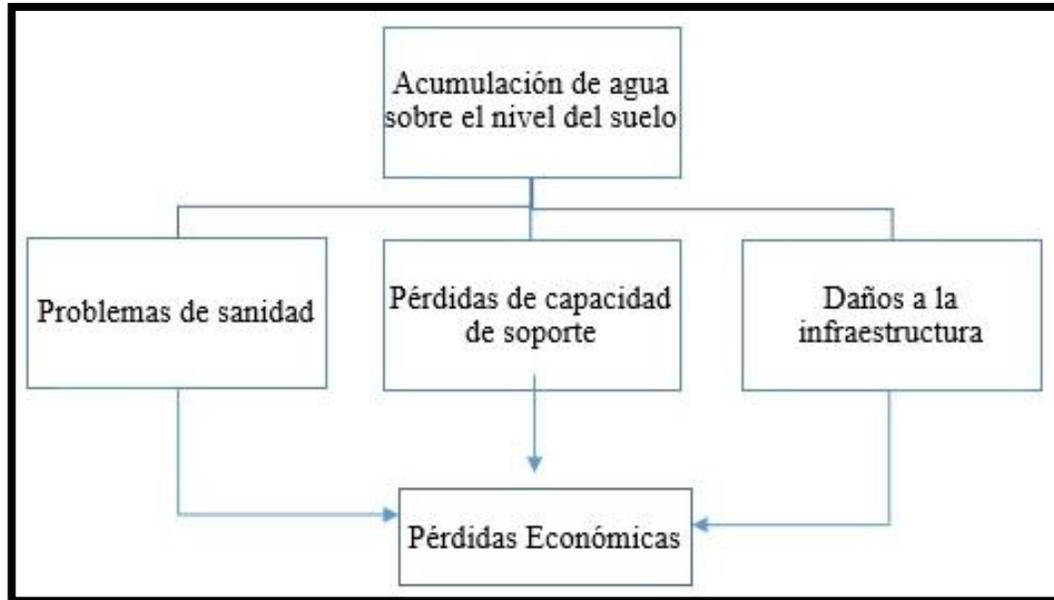


Figura 8. Acumulación de agua sobre el nivel del suelo, por elaboración propia.

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje sugiere realizar el Estudio de Hidráulica y Drenaje después que se apruebe el proyecto de Diseño Geométrico, y es de carácter obligatorio la visita en sitio del drenaje natural. El objetivo principal del drenaje transversal de la carretera es evacuar el paso de los cauces naturales que por el diseño geométrico de la carretera se han visto afectadas. Además, el drenaje transversal sirve para recolectar el flujo proveniente de los sistemas de drenaje longitudinal.

Las estructuras de drenaje transversal utilizadas son:

- Alcantarilla
- Badén
- Puente
- Bóveda tri-articulada

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2013), se debe determinar la sección hidráulica más optimada el cual permita el libre paso del flujo líquido y flujo sólido en el drenaje transversal los cuales no deben ocasionar daño a la carretera ni a las propiedades adyacentes. Una vez estimado el caudal máximo que puede producir el curso de agua durante una crecida con un período de retorno; la carretera se diseña y construye la estructura de drenaje transversal que el ingeniero considere adecuada, en donde, debe de tener en cuenta el caudal, el transporte de sedimentos, los costos y la disponibilidad de materiales.

2.5. Alcantarillas

2.5.1. Definición

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2013) menciona que la alcantarilla es una estructura cuya luz es menor a 6 m. y su función es evacuar el flujo superficial que interceptan la carretera. La ubicación óptima de las alcantarillas depende de su alineamiento y pendiente, la cual se logra proyectando dicha estructura siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural. Se tiene que tener en cuenta que el incremento y disminución de la pendiente influye en la variación del flujo, que a su vez incide en la capacidad de transporte de materiales en suspensión y arrastre de fondo. Cabe resaltar que el aspecto técnico debe prevalecer sobre el económico en la instalación de una alcantarilla, las secciones más usuales son circulares, rectangulares y cuadradas.

Las alcantarillas se calculan para que el caudal de diseño pase de manera óptima, sin producir un desbordamiento que comprometa la integridad de la superestructura. El

caudal de diseño está basado en consideraciones hidrológicas las cuales se verán en el Capítulo IV de hidrología.

2.5.2. Propósito

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2013) el sistema de alcantarillado puede ser diseñado para varios propósitos:

- Deja pasar toda el agua que llega a la alcantarilla
- La alcantarilla puede cumplir una función reguladora la cual se aplica en obras de retención con descargas semipermanentes.
- Permite la instalación de los instrumentos hidráulicos de aviso y control de escurrimientos.

2.5.3. Partes de una alcantarilla

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2013) las partes de una alcantarilla son:

- Bocatoma
- Barril
- Difusor
- Batea
- Corona o Clave
- Muros aleta

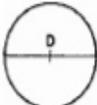
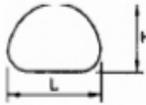
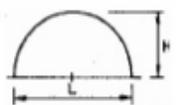
2.5.4. Clasificación y forma

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2013) Los materiales comúnmente usados son las alcantarillas metálicas y de concreto, respecto a la forma puede ser redondo, ovalados, cuadrados, y rectangulares; y según el número de

conductos que se empleen en un mismo lugar, en simples y múltiples. Un factor limitante para el funcionamiento de la alcantarilla es la baja altura del terraplén.

Las alcantarillas metálicas por lo general son corrugadas, ya que aumenta la resistencia del material.

Tabla 3
Formas de alcantarillas metálicas.

FORMA		DIMENSIONES (IN)	USOS COMUNES
CIRCULAR		6 A 252	Alcantarillas, sub.- drenajes de túneles, cloacas. Radio fijo. Para medianos y altos rellenos.
ELONGACION VERTICAL (ELIPSE) GENERALMENTE 5%		48 A 252 antes de la elongación	Alcantarillas, cloacas, servicio y recubrimiento de túneles. Radio variable. Se utiliza por la apariencia y donde la compactación es moderada
ABOVEDADO		L x H 18 x 11 a 247 x 158	Tiene ventajas hidráulicas para flujos pequeños y se utiliza cuando la altura del relleno es moderada.
PASO SUBTERRANEO*		L x H 68 x 69 a 244 a 214	Para peatones, paso de animales o vehículos.
ARCO		L x H 72 a 215 a 300 x 150	Para bajas aberturas con largos cursos de agua y por razones estéticas.

Nota: por Ven Te Chow (1983)

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2013), las alcantarillas de concreto pueden tener formas de cajón, circulares y ovaladas. En el caso de las alcantarillas de concreto, al momento de elegir la forma se debe tomar en cuenta la

topografía del lugar y de la eficiencia hidráulica y estructural y, por supuesto, de los costos de construcción.

2.5.5. Consideraciones hidráulicas

Villón (2005), dice que el escurrimiento a través de una alcantarilla queda regulado por la pendiente del lecho de la corriente aguas arriba y abajo del lugar, la pendiente del fondo de la alcantarilla, altura de ahogamiento permitido a la entrada, tipo de entrada, la rugosidad de las paredes de la alcantarilla y la altura del remanso de salida. Con esto se puede obtener las características del flujo que pasa por la alcantarilla. A partir de ello se puede establecer la altura de agua a la entrada del conducto, el caudal y las dimensiones de la alcantarilla.

Teniendo identificado la superficie de influencia se debe precisar el hidrograma del flujo y los caudales de recurrencia si no se cuenta con ello se pueden recurrir a utilizar la expresión genérica.

$$Q = CiA$$

En donde:

- Q= Caudal (m^3 / s)
- A= Área de la cuenca (m^2)
- I= Intensidad de la descarga (mm/h)

2.6. Diseño Hidráulico de las alcantarillas

El diseño hidráulico se establece bajo la fórmula de Robert Manning para canales abiertos y tuberías, el cual permite obtener la velocidad de flujo y caudal para una condición de régimen uniforme. (MTC, 2013).

En la presente tesis para el diseño de la alcantarilla se tomó de referencia la ejecutada por el MTC, en donde se han ejecutado soluciones técnico-económicas convenientes, debido a la ubicación y posición de la alcantarilla.

Las fórmulas utilizadas para este diseño son las siguientes:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$
$$R = A/P$$
$$Q = VA$$

Figura 9. Formulas utilizadas para diseño, por Ven Te Chow (1983)

Dónde:
Q: Caudal (m ³ /s)
V: Velocidad media de flujo (m/s)
A: Área de la sección hidráulica (m ²)
P: Perímetro mojado (m)
R: Radio hidráulico (m)
S: Pendiente de fondo (m/m)
n: Coeficiente de Manning (Ver tabla)

Figura 10. Conceptos de la Formula, por Ven Te Chow (1983)

En el capítulo V, en el modelamiento con software se toma el coeficiente de Manning para la alcantarilla TMC corrugada 0.024 ver Tabla 4.

Tabla 4
Coeficientes de Manning.

TIPO DE CANAL		MINIMO	NORMAL	MÁXIMO	
A. CONDUCTO CERRADO CON ESQUIRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013
		b. Acero soldado	0.010	0.012	0.014
		con remaches	0.013	0.016	0.017
		c. Metal corrugado	0.017	0.019	0.021
		dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto	0.010	0.011	0.013
		tubo recto y libre de basuras	0.011	0.013	0.014
		tubo con curvas, conexiones	0.011	0.012	0.014
		afinado	0.013	0.015	0.017
		tubo de alcantarillado con cámaras, entradas.	0.012	0.013	0.014
Tubo con moldaje de acero.		0.012	0.014	0.016	
Tubo de moldaje madera cepillada		0.015	0.017	0.020	
Tubo con moldaje madera en bruto					
b. Madera	0.010	0.012	0.014		
duelas	0.015	0.017	0.020		
laminada y tratada	0.018	0.025	0.030		
c. Albañilería de piedra.					
B.C. ANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso	0.011	0.012	0.014
		sin pintar	0.012	0.013	0.017
		pintado	0.021	0.025	0.030
	b. Corrugado				
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera	0.010	0.012	0.014
		Sin tratamiento	0.011	0.012	0.015
		Tratada	0.012	0.015	0.018
		Planchas			
		b. Concreto	0.011	0.013	0.015
		afinado con plana	0.015	0.017	0.020
afinado con fondo de grava		0.014	0.017	0.020	
sin afinar	0.017	0.020			
excavado en roca de buena calidad	0.022	0.027			
excavado en roca descompuesta					
c. Albañilería	0.017	0.025	0.030		
pedra con mortero	0.023	0.032	0.035		
pedra sola					
C. EXCAVADO	a. Tierra, recto y uniforme	0.016	0.018	0.020	
	nuevo	0.022	0.025	0.030	
	grava	0.022	0.027	0.033	
	con algo de vegetación				
	b. Tierra, sinuoso	0.023	0.025	0.030	
	sin vegetación	0.025	0.030	0.033	
	con malezas y pasto	0.030	0.035	0.040	
	maleza tupida, plantas	0.025	0.035	0.040	
	fondo pedregoso - malezas.				
	c. Roca	0.025	0.035	0.040	
suave y uniforme	0.035	0.040	0.050		
irregular					
d. Canales sin mantención	0.050	0.080	0.120		
maleza tupida	0.040	0.050	0.080		
Fondo limpio, bordes con vegetación					

Nota: por Ven Te Chow (1983)

Tabla 5
Hidráulica de Canales abiertos

D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m)	a. Ríos en planicies rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033	
		rectos sin zonas muertas con piedras y malezas	0.030	0.036	0.040	
			0.035	0.045	0.050	
			0.045	0.050	0.060	
		Sinuoso, vegetación y piedras pedregoso	0.075	0.100	0.150	
		Abundante vegetación, sinuoso.				
	D.2 PLANICIES DE INUNDACION	b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos.	Arboles y arbustos sumergidos	0.030	0.040	0.050
			Parcialmente en crecidas con piedras y Pocas rocas grandes rocas y piedras en el fondo.	0.040	0.050	0.070
		a. con pasto sin arbusto pastizales bajos	pastizales altos	0.025	0.030	0.035
				0.030	0.035	0.050
b. áreas cultivadas sin cultivo	con cultivos	0.020	0.030	0.040		
		0.030	0.040	0.050		
c. Arbustos y Malezas escasos	densos	0.040	0.060	0.080		
		0.070	0.100	0.160		
d. Arboles sauces	tierra despejada con troncos	0.110	0.150	0.200		
		0.030	0.040	0.050		
D3 Ríos Principales (ancho superior a 30 m)	Secciones Regulares	0.025	-	0.060		
	Secciones Irregulares	0.035	-	0.100		

Nota: por Ven Te Chow (1983)

2.7. Emboquillado

Los emboquillados son estructuras que se utilizan para el encausamiento del agua a la entrada y salidas de las alcantarillas como protección a la erosión y socavación local del suelo. Los únicos materiales para realizar este sistema son piedras, concreto y mortero. (MTC, 2013).

Este sistema de protección sugerido por la el Manual de Carreteras (Hidrología, Hidráulica y Drenaje), no ha sido del todo eficiente ya que como se puede evidenciar tomando datos obtenidos de campo no ha estado cumpliendo su función la cual es evitar la erosión y socavación local a la salida de la alcantarilla provocando la falla en la estabilidad de la estructura, debido a que los materiales que se utilizan para este tipo de estructura no soportan esfuerzos de tracción.

Se debe tener en cuenta que se debe efectuar un programa de mantenimiento en donde se realice inspecciones visuales del antes y después de periodos lluviosos para comprobar su estado hidráulico de la obra.

2.7.1. Colapso de emboquillados

A continuación, se analizan los problemas con emboquillados tradicionales que se ubican en el sistema de drenaje de la carretera Churín – Oyón, transversal de la Ruta Nacional PE-18, Estas carreteras presentan graves daños que en algunos casos llegan a restringir el libre tránsito de vehículos. (Núñez, 2014).

En el Km. 125+535 se observa la presencia del colapso y desplazamiento del emboquillado y mampostería a la salida de la alcantarilla en el lado derecho de la vía, tal y como se muestra en la Figura 10. No se observa la uña o dentellón en el extremo de la salida del emboquillado de la alcantarilla. (Núñez, 2014)



Figura 11. Vista de colapso de la mampostería a la salida de la alcantarilla carretera tramo Churín – Oyón por Núñez, 2014.

En el km 110+932 la salida de alcantarilla TMC de 36” se puede observar en la Figura 12 la socavación del solado de mampostería de piedra por erosión regresiva y erosión laminar de talud inferior en zona adyacente al emboquillado. (Núñez, 2014).



Figura 12. Socavación de solado de mampostería en alcantarilla Churín – Oyón, por Núñez, J. 2014

En el km 118+380 se ve el colapso del solado de salida de alcantarilla TMC de 36" y presencia de asentamiento del talud de relleno. Se aprecia fisuras longitudinales en berma lado derecho mayor que 5 mm, como se observa en la Figura 10. (Núñez, 2014)



Figura 13. Falla por desplazamiento de emboquillado de alcantarilla Churín–Oyón. Núñez, 2014.

En el km 132+946 En la siguiente Figura 14, se puede ver el socavamiento a la salida de la alcantarilla, que dio el colapso al cabezal y quedando parte de la calzada al aire por socavamiento del talud inferior. Esta falla fue generada por el efecto combinado de la erosión del flujo del agua y la pérdida de protección de emboquillado de piedra, efecto que continua hasta llegar a la estructura generando reducción de la vida útil de la inversión.



Figura 14. Falta prolongación de emboquillado de alcantarilla Churín – Oyón., por Núñez, 2014.

2.7.2. Reporte de emergencias viales

Como consecuencia de la pérdida de emboquillados en las carreteras a media ladera el tránsito se restringe en la zona ya que se tiene que reparar esas estructuras que presenten asentamiento, para evitar la pérdida total de la vía. La Figura 15 muestra el reporte de emergencias viales.

 REPORTE DE EMERGENCIAS EN LA RED VIAL NACIONAL						
LIMA, 10 DE DICIEMBRE DEL 2015 TARDE HORA: 12:30 M.						
DEPARTAMENTO / CARRETERA	TPO DE EMERGENCIA Y ESTADO DE TRANSITO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE EMERGENCIA	PERSONAL ASIGNADO	EQUIPO MECANICO ASIGNADO	OBSERVACIONES
PASCO						
RUTA NACIONAL - FE-5NA	EROSION DE PLATAFORMA	TRAMO PAUCARTAMBO - OXAPAMPA	Ocurrencia: 24-nov-14	Personal del Consorcio:	Máquina del Consorcio:	TRANSITO RESTRINGIDO
PTE. PAUCARTAMBO - OXAPAMPA	TRANSITO RESTRINGIDO	SECTOR: TAMBO PITUCA KM 22+100	Inicio de Trabajo: 24-nov-14	CONSORCIO SERVICIOS	CONSORCIO SERVICIOS	SECTOR TAMBO PITUCA KM 22+100, SE EJECUTO LA EXCAVACION PARA LA BASE DEL REFUERZO DEL TALUD INFERIOR (SACOS DE POLIETILENO), TRABAJOS PENDIENTES DEBIDO A LLUVIAS, ESTO DEBIDO A LA PERDIDA DE CABEZAL DE SALIDA Y EMBOQUILLADO DE ALCANTARILLA, ESTO ORIGINANDO POR LA EROSION Y DESLIZAMIENTO DE LA TALUD INFERIOR, POR ELLO SE HA DISPUESTO REALIZAR LA COLOCACION DE SACOS DE POLIETILENO Y PODER REFORZAR LA SALIDA DE ALCANTARILLA. CARRETERA A CARGO DEL CONSORCIO SERVICIOS VIALES (SUPERVISADO POR LA USC)
				VIALES	VIALES	

Figura 15. Reporte de emergencias en la red vial nacional, por MTC 2015.

En la Figura 15 se puede verificar que se cerró una carretera debido a la pérdida de emboquillado. Observaciones: Sector Tambo Pituca KM 22+100, se ejecutó la excavación para la base de refuerzo del talud inferior (sacos de polietileno), trabajos pendientes debido a lluvias, esto debido a la pérdida de cabezal de salida y emboquillado de alcantarilla, esto originando por la erosión y deslizamiento del talud inferior, por ellos se ha dispuesto realizar la colocación de sacos de carretera a cargos del Consorcio Servicios Viales. (MTC, 2015).

2.8. Geomantas

Son geosintéticos que reducen la capacidad erosiva de los escurrimientos, protegen al suelo, aceleran la germinación de especies vegetales implantadas y refuerzan las raíces. Las geomantas hechas de polímero normalmente son de polipropileno y poseen una estructura tridimensional generada por capas de mallas superpuestas y corrugadas. “ML Ingeniería, (2017) Geomantos.

Anualmente para la reconstrucción de taludes, líneas costeras y dragado de canales que han sido degradados severamente por lluvia, escurrimientos de aguas pluviales y depósitos de sedimentos se tiene que realizar una buena inversión en la infraestructura, cuando en realidad usando las geomantas, se puede prevenir mucha de esta destrucción, así como ahorrar tiempo y dinero considerablemente. “Arpimix, (2018) Geomantas.

Se ha obtenido por parte de la empresa Propex Operating Company, LLC la siguiente información respecto a la geomanta Pyramat 75, la cual presenta los siguientes beneficios:

- Resistencia UV superior para una vida útil de hasta 75 años
- Reconocido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Administración Federal de Carreteras (FHWA) como una Mejor Práctica de Gestión (BMP) para mejorar la calidad del agua
- Presenta una resistencia a la tracción de 3,000 lbs. /ft. para cumplir con los estándares de la EPA
- La tecnología de fibra trilobal X3® patentada ayuda a bloquear las semillas y promueve el desarrollo rápido de la masa de raíz
- Promueve la infiltración de agua superficial.
- Resistente a tensiones tanto hidráulicas como no hidráulicas.

- Solución ecológica para mejorar la calidad del agua subterránea y proteger la vida silvestre.
- Cumple los criterios de diseño recomendados por la Ley de Especies en Peligro
- La fácil instalación equivale a tiempo y costos reducidos.
- La construcción tejida es más resistente y más duradera que los TRM tradicionales.
- Disponible en anchuras de 8.5 'y 15'.
- Disponible en verde o bronceado.

2.8.1. Tipos de geomantas

- Geomantas con fibras naturales: Estos geomantas pueden ser temporales, están formadas por una capa 100% de paja agrícola distribuida uniformemente, cosida con hilo degradable a una estructura de entrelazado simple o doble

Estas mantas están diseñadas para proporcionar protección contra la erosión y ayudar al establecimiento de la vegetación desde 45 días hasta 12 meses, dependiendo del tipo de producto, en aplicaciones como áreas con taludes moderados y canales con niveles bajos de flujo de agua. Después las geomantas se degradan, la vegetación madura y estabiliza el suelo permanente. “ML Ingeniería, (2017) Geomantos.
- Geomantas de fibra sintética: Estas geomantas pueden ser permanentes, se encuentran hechas de polímero normalmente son de polipropileno y poseen una estructura tridimensional generada por capas de mallas superpuestas y corrugadas. Gracias a su forma permiten que se aloje tierra vegetal con alguna mezcla de semilla de pasto, la cual queda atrapada entre dichas capas. Una vez

que se gesta la vegetación las raíces, especialmente de pasto quedan atoradas entre la trama de la geomanta, de esta forma la vegetación es que logra realizar el trabajo de control de erosión en el talud. “ML Ingeniería, (2017) Geomantos.

2.8.2. Instalación de geomantas

Preparación del Terreno: Se remueve todo el material deletéreo como pueden ser piedras grandes, raíces, escombros, etc., rellenando huecos para obtener una superficie de tendido suave y compacta. El talud se constituirá hasta alcanzar el grado de inclinación especificado por el ingeniero, ver Figura 16.

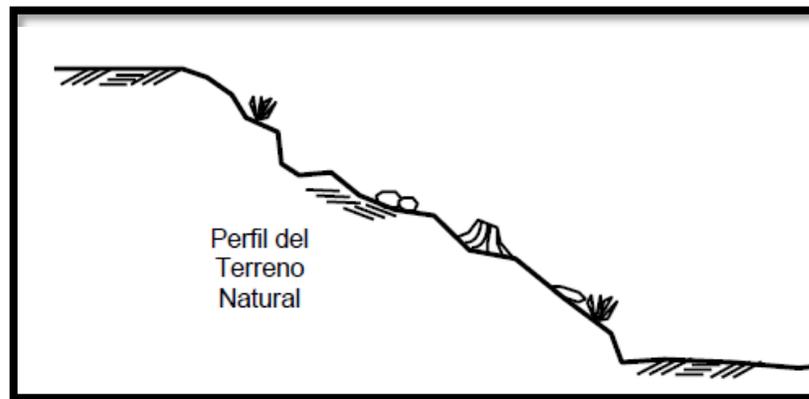


Figura 16. Preparación del terreno, por ML Ingeniería, 2017

- Preparación de la zanja de anclaje: Excavar zanjas de anclaje (ver Figura 17) en el pie y corona del talud. La dimensión aproximada de la zanja será de 30 x 30 cm, con una separación de 40 cm del hombro del talud. Prepare bastones para sujetar la geomanta (el largo del bastón dependerá de la consistencia del terreno).

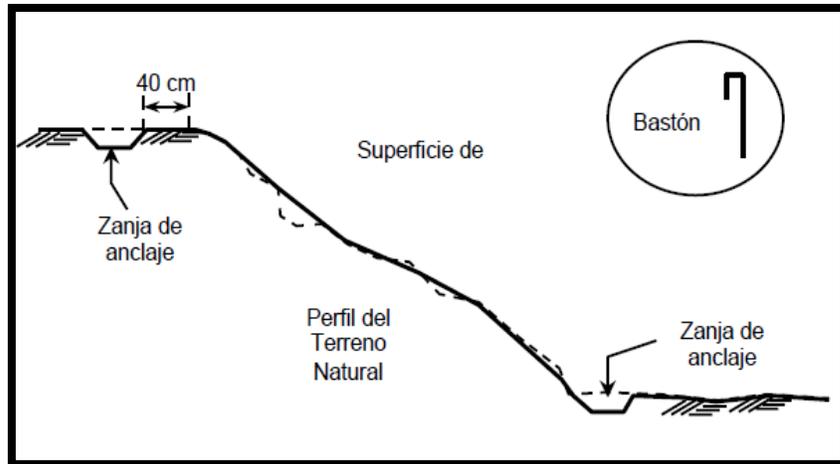


Figura 17. Realizar zanja de anclaje, por ML Ingeniería, 2017

- Colocación: Fijar la geomanta con los bastones en la zanja de anclaje en la corona del talud, ver Figura 18. Desenrolle la geomanta hacia abajo, fijándola con bastones a cada 1 – 3 m para conseguir un buen contacto con el terreno. La separación de los bastones dependerá de la irregularidad de la superficie de tendido.

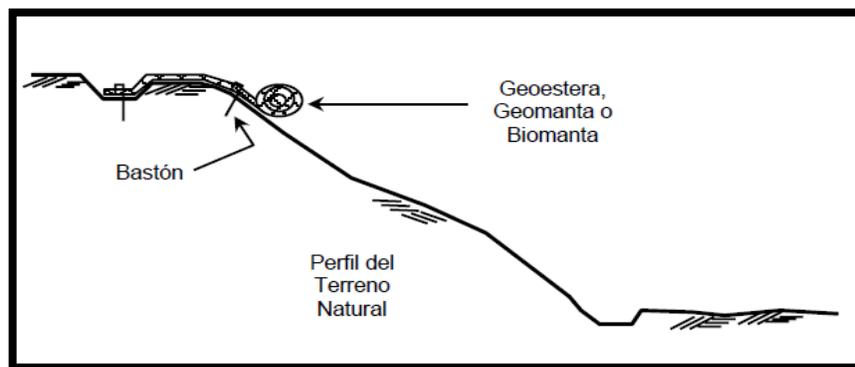


Figura 18. Colocación de la geomanta, por ML Ingeniería, 2017

- Traslape: Los rollos adyacentes se deberán traslapar en el sentido vertical aproximadamente 10 cm, mientras que en el sentido horizontal deberá ser mínimo de 50 cm. El traslape horizontal (ver Figura 19) deberá tomar en cuenta la dirección del

flujo de agua, El traslape vertical será a cada 1.50 m, mientras que el traslape horizontal a cada 1.0 m de separación.

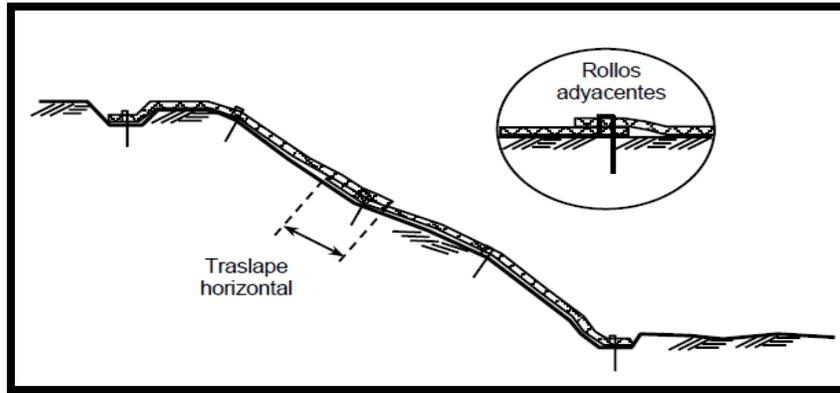


Figura 19. Traslape de geomantas, por ML Ingeniería, 2017

- Siembra de pasto: zanjas de anclaje con tierra vegetal, concreto o roca. Rellene completamente el espesor de la geomanta. En taludes muy pronunciados se recomienda la hidrosiembra, ver Figura 20.

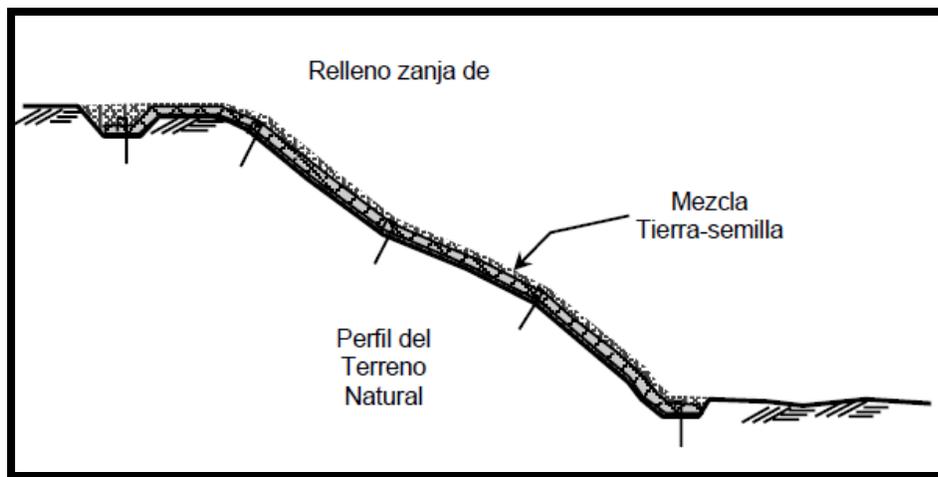


Figura 20. Colocación mezcla tierra semilla, por ML Ingeniería, 2017.

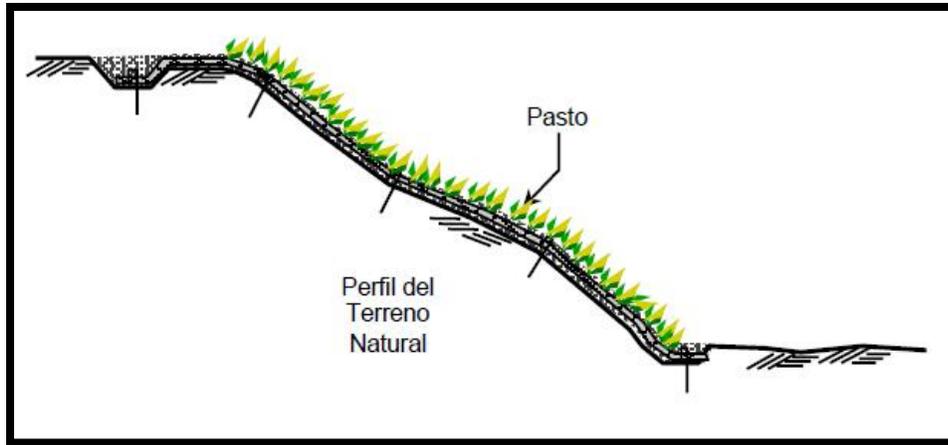


Figura 21. Colocación de hidrosiembra, por ML Ingeniería, 2017

- Consideraciones: Las semillas deben ser elegidas tomando en cuenta el clima, exposición al Sol y el grado deseado de cubierta. El sistema de riego y mantenimiento en la etapa primaria es fundamental para el crecimiento de la vegetación.

2.9. Hidrosiembra

La hidrosiembra es un procedimiento sencillo y módico para lograr la estabilización del terreno. Esta práctica favorece la revegetación, previniendo la erosión del suelo, ya que favorece a la fijación de la cobertura vegetal.

Consiste en la proyección hidráulica mecanizada sobre el suelo o talud que se desee revegetar, la cual utiliza una mezcla compuesta de: agua, semillas, fertilizante, adherente, gel, mulch y bioestimulante.

Según la empresa Dendro (2015), afirma que la hidrosiembra es práctica y eficiente para revegetar las áreas de los taludes con pendientes moderadas a críticas, controlando la generación de sedimentos por efectos de la escorrentía superficial.

En las Figuras 22 y 23 se muestran los proyectos donde ha sido aplicado el uso de hidrosiembra en el Perú.

Vista lateral de talud



Figura 22. Hidrosiembra en Sector Las Vegas, carretera Tingo María – Aguaytía, por Dendro 2015.

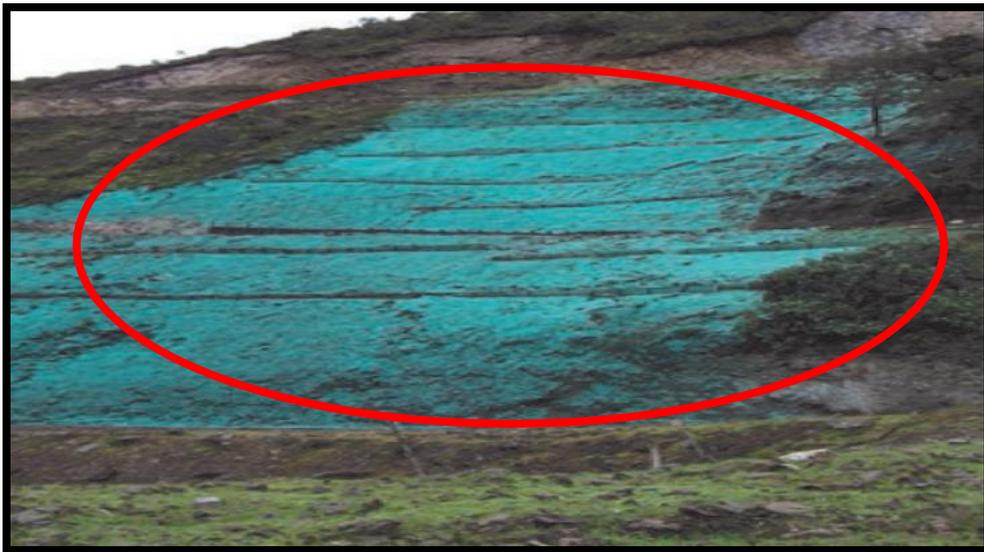


Figura 23. Hidrosiembra aplicada sobre un talud de Chiquintirca, Ayacucho, por Dendro 2015.

2.9.1. Elementos de Hidrosiembra

- Todos los elementos utilizados son naturales y absolutamente biodegradables de forma que la actuación no puede comportar nunca un impacto negativo. En la Figura 24 se muestran los componentes que conforman la hidrosiembra. “Naturalea, (2015) Hidrosiembra.

Producto	Cantidad
Agua	2,5 - 3 l/m ²
Semilla	30 gr/m ²
Fijador	15 - 20 gr/m ²
Abono orgánico	90 - 100 gr/m ²
Abono mineral	35 - 40 gr/m ²
Mulch	80 - 100 gr/m ²

Figura 24. Componentes de la hidrosiembra, por Naturalea, 2015.

2.9.2. Instalación de Hidrosiembra

Según la página web Naturalea, la aplicación se hace mediante una máquina de hidrosiembra con un motor de agitación que crea una mezcla homogénea y otro de proyección.

La técnica se utiliza en:

- Proyectos de reforestación o forestación.
- Restauración de taludes, extractivas, riberas, entre otros.
- Proyectos de mejora paisajística.
- Proyectos de ordenación en medios urbanos y periurbanos.
- Prevención de procesos erosivos leves y complementarios a otras medidas de control de erosión.
- Tratamientos inmediatos post incendio para que el crecimiento herbáceo proteja el suelo.

2.10. Erosión

“El conocimiento con detalle de los procesos de erosión y sedimentación debidos al agua hace necesario el conocimiento de los procesos que engloban procesos de desprendimiento, procesos de transporte y procesos de sedimentación de las partículas del suelo o sedimentos en los que las gotas de lluvia y la escorrentía superficial actúan como agentes erosivos y de transporte” (ASCE 1975)

- Desprendimiento, es la disgregación de las partículas del suelo de la masa por los agentes erosivos.
- Transporte, es el movimiento de los sedimentos de su ubicación original. Los sedimentos viajan desde las zonas altas a través de los arroyos e incluso pueden llegar a alcanzar el océano (Holeman, 1968).
- Sedimentación, no todos los sedimentos alcanzan el océano, algunos de ellos son depositados en el límite de las pendientes, en presas y valles (ASCE, 1975).

Los factores que determina la tasa de erosión son: la lluvia, la escorrentía, el viento, el suelo, la pendiente, la cobertura vegetal y la presencia o ausencia de medidas de conservación. Estos y otros factores relacionados con ellos se pueden considerar bajo tres aspectos: energía, resistencia y protección.

2.10.1. Erosión Hídrica de los suelos

La erosión hídrica comprende el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo por acción de la fuerza de un fluido en movimiento. (Jaime Suarez, 2001).

Según Rolf Derpsch (1991) la erosión hídrica se divide en las siguientes cuatro etapas (ver Figura 25): Por el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo (A), sus agregados son desintegrados en partículas minúsculas (B), que tapan los poros formando una selladura superficial (C), provocando el escurrimiento superficial del agua lluvia. El agua que escurre carga partículas de suelo que son depositadas en lugares más bajos cuando la velocidad de escurrimiento es reducida (D).

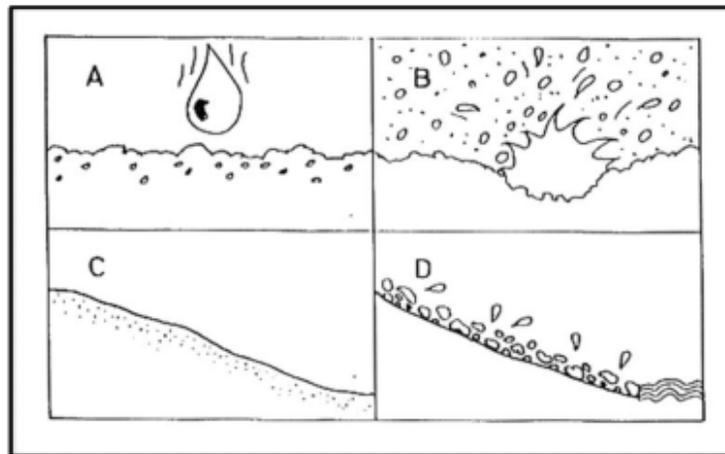


Figura 25. Etapas de erosión hídrica, por Derpsch, 1991.

2.11. Software para el modelamiento de geomanta e hidrosiembra

La aplicación de modelos numéricos para determinar el comportamiento de un flujo de agua se convierte en un instrumento debido a que existe la necesidad de pronosticar fenómenos naturales para anticipar ciertas medidas preventivas y correctivas referente a la zona de influencia al paso del agua. El programa IBER genera modelos bidimensionales para la simulación del flujo en lámina libre mientras que HEC-RAS genera modelos unidimensionales en régimen permanente como en régimen variable.

2.11.1. HEC-RAS

El HEC-RAS es un programa hidráulico unidimensional creado por la USACE (United States Army Corps of Engineers), es de libre distribución. Un estudio hidráulico consta de dos elementos, la geometría del cauce y por otra, las condiciones del flujo, definidas por el caudal y las condiciones de contorno. La combinación de distintas geometrías y condiciones de flujo provoca diferentes resultados, que puede ser analizados por separado o conjuntamente. Esta es la filosofía de la estructura actual del proyecto HEC-RAS, donde un único proyecto puede contener multiplicidad de cálculos distintos. “GITS (2017) Manual Hec Ras, Argentina.

Según la página web <http://agrimensorescordoba.org.ar/documentos/manual-HEC-RAS-2.pdf>, el programa requiere como datos básicos el ingreso de datos geométricos, conformados por las secciones transversales de la quebrada, datos del flujo, rugosidad y las condiciones de frontera límite.

El programa proporciona listados y gráficos de los perfiles de agua, niveles de fondo, líneas de energía, así mismo la velocidad en la sección, el área y perímetro mojado,

que constituyen información necesaria para definir parámetros hidráulicos de dimensionamiento de una estructura a proyectar en el nuevo diseño.

A continuación, las ventajas al usar este programa:

- Gran libertad geométrica: Permite el análisis con secciones naturales no regulares (secciones fluviales: cauce principal y llanuras de inundación).
- Facilidad de creación, modificación y edición de geométricas (entorno visual muy cómodo y rápido) e introducción de datos de rugosidad y estructuras transversales (puentes, obras de paso, aliviaderos). Gran comodidad de visualización de resultados y edición de figuras.
- Gran capacidad de importación y exportación de datos en entorno Windows (comunicación con Excel, Word, AutoCAD) para el postproceso de resultados y presentación.
- Las nuevas tecnologías SIG (Sistemas de Información Geográfica), tipo Arc-View, permiten el proceso de grandes cartografías para generar a geometría del cauce con gran precisión, en formatos importables HEC-RAS (.geo).
- Uso extendido en todo el mundo y gran experiencia de uso. HEC-RAS es un modelo bien contrastado, herencia directa (y mejorada) del antiguo HEC-2 (1984) en MS-DOS.

Cabe resaltar que el Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje permite utilizar este programa, debido a que se obtiene el cálculo hidráulico en obras de cruce de cauce naturales.

2.11.2. IBER

El IBER es un modelo matemático bidimensional desarrollado por el Grupo de Ingeniería del Agua. Se puede realizar gran cantidad de modelos numéricos con la aplicación a la hidráulica y morfología fluvial. El cálculo de flujo en ríos, definición de zonas inundables, evaluación de zonas de riesgo delimitación de vías de intenso desagüe, supuestos donde el flujo es bidireccional, son algunas de sus aplicaciones fundamentales.

A continuación, las ventajas al usar este programa:

- Un modelo bidimensional ofrece grandes ventajas respecto a los cálculos con modelos unidimensionales, ya sean en régimen variable o régimen permanente, dando una mayor estabilidad y convergencia que los anteriores. Además de esto, los modelos bidimensionales son capaces de simular con mayor ajuste a la realidad todas aquellas situaciones en que el flujo no es exclusivamente unidireccional, ampliándose por tanto enormemente su campo de utilización.
- El IBER es capaz de simular tramos con tuberías. También dispone del módulo de turbulencia el cual permite incluir las tensiones turbulentas en el cálculo hidrodinámico, pudiéndose utilizar para ellos diferentes modelos de turbulencia para aguas someras con diferente grado de complejidad.
- Tiene la capacidad de presentar los resultados de una maneras más vistosa y más llamativa.

3. CAPITULO III: RECOPIACIÓN DE DATOS

3.1. Evaluación en campo del comportamiento de los emboquillados de las alcantarillas de la carretera Lima – Canta.

Para la recopilación de datos en campo se utilizaron las fichas SIC18 y SIC18a del Manual de Inventario Viales. Para ver la evaluación de los emboquillados en la carretera Lima – Canta mirar el Anexo N°1.

- Evaluación final de emboquillados Lima-Canta. (Anexo N°1)

Cabe resaltar que se eligieron las secciones de las alcantarillas de acuerdo con un rango de pendientes y según lo observado en campo.

A continuación, se presenta las progresivas de las alcantarillas que han sido seleccionadas para el análisis hídrico en HEC-RAS e IBER.

Tabla 6
Selección de alcantarillas.

SELECCIÓN DE ALCANTARILLAS	
TRAMO	RANGO DE PENDIENTES
KM 30+160	PENDIENTE DE 15% A 30%
KM 32+130	
KM 64+810	PENDIENTE DE 60% A 90%
KM 65+909	
KM 71+820	
KM 74+140	PENDIENTE DE 30% A 60%
KM 76+700	
KM 76+892	

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 26, se muestra la sección de la alcantarilla ubicada en la progresiva 30+160. Mientras que en la Figura 27, se puede visualizar una fotografía tomada en campo del emboquillado de piedra.

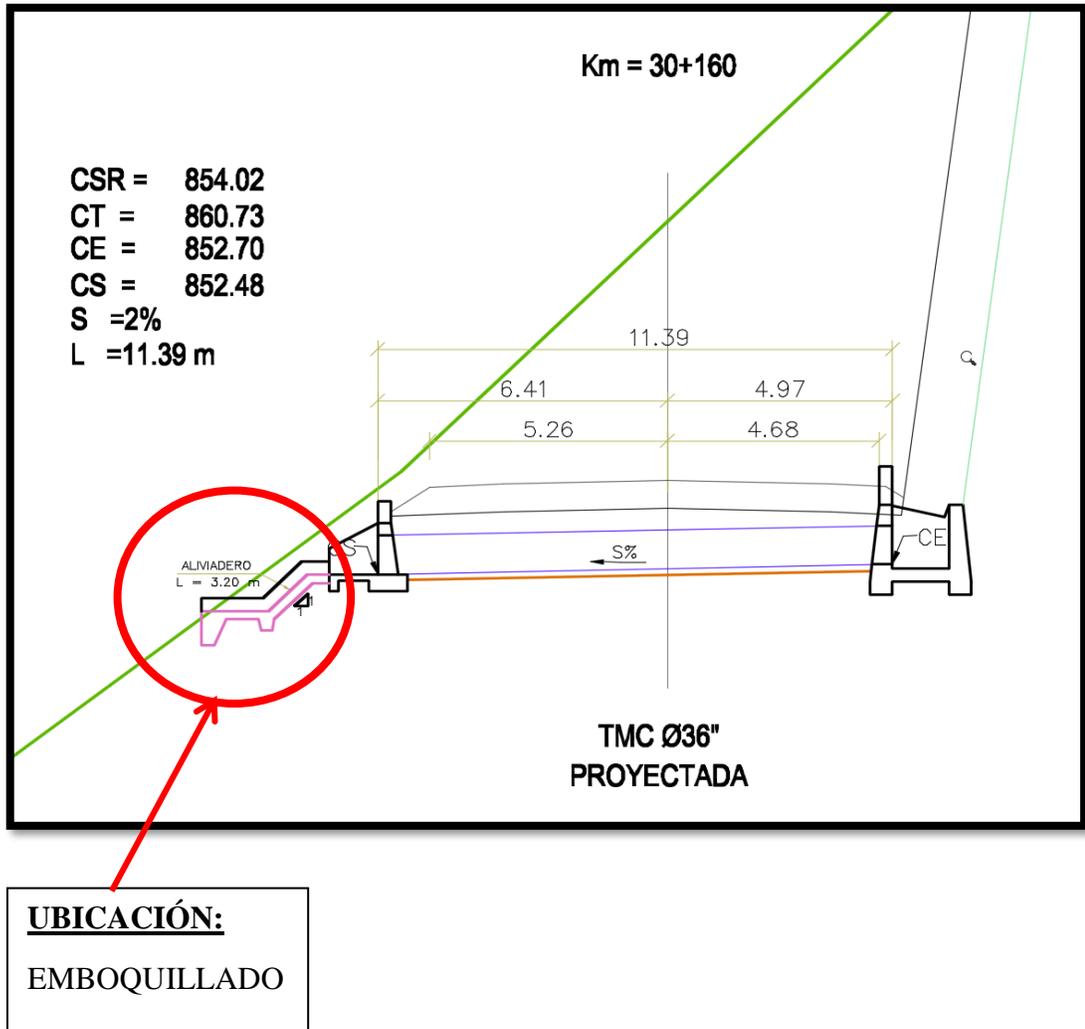


Figura 26. Sección de Alcantarilla Km 30+160, por MTC, 2016.



Figura 27. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 30+160, por elaboración propia.

Tabla 7
Datos de la alcantarilla Km 30+16

Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto armado			1.00	1.50	0.20
	Aleros	Concreto armado		1.00		1.50	0.20
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacon de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	1	1	1	3	NO PRESENTA			04/06/2018	

Evaluacion	
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal en forma eficiente. No presenta falla en la estructura. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.	

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 28, se muestra la sección de la alcantarilla ubicada en la progresiva 32+130. Mientras que en la Figura 29, se puede visualizar una fotografía tomada en campo del emboquillado de piedra.

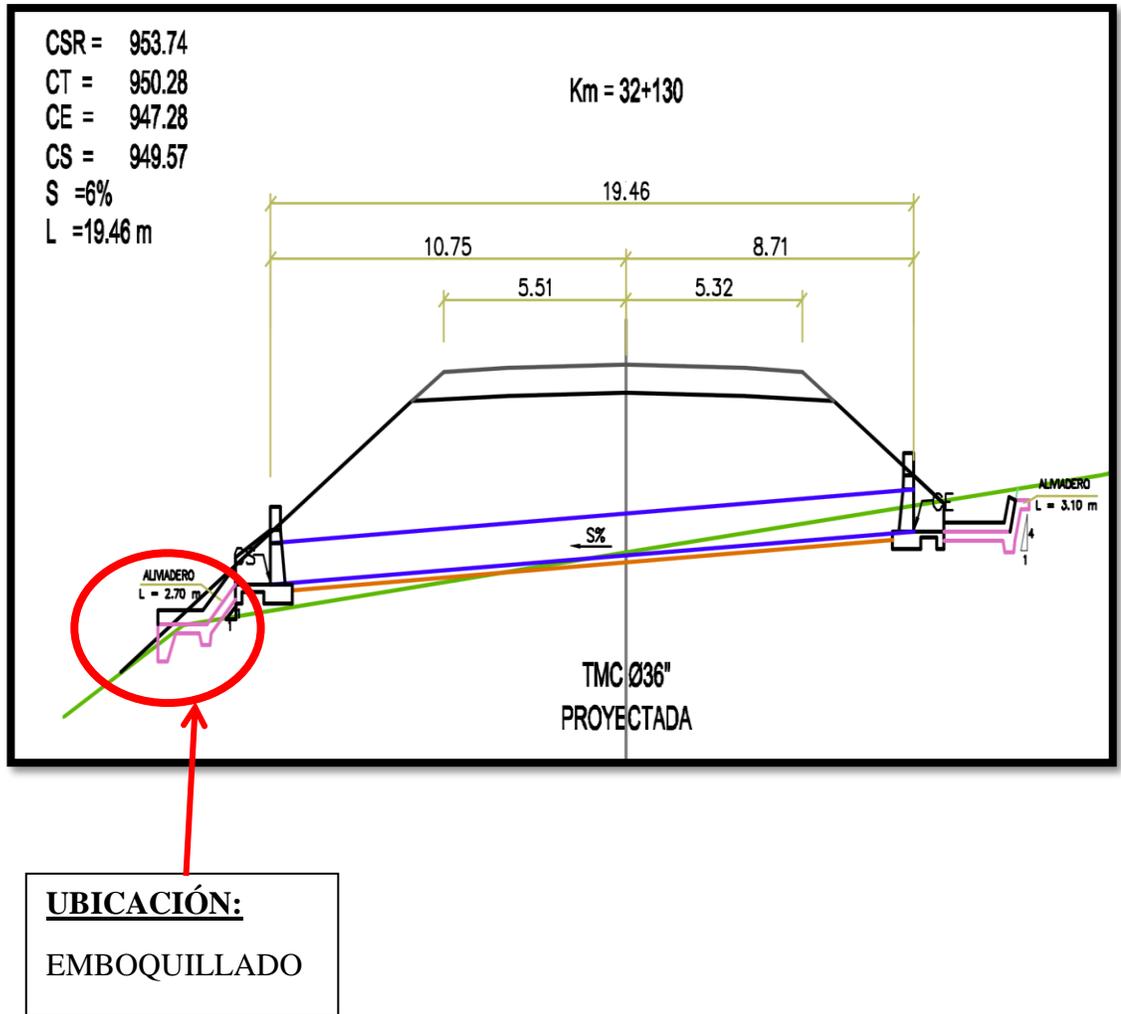


Figura 28. Sección de Alcantarilla Km 32+130, por MTC, 2016.



Figura 29. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 32+130. Fuente: Propia.

Tabla 8
Datos de la alcantarilla Km 32+130

Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Piedra emboquillada			1.2	1.2	
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	1	2	3	2	2	7	2	4	04/06/18

Evaluacion
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada en un 80% por abundante vegetacion. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 30, se muestra la sección de la alcantarilla ubicada en la progresiva 64+810. Mientras que en la Figura 31, se puede visualizar una fotografía tomada en campo del emboquillado.

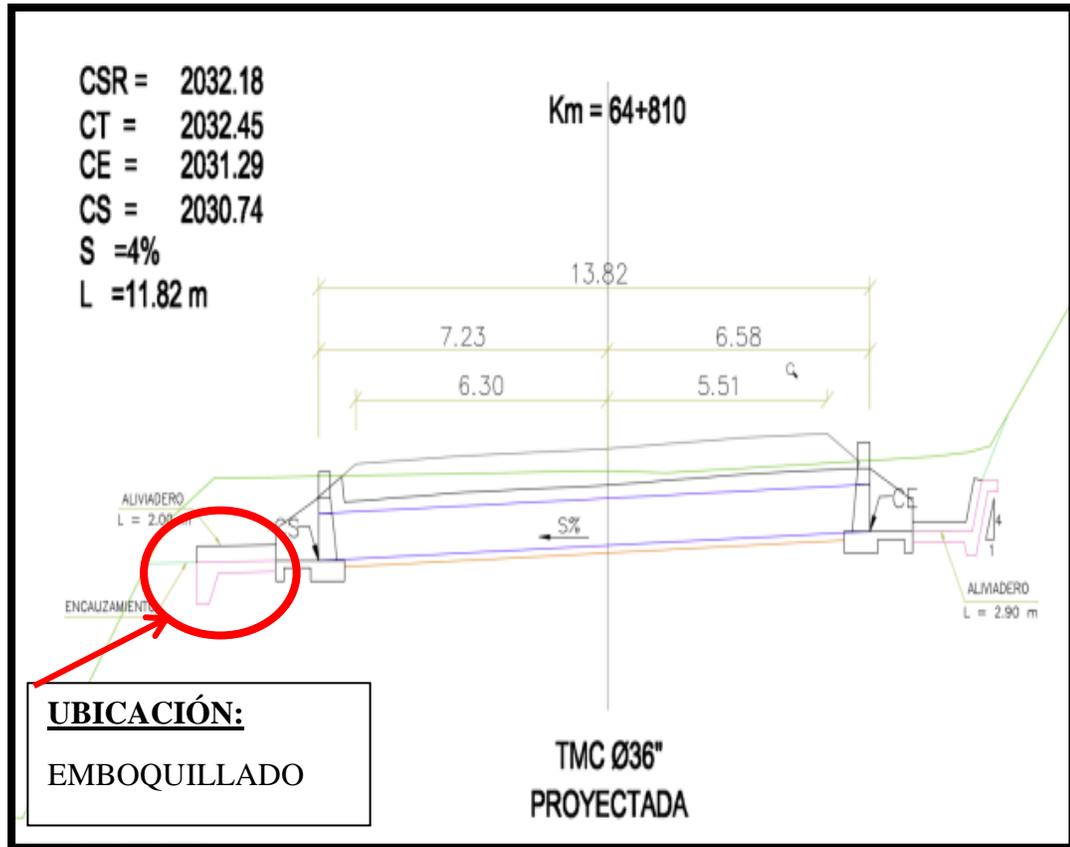


Figura 30. Sección de Alcantarilla Km 64+810, por MTC, 2016.



Figura 31. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 64+810. Fuente: Propia.

Tabla 9
 Datos de la alcantarilla Km 64+810

Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	1	1	1	1	2	2	2	7	2	4	04/06/18

Evaluacion
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada en un 80% por abundante vegetacion. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.

Nota: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 32, se muestra la sección de la alcantarilla ubicada en la progresiva 65+909. Mientras que en la Figura 33, se puede visualizar una fotografía tomada en campo del emboquillado.

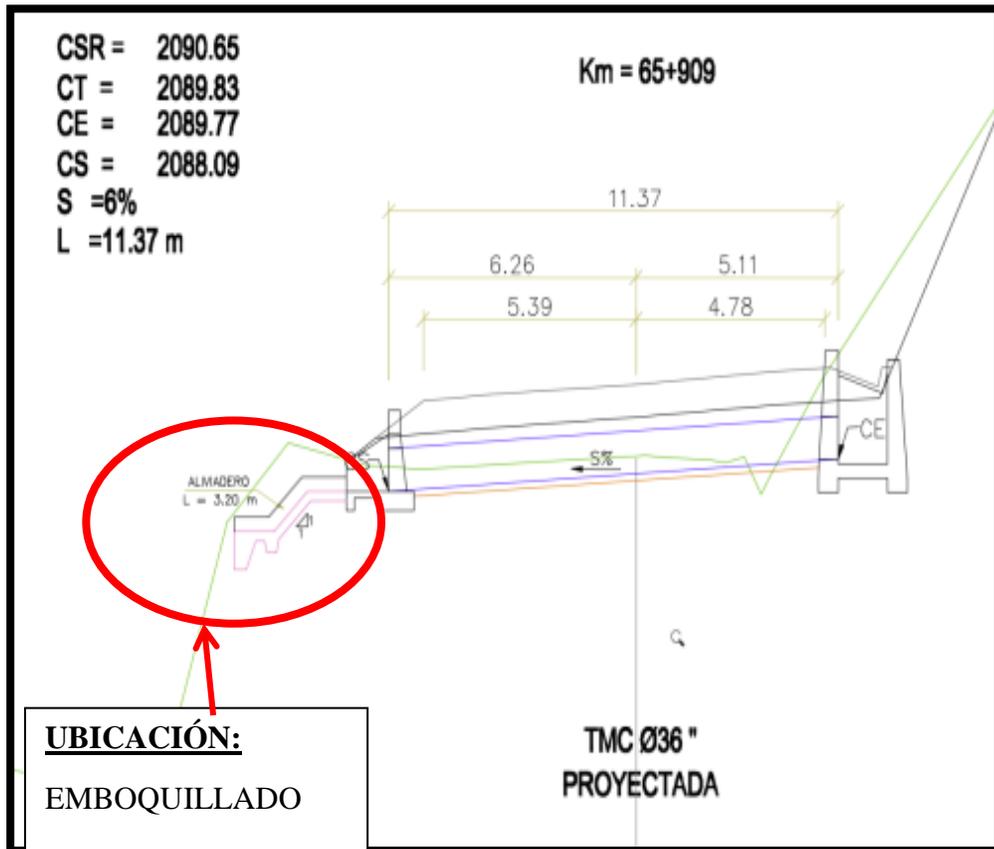


Figura 32. Sección de Alcantarilla Km 65+909, por MTC, 2016.



Figura 33. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 65+909. Fuente: Propia.

Tabla 10
 Datos de la alcantarilla Km 65+909

Dimensiones de la estructura (m)						
Elemento	Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple				
	Aleros					
	Buzon					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	2	1	1	3	3	4	2	1	2	2	04/06/18

Evaluación
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada en un 80% por abundante vegetacion en los aleros. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 34, se muestra la sección de la alcantarilla ubicada en la progresiva 71+820. Mientras que en la Figura 35, se puede visualizar una fotografía tomada en campo del emboquillado.

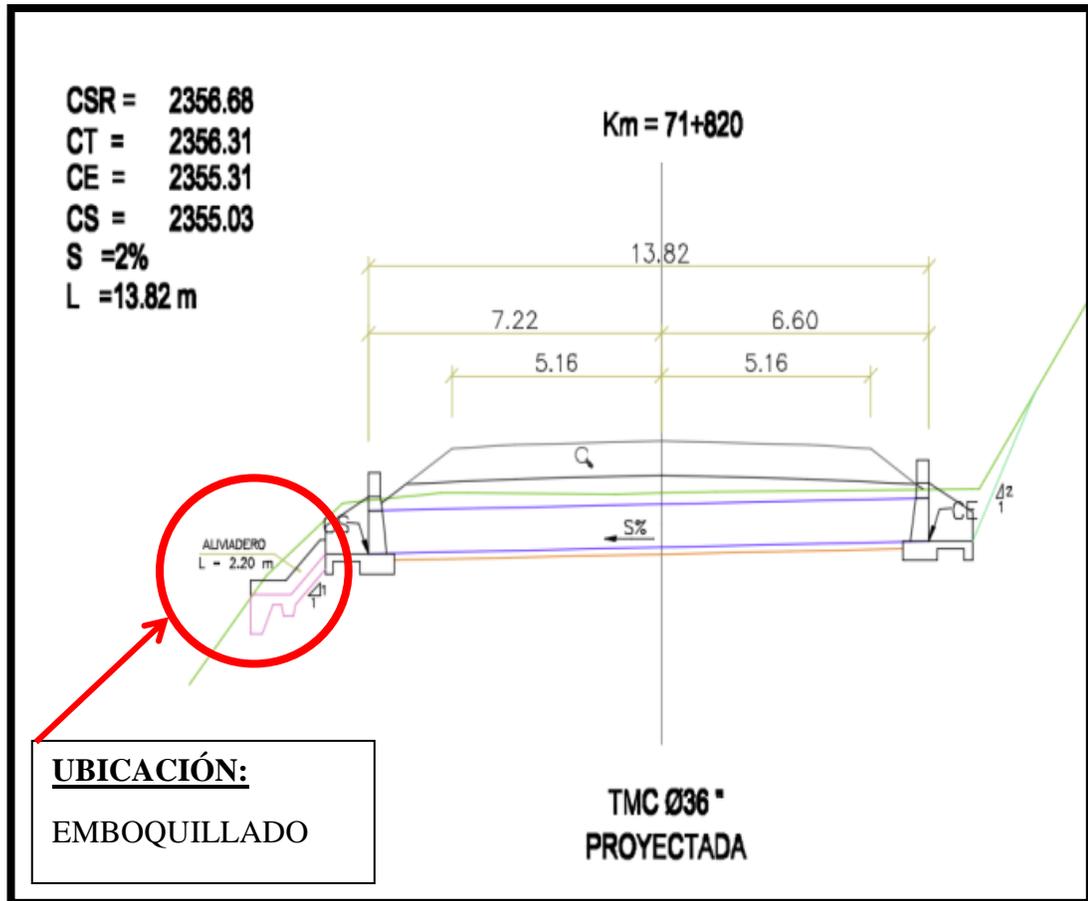


Figura 34. Sección de Alcantarilla Km 71+820, por MTC, 2016.



Figura 35. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 71+820. elaboración propia.

Tabla 11
Datos de la alcantarilla Km 71+820, por elaboración propia.

Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	1	1	3	2	7	4	4	04/06/18

Evaluacion
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra colmatada en un 80% por abundante vegetacion. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.

Nota: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 36, se muestra la sección de la alcantarilla ubicada en la progresiva 74+140. Mientras que en la Figura 37, se puede visualizar una fotografía tomada en campo del emboquillado.

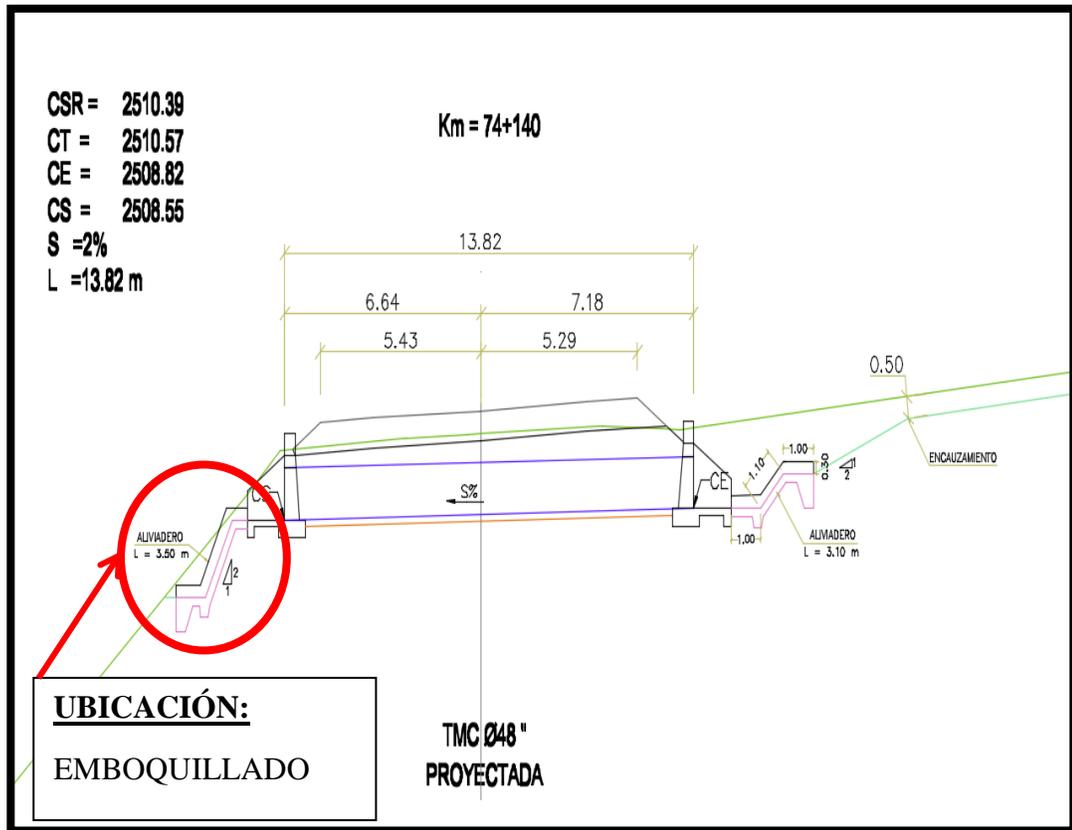


Figura 36. Sección de Alcantarilla Km 74+140, MTC, 2016.



Figura 37. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 74+140. Fuente: Propia.

Tabla 12.
Datos de la alcantarilla Km 74+140

Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor	
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto armado			1.00	1.50	0.20
	Aleros	Concreto armado		1.00		1.50	0.20
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	4	4	1	1	2	NO PRESENTA			04/06/18	

Evaluacion
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se puede apreciar que en la superficie del emboquillado se encuentra en regular estado, ya que por el paso del agua se ha llenado de piedras. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 38, se muestra la sección de la alcantarilla ubicada en la progresiva 76+700. Mientras que en la Figura 39, se puede visualizar una fotografía tomada en campo del emboquillado.

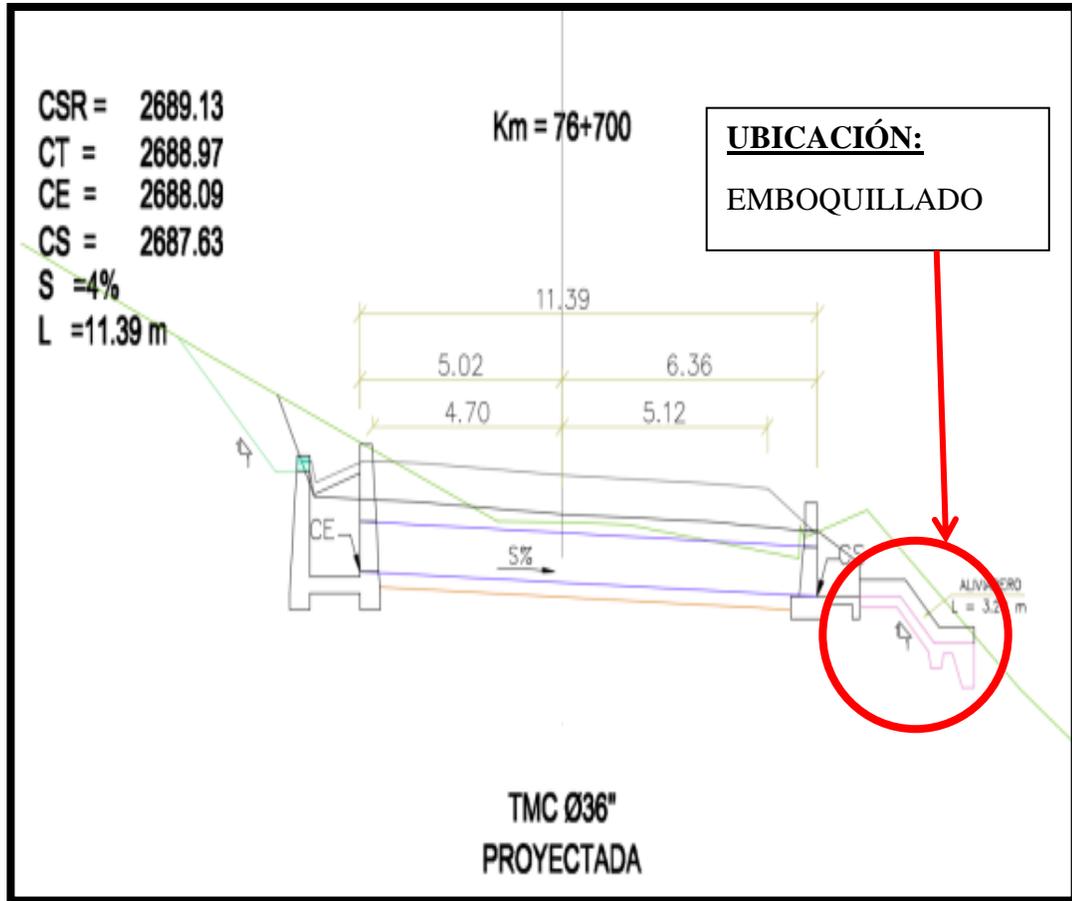


Figura 38. Sección de Alcantarilla Km 76+700, por MTC 2016.



Figura 39. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 76+700.

Tabla 13
 Datos de la alcantarilla Km 76+700

Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto armado		6.00		1.50	0.20
	Aleros	Concreto armado		1.00		1.50	0.20
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	1	1	3	NO PRESENTA				04/06/18

Evaluacion
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra en regular estado, se puede apreciar piedras de tamaño mediano a la salida de la alcantarilla. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 40, se muestra la sección de la alcantarilla ubicada en la progresiva 76+892. Mientras que en la Figura 41, se puede visualizar una fotografía tomada en campo del emboquillado.

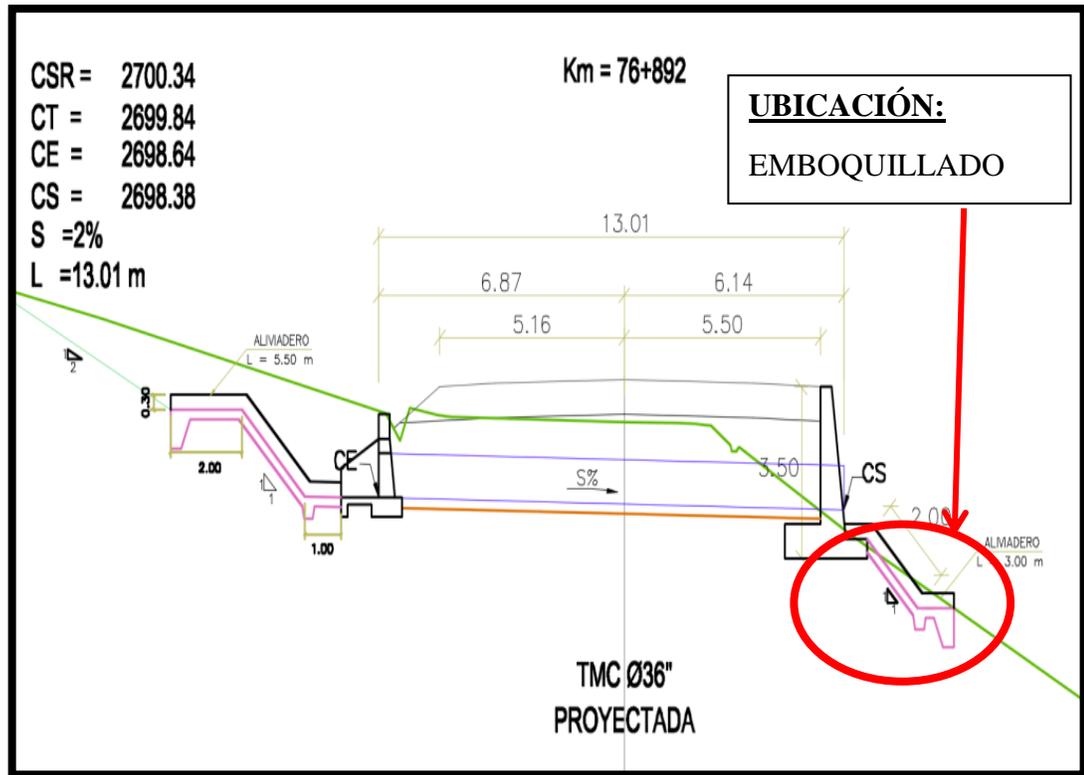


Figura 40. Sección de Alcantarilla Km 76+892, por MTC, 2014.



Figura 41. Fotografía a la salida de la alcantarilla, emboquillado en Km 76+892, por elaboración propia.

Tabla 14.
Datos de la alcantarilla Km 76+892

Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal						
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacon de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	3	1	2	2	5	4	5	04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. El emboquillado ha colapsado a la salida de la alcantarilla. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

Nota: Elaboración propia.

3.2. Recopilación de la información técnica

A continuación, se realizó toda la recopilación de información del “Estudio Definitivo para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lima – Canta – La Viuda – Unish” otorgado por el MTC.

3.2.1. Topografía existente de la carretera Lima-Canta

Según el expediente obtenido del MTC. La topografía existente es uno de los factores que más influye en el costo de la carretera. La clasificación del relieve del terreno va a depender de la inclinación transversal del terreno, así se tiene:

- Topografía plana o llana (inclinación menor a 10%).
- Topografía ondulada (inclinación entre 10% y 50%).
- Topografía accidentada o montañosa (inclinación entre 50% a 100%).
- Topografía muy accidentada (inclinación mayor al 100%).

La carretera Lima-Canta inicia al final de la doble vía de la Avenida Tupac Amaru, en el distrito de Carabaylo, los primeros 27 km se desarrollaron en terrenos con topografía plana a ondulada y a partir del Km. 27 hasta llegar a la localidad de Canta la vía se desarrolla sobre topografía predominante de tipo accidentada a muy accidentada.

A continuación, la clasificación del relieve del terreno a lo largo del eje proyectado:

Tabla 15
Topografía existente de la carretera Lima-Canta.

TOPOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO					
N°	TRAMO	LONGITUD (KM)	INCLINACIÓN TRANSVERSAL	TOPOGRAFÍA	
1	KM 0+000 al KM 17+000	17.00	Menor a 50%	Plana y ondulada	Carreteras tipo 1 Y 2
2	KM 17+000 al KM 18+000	1.00	Mayor a 50%	Accidentada a muy accidentada	Carreteras tipo 3 Y 4
3	KM 18+000 al KM 26+650	8.65	Menor a 50%	Plana a ondulada	Carreteras tipo 1 Y 2
4	KM 26+650 al KM 35+400	8.75	Mayor a 50%	Accidentada a muy accidentada	Carreteras tipo 3 Y 4
5	KM 35+400 al KM 38+500	3.10	Entre 50% y 100%	Ondulada a accidentada	Carreteras tipo 3
6	KM 38+500 al KM 79+470	42.00	Mayor a 50%	Accidentada a muy accidentada	Carreteras tipo 3 Y 4

Nota: Cuadro de elaboración propia con la data obtenida del MTC, 2014.

- Ver plano de topografía de la carretera Lima-Canta. (Anexo N°2)

3.2.2. Diseño geométrico existente de la carretera Lima-Canta

El diseño geométrico es el proceso de relacionar elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos y las características de terreno. A continuación, un resumen con los datos del diseño geométrico existente obtenidos del MTC.

Tabla 16

Datos del diseño geométrico existente de la carretera Lima-Canta.

DATOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EXISTENTE			
Normatividad	Manual de diseño geométrico de carreteras (DG-2013), y Normas del diseño		
Clasificación vial	Según su función	Red vial primaria	
	Estudio de tráfico proyectado al año 2031	IMD Carabaylo - Trapiche	6107 vehículos/día
		IMD Trapiche - Santa Rosa de Quives	3189 vehículos/día
		IMD Santa Rosa de Quives - Canta	2252 vehículos/día
Tipo	Carretera de Primera Clase	Carretera con una calzada de 02 carriles, uno para cada sentido de circulación	

Nota: Cuadro de elaboración propia con la data obtenida del MTC, 2014.

Tabla 17

Cuadro resumen de las características geométricas

CUADRO RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
Ancho de calzada	7.20 m.
Ancho de Bermas	1.20 m. y 1.50 m. a cada lado
Bombeo	2%
Radio mínimo	25 m.
Velocidad máxima	80 Km/h
Sobrecosto máximo	7.70 m.
Peralte máximo	8%
Pendiente máxima	8%
Pendiente máxima excepcional	9.57%
Talud de relleno	1:5H:1V
Talud de corte	De acuerdo al tipo de material

Nota: Cuadro de elaboración propia con la data obtenida del MTC 2014.

3.2.3. Resumen de datos

De acuerdo con el levantamiento de información de campo se puede observar que los emboquillados que fallaron a la salida de las alcantarillas fueron las que presentaban más pendiente.

Según la visita a campo se pudo observar que la carretera no cuenta con el mantenimiento preventivo de emboquillados, muchos de ellos, se encuentran destruidos o en su defecto colmado de vegetación o piedras que han debido de ser removida para el buen funcionamiento de la estructura.

4. CAPITULO IV: HIDROLOGÍA

4.1. Estudio de cuencas

La cuenca del Río Chillón se encuentra ubicada en la costa central del País, entre las coordenadas geográficas 11°20' y 12°15' de latitud sur y 76°24' y 77°10' de longitud oeste, limitando por el norte con la cuenca de río Chancay, por el sur con la cuenca del río Rímac, por el este con la cuenca del río Mantaro, y por el oeste con el litoral peruano, formando parte del departamento de Lima.

4.1.1. Ubicación de alcantarillas

En la Figura 42 se ubican las alcantarillas las cuales pertenecen a la cuenca del río chillón, en la AAA Cañete – Fortaleza de la Región Hidrográfica del Pacífico.

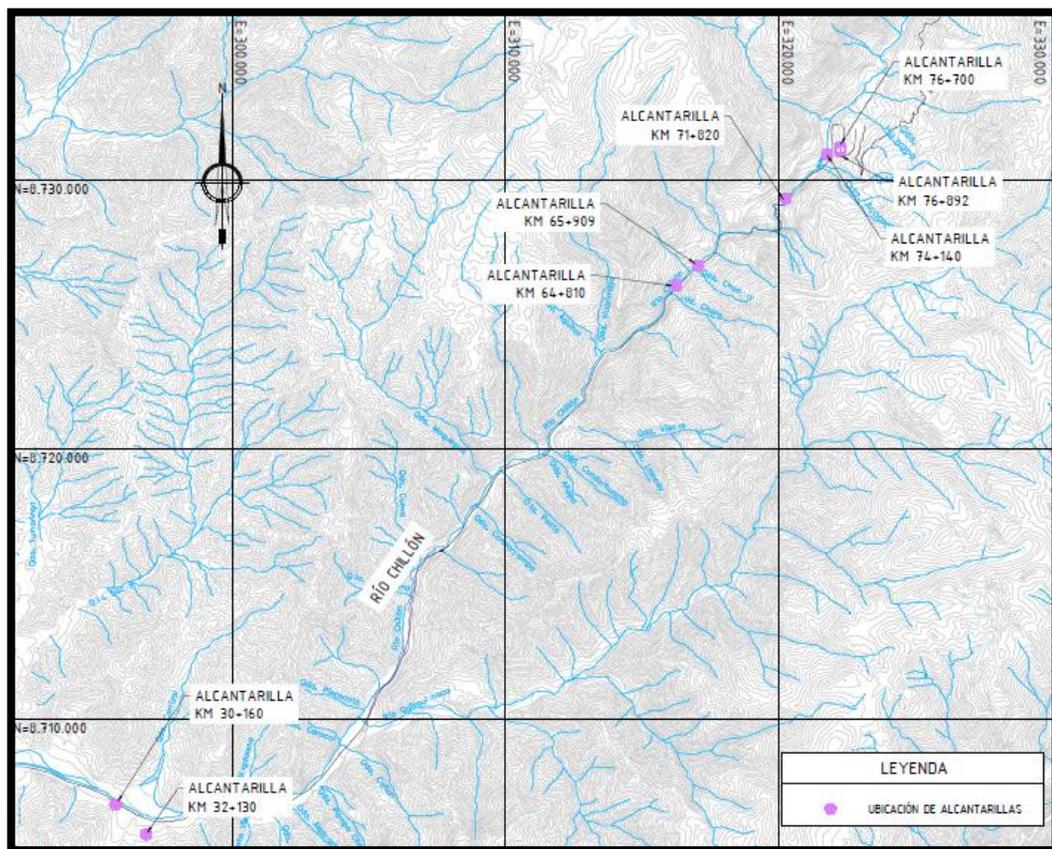


Figura 42. Ubicación de las alcantarillas, por elaboración propia.

4.1.2. Cartografía

La información cartográfica disponible para desarrollar la presente tesis fue obtenida del Instituto Geográfico Nacional – IGN y del Organismo de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI.

Las cartas obtenidas del IGN a escala 1/100,000 y con sistema de coordenadas UTM referidas al Datum

WGS 84 son:

- Cuadrángulo de Canta (Hoja 23 J)
- Cuadrángulo de Ondores (Hoja 23 K)

Las cartas obtenidas de COFOPRI a escala 1/25,000 y con sistema de coordenadas UTM referidas al

Datum PSAD 56 son:

- Cuadrángulo de Canta (Hoja 23-J-II-SE)
- Cuadrángulo San Buenaventura (Hoja 23-J-II-SO)
- Cuadrángulo de Racray (Hoja 23-K-III-SO)
- Cuadrángulo de Pachas (Hoja 23-K-III-NO)
- Cuadrángulo de Huarimarcán (Hoja 23-K-IV-NE)
- Cuadrángulo Río Pallanga (Hoja 23-K-IV-SO)
- Cuadrángulo de Huarón (Hoja 23-K-IV-NO)

4.1.3. Delimitación de cuencas

Se procedió a delimitar las subcuencas correspondientes a las alcantarillas seleccionadas, con el fin de obtener los parámetros geomorfológicos de la cuenca y calcular las avenidas de diseño. La delimitación de las subcuencas se puede ver en la Figura 43.

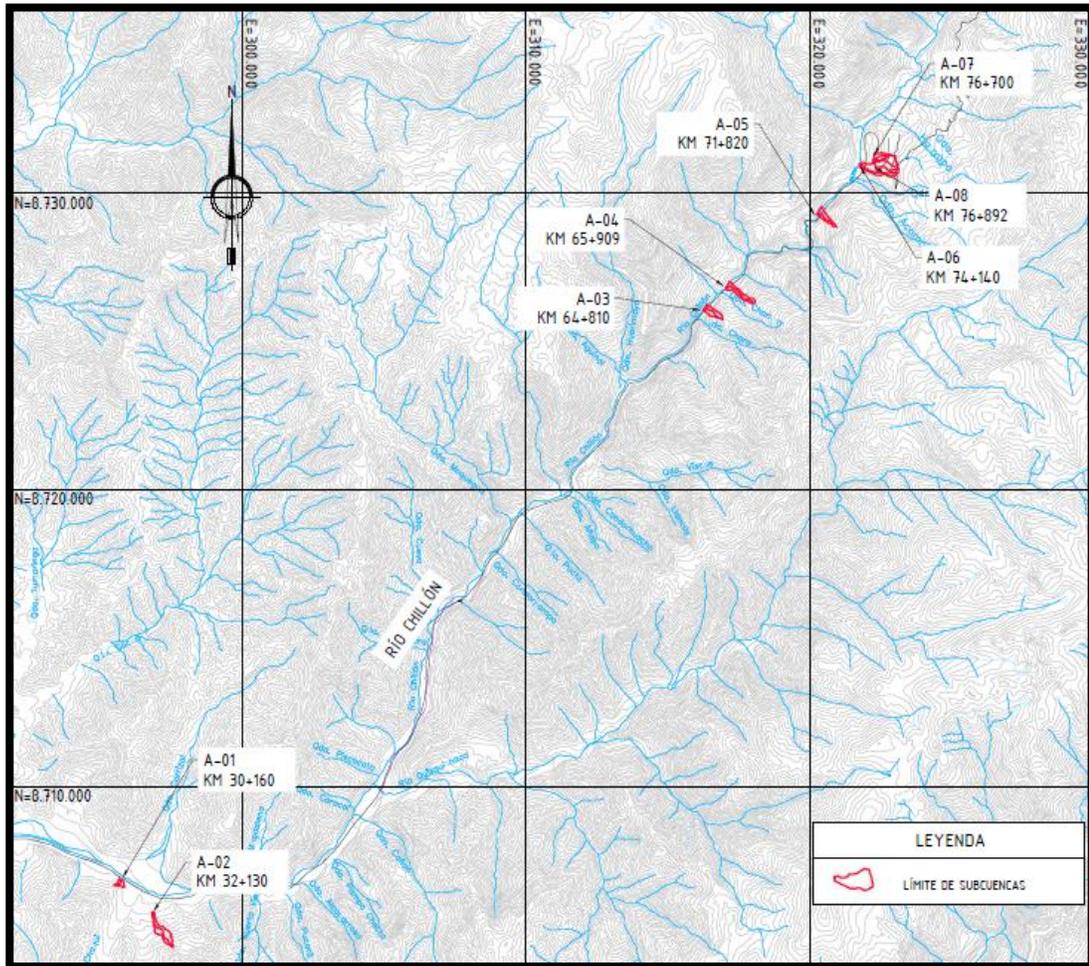


Figura 43. Delimitación de subcuencas, por elaboración propia.

La Tabla 18 muestra los parámetros geomorfológicos de las 8 subcuencas que desembocan en las alcantarillas en estudio.

Tabla 18

Parámetros de subcuencas.

SUBCUENCA ALCANTARILLA	KM PROYECTADO	ÁREA (km ²)	LONG. (m)	COTA SUPERIOR	COTA INFERIOR	S (m/m)
A-01	30+160	0.05	332	980	858	0.367
A-02	32+130	0.27	1460	1411	949	0.316
A-03	64+810	0.14	664	2405	2041	0.548
A-04	65+909	0.19	1224	2663	2097	0.462
A-05	71+820	0.13	734	2740	2368	0.507
A-06	74+140	0.59	1514	3000	2503	0.328
A-07	76+700	0.11	510	2990	2687	0.594
A-08	76+892	0.29	895	2792	2685	0.120

Nota: Cuadro de elaboración propia.

4.1.4. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de una cuenca, se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante.

Para calcular el tiempo de concentración se utilizaron las siguientes fórmulas:

Formula de Kirpich

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Dónde:

- ✓ t_c : Tiempo de concentración (hr).
- ✓ L: Longitud del cauce principal (m).
- ✓ S: Pendiente del cauce principal (m/m).

Formula de U.S. Corps of Engineers

$$t_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Dónde:

- ✓ t_c : Tiempo de concentración (hr).
- ✓ L: Longitud del cauce principal (Km).
- ✓ S: Pendiente del cauce principal (m/m).

El siguiente cuadro muestra el tiempo de concentración calculado:

Tabla 19
Tiempo de concentración

SUBCUENCA ALCANTARILLA	t_c USCE (hr)	t_c Kirpich (hr)	t_c USCE (min)
A-01	0.16	0.04	9.42
A-02	0.50	0.14	29.86
A-03	0.25	0.06	14.78
A-04	0.41	0.10	24.30
A-05	0.27	0.07	16.19
A-06	0.51	0.14	30.48
A-07	0.20	0.05	11.91
A-08	0.41	0.14	24.77

Nota: Elaboración propia.

Se consideró usar el tiempo de concentración obtenida por la fórmula de la U.S. Corps of Engineers, debido a que la fórmula de Kirpich se admite más en cuencas urbanas, mientras que en las cuencas rurales o naturales supone una notable infravaloración del concepto de tiempo de concentración y más parece adecuarse al tiempo de retardo que separa los centros de gravedad del hietograma y del hidrograma superficial.

4.2. Análisis de la información pluviométrica

4.2.1. Pluviometría

La información pluviométrica está conformada por los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones ubicadas dentro de la cuenca de estudio, dichas estaciones son administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. Se dispuso de estas estaciones debido a que cuenta con información histórica suficiente para poder realizar el análisis estadístico. El siguiente cuadro presenta las características de cada estación considerada en el estudio.

Tabla 20

Estaciones Pluviométricas

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS						
NOMBRE DE LA ESTACIÓN	UBICACIÓN		ALTITUD	PROVINCIA	DPTO.	PERIODO DE REGISTRO
	LATITUD	LONGITUD	msnm			
ARAHUAY	11°37' S	76°42' W	2800	Canta	Lima	1989 - 2010
HUAMANTANGA	11°30' S	76°45' W	3392	Canta	Lima	1989 - 2010
CANTA	11°28' S	76°37' W	2832	Canta	Lima	1987 - 2010

Nota: Cuadro de elaboración propia con la data obtenida del SENAMHI y ANA.

En la siguiente Figura 44, se muestra la ubicación de las estaciones pluviométricas seleccionadas respecto a la zona de estudio.

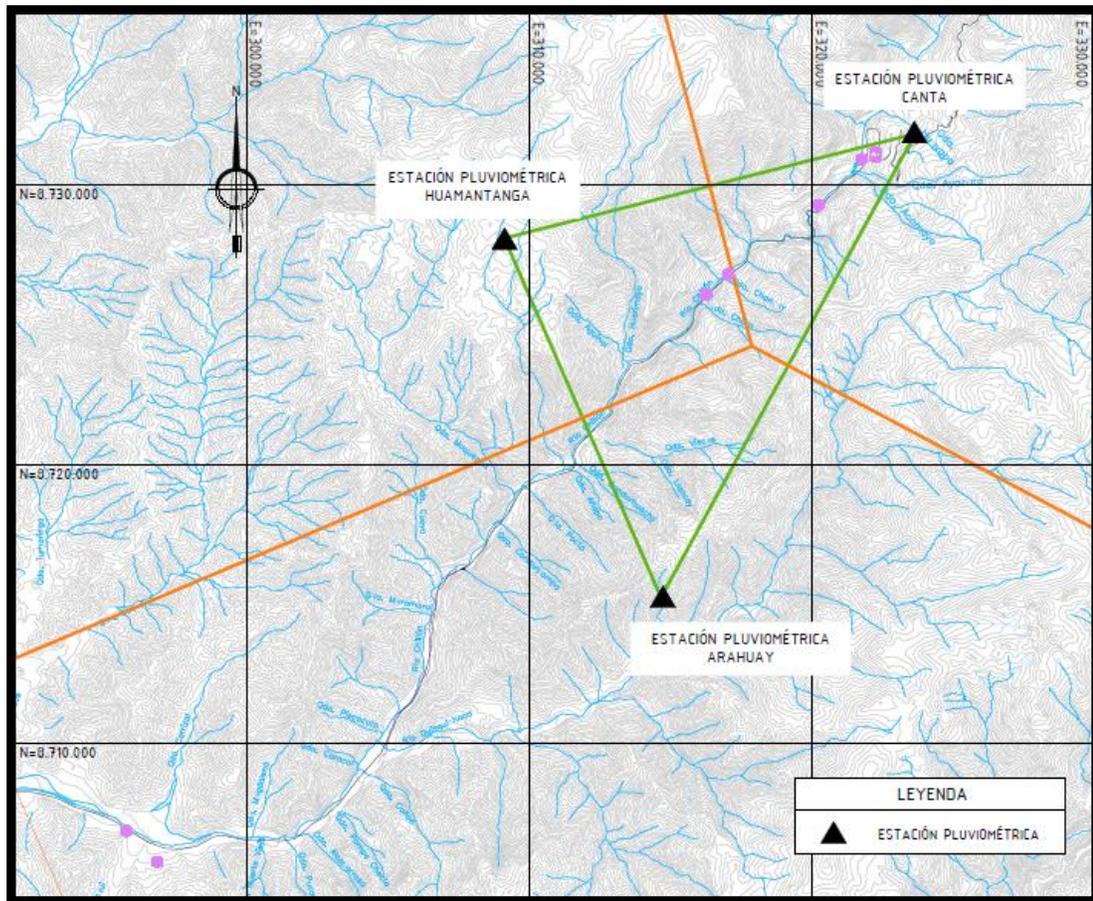


Figura 44. Ubicación de estaciones pluviométrica, por elaboración propia.

Tabla 21
Ubicación de las subcuencas con las estaciones pluviométricas

SUBCUENCA ALCANTARILLA	ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA
A-01	Arahúay
A-02	Arahúay
A-03	Huamantanga
A-04	Canta
A-05	Canta
A-06	Canta
A-07	Canta
A-08	Canta

Nota: Elaboración propia.

4.2.2. Precipitaciones máximas en 24 horas

El siguiente cuadro presenta el registro de precipitaciones máximas de 24 horas (mm) por año, medidos en las estaciones seleccionadas.

Tabla 22

Registro de Precipitaciones máximas de 24h por año.

AÑO	Pmáx 24 h (mm)		
	ARAHUAY	HUAMANTANGA	CANTA
1987			8
1989	17.7	13	8.3
1990	22	14.2	2
1991	21.4	18.4	
1992	12	19.4	1.1
1993	27	22.8	9.4
1994	16.5	22	15.5
1995	11.4	29.6	12.4
1996	18.5	19.5	16.7
1997	25.4	17.8	30
1998	30.2	33.6	30.5
1999	23.8	25.4	24.1
2000	31.7	27.5	19.2
2001	21.5	19.4	33.5
2002	27.2	47.5	18
2003	22.9	27.3	28.2
2004	25.5	25.1	18.6
2005	12.1	23	12.9
2006	19.8	20.6	24.7
2007	15.7	19.5	20.9
2008	20.6	15.3	28.9
2009	40.5	30.9	21.2
2010	20.2	22.9	14.2

Nota: data obtenida del SENAMHI y ANA

Las Figuras 45, 46 y 47 muestran la variación de la precipitación total mensual de las estaciones Arahuay, Huamantanga y Canta en el periodo estudiado.

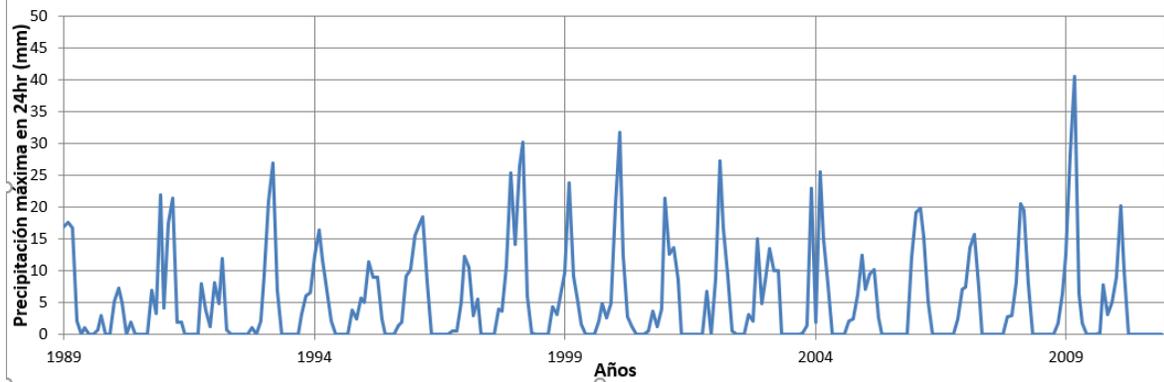


Figura 45. Precipitación total mensual de la estación Arahuay, Elaboración propia.

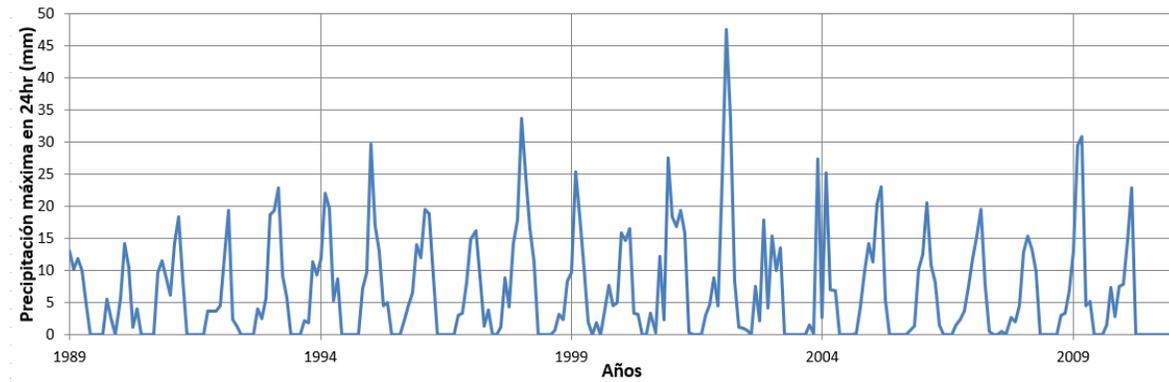


Figura 46. Precipitación total mensual de la estación Huamantanga, por elaboración propia

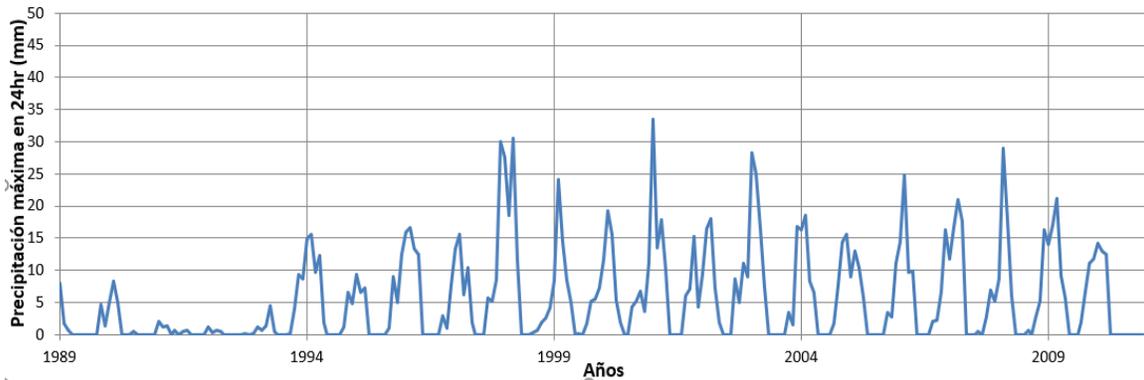


Figura 47. Precipitación total mensual de la estación Canta, elaboración propia.

4.2.3. Análisis de datos dudosos

Antes de realizar cualquier tratamiento estadístico a la información, se procedió a realizar un análisis de datos dudosos, para determinar aquellos datos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante; estos datos son denominados “outliers”.

Para detectar los datos dudosos, se calcularon umbrales superiores e inferiores para cada serie de precipitaciones máximas de las estaciones analizadas, de acuerdo a las siguientes ecuaciones de frecuencia.

$$y_H = \bar{y} + K_n * S_y \quad ; \quad P_H = 10^{y_H}$$

$$y_L = \bar{y} - K_n * S_y \quad ; \quad P_L = 10^{y_L}$$

Dónde:

y_H : Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

y_L : Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

\bar{y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.

S_y : Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones máximas.

K_n : Valor tabulado para una muestra de tamaño n (Tabla 29).

P_H : Umbral superior para datos dudosos en milímetros.

P_L : Umbral inferior para datos dudosos en milímetros.

Tabla 23
Valores de K_n para la prueba de datos dudosos.

n	K_n	n	K_n	n	K_n	n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Nota: Hidrología Aplicada – Ven Te Chow

El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos por la prueba de datos dudosos en las estaciones pluviométricas.

Tabla 24
Primer análisis de datos dudosos.

ESTACIÓN	P_{medio} (mm)	$P_{\text{máx}}$ (mm)	P_H (mm)	Condición	$P_{\text{mín}}$ (mm)	P_L (mm)	Condición
Arahuay	21.98	40.50	45.57	OK	11.40	9.64	OK
Huamantanga	23.40	47.50	46.04	X	13.00	10.89	OK
Canta	18.10	33.50	114.31	OK	1.10	1.83	X

Nota: por SENAMHI y ANA.

De acuerdo con el análisis del dato dudoso (outlier), no existen datos dudosos en la muestra analizada para la estación Arahuay, sin embargo, para las estaciones Huamantanga y Canta existen datos dudosos. En la estación Huamantanga el dato dudoso corresponde al año 2002 (47.50 mm), el cual es mayor al umbral superior calculado para esta serie. Para la estación Canta el dato dudoso corresponde al año 1992 (1.10 mm), el cual es menor al umbral inferior calculado para esta serie. Por lo

tanto, se realizó un segundo análisis en las estaciones Huamantanga y Canta sin considerar estos datos, encontrándose los siguientes resultados:

Tabla 25

Segundo análisis de datos dudosos.

ESTACIÓN	P _{medio} (mm)	P _{máx} (mm)	P _H (mm)	Condición	P _{mín} (mm)	P _L (mm)	Condición
Huamantanga	22.25	33.60	39.51	OK	13.00	11.81	OK
Canta	18.91	33.50	76.78	OK	2.00	3.49	X

Nota: por SENAMHI y ANA.

De acuerdo con el cuadro anterior se aprecia que para la estación Huamantanga ya no existen datos dudosos. Pero para la estación Canta continúa saliendo datos dudosos el cual corresponde al año 1991 (2.00 mm), el cual es menor al umbral inferior calculado para esta serie. Por lo tanto, se realizó un tercer análisis en la estación Canta sin considerar este dato, encontrándose los siguientes resultados:

Tabla 26

Tercer análisis de datos dudosos.

ESTACIÓN	P _{medio} (mm)	P _{máx} (mm)	P _H (mm)	Condición	P _{mín} (mm)	P _L (mm)	Condición
Canta	19.76	33.50	51.35	OK	8.00	6.44	OK

Nota: por SENAMHI y ANA.

De acuerdo con el cuadro anterior se aprecia que ya no existen datos dudosos en la estación Canta. Por tanto, se da por finalizado este análisis.

4.2.4. Factor de ajuste de la frecuencia

Según la Guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial – OMM, se recomienda multiplicar los datos pluviométricos por un factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria. Asumiendo que el caso de nuestras estaciones, son aquellas que se registran dos veces al día, las precipitaciones deberán multiplicarse por un factor de 1.04, según la siguiente tabla.

Tabla 27

Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria

NÚMERO DE OBSERVACIONES / DÍA	1	2	3 - 4	5 - 8	9 - 24	>24
FACTOR DE AJUSTE	1.13	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00

Nota: Gestión de recursos hídricos y aplicación de prácticas hidrológicas - Tabla II.5.5 (OMM N°168 – 2011) hidrología Aplicada – Ven Te Chow

Tabla 28

Factor de ajuste de las estaciones Arahuay, Huamantanga y Canta

ARAHUAY			HUAMANTANGA			CANTA		
Año	Pc (mm)	Y = Log Pc	Año	Pc (mm)	Y = Log Pc	Año	Pc (mm)	Y = Log Pc
1989	18.41	1.27	1989	13.52	1.13	1989	8.32	0.92
1990	22.88	1.36	1990	14.77	1.17	1990	8.63	0.94
1991	22.26	1.35	1991	19.14	1.28			
1992	12.48	1.10	1992	20.18	1.30			
1993	28.08	1.45	1993	23.71	1.37	1993	9.78	0.99
1994	17.16	1.23	1994	22.88	1.36	1994	16.12	1.21
1995	11.86	1.07	1995	30.78	1.49	1995	12.90	1.11
1996	19.24	1.28	1996	20.28	1.31	1996	17.37	1.24
1997	26.42	1.42	1997	18.51	1.27	1997	31.20	1.49
1998	31.41	1.50	1998	34.94	1.54	1998	31.72	1.50
1999	24.75	1.39	1999	26.42	1.42	1999	25.06	1.40
2000	32.97	1.52	2000	28.60	1.46	2000	19.97	1.30
2001	22.36	1.35	2001	20.18	1.30	2001	34.84	1.54
2002	28.29	1.45	2002			2002	18.72	1.27
2003	23.82	1.38	2003	28.39	1.45	2003	29.33	1.47
2004	26.52	1.42	2004	26.10	1.42	2004	19.34	1.29
2005	12.58	1.10	2005	23.92	1.38	2005	13.42	1.13
2006	20.59	1.31	2006	21.42	1.33	2006	25.69	1.41
2007	16.33	1.21	2007	20.28	1.31	2007	21.74	1.34
2008	21.42	1.33	2008	15.91	1.20	2008	30.06	1.48
2009	42.12	1.62	2009	32.14	1.51	2009	22.05	1.34
2010	21.01	1.32	2010	23.82	1.38	2010	14.77	1.17

Nota: Elaboración propia.

4.2.5. Periodo de retorno

Para determinar el periodo de retorno de diseño, “...es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la

estructura y el riesgo de falla admisible, dependiente este último de factores económicos, sociales, técnicos y otros...” (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras – MTC).

Según lo señalado, la probabilidad de riesgo y falla se determina mediante la siguiente expresión:

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

Dónde:

R: Riesgo de falla admisible.

T: Periodo de Retorno.

n: Vida útil de la obra.

En el siguiente cuadro se presenta el valor T para varios riesgos permisibles R y para la vida útil n de la obra.

Tabla 29.

Valores de periodo de retorno T (años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144

Nota: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras – MTC

De acuerdo con los Términos de Referencia para el desarrollo de pontones sugieren un periodo de diseño de 175 años, para alcantarillas de paso 50 años y 10 años para cunetas. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del Manual para el

Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito recomienda adoptar periodos de retorno no inferiores a 10 años para las cunetas y para las alcantarillas de alivio. Para las alcantarillas de paso, el periodo de retorno aconsejable es de 50 años.

Por lo tanto, se toma en cuenta experiencias anteriores de estudios de drenaje en carreteras, en la siguiente tabla se indican los valores de Periodo de Retorno a ser considerados para el cálculo de caudales y diseño de estructuras de drenaje.

Tabla 30
Periodo de retorno para diseño

PERIODO DE RETORNO - ESTRUCTURAS DE DRENAJE	
DESCRIPCIÓN	PERÍODO DE RETORNO
Puente y Pontones	175 años
Alcantarillas de paso y badenes	50 años
Cunetas y alcantarillas de alivio	10años

Nota: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras – MTC.

4.2.6. Análisis de frecuencia de la precipitación máxima

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC (2013), el análisis de frecuencia consiste en aplicar las distribuciones de frecuencia a la serie de precipitaciones máximas. Se han seleccionado las siguientes distribuciones, por ser las más usadas para determinar los caudales máximos.

- **Distribución Log Normal:** Esta distribución es una extensión de la distribución Normal, en la cual los valores logarítmicos de una secuencia son considerados como normalmente distribuidos.

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}\left(\frac{y-\mu_y}{y}\right)^2}$$

Dónde:

- ✓ $y = \log(x)$
- ✓ $f(x)$: Densidad de probabilidad.
- ✓ x : Variable
- ✓ μ_y : Media de los logaritmos naturales de x .
- ✓ σ_y : Desviación estándar de los logaritmos naturales de x .

- **Distribución Log Pearson III:** Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología. Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas.

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma\Gamma(\gamma)}$$

Válido para:

- ✓ $x_0 \leq x < \infty$
- ✓ $-\infty < x_0 < \infty$
- ✓ $0 < \beta < \infty$
- ✓ $0 < \gamma < \infty$

Dónde:

- ✓ x_0 : Parámetro de posición.
- ✓ γ : Parámetro de forma.
- ✓ β : Parámetro de escala.

- **Distribución Gumbel:** Esta distribución Gumbel se deriva de otras distribuciones de tipo exponencial que convergen hacia una función exponencial a medida que la variable aleatoria (x) crece. La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde a y b son los parámetros de la función. Los parámetros α y β , se estiman para muestras grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S} ; \beta = \bar{x} - 0.45S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S} ; \beta = \bar{x} - \mu_y/\alpha$$

Los valores de α_y y σ_y se encuentran en la tabla 30.

Tabla 31

Valores de α_y y σ_y

n	20	30	40	50	100	200	∞
α_y	0.52	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.5775
σ_y	1.06	1.11	1.14	1.16	1.21	1.24	1.2825

Nota: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras – MTC

Según estas 3 distribuciones, se procede a calcular las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 32

Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, estación Arahuay

Tr (años)	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel	Promedio
2	21.80	22.09	21.80	21.90
5	28.53	28.61	29.42	28.86
10	32.84	32.53	34.47	33.28
20	36.89	36.04	39.31	37.41
25	38.16	37.11	40.85	38.70
30	39.19	37.96	42.10	39.75
35	40.05	38.67	43.15	40.62
50	42.04	40.28	45.58	42.63
100	45.87	43.29	50.27	46.48
175	48.94	45.62	54.05	49.54
500	54.72	49.80	61.12	55.21

Nota: Elaboración propia.

Tabla 33
Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, estación Huamantanga

Tr (años)	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel	Promedio
2	22.47	22.68	22.31	22.48
5	27.75	27.81	28.36	27.97
10	30.98	30.78	32.36	31.38
20	33.94	33.38	36.20	34.51
25	34.85	34.17	37.42	35.48
30	35.59	34.79	38.42	36.27
35	36.20	35.31	39.25	36.92
50	37.61	36.48	41.18	38.42
100	40.27	38.63	44.90	41.27
175	42.37	40.29	47.90	43.52
500	46.24	43.23	53.52	47.66

Nota: Elaboración propia.

Tabla 34
Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, estación Canta.

Tr (años)	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel	Promedio
2	18.91	19.60	19.38	19.29
5	27.27	27.44	28.04	27.58
10	33.03	32.10	33.77	32.97
20	38.70	36.20	39.27	38.05
25	40.52	37.43	41.01	39.66
30	42.02	38.41	42.43	40.95
35	43.29	39.22	43.63	42.04
50	46.24	41.04	46.38	44.55
100	52.07	44.37	51.72	49.39
175	56.88	46.90	56.01	53.26
500	66.20	51.30	64.04	60.51

Nota: Elaboración propia.

4.2.7. Prueba de bondad de ajuste

Se realizó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov – Smirnov para determinar la distribución de frecuencia con mejor ajuste a los datos históricos de precipitación.

La prueba de bondad de ajuste Kolmogorov – Smirnov, considera la desviación de la función de distribución de probabilidades de la muestra $P(x)$ de la función de probabilidades teórica, escogida $P_0(x)$ tal que:

$$\Delta_{m\acute{a}x} = m\acute{a}x \left(P_{(x)} - P_{0(x)} \right)$$

La prueba requiere que el valor $\Delta_{m\acute{a}x}$ calculado con la expresi3n anterior sea menor que el valor tabulado Δ_{tab} para un nivel de probabilidad requerido.

El valor Δ_{tab} de la prueba debe ser obtenida de la tabla 34, el cual est3 en funci3n de a y n , pues depende del nivel de significancia y el n3mero de datos.

Tabla 35

Valores cr3ticos Δ_{tab} para la prueba de Kolmogorov – Smirnov

# DATOS	ALFA %				
	20	10	5	2	1
1	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.410	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
26	0.204	0.233	0.259	0.290	0.311
27	0.200	0.229	0.254	0.284	0.305
28	0.197	0.225	0.250	0.279	0.300
29	0.193	0.221	0.246	0.275	0.295

# DATOS	ALFA %				
	20	10	5	2	1
N					
30	0.190	0.218	0.242	0.270	0.290
35	0.177	0.202	0.224	0.251	0.269
40	0.165	0.189	0.210	0.235	0.252
45	0.156	0.179	0.198	0.222	0.238
50	0.148	0.170	0.188	0.211	0.226
55	0.142	0.162	0.180	0.201	0.216
60	0.136	0.155	0.172	0.193	0.207
65	0.131	0.149	0.166	0.185	0.199
70	0.126	0.144	0.160	0.179	0.192
75	0.122	0.139	0.154	0.173	0.185
80	0.118	0.135	0.150	0.167	0.179
85	0.114	0.131	0.145	0.162	0.174
90	0.111	0.127	0.141	0.158	0.169
95	0.108	0.124	0.137	0.154	0.165
100	0.106	0.121	0.134	0.150	0.161
n > 100	$1.07/n^{0.5}$	$1.22/n^{0.5}$	$1.36/n^{0.5}$	$1.52/n^{0.5}$	$1.63/n^{0.5}$

Nota: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras – MTC

De la prueba de bondad de ajuste se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 36

Resultados de la prueba de bondad de ajuste, estación Arahuary

Distribución	Δ máx	Δ tab	Verificación
Log Normal	0.088	0.281	Se ajusta
Log Pearson III	0.081	0.281	Se ajusta
Gumbel	0.088	0.281	Se ajusta

Nota: Elaboración propia.

Tabla 37

Resultados de la prueba de bondad de ajuste, estación Huamantanga

Distribución	Δ máx	Δ tab	Verificación
Log Normal	0.068	0.287	Se ajusta
Log Pearson III	0.079	0.287	Se ajusta
Gumbel	0.083	0.287	Se ajusta

Nota: Elaboración propia.

Tabla 38

Resultados de la prueba de bondad de ajuste, estación Canta

Distribución	Δ máx	Δ tab	Verificación
Log Normal	0.081	0.294	Se ajusta
Log Pearson III	0.085	0.294	Se ajusta
Gumbel	0.066	0.294	Se ajusta

Nota: Elaboración propia.

De las tablas anteriores se observa que la distribución de menor $\Delta_{\text{máx}}$ para la estación Arahuay es la distribución Log Pearson III, mientras que el menor $\Delta_{\text{máx}}$ para la estación Huamantanga se encuentra en la distribución Log Normal y para la estación Canta el menor $\Delta_{\text{máx}}$ es la distribución Gumbel, por lo cual, para la generación de precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno se han utilizado estas distribuciones.

Tabla 39
Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno

Tr (años)	Prob.	P _{24h} (mm)		
		Arahuay	Huamantanga	Canta
2	0.500	22.09	22.47	19.38
5	0.200	28.61	27.75	28.04
10	0.100	32.53	30.98	33.77
20	0.050	36.04	33.94	39.27
25	0.040	37.11	34.85	41.01
30	0.033	37.96	35.59	42.43
35	0.029	38.67	36.20	43.63
50	0.020	40.28	37.61	46.38
100	0.010	43.29	40.27	51.72
175	0.006	45.62	42.37	56.01
500	0.002	49.80	46.24	64.04

Nota: Elaboración propia.

4.2.8. Precipitación para intervalos de tiempo menores a 24 horas

A partir de las precipitaciones máximas ajustadas de duración de 24 horas se deducen las precipitaciones máximas de diseño para duraciones menores de 24 horas y diferentes tiempos de recurrencia, para ello se adoptó el criterio de la ley de proporcionalidad sugerida por Dick & Peschke:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Dónde:

Tabla 40

Precipitaciones menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Arahua

Duración	Periodo de retorno (años)										
	2	5	10	20	25	30	35	50	100	175	500
30	8.39	10.87	12.36	13.69	14.10	14.42	14.69	15.30	16.45	17.33	18.92
60	9.98	12.93	14.70	16.28	16.76	17.15	17.47	18.20	19.56	20.61	22.50
90	11.04	14.31	16.27	18.02	18.55	18.98	19.34	20.14	21.64	22.81	24.90
120	11.87	15.37	17.48	19.36	19.94	20.40	20.78	21.64	23.26	24.51	26.76
240	14.11	18.28	20.79	23.03	23.71	24.25	24.71	25.74	27.66	29.15	31.82
360	15.62	20.23	23.00	25.48	26.24	26.84	27.35	28.48	30.61	32.26	35.22
480	16.78	21.74	24.72	27.38	28.19	28.84	29.38	30.61	32.89	34.66	37.84
600	17.74	22.99	26.14	28.95	29.81	30.50	31.07	32.36	34.78	36.65	40.01
720	18.57	24.06	27.36	30.30	31.20	31.92	32.52	33.87	36.40	38.36	41.88
840	19.30	25.01	28.43	31.50	32.43	33.18	33.80	35.20	37.83	39.87	43.53
960	19.96	25.86	29.40	32.56	33.53	34.30	34.94	36.40	39.11	41.22	45.00
1080	20.55	26.63	30.28	33.54	34.53	35.33	35.99	37.49	40.28	42.45	46.35
1440	22.09	28.61	32.53	36.04	37.11	37.96	38.67	40.28	43.29	45.62	49.80

Nota: Elaboración propia.

- ✓ P_d : Precipitación para una duración “d” (mm)
- ✓ P_{24h} : Precipitación máxima en 24 horas (mm)
- ✓ d: Duración de la precipitación (minutos).

El siguiente cuadro muestra las precipitaciones para tiempos de duración menores a 24 horas y diferentes periodos de retorno.

Tabla 41

Precipitaciones menores de 24h en periodos de retorno, estación Huamantanga

Duración	Periodo de retorno (años)										
min	2	5	10	20	25	30	35	50	100	175	500
30	8.54	10.54	11.77	12.89	13.24	13.52	13.75	14.29	15.30	16.10	17.57
60	10.15	12.54	14.00	15.33	15.75	16.08	16.36	16.99	18.19	19.14	20.89
90	11.23	13.87	15.49	16.97	17.43	17.79	18.10	18.80	20.13	21.18	23.12
120	12.07	14.91	16.65	18.24	18.73	19.12	19.45	20.20	21.63	22.76	24.84
240	14.36	17.73	19.80	21.69	22.27	22.74	23.13	24.03	25.73	27.07	29.54
360	15.89	19.62	21.91	24.00	24.65	25.16	25.60	26.59	28.47	29.96	32.70
480	17.07	21.08	23.54	25.79	26.48	27.04	27.51	28.57	30.60	32.19	35.13
600	18.05	22.29	24.89	27.27	28.00	28.59	29.09	30.21	32.35	34.04	37.15
720	18.89	23.33	26.05	28.54	29.31	29.93	30.44	31.62	33.86	35.63	38.88
840	19.64	24.25	27.08	29.66	30.46	31.10	31.64	32.86	35.19	37.03	40.41
960	20.30	25.07	28.00	30.67	31.49	32.16	32.71	33.98	36.38	38.28	41.78
1080	20.91	25.82	28.83	31.59	32.43	33.12	33.69	35.00	37.47	39.43	43.03
1440	22.47	27.75	30.98	33.94	34.85	35.59	36.20	37.61	40.27	42.37	46.24

Nota: Elaboración propia.

Tabla 42

Precipitaciones menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Canta

Duración	Periodo de retorno (años)										
min	2	5	10	20	25	30	35	50	100	140	500
30	7.36	10.65	12.83	14.92	15.58	16.12	16.57	17.62	19.65	20.63	24.33
60	8.75	12.67	15.26	17.74	18.53	19.17	19.71	20.96	23.37	24.53	28.93
90	9.69	14.02	16.88	19.63	20.51	21.22	21.81	23.19	25.86	27.15	32.02
120	10.41	15.06	18.14	21.10	22.03	22.80	23.44	24.92	27.79	29.17	34.41
240	12.38	17.91	21.58	25.09	26.20	27.11	27.87	29.64	33.04	34.69	40.92
360	13.70	19.82	23.88	27.77	29.00	30.00	30.85	32.80	36.57	38.40	45.29
480	14.72	21.30	25.66	29.84	31.16	32.24	33.15	35.24	39.30	41.26	48.66
600	15.57	22.52	27.13	31.55	32.95	34.09	35.05	37.27	41.55	43.63	51.45
720	16.29	23.58	28.40	33.02	34.49	35.68	36.69	39.00	43.49	45.66	53.85
840	16.94	24.50	29.51	34.32	35.84	37.08	38.13	40.54	45.20	47.45	55.97
960	17.51	25.33	30.51	35.48	37.06	38.34	39.42	41.91	46.73	49.07	57.87
1080	18.03	26.09	31.43	36.54	38.17	39.49	40.60	43.17	48.13	50.53	59.60
1440	19.38	28.04	33.77	39.27	41.01	42.43	43.63	46.38	51.72	54.30	64.04

Nota: Elaboración propia.

Las intensidades se calcularán según la siguiente relación:

$$I_d = \frac{P_d}{d} * 60$$

Dónde:

- ✓ I_d : Intensidad para una duración “d” (mm/hr)
- ✓ P_d : Precipitación para una duración “d” (mm)
- ✓ d: Duración de la precipitación (minutos)

El siguiente cuadro muestra las intensidades calculadas:

Tabla 43

Intensidades menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Arahua

Duración min	Periodo de retorno (años)										
	2	5	10	20	25	30	35	50	100	175	500
30	16.78	21.74	24.72	27.38	28.19	28.84	29.38	30.61	32.89	34.66	37.84
60	9.98	12.93	14.70	16.28	16.76	17.15	17.47	18.20	19.56	20.61	22.50
90	7.36	9.54	10.84	12.01	12.37	12.65	12.89	13.43	14.43	15.21	16.60
120	5.93	7.69	8.74	9.68	9.97	10.20	10.39	10.82	11.63	12.25	13.38
240	3.53	4.57	5.20	5.76	5.93	6.06	6.18	6.43	6.91	7.29	7.96
360	2.60	3.37	3.83	4.25	4.37	4.47	4.56	4.75	5.10	5.38	5.87
480	2.10	2.72	3.09	3.42	3.52	3.61	3.67	3.83	4.11	4.33	4.73
600	1.77	2.30	2.61	2.90	2.98	3.05	3.11	3.24	3.48	3.66	4.00
720	1.55	2.01	2.28	2.53	2.60	2.66	2.71	2.82	3.03	3.20	3.49
840	1.38	1.79	2.03	2.25	2.32	2.37	2.41	2.51	2.70	2.85	3.11
960	1.25	1.62	1.84	2.04	2.10	2.14	2.18	2.27	2.44	2.58	2.81
1080	1.14	1.48	1.68	1.86	1.92	1.96	2.00	2.08	2.24	2.36	2.57
1440	0.92	1.19	1.36	1.50	1.55	1.58	1.61	1.68	1.80	1.90	2.08

Nota: Elaboración propia.

Tabla 44

Intensidades menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Huamantanga

Duración min	Periodo de retorno (años)										
	2	5	10	20	25	30	35	50	100	175	500
30	17.07	21.08	23.54	25.79	26.48	27.04	27.51	28.57	30.60	32.19	35.13
60	10.15	12.54	14.00	15.33	15.75	16.08	16.36	16.99	18.19	19.14	20.89
90	7.49	9.25	10.33	11.31	11.62	11.86	12.07	12.54	13.42	14.12	15.41
120	6.04	7.45	8.32	9.12	9.36	9.56	9.73	10.10	10.82	11.38	12.42
240	3.59	4.43	4.95	5.42	5.57	5.68	5.78	6.01	6.43	6.77	7.39
360	2.65	3.27	3.65	4.00	4.11	4.19	4.27	4.43	4.75	4.99	5.45
480	2.13	2.64	2.94	3.22	3.31	3.38	3.44	3.57	3.82	4.02	4.39
600	1.81	2.23	2.49	2.73	2.80	2.86	2.91	3.02	3.24	3.40	3.72
720	1.57	1.94	2.17	2.38	2.44	2.49	2.54	2.64	2.82	2.97	3.24
840	1.40	1.73	1.93	2.12	2.18	2.22	2.26	2.35	2.51	2.64	2.89
960	1.27	1.57	1.75	1.92	1.97	2.01	2.04	2.12	2.27	2.39	2.61
1080	1.16	1.43	1.60	1.75	1.80	1.84	1.87	1.94	2.08	2.19	2.39
1440	0.94	1.16	1.29	1.41	1.45	1.48	1.51	1.57	1.68	1.77	1.93

Nota: Elaboración propia.

Tabla 45

Intensidades menores de 24h en diferentes periodos de retorno, estación Cantá

Duración min	Periodo de retorno (años)										
	2	5	10	20	25	30	35	50	100	140	500
30	14.72	21.30	25.66	29.84	31.16	32.24	33.15	35.24	39.30	41.26	48.66
60	8.75	12.67	15.26	17.74	18.53	19.17	19.71	20.96	23.37	24.53	28.93
90	6.46	9.35	11.26	13.09	13.67	14.14	14.54	15.46	17.24	18.10	21.35
120	5.21	7.53	9.07	10.55	11.02	11.40	11.72	12.46	13.89	14.59	17.20
240	3.10	4.48	5.39	6.27	6.55	6.78	6.97	7.41	8.26	8.67	10.23
360	2.28	3.30	3.98	4.63	4.83	5.00	5.14	5.47	6.10	6.40	7.55
480	1.84	2.66	3.21	3.73	3.90	4.03	4.14	4.41	4.91	5.16	6.08
600	1.56	2.25	2.71	3.15	3.29	3.41	3.51	3.73	4.16	4.36	5.15
720	1.36	1.96	2.37	2.75	2.87	2.97	3.06	3.25	3.62	3.81	4.49
840	1.21	1.75	2.11	2.45	2.56	2.65	2.72	2.90	3.23	3.39	4.00
960	1.09	1.58	1.91	2.22	2.32	2.40	2.46	2.62	2.92	3.07	3.62
1080	1.00	1.45	1.75	2.03	2.12	2.19	2.26	2.40	2.67	2.81	3.31
1440	0.81	1.17	1.41	1.64	1.71	1.77	1.82	1.93	2.15	2.26	2.67

Nota: Elaboración propia.

4.2.9. Generación de curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia)

La curva Intensidad Duración Frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{k * T^m}{D^n}$$

Dónde:

- ✓ I: Intensidad máxima (mm/hr)
- ✓ T: Periodo de retorno (años)
- ✓ D: Duración (minutos)
- ✓ k, m, n: Coeficientes

Para determinar los coeficientes se realizó una regresión múltiple a las intensidades calculadas para diferentes duraciones y periodos de retornos, con lo cual se obtuvo el siguiente cuadro donde se muestran los coeficientes para cada estación pluviométrica.

Tabla 46

Coeficientes de la curva IDF para cada estación pluviométrica

Estación	P ₅₀ (mm)	k	m	n
Arahuay	40.28	221.02	0.14	0.75
Huamantanga	37.61	219.88	0.13	0.75
Canta	46.38	193.50	0.21	0.75

Nota: Elaboración propia.

4.3. Estimación de caudales de diseño para las alcantarillas

Para obtener dichos caudales se empleó el método racional comúnmente utilizado en pequeñas cuencas, el cual se relaciona linealmente la intensidad de lluvia con el caudal.

$$Q_h = \frac{C_1 I A_1}{3.6}$$

Dónde:

- ✓ Q_h : caudal hidrológico (m³/s)
- ✓ I: intensidad máxima para un Tr de 30 años y una duración igual al tc (mm/hr)
- ✓ A: área de cuenca (Km²)
- ✓ C: coeficiente de escorrentía

Tabla 47
Coeficientes de escorrentía (Zonas Rurales)

Cobertura Vegetal	Permeabilidad del Suelo	Pendiente del Terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin Vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, Vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, Grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosque Vegetación Densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

NOTA: Para zonas que se espera puedan ser quemadas, deben aumentarse los valores así:
Cultivos: multiplicar por 1,10. Otros, (excepto Sin vegetación): multiplicar por 1,30.

Nota: Benitez et al (1980)

Para el cálculo de la intensidad se utilizó las curvas IDF obtenidas en las estaciones Arahuay, Huamantanga y Canta (donde se considera un periodo de retorno de 50 años y una duración igual al tiempo de concentración (no menor de 30 minutos a fin de no obtener avenidas excesivas).

Tabla 48
Caudales de diseño

ALCANTARILLA	ÁREA (km ²)	C	ESTACIÓN	I50 (mm/hr)	Q (m ³ /S)
A-01	0.05	0.45	Arahuay	29.81	0.19
A-02	0.27	0.40	Arahuay	29.81	0.89
A-03	0.14	0.40	Huamantanga	28.01	0.44
A-04	0.19	0.40	Canta	34.03	0.72
A-05	0.13	0.40	Canta	34.03	0.49
A-06	0.59	0.35	Canta	33.63	1.93
A-07	0.11	0.40	Canta	34.03	0.42
A-08	0.29	0.30	Canta	34.03	0.82

Nota: Elaboración propia.

- Ver los cálculos del capítulo de Hidrología en el Anexo 04 - (Ver anexo-03)

5. CAPITULO V: MODELAMIENTO CON SOFTWARE

5.1. Procedimiento del modelamiento con software

En este capítulo se desarrolla el procedimiento para el modelamiento.

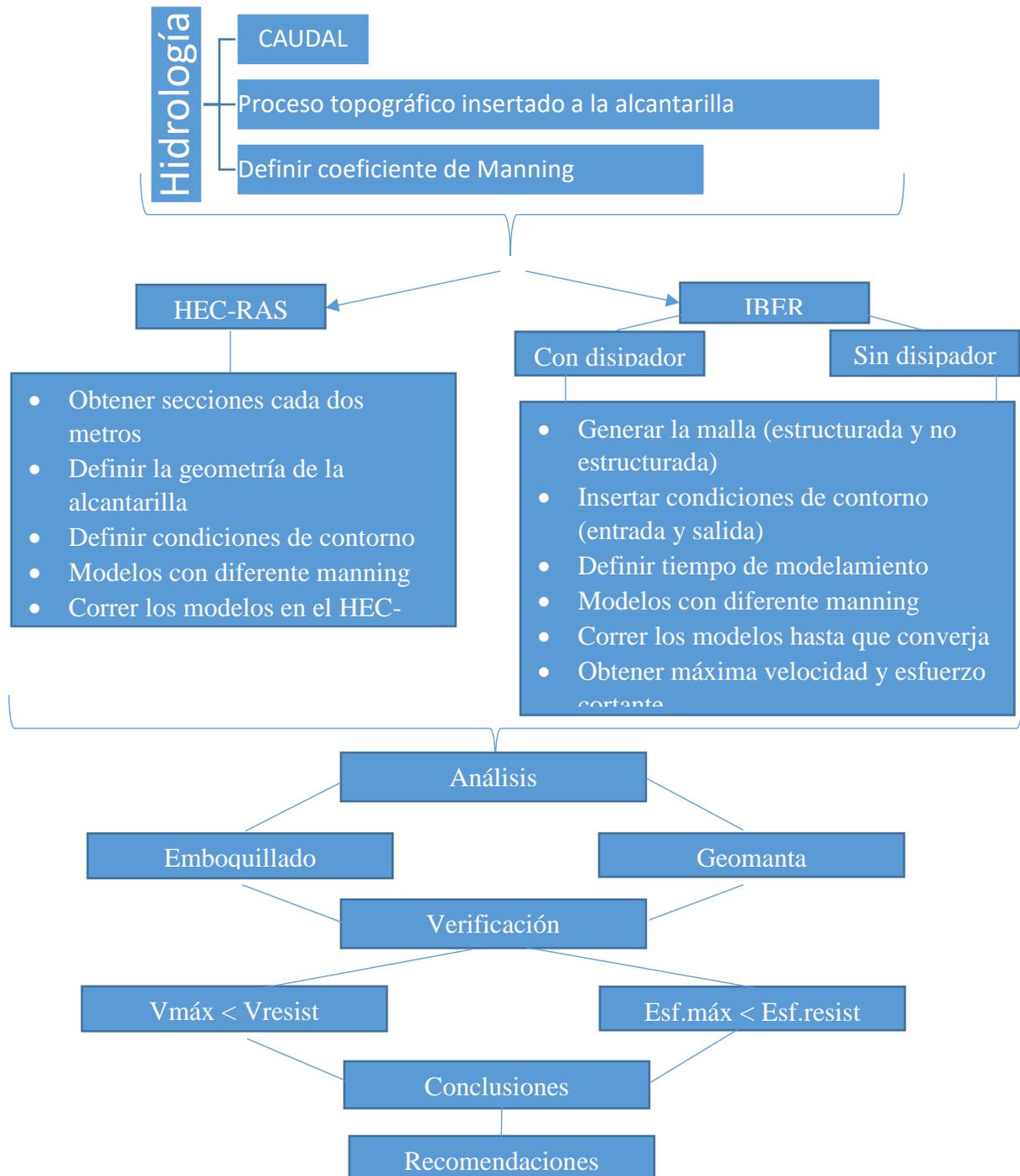


Figura 48. Procedimiento para el modelamiento en software, elaboración propia.

5.2. Modelamiento de la geomanta e hidrosiembra en las alcantarillas de la carretera Lima- Canta

En este capítulo se han determinado los parámetros hidráulicos necesarios que permitan conocer el comportamiento y resistencia de la geomanta e hidrosiembra como alternativa para la protección de alcantarillas. Para la obtención de dichos parámetros, se emplearon modelos hidráulicos donde se modelaron las 8 alcantarillas seleccionadas y se tendrá en cuenta la colocación de la geomanta e hidrosiembra en la descarga de alcantarillas, mediante el cambio de la rugosidad en la salida de las alcantarillas. Los modelos hidráulicos se elaboraron con la ayuda de dos softwares, el HECRAS (Modelo Unidimensional) e IBER (Modelo Bidimensional). El HECRAS brinda una visión rápida de las velocidades medias que se generen sobre la geomanta, mientras que el IBER brinda una visión más detallada de la distribución de velocidades dentro de la geomanta, con lo cual se puede obtener valores máximos tanto de velocidades y esfuerzos cortantes sobre la geomanta.

5.2.1. Información Topográfica

La información topográfica utilizada en el modelamiento se basa en la topografía obtenida del expediente “Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima-Canta –La Viuda Unish, Tramo: Lima-Canta” – MTC 2014. Esta documentación fue brindada por Provias Nacional. A continuación, se presenta una vista de la topografía del terreno estudiado.

- Ver plano de topografía de la carretera Lima-Canta. (Anexo N°2)

5.2.2. Coeficiente de Rugosidad de Manning

Para el modelamiento se han considerado 3 coeficientes de rugosidad, para los siguientes tipos:

- Cauce natural
- Alcantarilla de TMC
- Geomanta

Para conocer la rugosidad del cauce natural se empleó la siguiente tabla:

Tabla 49

Valores de coeficiente de rugosidad de Manning para corrientes naturales

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
Corrientes menores (Ancho menor que 30m)	a. Ríos en planicies Rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033
	Rectos sin zonas muertas	0.030	0.036	0.040
	con piedras y malezas	0.035	0.045	0.050
	Sinuoso, vegetación y piedras	0.045	0.050	0.060
	Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso	0.075	0.100	0.150
	Abundante vegetación, sinuoso.	0.030	0.040	0.050
Planicies de Inundación	a. con pasto sin arbusto			
	Pastizales bajos	0.025	0.030	0.035
	Pastizales altos	0.030	0.035	0.050
	b. áreas cultivadas			
	Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
	Con cultivos	0.030	0.040	0.050
	c. Arbustos y Malezas			
	Escasos	0.040	0.060	0.080
	Densos	0.070	0.100	0.160
	d. Arboles			
Sauces	0.110	0.150	0.200	
Ríos principales (Ancho mayor que 30m)	Secciones regulares	0.025	-	0.060
	Secciones Irregulares	0.035	-	0.100

Nota: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983.

Tomando en cuenta esta tabla, se adoptó el valor de $n = 0.035$. En la Figura 45 se muestra el cauce natural de dos alcantarillas de la carretera Lima-Canta.



Figura 49. Cauce natural en las alcantarillas, por elaboración propia.

La rugosidad de la alcantarilla de TMC se obtuvo de la siguiente tabla.

Tabla 50
Valores de coeficiente de rugosidad de Manning (*n*)

		TIPO DE CANAL	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013
		b. Acero soldado	0.010	0.012	0.014
		con remaches	0.013	0.016	0.017
		c. Metal corrugado			
		sub - dren	0.017	0.019	0.021
		dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto			
		tubo recto y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
		tubo con curvas, conexiones	0.011	0.013	0.014
		afinado	0.011	0.012	0.014
		tubo de alcantarillado con cámaras, entradas.	0.013	0.015	0.017
		Tubo con moldaje de acero.	0.012	0.013	0.014
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.012	0.014	0.016
		Tubo con moldaje madera en bruto	0.015	0.017	0.020
b. Madera					
duelas	0.010	0.012	0.014		
laminada y tratada	0.015	0.017	0.020		
c. Albañilería de piedra.	0.018	0.025	0.030		

Nota: Elaboración Propia

Donde se observa que para conductos cerrados con escurrimiento parcialmente lleno y de metal corrugada en dren para aguas de lluvias, se tiene un valor de $n = 0.024$.

La rugosidad de la geomanta se obtuvo a partir de las especificaciones técnicas obtenidas por proveedores de geomanta, donde se indica que la geomanta presenta una rugosidad de $n = 0.028$ de PYRAMAT 75 y $n = 0.033$ geomanta TM13C de Freyssinet Tierra Armada.

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas de las geomantas Pyramat 75 (ver Figura 50) y TM13C (ver Figura 51).



Product Data
PYRAMAT® 75 HPTRM

PYRAMAT® 75 high performance turf reinforcement mat (HPTRM) is a three-dimensional, lofty, woven polypropylene geotextile that is available in green or tan which is specially designed for erosion control applications on steep slopes and vegetated waterways. The matrix is composed of polypropylene monofilament yarns featuring X3® technology woven into a uniform configuration of resilient pyramid-like projections. The material exhibits very high interlock and reinforcement capacity with both soil and root systems, demonstrates superior UV resistance, and enhances seedling emergence. The expected design life of PYRAMAT® 75 is up to 75 years because of its superior UV resistance, resistance to corrosion, strength, and durability in the most demanding environments.

PYRAMAT® 75 conforms to the property values listed below¹ and is manufactured at a Propex facility having achieved ISO 9001:2008 certification. Propex performs internal Manufacturing Quality Control (MQC) tests that have been accredited by the Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP).

PROPERTY	TEST METHOD	ENGLISH	METRIC
ORIGIN OF MATERIALS			
% U.S. Manufactured		100%	100%
PHYSICAL			
Mass/Unit Area ¹	ASTM D-6566	14.0 oz/yd ²	475 g/m ²
Thickness ²	ASTM D-6525	0.40 in	10.2 mm
Light Penetration (% Passing) ³	ASTM D-6567	10%	10%
Color	Visual	Green or Tan	
MECHANICAL			
Tensile Strength ³	ASTM D-6818	4000 x 3000 lbs/ft	58.4 x 43.8 kN/m
Elongation ³	ASTM D-6818	40 x 35 %	40 x 35 %
Resiliency ³	ASTM D-6524	80%	80%
Flexibility ⁴	ASTM D-6575	0.534 in-lb	616,154 mg-cm
ENDURANCE			
UV Resistance % Retained at 3,000 hrs ⁴	ASTM D-4355	90%	90%
UV Resistance % Retained at 6,000 hrs ⁴	ASTM D-4355	90%	90%
UV Resistance % Retained at 10,000 hrs ⁴	ASTM D-4355	85%	85%
PERFORMANCE			
Velocity (Vegetated) ^{4, 5}	Large Scale	25 ft/sec	7.6 m/sec
Shear Stress (Vegetated) ^{4, 5}	Large Scale	16 lb/ft ²	766 Pa
Manning's n (Unvegetated) ^{4, 5}	Calculated	0.028	0.028
Seedling Emergence ⁶	ASTM D-7322	296%	296%
ROLL SIZES		8.5 ft x 120 ft	2.6 m x 36.6 m
		15.0 ft x 120 ft	4.6 m x 36.6 m

NOTES:

- The property values listed above are effective 03/09/2018 and are subject to change without notice. Values represent testing at time of manufacture.
- Minimum average roll values (MARV) are calculated as the typical minus two standard deviations. Statistically, it yields a 97.7% degree of confidence that any samples taken from quality assurance testing will exceed the value reported.
- Maximum Average Roll Value (MaxRV), calculated as the typical plus two standard deviations. Statistically, it yields a 97.7% degree of confidence that any sample taken during quality assurance testing will meet or the value reported.
- Typical Value.
- Maximum permissible velocity and shear stress has been obtained through vegetated testing programs featuring specific soil types, vegetation species, flow conditions, and failure criteria. These conditions may not be relevant to every project nor are they replicated by other manufacturers. Please contact Propex for further information.
- Calculated as typical values from large-scale flexible channel lining test programs with a flow depth of 6 to 12 inches.



ENGINEERED EARTH ARMORING SOLUTIONS™

Figura 50. Especificación Técnica de Pyramat 75, por Propex, 2018.



TIERRA ARMADA

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

GEOMANTO TM13C

El geomanto TM13C es un geomanto tridimensional de control de erosión que proporciona retención de suelos descubiertos y refuerzo superficial de taludes. TM13C es inerte a la degradación biológica y resiste los productos químicos encontrados en forma natural, tanto álcalis y ácidos.

PROPIEDADES	ENSAYO	UNIDAD	VALOR
Velocidad (totalmente revegetado) ¹	Escala	m/s	> 7.4
Esfuerzo al corte (totalmente revegetado) ¹	Escala	Pa	> 809
Coefficiente de Manning ²	Calculado	n	0.033

PROPIEDADES MECÁNICAS	ENSAYO	UNIDAD	MARV	
			MD	CD
Esfuerzo a la tensión último	ASTM D 6818	KN/m	45.2	45.2
			Minimum test value	
Resistencia UV (a 3000 horas)	ASTM D 4355	%	95	
Resistencia UV (a 6000 horas)	ASTM D 4355	%	90	
Resistencia UV (a 10000 horas)	ASTM D 4355	%	83	
			Maximum Roll Value	
			MD	CD
Elongación a la tracción	ASTM D 6818	%	50	50
Penetración de luz	ASTM D 6567	%	40	

PROPIEDADES FÍSICAS	ENSAYO	UNIDAD	MARV
Masa por unidad de área	ASTM D 6566	g/m ²	305
Color	-	-	Verde

- (1) El performance del producto excede la capacidad del test fácilmente.
- (2) Coeficientes de Manning más elevados podrían resultar con velocidades más bajas.

Figura 51. Especificación Técnicas de TM13C, por Tierra armada, 2018.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los coeficientes de Manning a emplear.

Tabla 51

Resumen de los valores adoptados en los modelos

TIPO	COEFICIENTE DE MANNING
Cauce natural	0.035
Alcantarilla de TMC	0.024
Geomanta	0.028 y 0.033

Nota: Elaboración Propia

5.2.3. Caudales de diseño y consideraciones geométricas de las alcantarillas

En la siguiente tabla se presenta los caudales de diseño para un periodo de retorno de 50 años y las consideraciones geométricas existente en las alcantarillas analizadas:

Tabla 52

Geometría de las alcantarillas y caudales de diseño

ALCANTARILLA	TIPO	DIÁMETRO (Pulg)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	CAUDAL (m ³ /s)
A - 01	TMC	36	11.40	2.0	0.19
A - 02	TMC	36	19.50	6.0	0.89
A - 03	TMC	36	13.80	4.0	0.44
A - 04	TMC	36	11.40	6.0	0.72
A - 05	TMC	36	13.80	2.0	0.49
A - 06	TMC	48	13.80	2.0	1.93
A - 07	TMC	36	11.40	4.0	0.42
A - 08	TMC	36	13.00	2.0	0.82

Nota: Elaboración propia.

5.2.4. Verificación hidráulica de las alcantarillas

Previo al modelamiento de las alcantarillas, se realizó una verificación rápida de la capacidad hidráulica del dimensionamiento de las alcantarillas existentes, donde se debe tomar en cuenta que las velocidades no sean altas (mayores a 6m/s) y que los tirantes que se produzcan dentro de las alcantarillas existentes no excedan el 75% del diámetro. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2013)

Para su cálculo se utilizó la extensión Hydraflow Express que viene integrada al programa AutoCAD Civil3D. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en las alcantarillas:

Tabla 53
Verificación Hidráulica

ALCANTARILLA	CAUDAL (m ³ /s)	DIÁMETRO (Pulg)	V. MÁX. (m/s)	TIRANTE MÁX. (m)	RELACIÓN Y/D
A - 01	0.19	36	1.53	0.33	0.36
A - 02	0.89	36	3.45	0.81	0.88
A - 03	0.44	36	2.47	0.52	0.57
A - 04	0.72	36	3.22	0.7	0.76
A - 05	0.49	36	1.98	0.57	0.62
A - 06	1.93	48	2.53	1.14	0.94
A - 07	0.42	36	2.43	0.51	0.55
A - 08	0.82	36	2.27	0.78	0.85

Nota: Elaboración propia.

Según estos resultados se concluye lo siguiente:

- Respecto a las velocidades máximas, se observa que las velocidades obtenidas se encuentran en un rango aceptable, siendo soportadas por el material de las alcantarillas (Acero corrugado).
- Respecto a los tirantes máximos, se observa que en las alcantarillas:

A - 02, A - 04, A - 06 y A - 08, los tirantes que se producen dentro de la alcantarilla superan el 75% del diámetro. Por lo cual se recomienda el redimensionamiento de estas.

Sin embargo, para el modelamiento de nuestras alcantarillas se han considerado las dimensiones existentes, ya que bajo estas condiciones se puede comparar los resultados obtenidos en cálculo con los observados en campo.

- Ver los reportes obtenidos en el Hydraflow Express - (Anexo-04)

5.3. Modelamiento en HEC-RAS

Para el siguiente análisis hidráulico se empleó el programa HEC-RAS del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, el cual permite modelar perfiles de la superficie de agua bajo regímenes de flujo suscritico, supercrítico y mixto, donde las pérdidas de energía son evaluadas por fricción y por contracción/expansión.

El modelo numérico incluido en este programa permite realizar análisis de flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre. El procedimiento de cómputo básico se basa en la solución de la ecuación de energía unidimensional, las pérdidas de energía son valoradas por la fricción, la contracción y la expansión.

El programa requiere como datos básicos el ingreso de datos geométricos, conformados por las secciones transversales de la quebrada, datos geométricos de la alcantarilla, datos del flujo, rugosidad (alcantarilla TMC, cauce y geomanta) y las condiciones de frontera límite.

El programa proporciona listados y gráficos de los perfiles de la superficie de agua, niveles de fondo, líneas de energía; así mismo la velocidad media en la sección, tirante, el área y perímetro mojado, que constituyen información necesaria para definir los parámetros hidráulicos (velocidad y esfuerzos cortantes) que permiten evaluar la resistencia de la geomanta.

Una vez determinado el caudal de diseño en las 8 alcantarillas seleccionadas, se procedió a calcular el perfil del flujo para la avenida de 50 años de periodo de retorno, con el objetivo de calcular el nivel de agua máximo extraordinario – NAME y la profundidad de socavación, respectivamente.

5.3.1. Generación de secciones en AutoCAD Civil 3D

Para el modelamiento hidráulico se trazó el eje de cada alcantarilla, el cual va desde aguas abajo hacia aguas arriba. Además, se generaron secciones transversales cada 2 m, esto con ayuda del programa AutoCAD Civil3D.

5.3.2. Resultados del modelamiento para un Tr de 50 años

Se procedió al modelamiento hidráulico de las 8 alcantarillas en el programa HEC-RAS con un coeficiente de Manning de 0.030 para la geomanta. En las siguientes figuras se muestran vistas de planta, vista 3d, perfil longitudinal, secciones aguas arriba y secciones aguas debajo de cada alcantarilla.

Vista en planta del modelo hidráulico en HEC-RAS

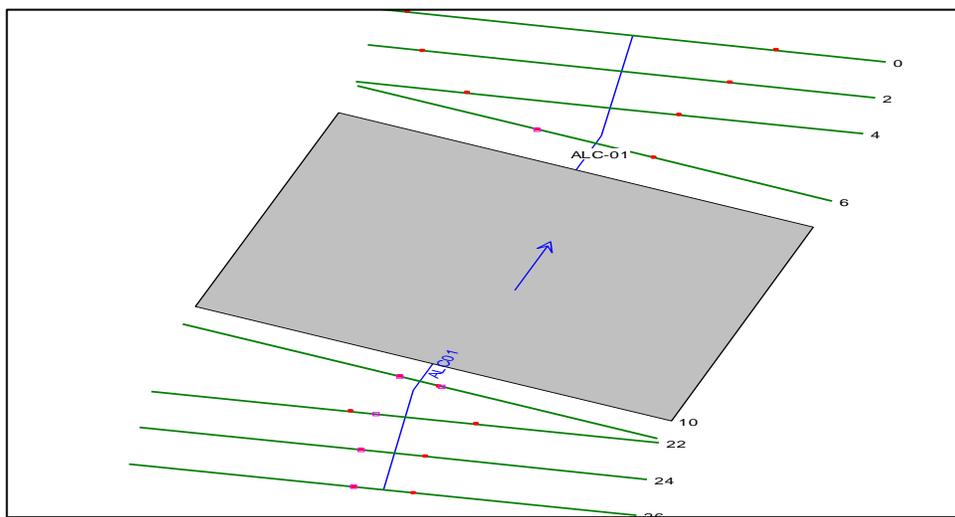


Figura 52. Alcantarilla N°1, Progresiva -30+160 (Vista en planta HEC-RAS) por elaboración propia.

Vista en planta el modelo en 3d, para un Tr de 50 años

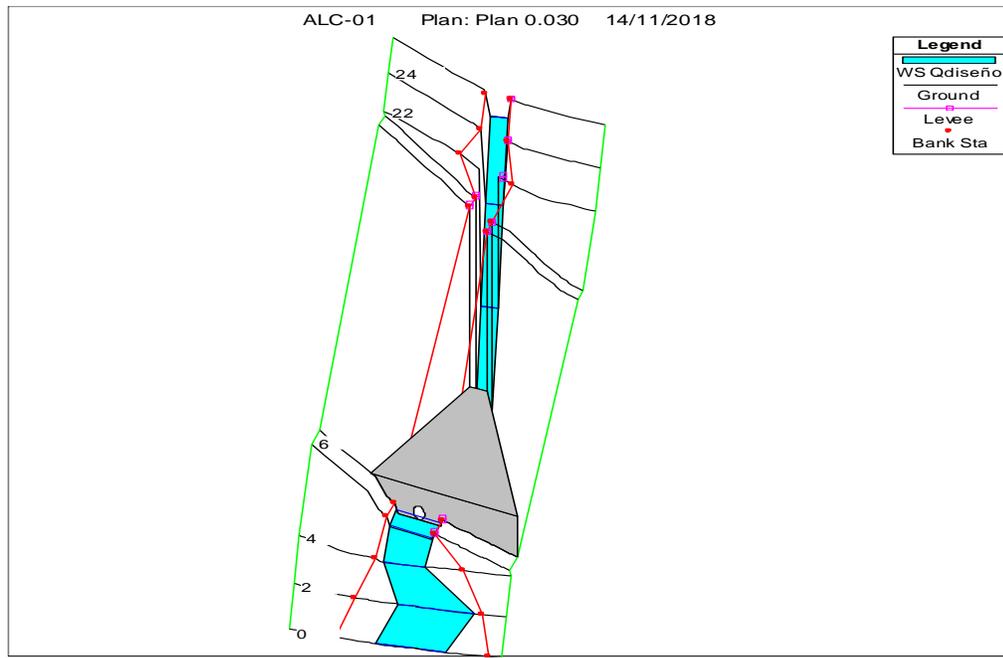


Figura 53. Alcantarilla N°1, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Perfil del modelo hidráulico, para un Tr de 50 años

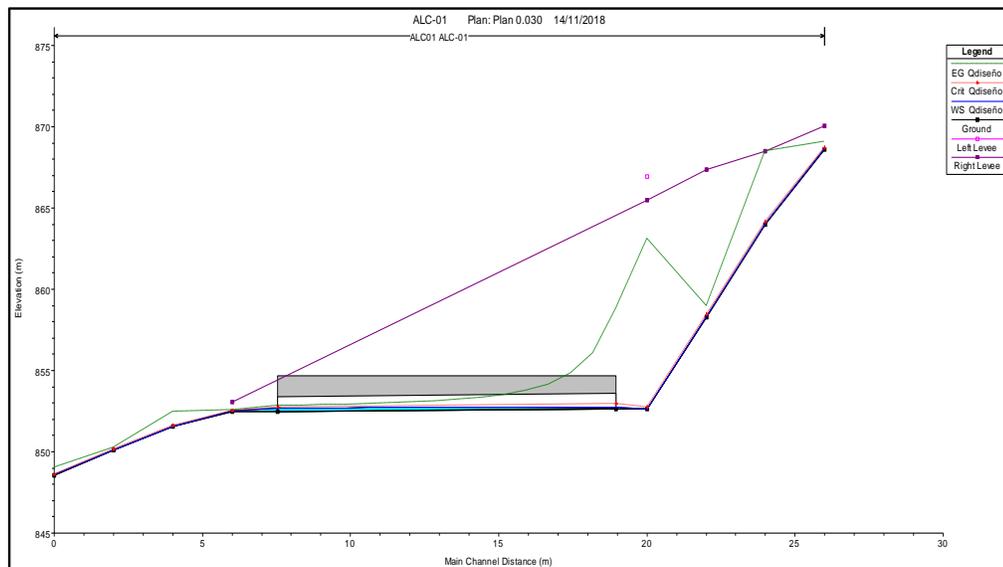


Figura 54. Alcantarilla N°1, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas arriba, para un Tr de 50 años

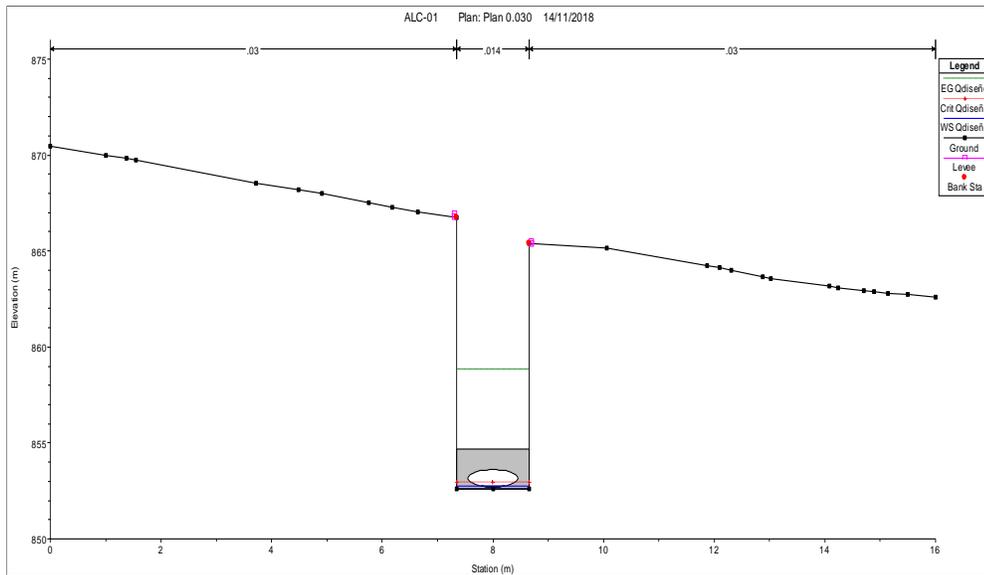


Figura 55. Alcantarilla N°1, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas abajo, para un Tr de 50 años

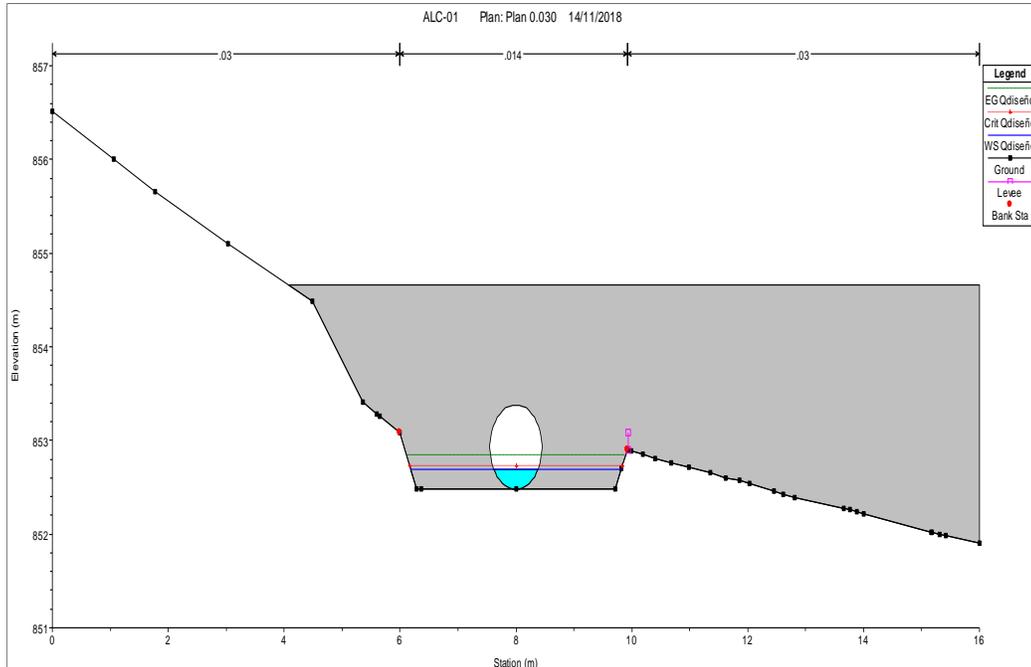


Figura 56. Alcantarilla N°1, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos para un Tr de 50 años.

Tabla 54

Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°1, Progresiva - 30+160.

CAUDAL MÁX. (m ³ /s)	SECCIONES	NAME (msnm)	TIRANTE MÁXIMO (m)	VELOCIDAD (m/s)
0.19	0+030 (Aguas arriba)	852.96	0.25	1.32
	0+030 (Agua abajo)	852.71	0.23	1.53

Nota: Elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento de la alcantarilla N°2 que se encuentra ubicada en la progresiva 32+130.

Vista en planta del modelo hidráulico en HEC-RAS

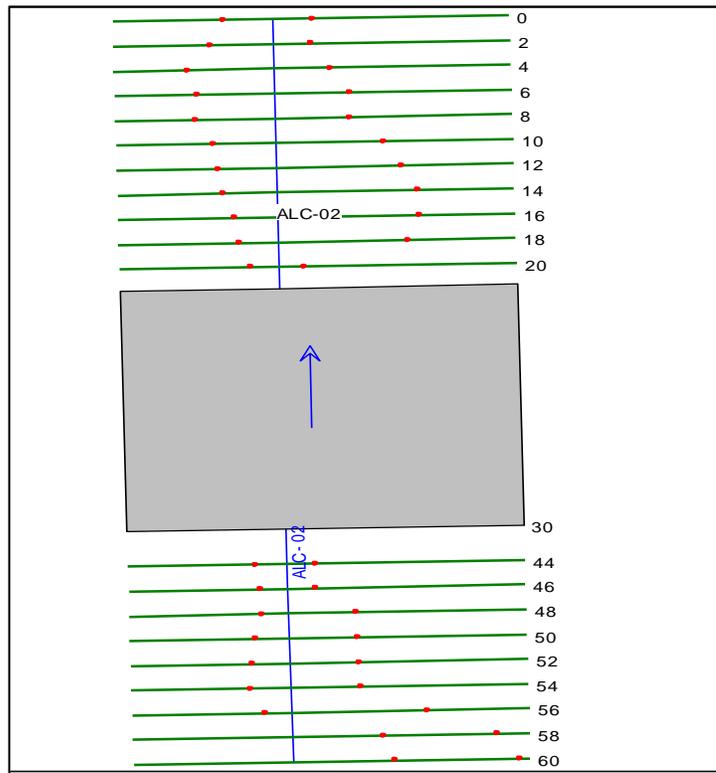


Figura 57. Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130 (Vista en planta HEC-RAS) por elaboración propia.

Vista en planta el modelo en 3d, para un Tr de 50 años

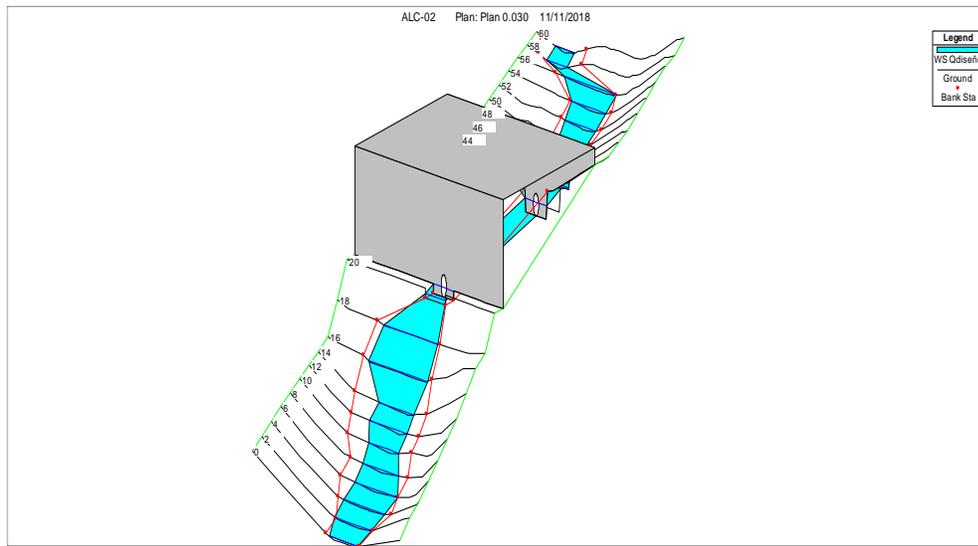


Figura 58. Alcantarilla N°2, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Perfil del modelo hidráulico, para un Tr de 50 años

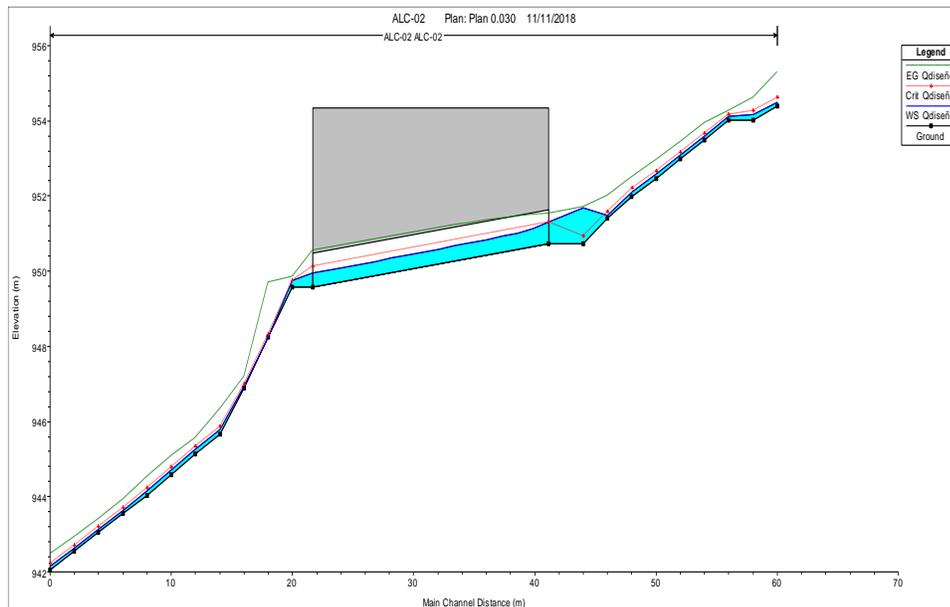


Figura 59. Alcantarilla N°2, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas arriba, para un Tr de 50 años

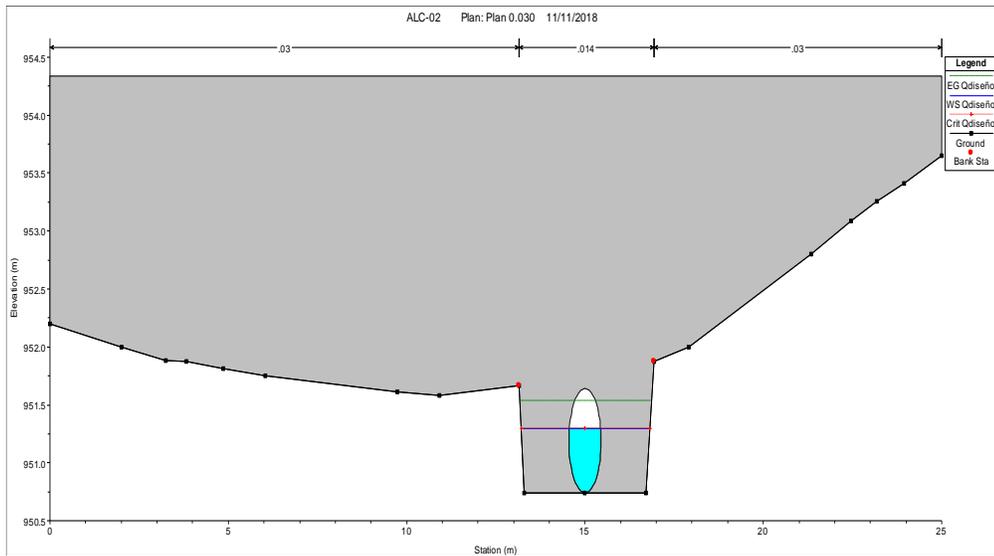


Figura 60. Alcantarilla N°2, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración

Sección aguas abajo, para un Tr de 50 años

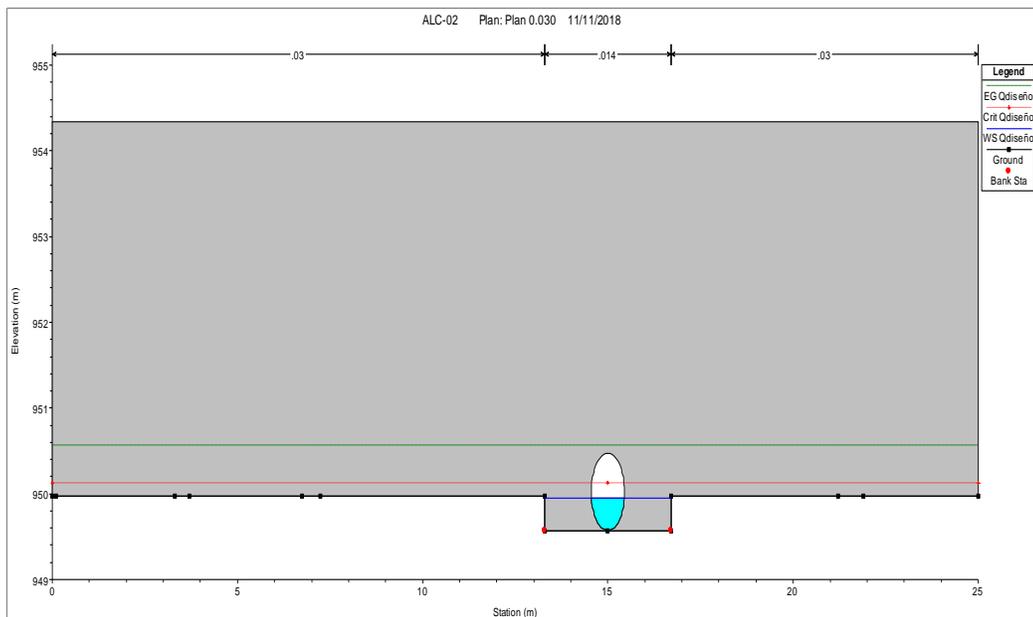


Figura 61. Alcantarilla N°2, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos para un Tr de 50 años.

Tabla 55

Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130

CAUDAL MÁX. (m ³ /s)	SECCIONES	NAME (msnm)	TIRANTE MÁXIMO (m)	VELOCIDAD (m/s)
0.89	0+030 (Aguas arriba)	951.3	0.56	2.15
	0+030 (Agua abajo)	949.95	0.38	3.47

Nota: Elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento de la alcantarilla N°3 que se encuentra ubicada en la progresiva 64+810.

Vista en planta del modelo hidráulico en HEC-RAS

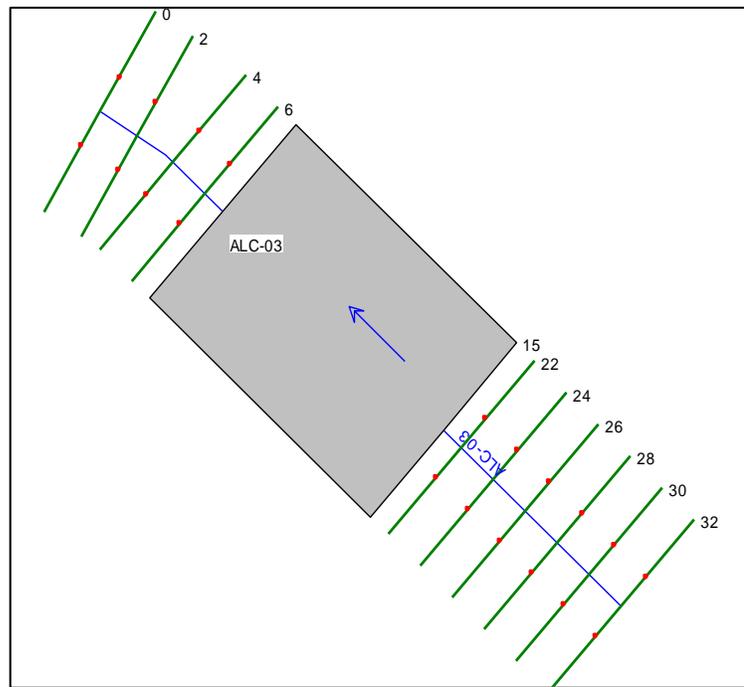


Figura 62. Alcantarilla N°3, Progresiva -64+810 (Vista en planta HEC-RAS), por Elaboración propia.

Vista en planta el modelo en 3d, para un Tr de 50 años

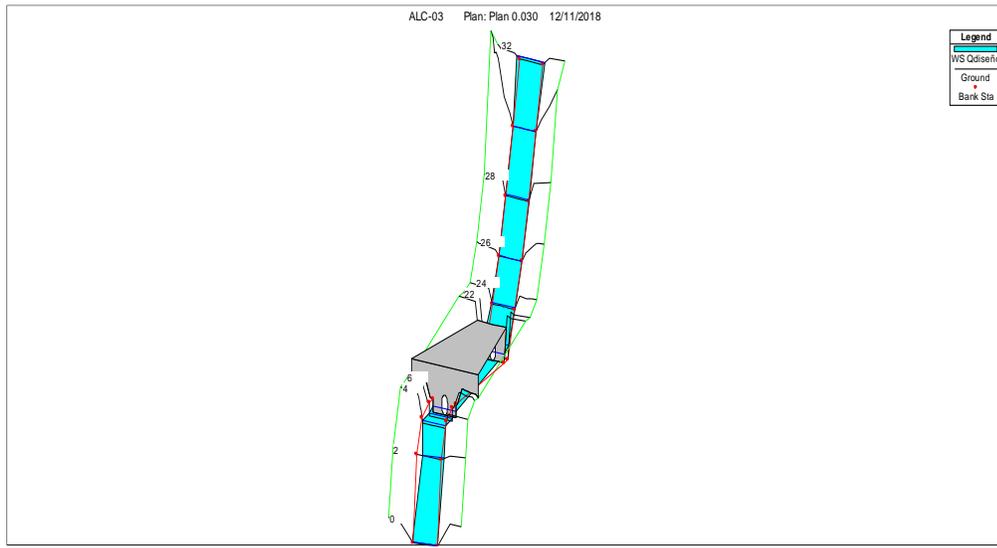


Figura 63. Alcantarilla N°3, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Perfil del modelo hidráulico, para un Tr de 50 años

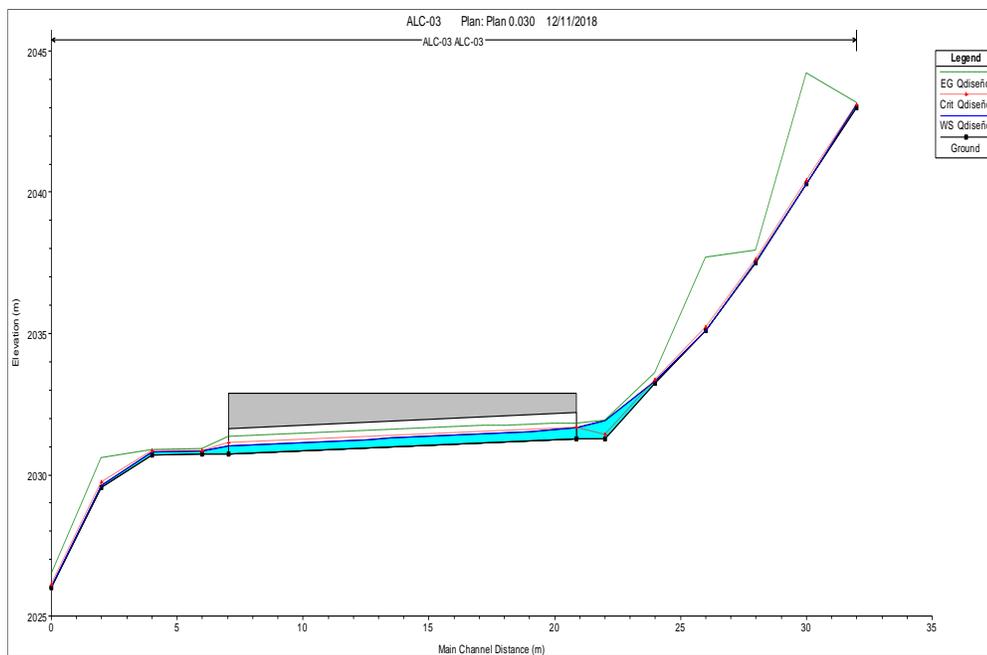


Figura 64. Alcantarilla N°3, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas arriba, para un Tr de 50 años

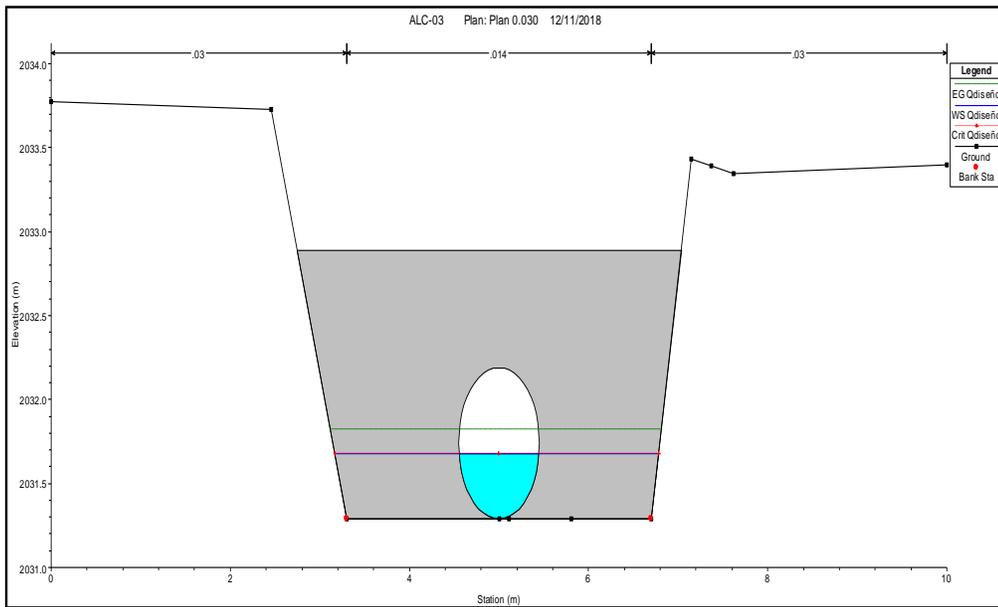


Figura 65. Alcantarilla N°3, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

Sección aguas abajo, para un Tr de 50 años

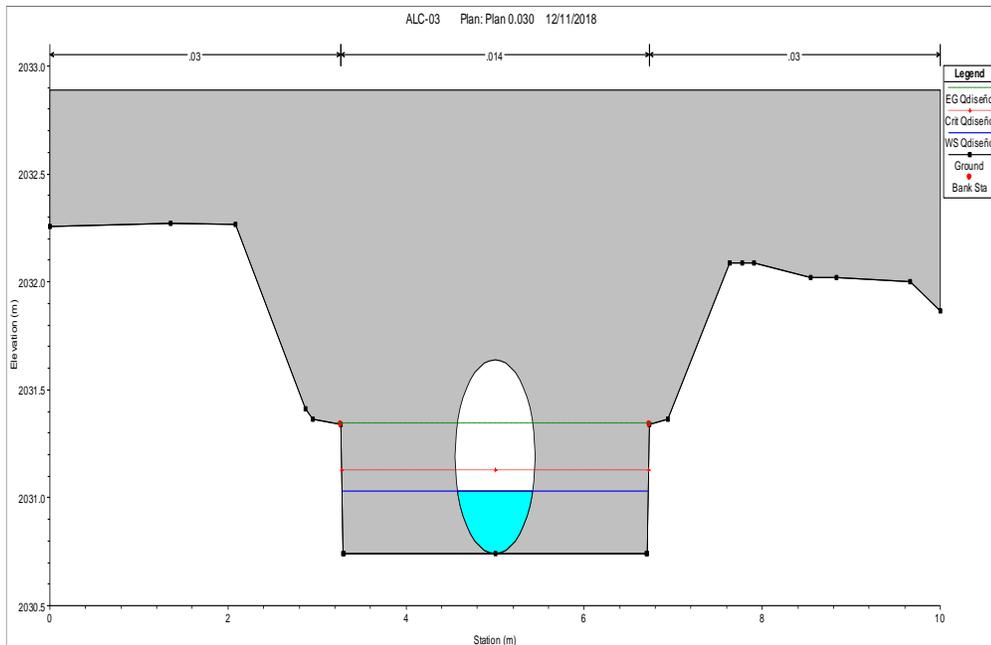


Figura 66. Alcantarilla N°3, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos para un Tr de 50 años.

Tabla 56

Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°3, Progresiva - 64+810

CAUDAL MÁX. (m ³ /s)	SECCIONES	NAME (msnm)	TIRANTE MÁXIMO (m)	VELOCIDAD (m/s)
0.44	0+015 (Aguas arriba)	2031.68	0.39	1.69
	0+015 (Agua abajo)	2031.03	0.29	2.49

Nota: Elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento de la alcantarilla N°4 que se encuentra ubicada en la progresiva 65+909.

Vista en planta del modelo hidráulico en HEC-RAS

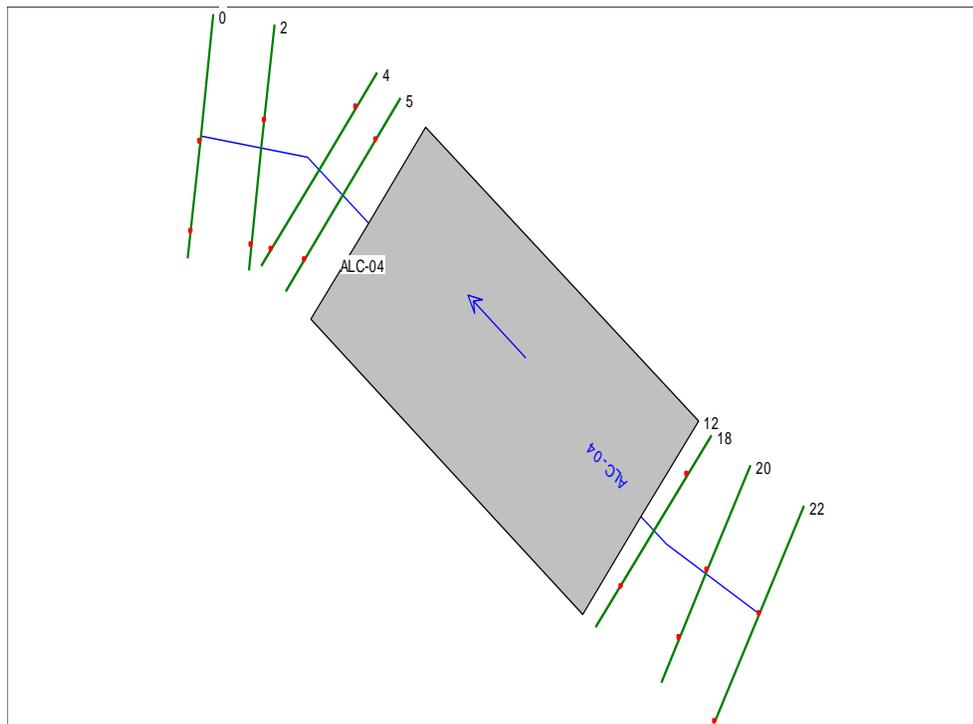


Figura 67. Alcantarilla N°4, Progresiva -65+909 (Vista en planta HEC-RAS), por elaboración propia.

Vista en planta el modelo en 3d, para un Tr de 50 años

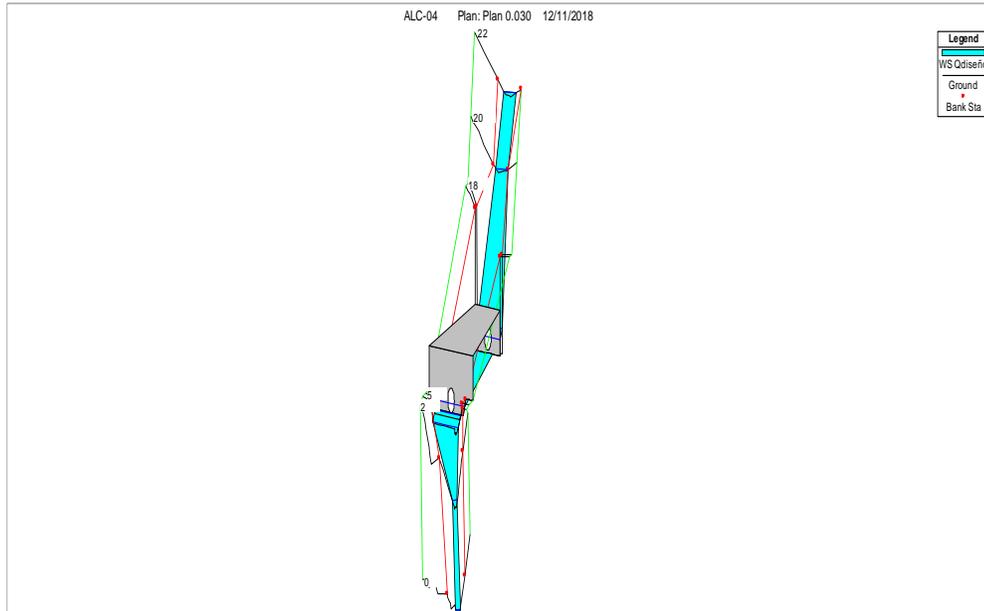


Figura 68. Alcantarilla N°4, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Perfil del modelo hidráulico, para un Tr de 50 años

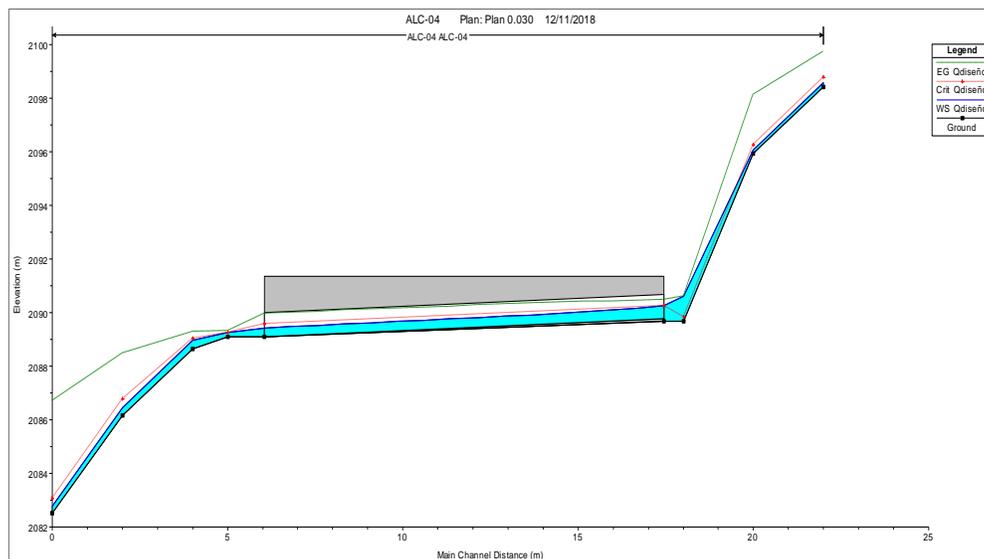


Figura 69. Alcantarilla N°4, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas arriba, para un Tr de 50 años

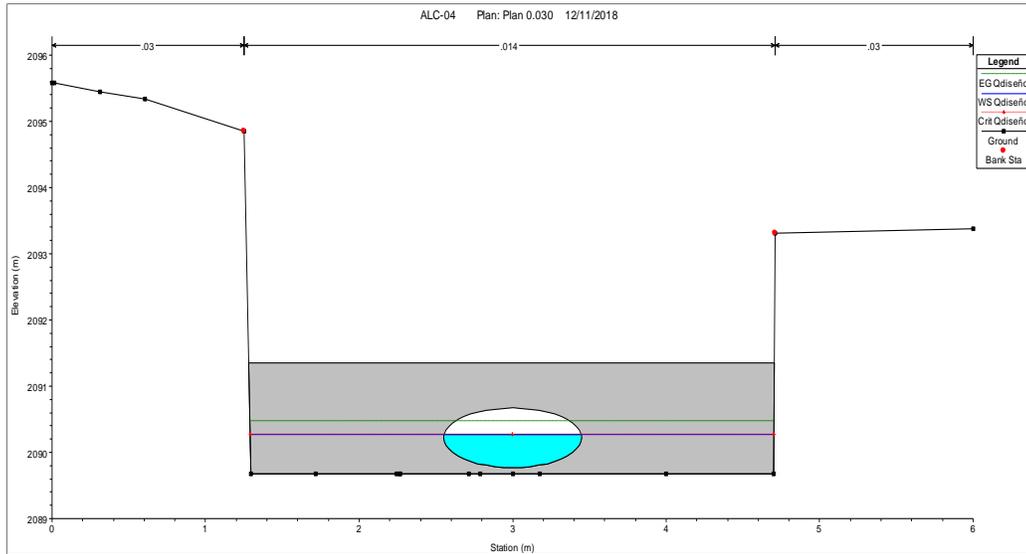


Figura 70. Alcantarilla N°4, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas abajo, para un Tr de 50 años

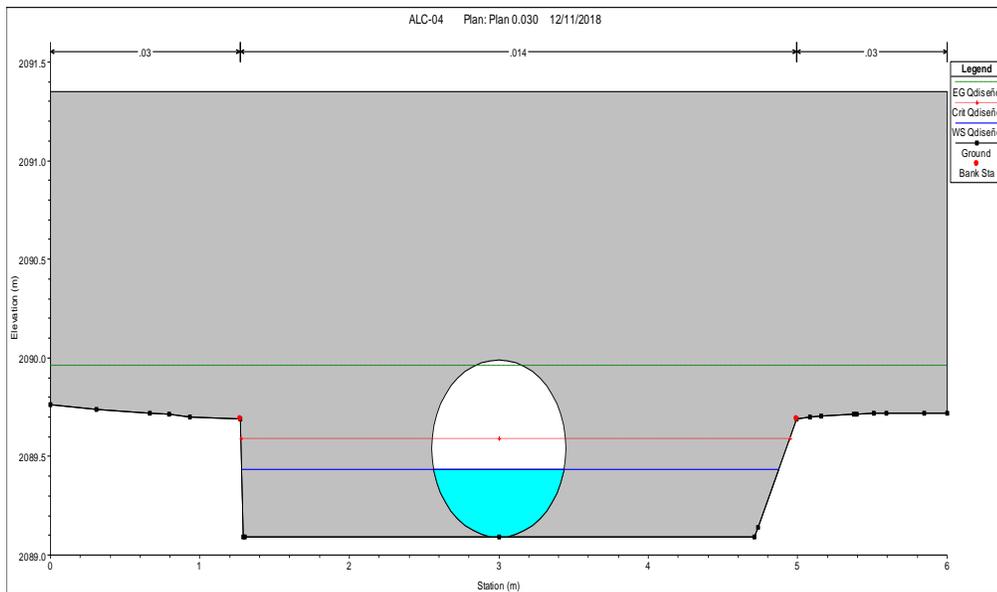


Figura 71. Alcantarilla N°4, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos para un Tr de 50 años.

Tabla 57

Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°4, Progresiva - 65+909

CAUDAL MÁX. (m ³ /s)	SECCIONES	NAME (msnm)	TIRANTE MÁXIMO (m)	VELOCIDAD (m/s)
0.72	0+012 (Aguas arriba)	2090.27	0.5	1.99
	0+012 (Agua abajo)	2089.44	0.35	3.21

Nota: Elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento de la alcantarilla N°5 que se encuentra ubicada en la progresiva 71+820.

Vista en planta del modelo hidráulico en HEC-RAS

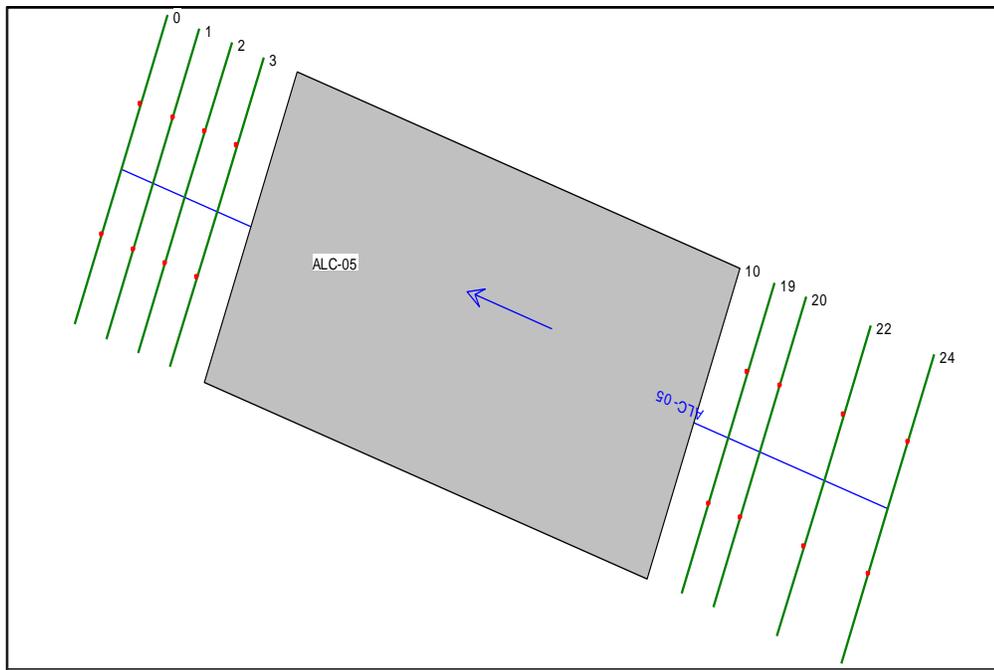


Figura 72. Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820 (Vista en planta HEC-RAS) por elaboración propia.

Vista en planta el modelo en 3d, para un Tr de 50 años



Figura 73. Alcantarilla N°5, (Vista en planta para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

Perfil del modelo hidráulico, para un Tr de 50 años

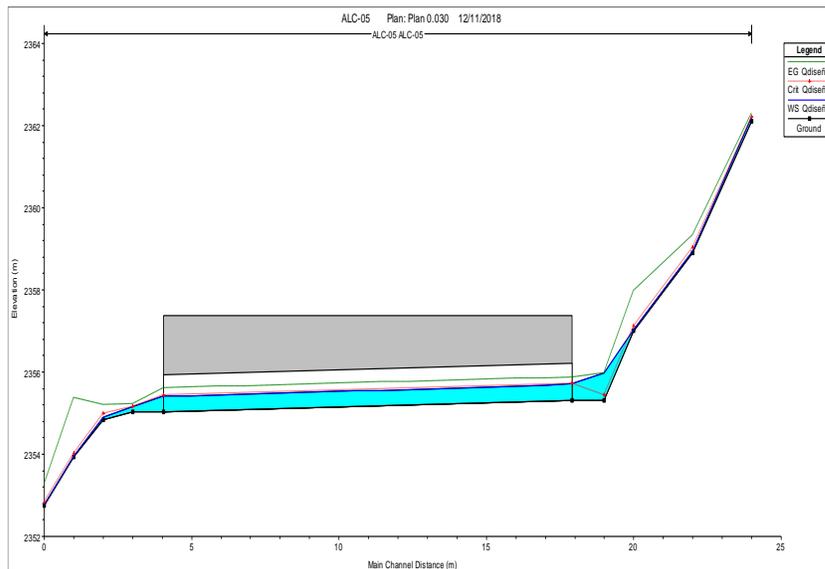


Figura 74. Alcantarilla N°5, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

Sección aguas arriba, para un Tr de 50 años

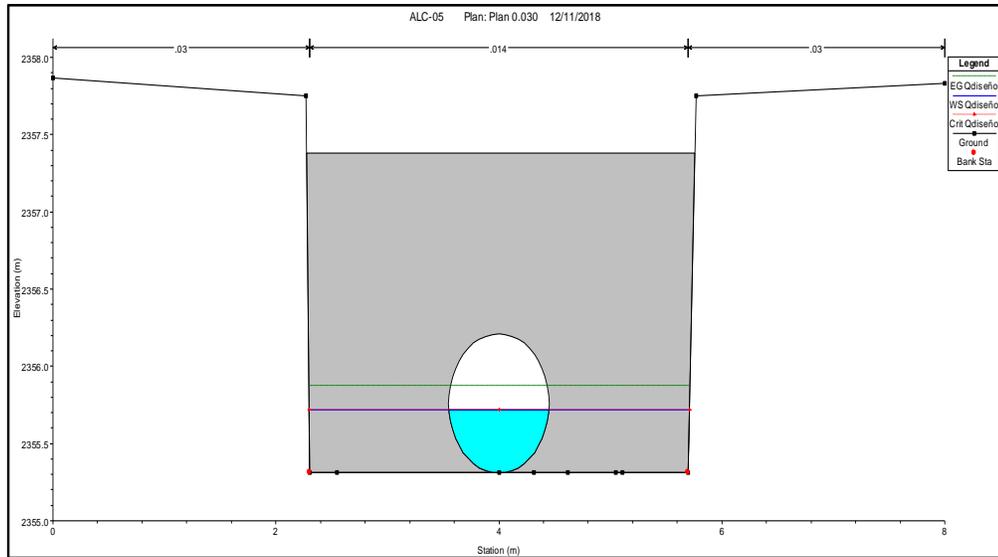


Figura 75. Alcantarilla N°5, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas abajo, para un Tr de 50 años

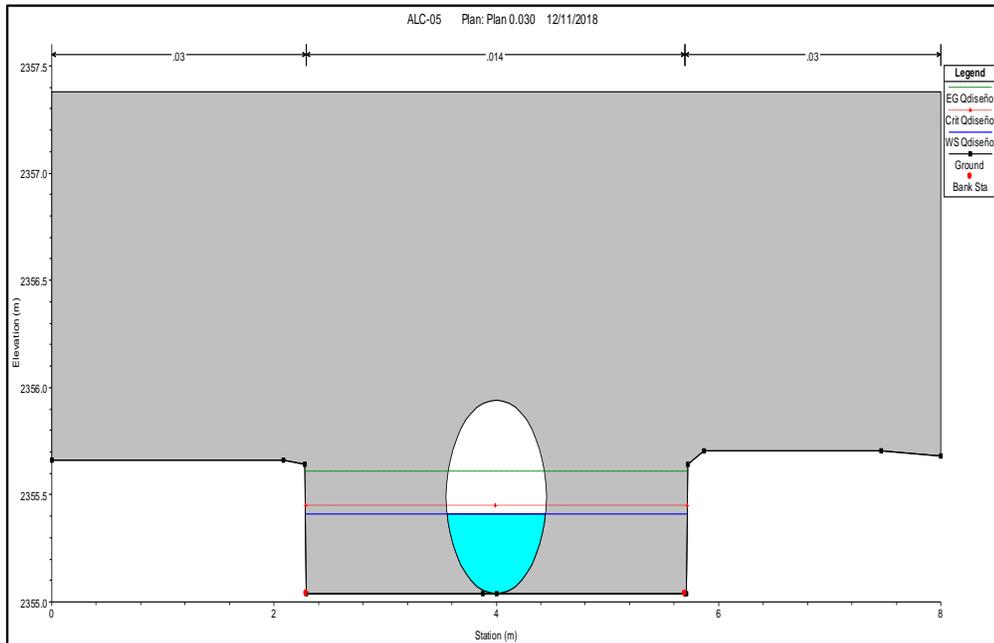


Figura 76. Alcantarilla N°5, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos para un Tr de 50 años.

Tabla 58.

Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820

CAUDAL MÁX. (m ³ /s)	SECCIONES	NAME (msnm)	TIRANTE MÁXIMO (m)	VELOCIDAD (m/s)
0.49	0+010 (Aguas arriba)	2355.72	0.41	1.75
	0+010 (Agua abajo)	2355.41	0.37	1.97

Nota: Elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento de la alcantarilla N°6 que se encuentra ubicada en la progresiva 74+140.

Vista en planta del modelo hidráulico en HEC-RAS

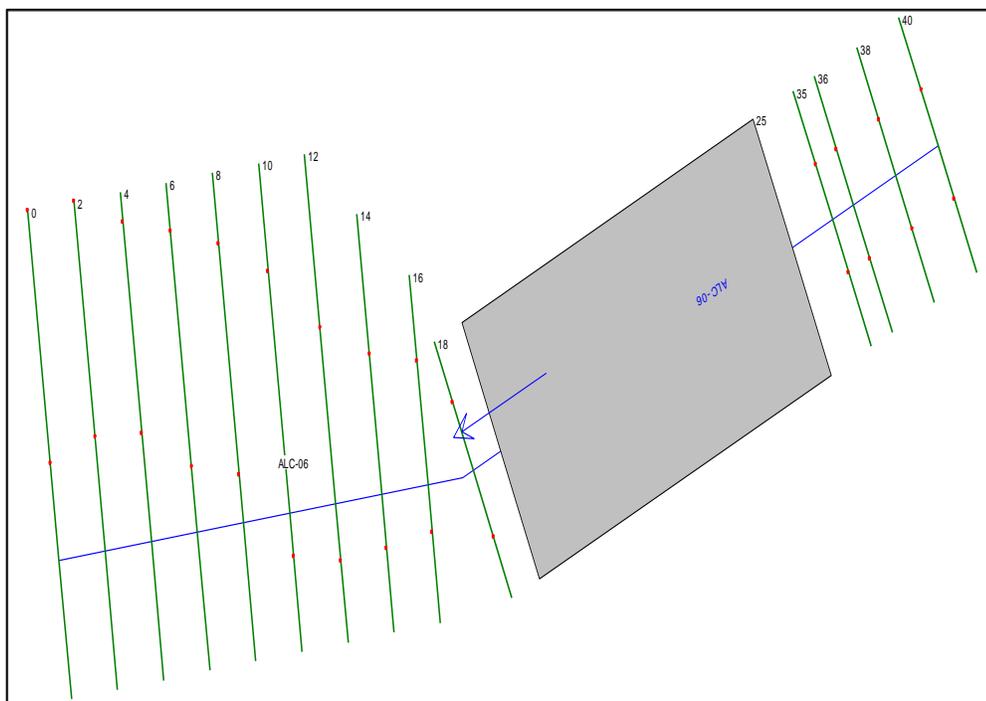


Figura 77. Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140 (Vista en planta HEC-RAS), por elaboración propia.

Vista en planta el modelo en 3d, para un Tr de 50 años

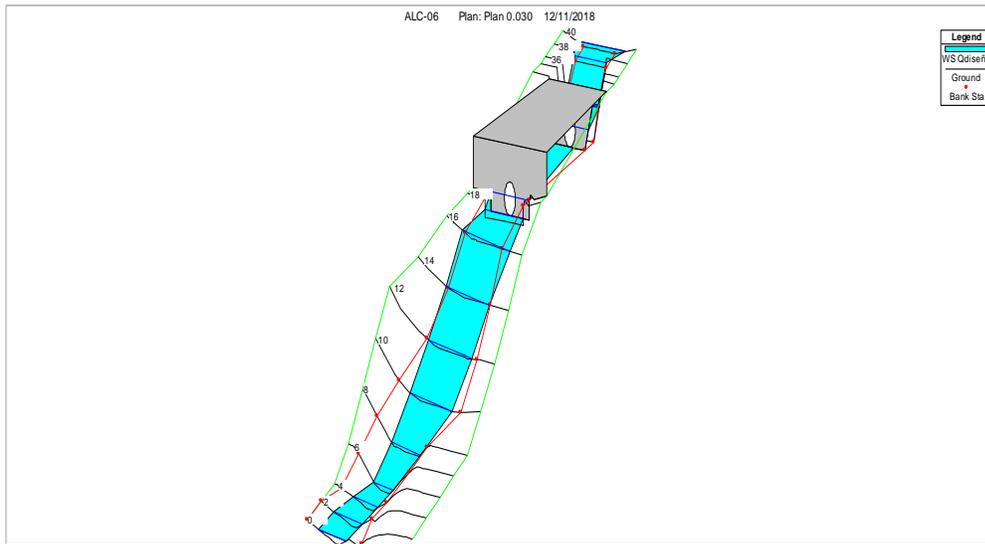


Figura 78. Alcantarilla N°6, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración.

Perfil del modelo hidráulico, para un Tr de 50 años

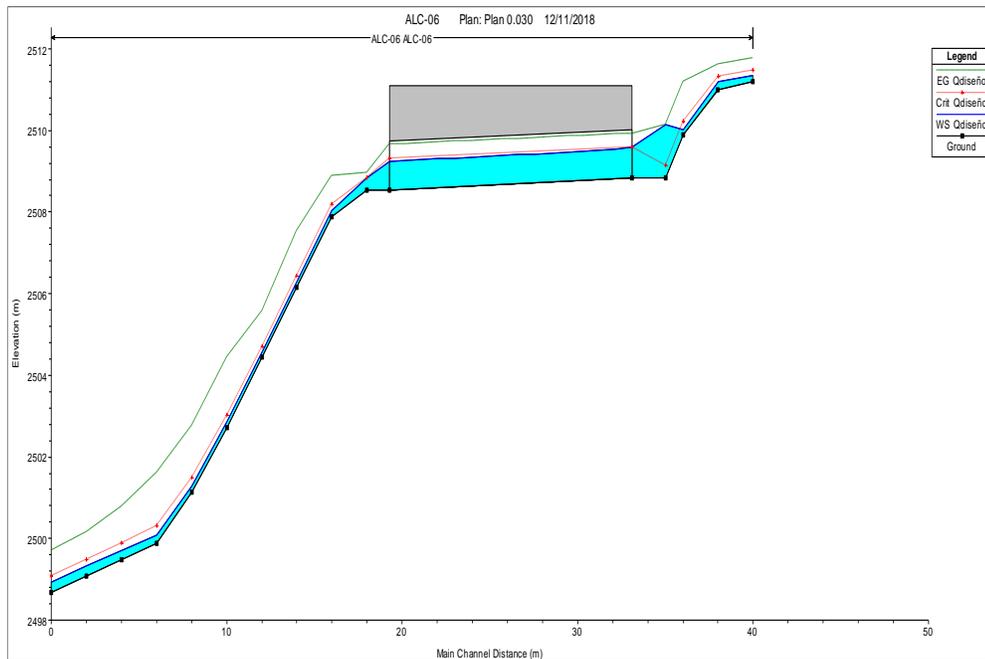


Figura 79. Alcantarilla N°6, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos para un Tr de 50 años.

Tabla 59

Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140

CAUDAL MÁX. (m ³ /s)	SECCIONES	NAME (msnm)	TIRANTE MÁXIMO (m)	VELOCIDAD (m/s)
1.93	0+025 (Aguas arriba)	2509.59	0.76	2.54
	0+025 (Agua abajo)	2509.25	0.70	2.83

Nota: Elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento de la alcantarilla N°7 que se encuentra ubicada en la progresiva 76+700.

Vista en planta del modelo hidráulico en HEC-RAS

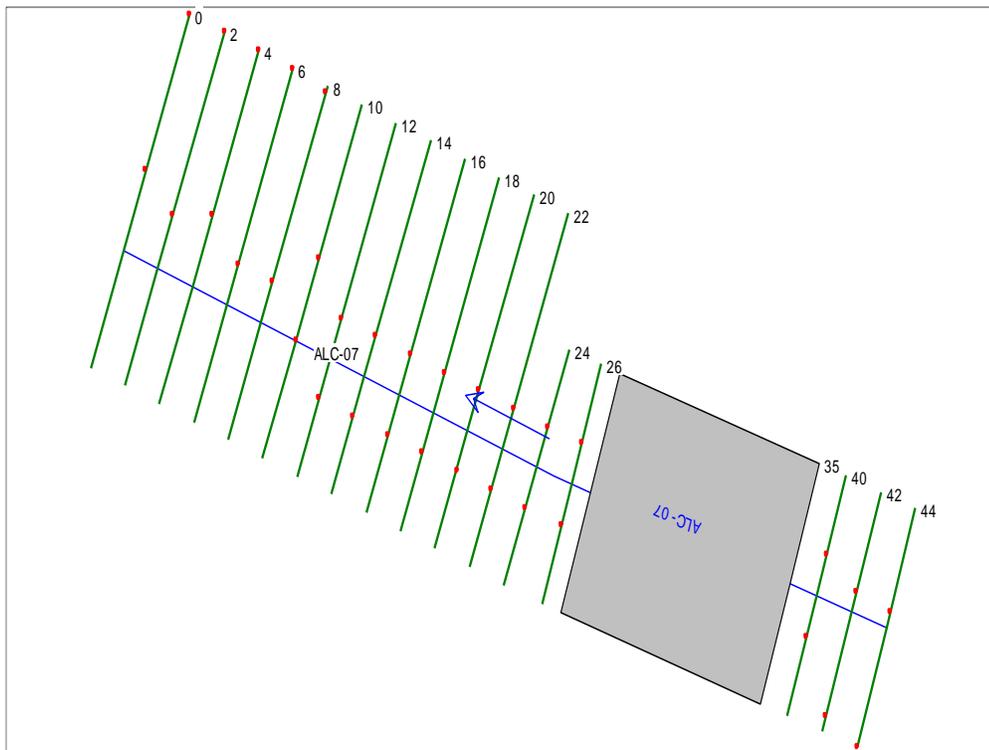


Figura 82. Alcantarilla N°7, (Vista en planta HEC-RAS), por elaboración propia.

Vista en planta el modelo en 3d, para un Tr de 50 años

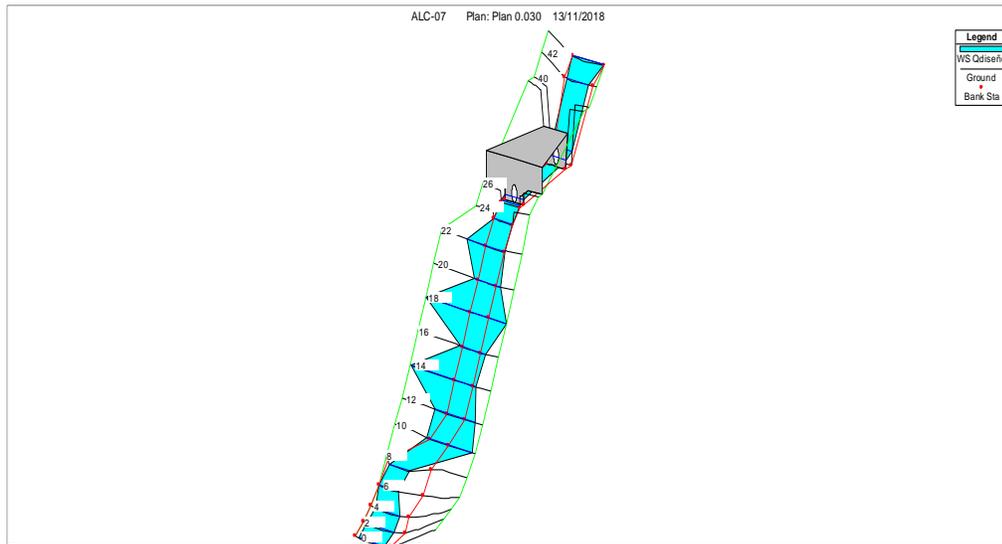


Figura 83. Alcantarilla N°7, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Perfil del modelo hidráulico, para un Tr de 50 años

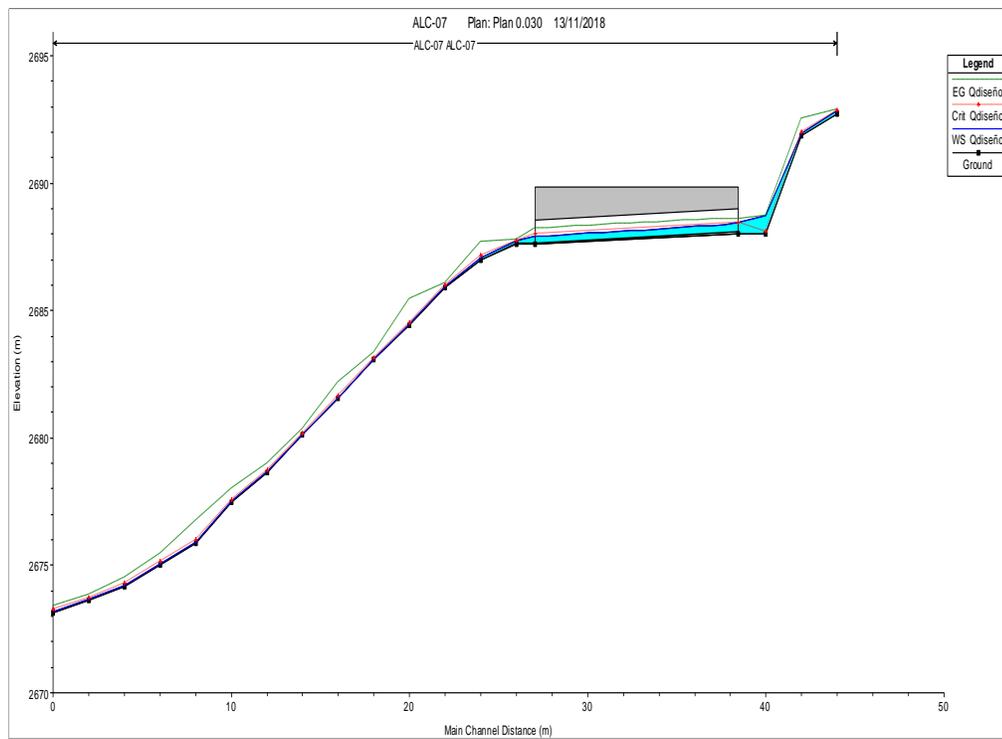


Figura 84. Alcantarilla N°7, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas arriba, para un Tr de 50 años

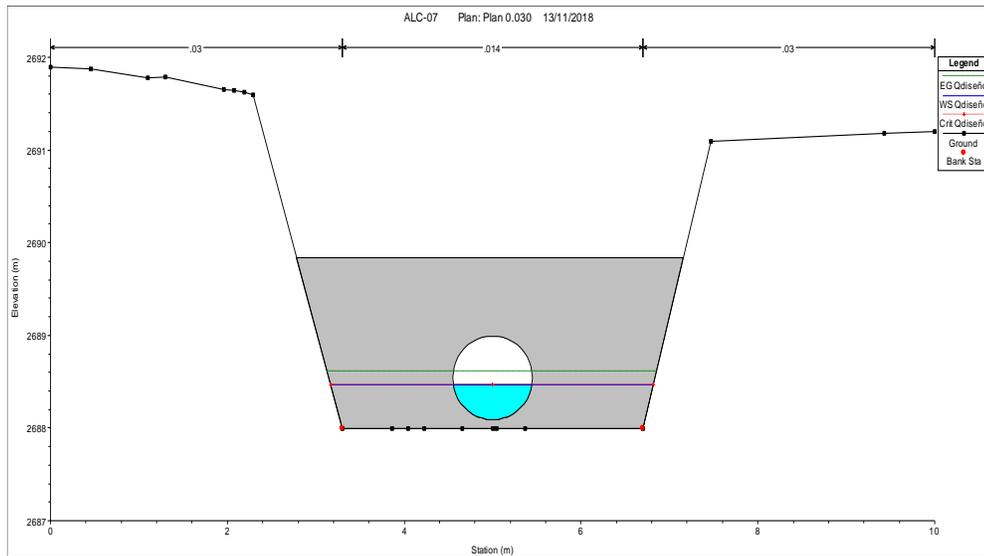


Figura 85. Alcantarilla N°7, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

Sección aguas abajo, para un Tr de 50 años

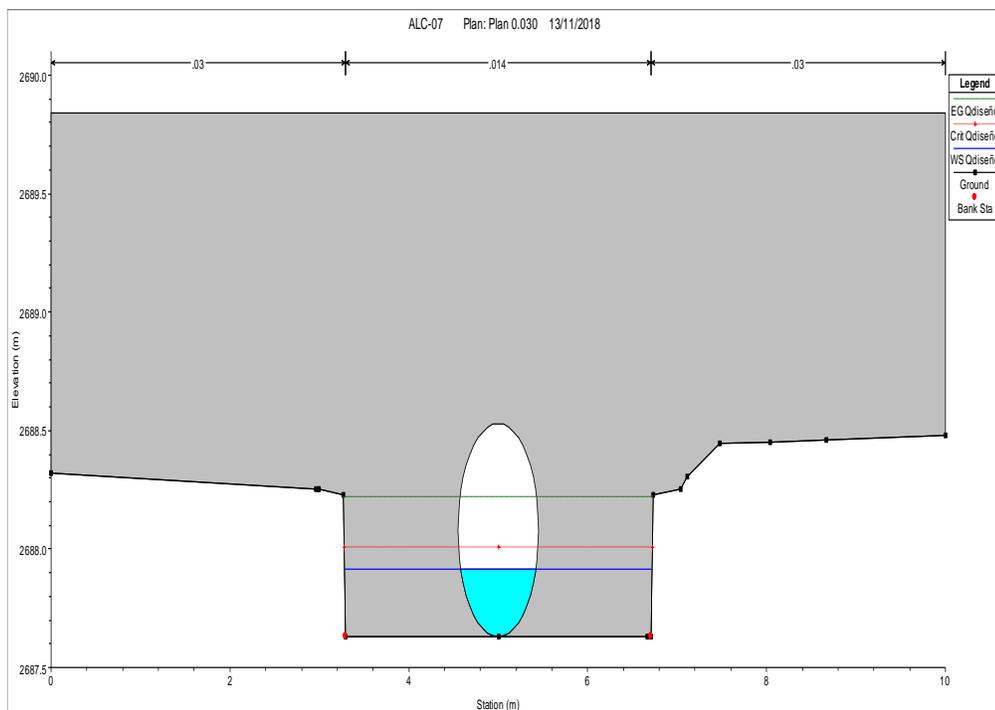


Figura 86. Alcantarilla N°7, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos para un Tr de 50 años.

Tabla 60

Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°7, Progresiva - 76+700

CAUDAL MÁX. (m ³ /s)	SECCIONES	NAME (msnm)	TIRANTE MÁXIMO (m)	VELOCIDAD (m/s)
0.42	0+035 (Aguas arriba)	2688.47	0.51	1.67
	0+035 (Agua abajo)	2687.91	0.28	2.45

Nota: Elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento de la alcantarilla N°8 que se encuentra ubicada en la progresiva 76+892.

Vista en planta del modelo hidráulico en HEC-RAS

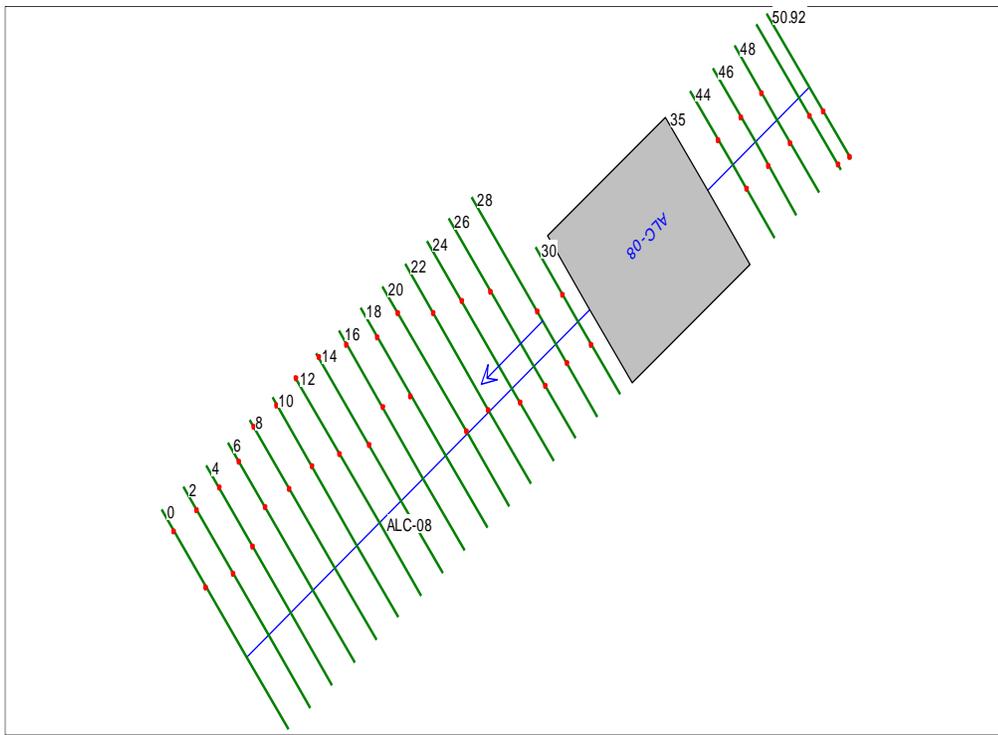


Figura 87. Alcantarilla N°8, Progresiva -76+892 (Vista en planta HEC-RAS), por elaboración propia.

Vista en planta el modelo en 3d, para un Tr de 50 años

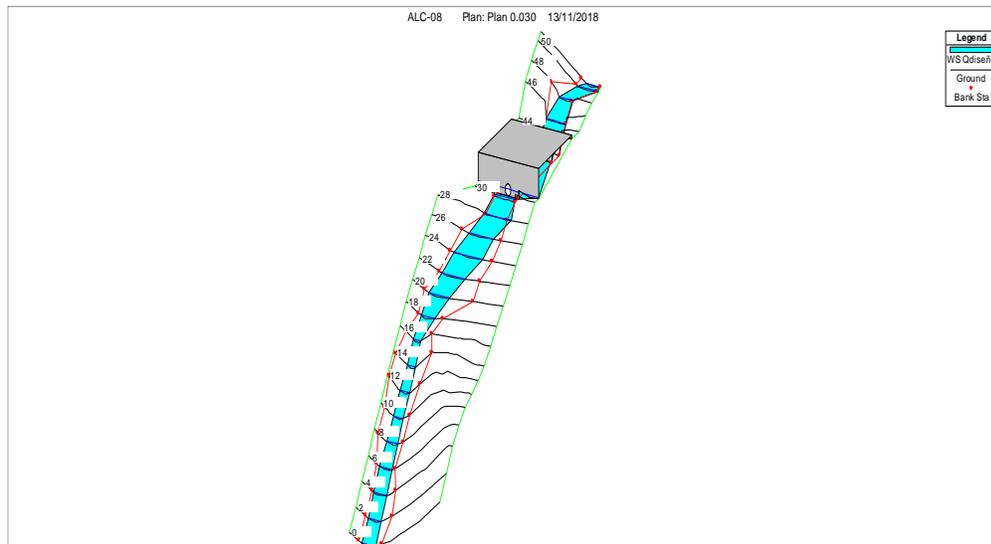


Figura 88. Alcantarilla N°8, (Vista en planta para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Perfil del modelo hidráulico, para un Tr de 50 años

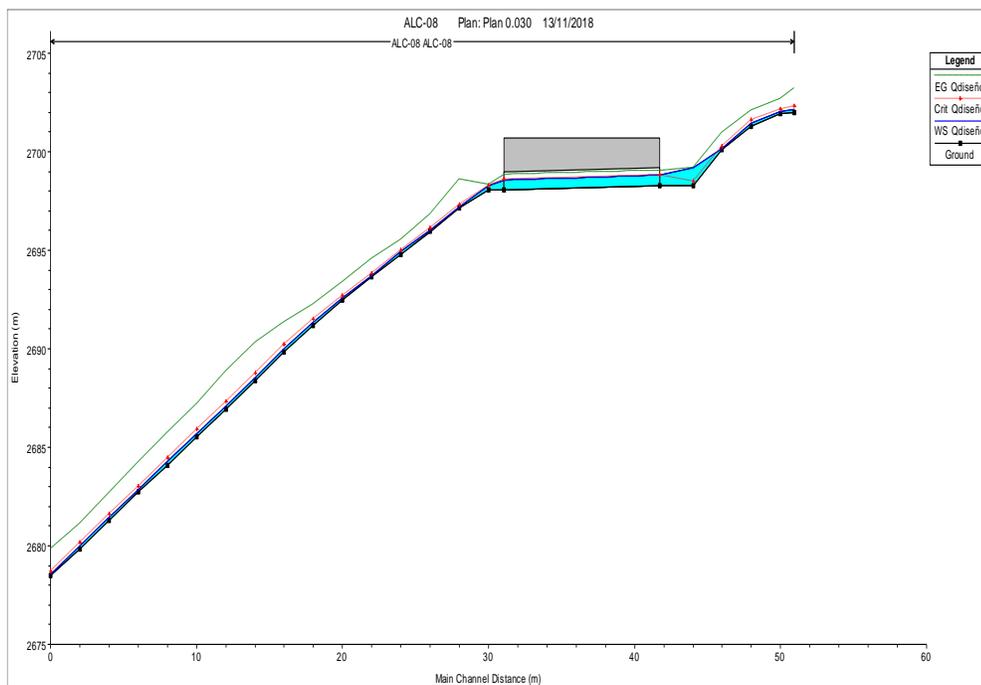


Figura 89. Alcantarilla N°8, (Perfil del modelo hidráulico para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

Sección aguas arriba, para un Tr de 50 años

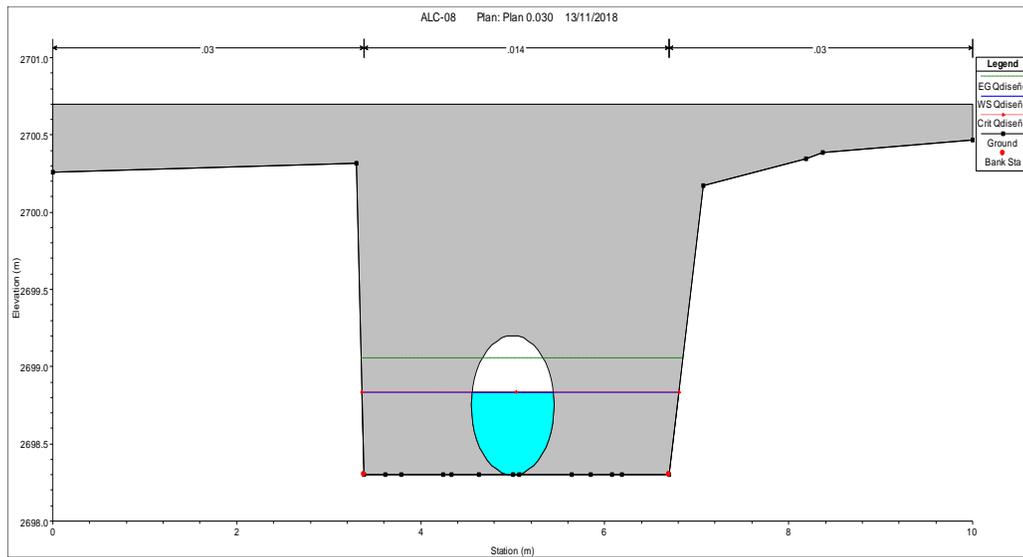


Figura 90. Alcantarilla N°8, (Sección aguas arriba para un Tr de 50 años), por elaboración propia.

Sección aguas abajo, para un Tr de 50 años

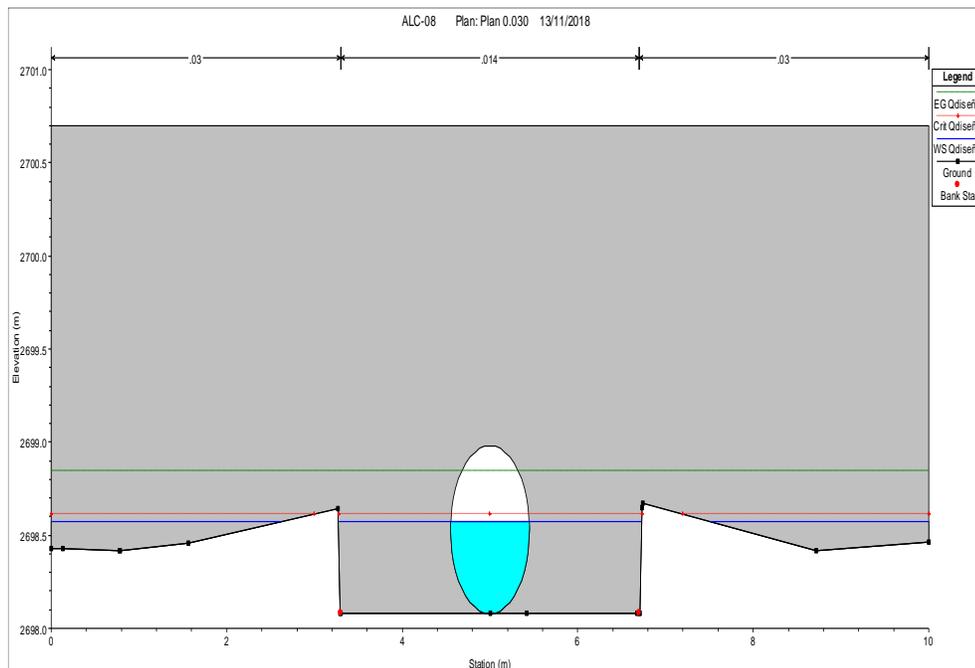


Figura 91. Alcantarilla N°8, (Sección aguas abajo para un Tr de 50 años) por elaboración propia.

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos para un Tr de 50 años.

Tabla 61

Resumen del modelo HEC-RAS, Alcantarilla N°8, Progresiva - 76+892

CAUDAL MÁX. (m ³ /s)	SECCIONES	NAME (msnm)	TIRANTE MÁXIMO (m)	VELOCIDAD (m/s)
0.82	0+035 (Aguas arriba)	2698.83	0.53	2.09
	0+035 (Agua abajo)	2698.57	0.49	2.3

Nota: Elaboración propia.

Se procedió a realizar el modelamiento para las geomantas con coeficiente de Manning 0.028 y 0.033 los cuales se muestran en el Anexo 05.

- Ver los reportes obtenidos en el HEC RAS - (Anexo-05)

5.4. Modelamiento en IBER

El modelo IBER consta de un módulo hidrodinámico que permite la simulación bidimensional de cauces (y en consecuencia posibilita la definición de zonas inundables, la delimitación de vías de intenso desagüe o en general la zonificación del Dominio Público Hidráulico), un módulo de turbulencia y un módulo de transporte sólido por arrastre de fondo y en suspensión para la cuantificación de procesos de erosión y sedimentación.

Los campos de aplicación de la versión actual de IBER son:

- Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales;
- Evaluación de zonas inundables y cálculo de las zonas de flujo preferente;
- Cálculos de rotura de presa;
- Cálculo hidráulico de encauzamientos;
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre;
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios;
- Estabilidad de los sedimentos del lecho; y
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular.

5.4.1. Etapa de Pre-proceso del modelo matemático IBER.

El mallado para el cálculo del modelo bidimensional se realizó en base a la topografía presentada en el estudio Topográfico del “Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lima-Canta –La Viuda Unish, Tramo: Lima-Canta” – MTC 2014, empleándose una malla no estructurada formada por triángulos con tamaños que varían entre 0.3 a 2.0 m.

5.4.2. Resultados del modelo IBER- sin disipador.

Para el desarrollo de estos modelos se utilizaron los siguientes coeficientes de Manning:

Tabla 62

Coefficiente de Manning en el modelo IBER

TIPO DE MATERIAL	COEFICIENTE DE MANNING
Geomanta	0.030
Cauce natural	0.035
Cabezales de concreto	0.014
Alcantarilla TMC	0.024

Nota: Elaboración propia.

Se procedió al modelamiento hidráulico de las 8 alcantarillas en el programa IBER, donde se obtuvieron las siguientes figuras que muestran los mapas de velocidades, mapas de tirantes y mapas de esfuerzo cortante sobre el revestimiento con geomanta de cada alcantarilla.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento IBER de la alcantarilla N°1 que se encuentra ubicada en la progresiva 30+130.

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en IBER

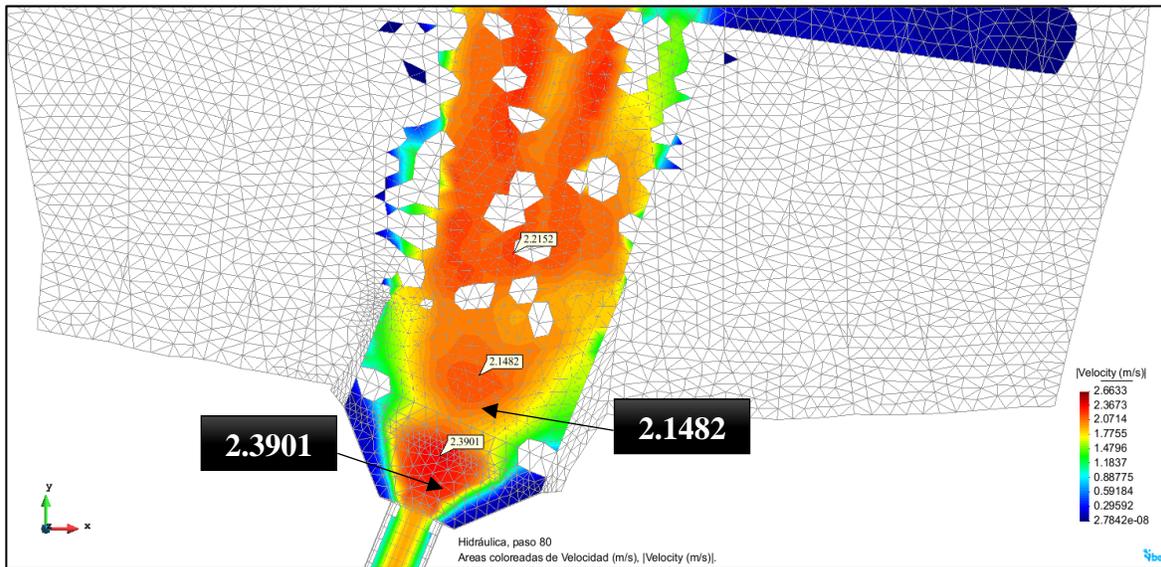


Figura 92. Alcantarilla N°1, Progresiva - 30+130 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en IBER

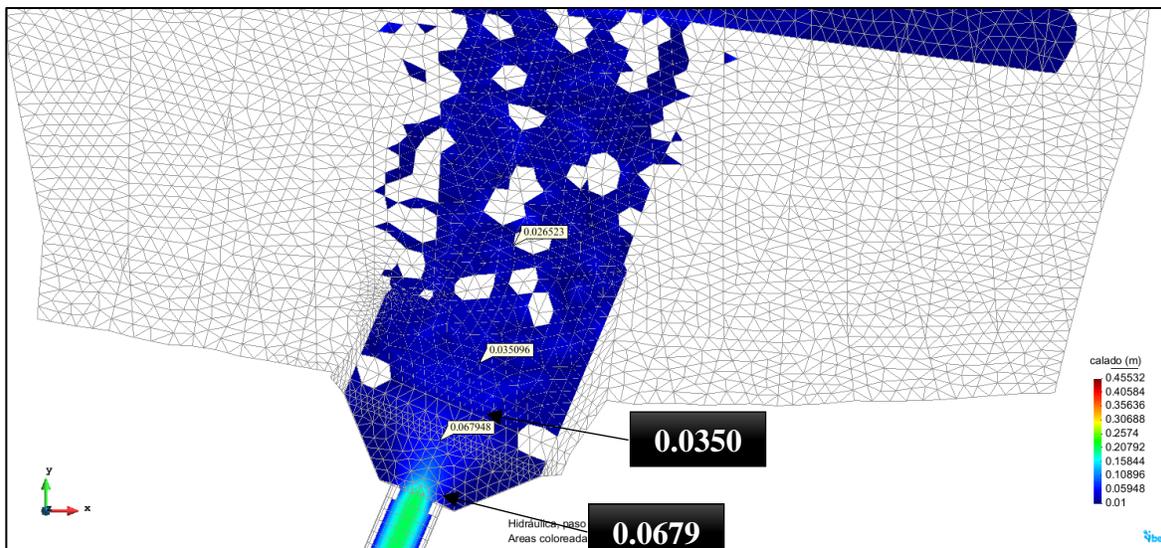


Figura 93. Alcantarilla N°1, Progresiva - 30+130 (Mapa de tirantes) por elaboración propia.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en IBER

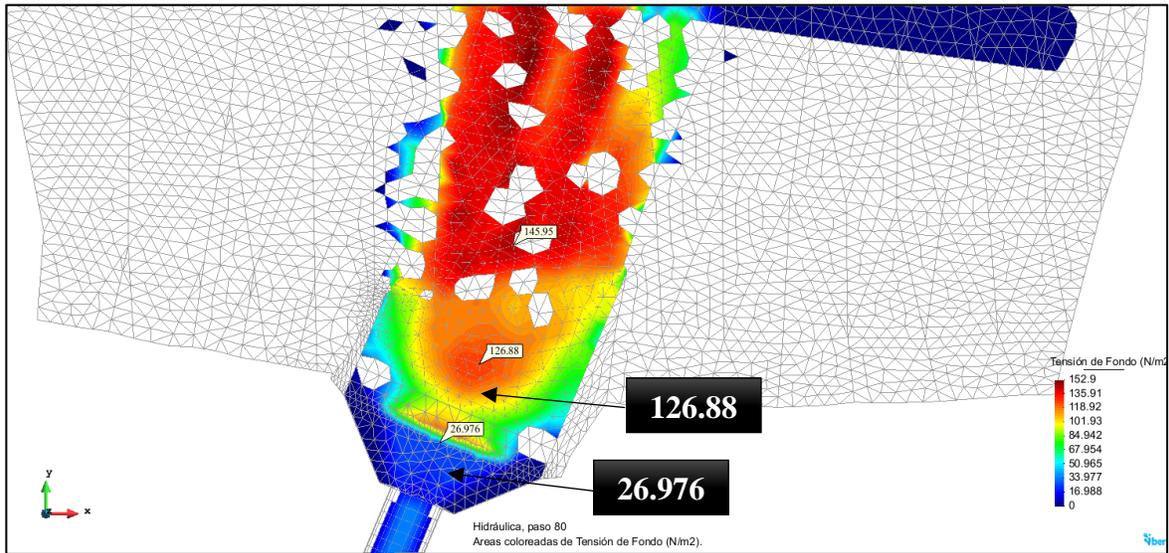


Figura 94. Alcantarilla N°1, Progresiva - 30+130 (Mapa de esfuerzo cortante) por elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento IBER de la alcantarilla N°2 que se encuentra ubicada en la progresiva 32+130.

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en IBER

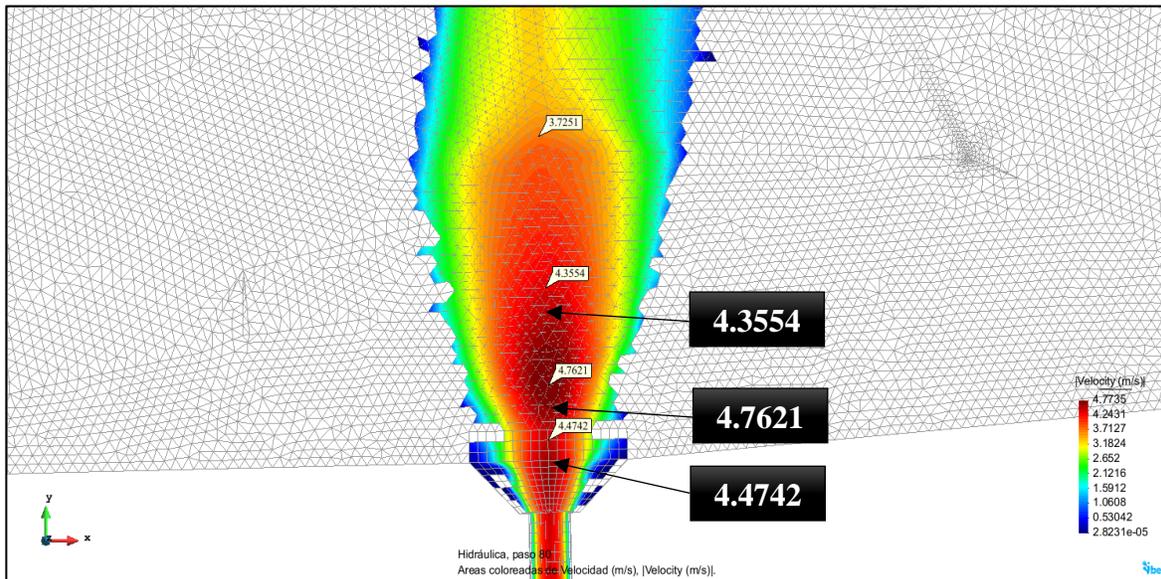


Figura 95. Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en IBER

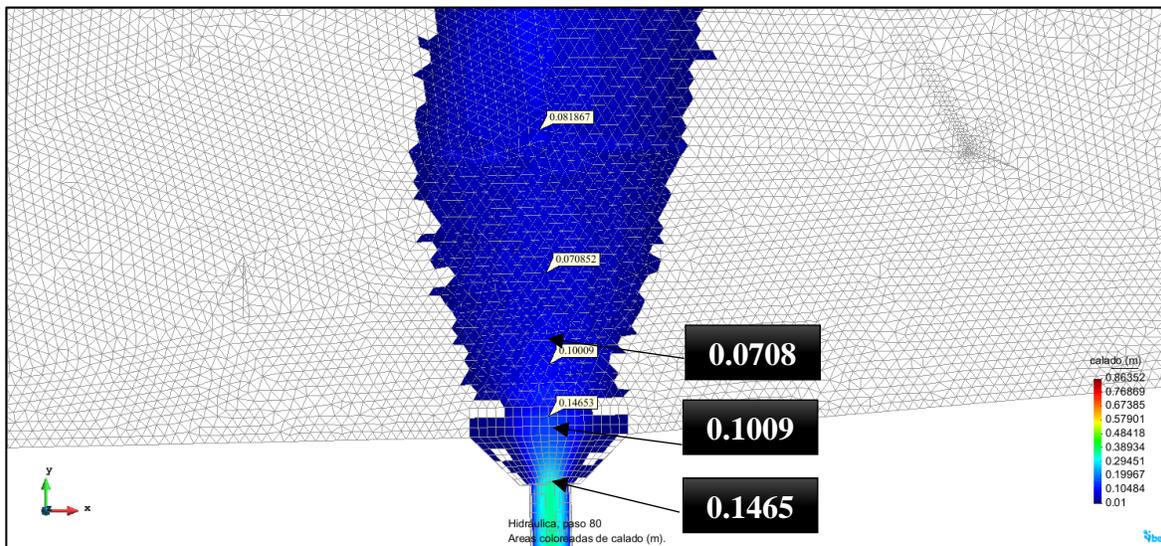


Figura 96. Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130 (Mapa de tirantes) por elaboración propia.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en IBER

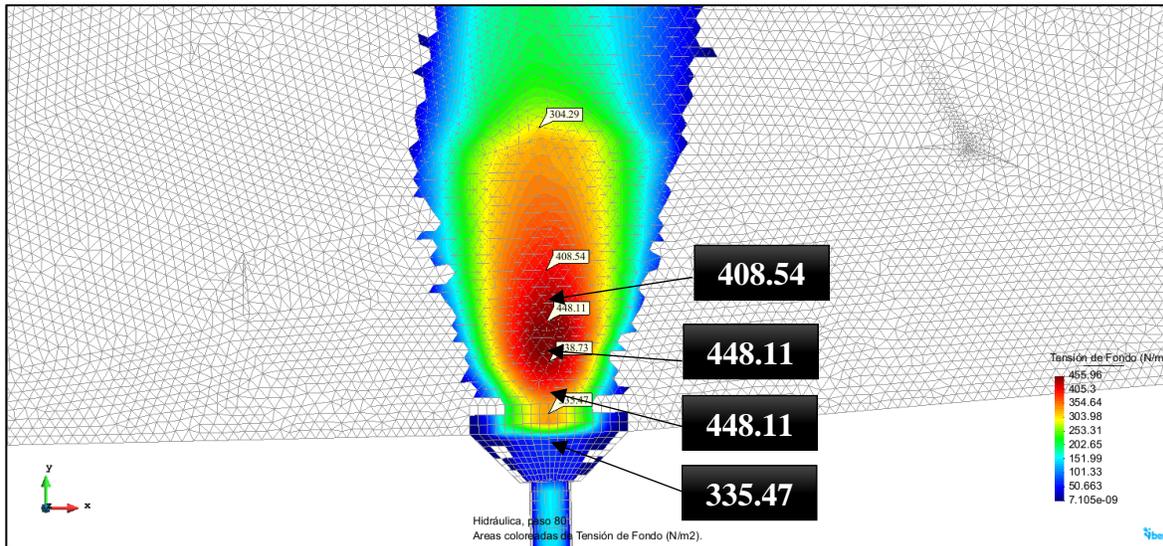


Figura 97. Alcantarilla N°2, Progresiva - 32+130 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento IBER de la alcantarilla N°3 que se encuentra ubicada en la progresiva 64+810

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en IBER

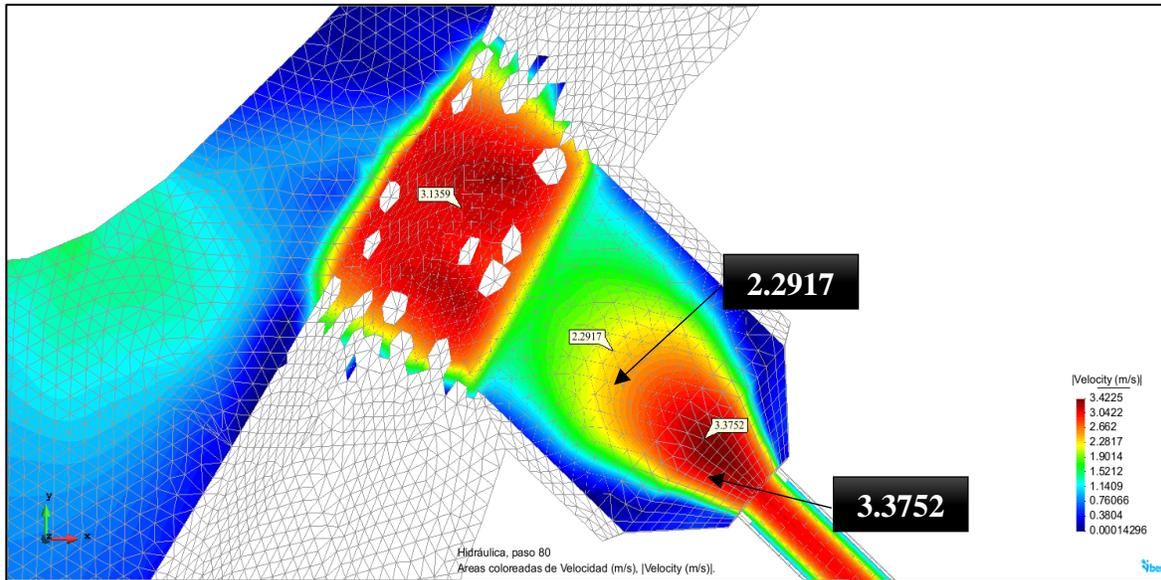


Figura 98. Alcantarilla N°3, Progresiva - 64+810 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en IBER

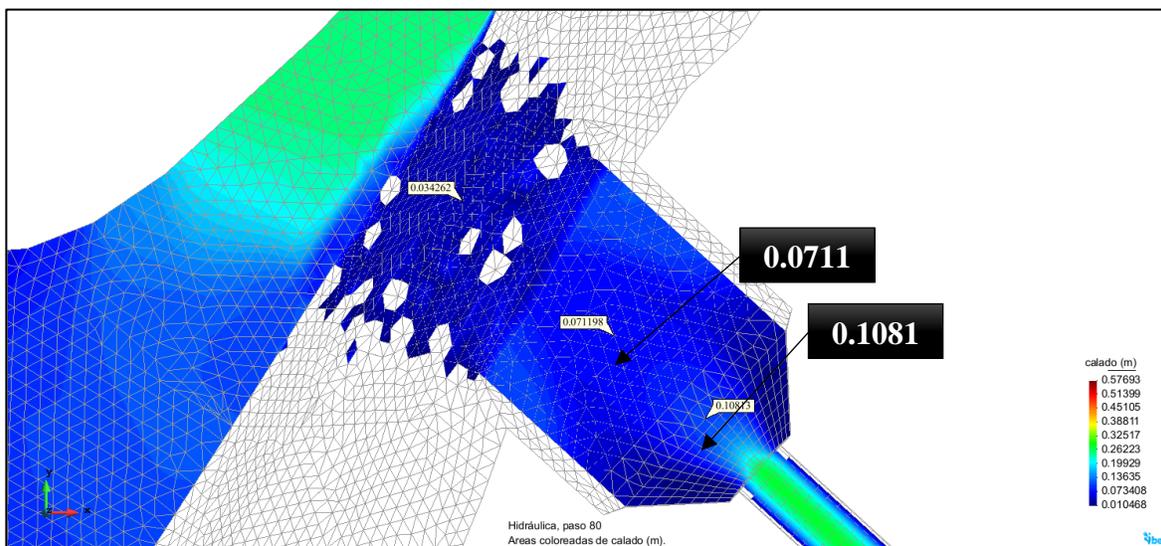


Figura 99. Alcantarilla N°3, Progresiva - 64+810 (Mapa de tirantes), por elaboración propia.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en IBER

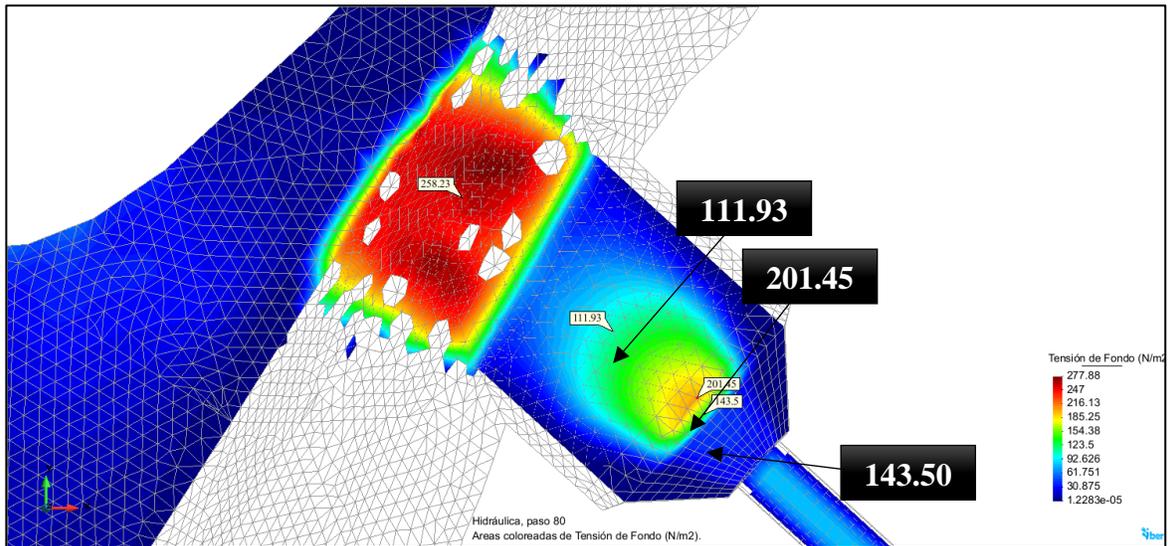


Figura 100. Alcantarilla N°3, Progresiva - 64+810 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento IBER de la alcantarilla N°4 que se encuentra ubicada en la progresiva 65+909

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en IBER

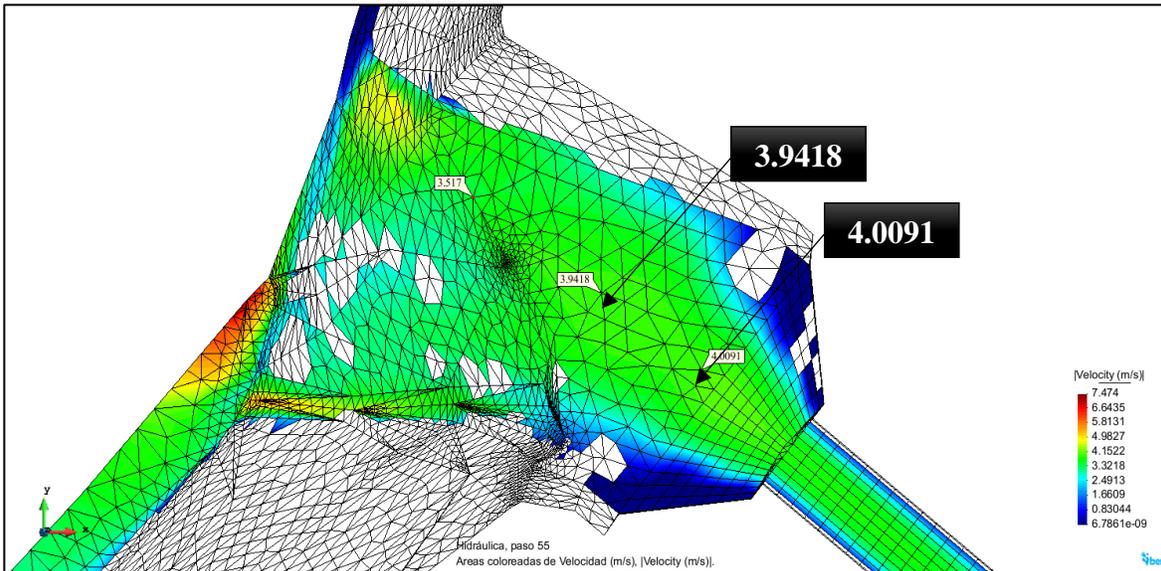


Figura 101. Alcantarilla N°4, Progresiva - 65+909 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en IBER

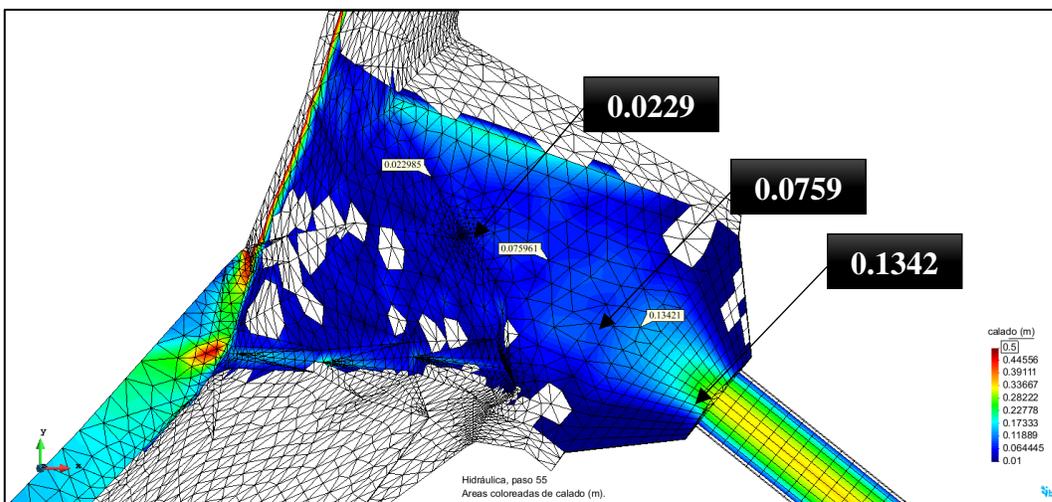


Figura 102. Alcantarilla N°4, Progresiva - 65+909 (Mapa de tirantes), por elaboración propia.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en IBER

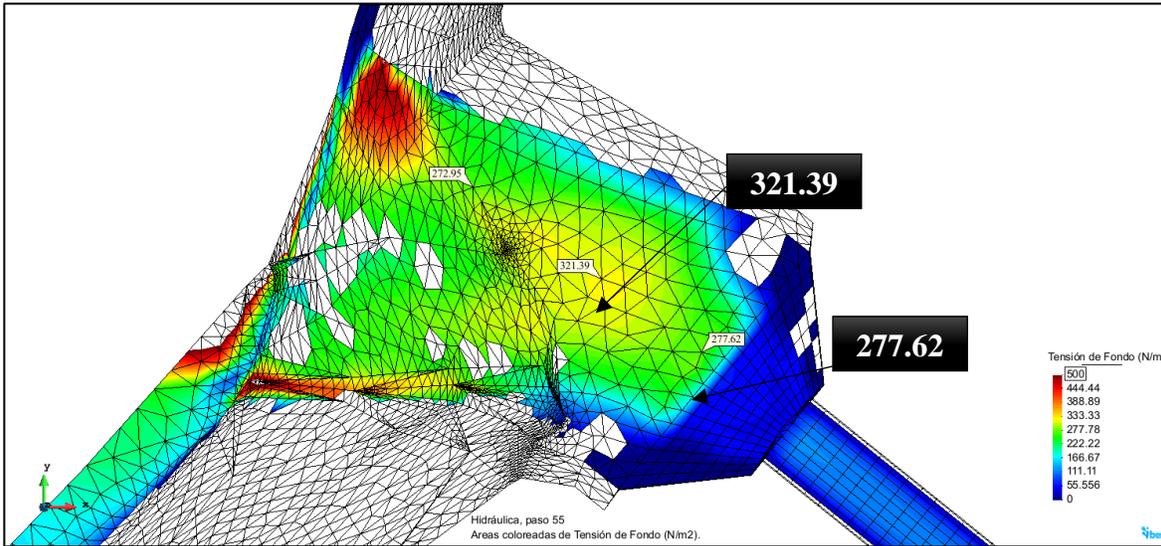


Figura 103. Alcantarilla N°4, Progresiva - 65+909 (Mapa de esfuerzo cortante), por Elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento IBER de la alcantarilla N°5 que se encuentra ubicada en la progresiva 71+820

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en IBER

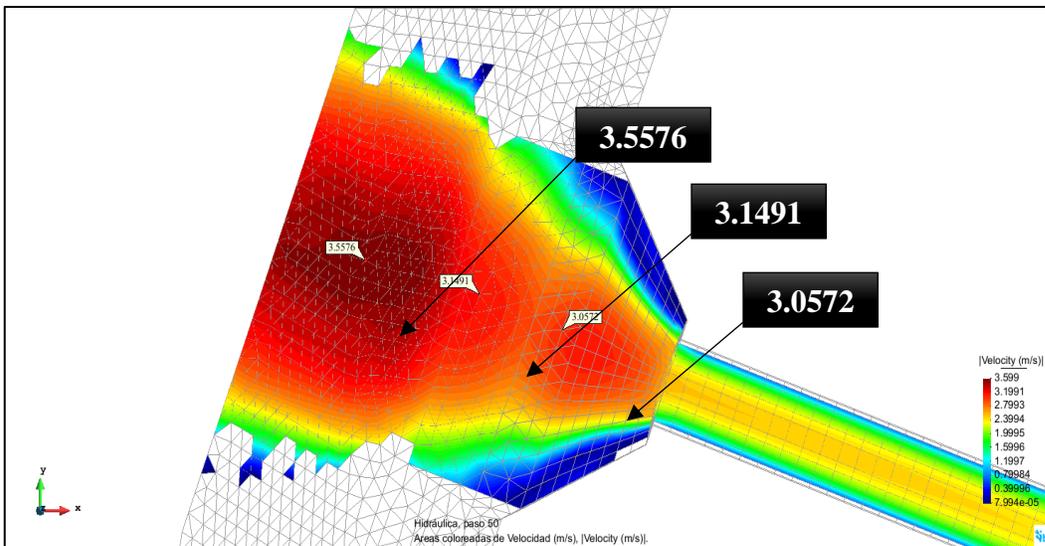


Figura 104. Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en IBER

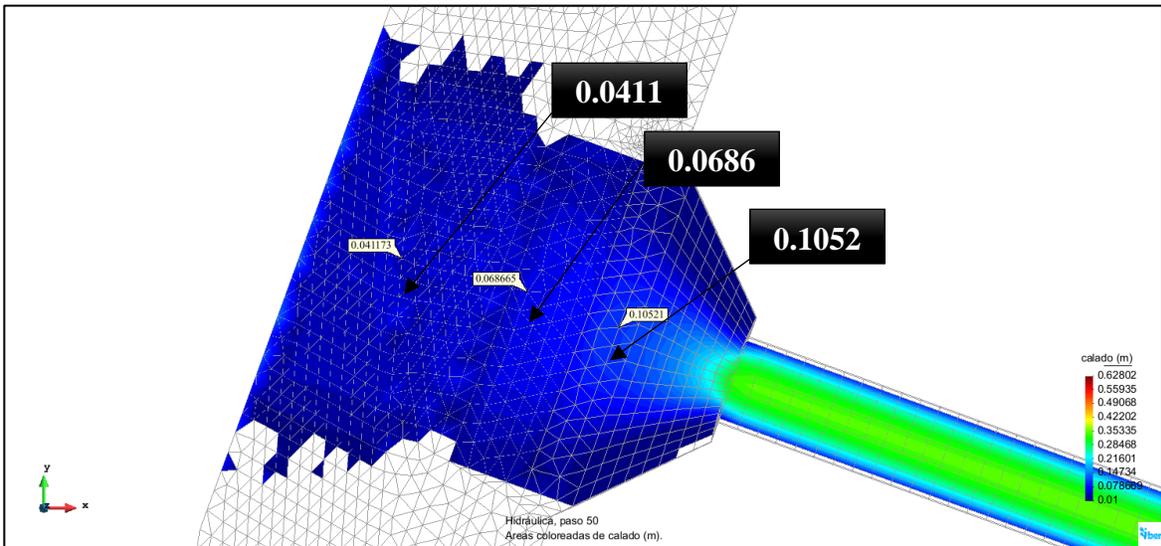


Figura 105. Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820 (Mapa de tirantes), por Elaboración propia.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en IBER

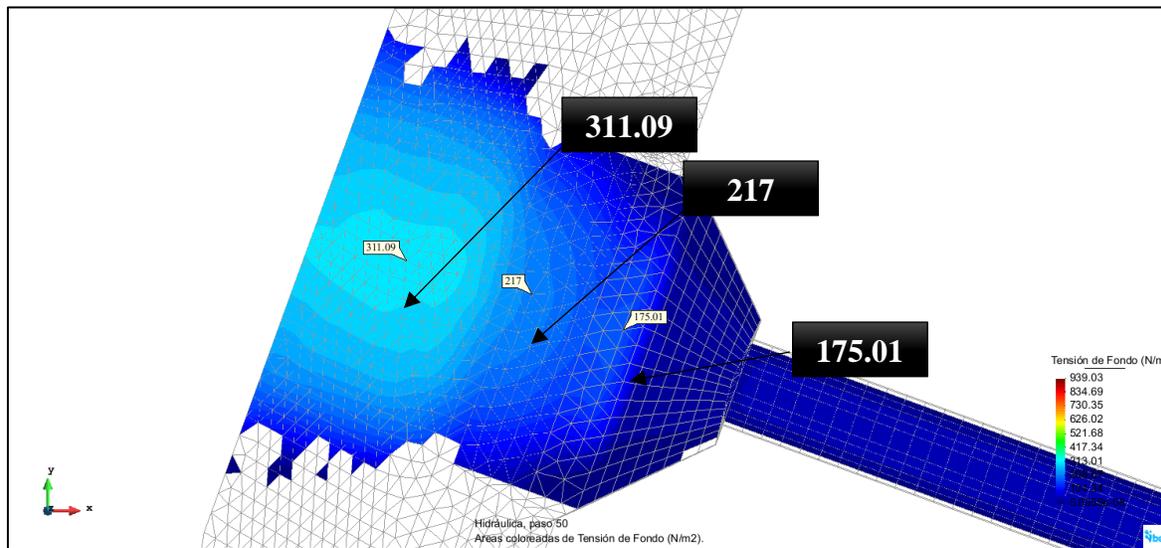


Figura 106. Alcantarilla N°5, Progresiva - 71+820 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento IBER de la alcantarilla N°6 que se encuentra ubicada en la progresiva 74+140

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en IBER

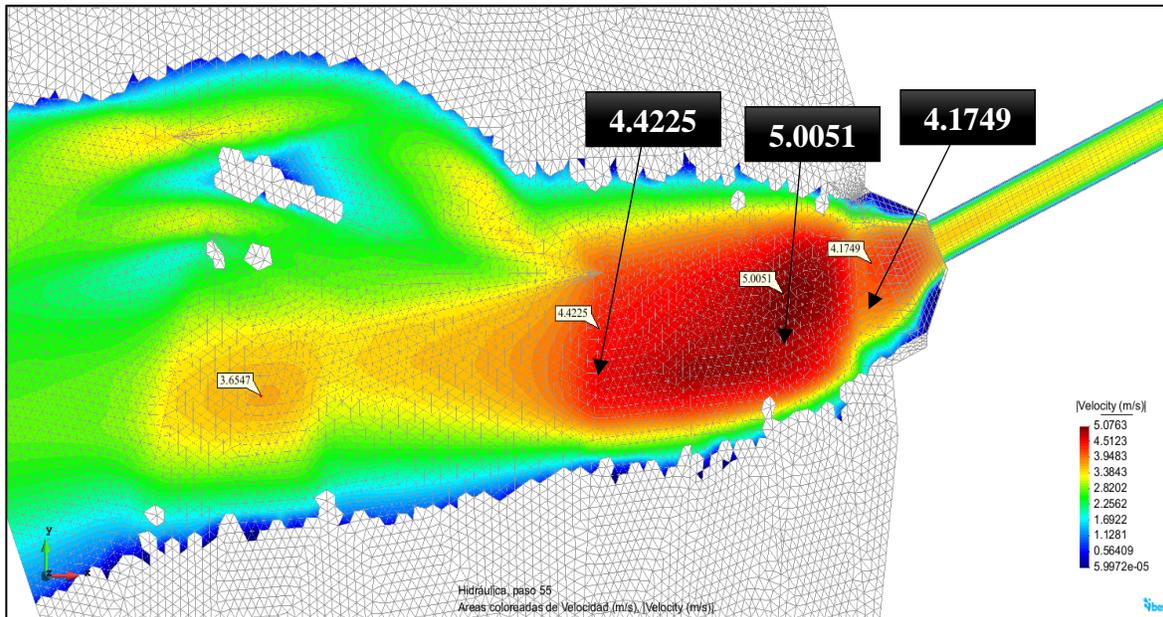


Figura 107. Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en IBER

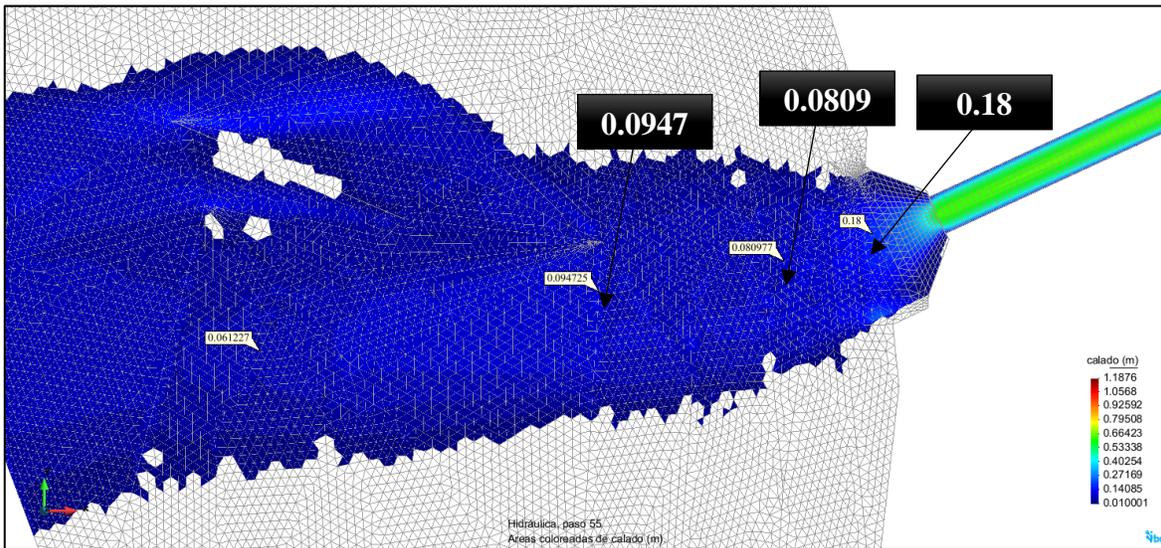


Figura 108. Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140 (Mapa de tirantes), por elaboración propia

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en IBER

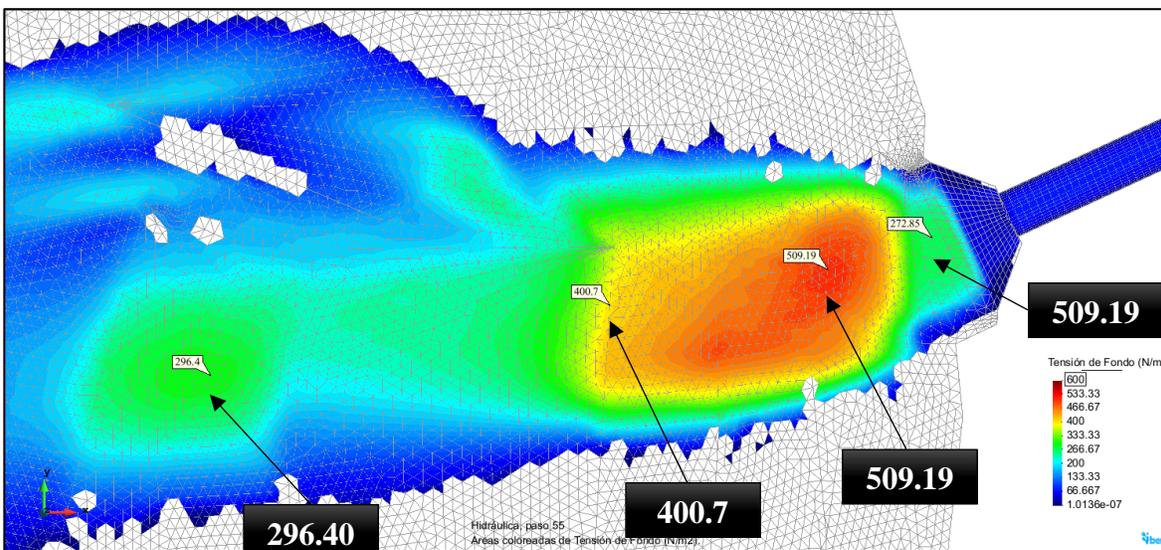


Figura 109. Alcantarilla N°6, Progresiva - 74+140 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento IBER de la alcantarilla N°7 que se encuentra ubicada en la progresiva 76+700

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en IBER

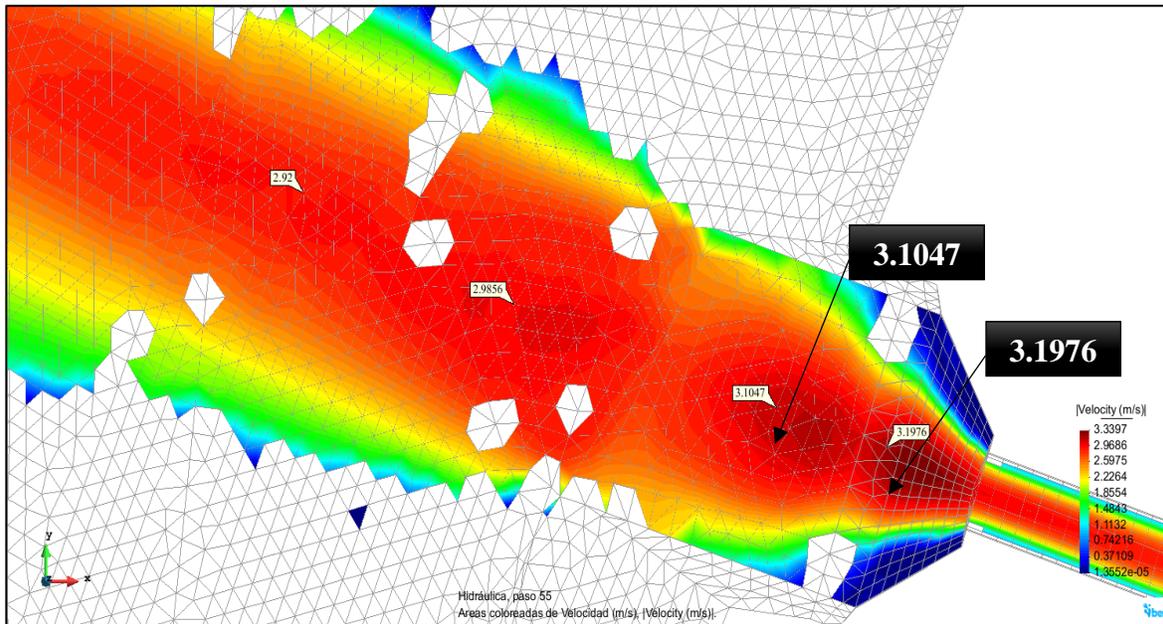


Figura 110. Alcantarilla N°7, Progresiva - 76+700 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en IBER

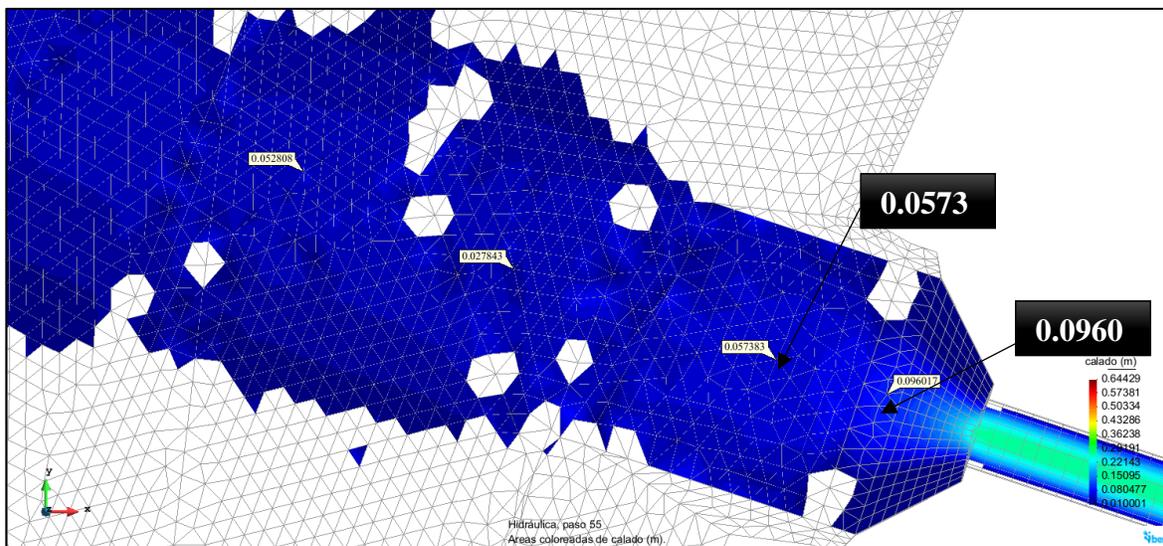


Figura 111. Alcantarilla N°7, Progresiva - 76+700 (Mapa de tirantes), por elaboración propia.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en IBER

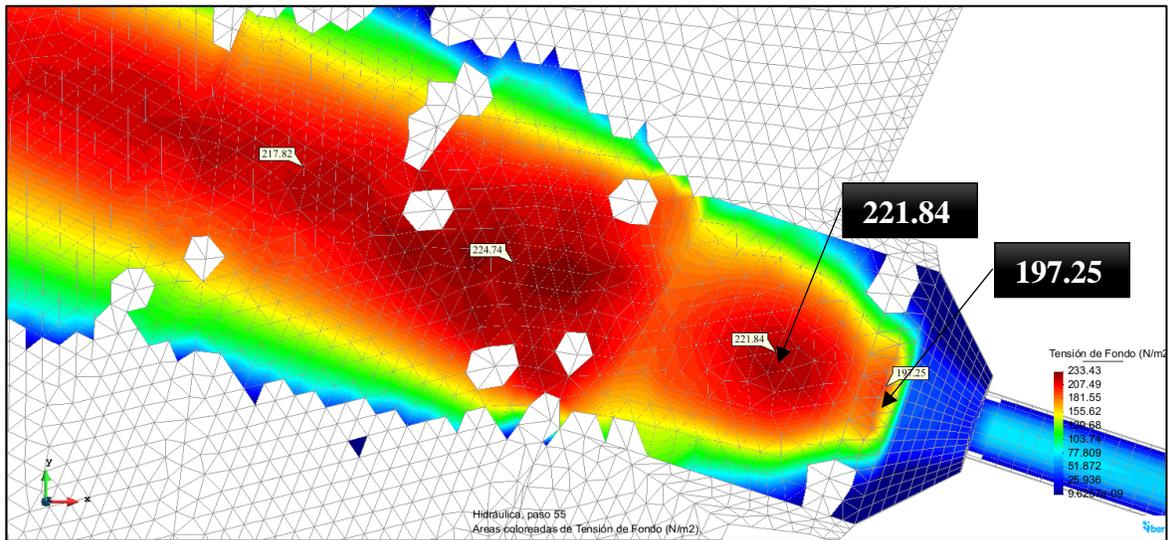


Figura 112. Alcantarilla N°7, Progresiva - 76+700 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia.

Las siguientes imágenes muestran el modelamiento IBER de la alcantarilla N°8 que se encuentra ubicada en la progresiva 76+892

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en IBER

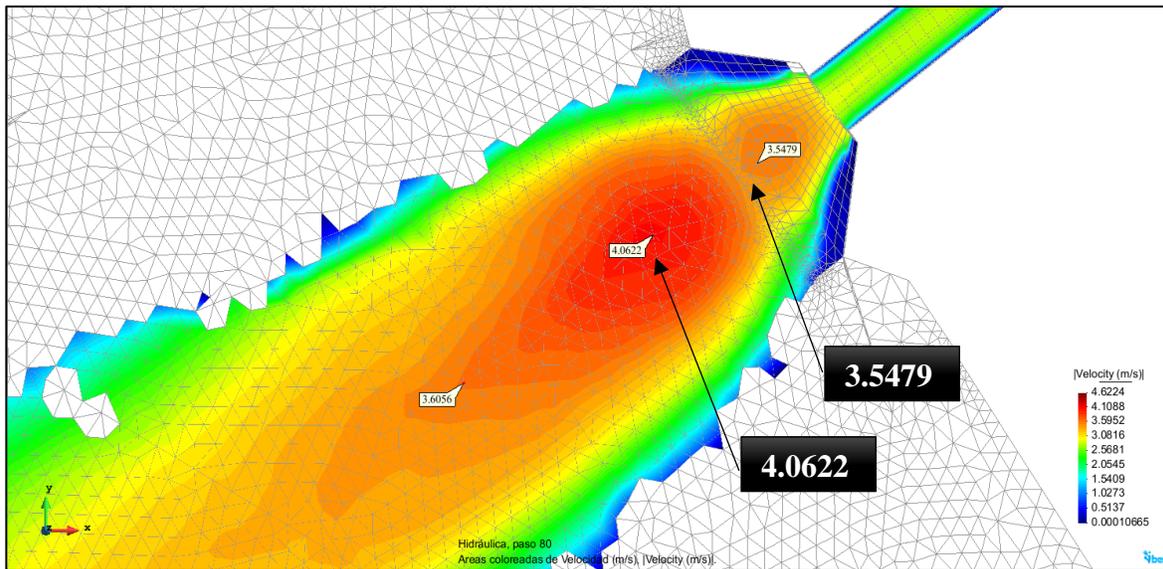


Figura 113. Alcantarilla N°8, Progresiva - 76+892 (Mapa de velocidades), por elaboración propia.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en IBER

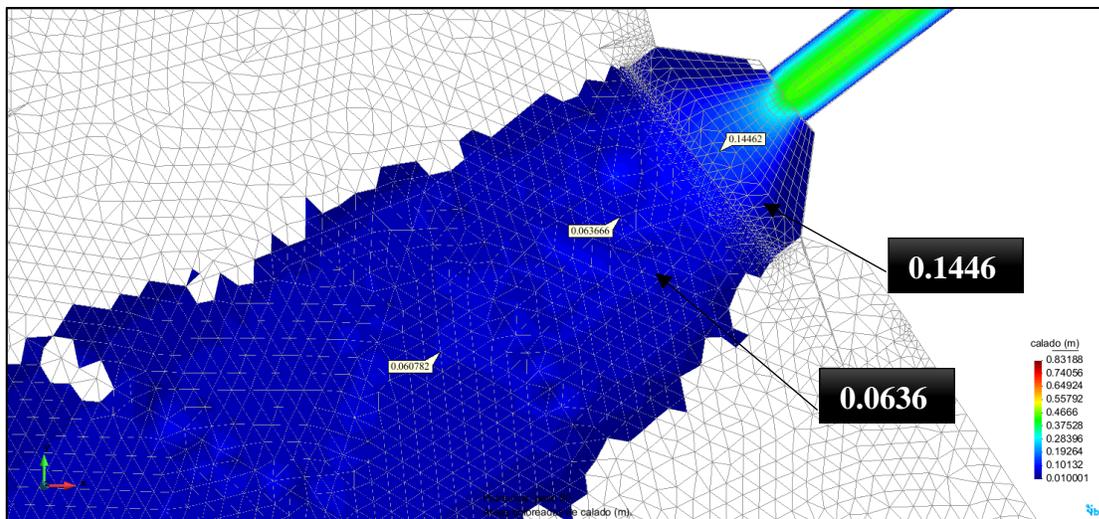


Figura 114. Alcantarilla N°8, Progresiva - 76+892 (Mapa de tirantes), por elaboración propia.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en IBER

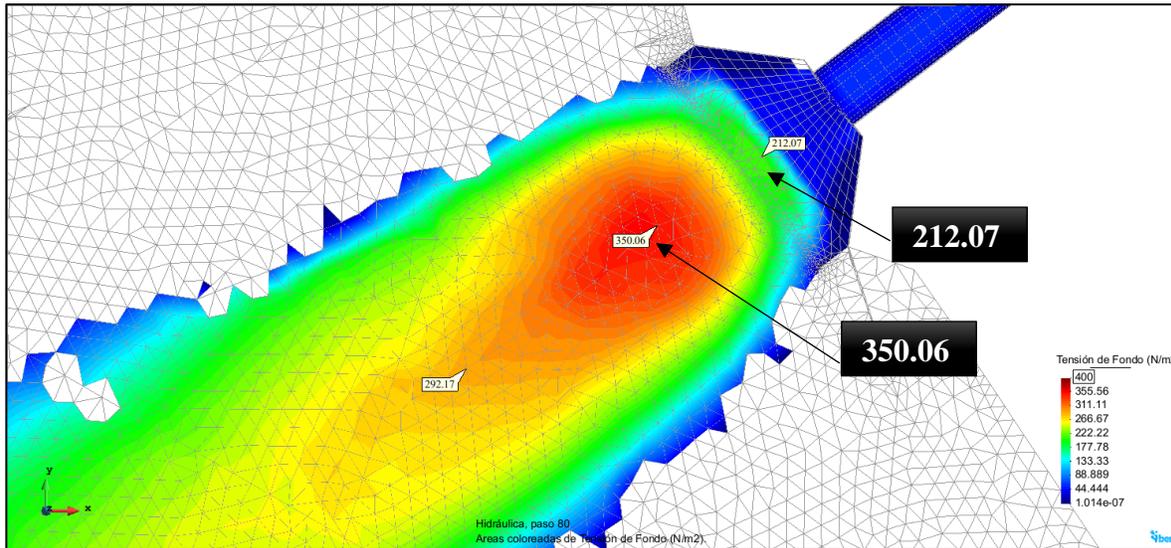


Figura 115. Alcantarilla N°8, Progresiva - 76+892 (Mapa de esfuerzo cortante), por elaboración propia

El siguiente cuadro muestra los resultados hidráulicos obtenidos en el modelo IBER para un coeficiente de Manning 0.030 en el revestimiento con geomanta y sin considerar un dissipador de energía en la salida de la alcantarilla.

Tabla 63

Resumen del modelo IBER, sin dissipador de energía

ALCANTARILLA	CAUDAL (m ³ /s)	DIÁMETRO (Pulg)	V. MÁX. (m/s)	TIRANTE MÁX. (m)	ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)
A - 01	0.19	36	2.14	0.07	126.88
A - 02	0.89	36	4.76	0.15	448.11
A - 03	0.44	36	3.38	0.11	201.45
A - 04	0.72	36	4.01	0.13	321.39
A - 05	0.49	36	3.56	0.11	311.09
A - 06	1.93	48	5.01	0.18	509.19
A - 07	0.42	36	3.20	0.10	221.84
A - 08	0.82	36	4.06	0.14	350.06

Nota: Elaboración propia.

Estos valores son trabajados con un coeficiente de Manning de 0.030 para la geomanta y se busca mejorar el diseño a través de la colocación de un dissipador de energía en la salida de la alcantarilla, de tal manera que el flujo pueda reducir sus velocidades y esfuerzos cortantes sobre la geomanta.

5.4.3. Resultados del modelo IBER- con dissipador de energía.

Se decide colocar un dissipador de energía en la salida de la alcantarilla para disminuir las velocidades y esfuerzos cortantes del flujo del agua sobre la geomanta y que esta discurra uniformemente. Cabe resaltar que para el desarrollo de este modelo se utilizó el Coeficiente de Manning de 0.030 para el revestimiento con geomanta.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados hidráulicos obtenidos en el modelo IBER, considerando un dissipador de energía en la salida de la alcantarilla.

Tabla 64

Resumen del modelo IBER, con dissipador de energía

ALCANTARILLA	CAUDAL (m ³ /s)	DIÁMETRO (Pulg)	V. MÁX. (m/s)	TIRANTE MÁX. (m)	ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)
A - 01	0.19	36	1.77	0.10	95.45
A - 02	0.89	36	3.96	0.45	341.49
A - 03	0.44	36	1.88	0.31	72.84
A - 04	0.72	36	3.20	0.20	221.58
A - 05	0.49	36	3.04	0.19	247.92
A - 06	1.93	48	4.80	0.27	470.14
A - 07	0.42	36	2.61	0.18	169.06
A - 08	0.82	36	3.53	0.24	279.71

Nota: Elaboración propia.

- Ver los reportes obtenidos en el modelo IBER – Alcantarilla con dissipador (Anexo-06)

5.4.4. Parámetros para el emboquillado de piedra

Se utilizaron los siguientes parámetros para el emboquillado:

- **Coefficiente de rugosidad**

Según el libro de Bolinaga J.J. “Drenaje Urbano”. INOS 1979. Indica el siguiente factor para Manning.

Tabla 65

Coefficiente de rugosidad de Manning para el emboquillado

- **Conductos Abiertos Revestidos y de Alineamiento Recto :**

Revestimiento	Calidad Buena	Calidad Regular
Concreto vaciado en formaletas sin acabado	0,013	0,017
Concreto alisado a boca de cepillo	0,013	0,015
Concreto emparejado con llana	0,012	0,014
Mortero lanzado, sección buena	0,016	0,019
Piedras irregulares, unidas con mortero cemento	0,017	0,020
Mampostería de piedra bruta y mortero de cemento frisado	0,016	0,020

NOTA: Cuando la calidad de la construcción es mala usar los mayores valores de “n”.

Nota: Bolinaga. J.J. “Drenaje Urbano”. INOS. 1979.

- **Velocidad máxima**

Según el libro de Diseño de Canales. Autor: Ing. Hugo Amado Rojas Rubio, indica el valor de velocidad para el emboquillado.

Tabla 66

velocidad máxima en función de las características del material-emboquillado

Características de los suelos	Velocidad máximas (m / s)
❖ Canales en tierra franca	0.60
❖ Canales en tierra arcillosa	0.90
❖ Canales revestidos con piedra y mezcla simple	1.00
❖ Canales con mampostería de piedra y concreto	2.00
❖ Canales revestidos con concreto	3.00

Nota: Mecánica de fluidos 2. Pontificia Universidad Católica Perú.

- **Esfuerzo cortante**

Según el libro de Diseño de Canales. Autor: S. Santos, señala que el esfuerzo cortante crítico de fondo, también se puede aproximar mediante las ecuaciones de Zanke, si el diámetro de la partícula medio es conocido. Entonces, suponiendo que las partículas no están adheridas al mortero y que el emboquillado tiene un espesor de 0.15 m, se determinó por la fórmula de la Figura N°112, la resistencia al esfuerzo cortante del emboquillado.

$$D^* = \left(\frac{\Delta g}{\nu^2} \right)^{1/3} d_s \quad \text{Ec 1.27} \qquad \Delta = \left(\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right) \quad \text{Ec 1.28}$$

D^* : Parámetro adimensional de la partícula
 Δ : densidad relativa de la partícula
 γ_s : peso específico del sedimento
 $\gamma_s \approx 2650 \text{ kgf/m}^3$, valor promedio a usar cuando no se tenga dato exacto, para este caso $\Delta=1.65$

$$D^* \leq 6: \quad \tau_* = 0.109 D^{*-0.5}$$

$$6 < D^* \leq 10: \quad \tau_* = 0.14 D^{*-0.64}$$

$$10 < D^* \leq 20: \quad \tau_* = 0.04 D^{*-0.10}$$

$$20 < D^* \leq 150: \quad \tau_* = 0.013 D^{*0.29}$$

$$D^* \geq 150: \quad \tau_* = 0.055$$

$$\tau_{crf} = \tau_* (\gamma_s - \gamma_w) d \quad \text{Ec 1.29}$$

τ_{crf} : tensión cortante crítico de fondo (N/m^2 , Kgf/m^2)

Figura 116. Esfuerzo cortante – emboquillado, por Diseño de Canales. S. Santos II.

Cuando se aplica esta fórmula para un diámetro de partícula de 0.15m, se obtiene el siguiente resultado:

$$\tau = 133.54 \text{ N/m}^2$$

Para los cuadros comparativos se utiliza esta resistencia al corte para el emboquillado.

6. CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Análisis y comparación de resultados del modelo HEC RAS

Tabla 67

Cuadro comparativo con Manning de 0.030, HEC-RAS

COEFICIENTE MANNING 0.030										
ALC.	V. MÁX. (m/s)	ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)	GEOMANTA				EMBOQUILLADO			
			V. MÁX. (m/s)		ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)		V. MÁX. (m/s)		ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)	
A - 01	1.63	85.08	7.5	OK	787	OK	2	OK	133.54	OK
A - 02	2.39	130.07	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	OK
A - 03	1.32	34.19	7.5	OK	787	OK	2	OK	133.54	OK
A - 04	2.58	142.24	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 05	2.16	305.23	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 06	4.07	261.58	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 07	3.58	344.77	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 08	3.42	280.86	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO

Nota: Elaboración propia.

Tabla 68

Cuadro comparativo con Manning de 0.028, HEC-RAS

COEFICIENTE MANNING 0.028										
ALC.	V. MÁX. (m/s)	ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)	GEOMANTA				EMBOQUILLADO			
			V. MÁX. (m/s)		ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)		V. MÁX. (m/s)		ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)	
A - 01	2.62	198.66	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 02	2.55	130.58	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	OK
A - 03	1.32	29.57	7.6	OK	766	OK	2	OK	133.54	OK
A - 04	2.58	123.91	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	OK
A - 05	3.99	458.68	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 06	4.07	227.87	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 07	3.58	300.34	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 08	3.70	292.36	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO

Nota: Elaboración propia.

Tabla 69

Cuadro comparativo con Manning de 0.033, HEC-RAS

COEFICIENTE MANNING 0.033										
ALC.	V. MÁX. (m/s)	ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)	GEOMANTA				EMBOQUILLADO			
			V. MÁX. (m/s)	ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)	V. MÁX. (m/s)	ESFUERZO CORTANTE (N/m ²)				
A - 01	1.02	38.31	7.4	OK	809	OK	2	OK	133.54	OK
A - 02	2.18	129.6	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	OK
A - 03	1.31	40.77	7.4	OK	809	OK	2	OK	133.54	OK
A - 04	2.58	171.37	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 05	2.15	148.77	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 06	4.07	316.52	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 07	3.58	417.18	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 08	3.73	411.91	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO

Nota: Elaboración propia.

Según se observa, el revestimiento con geomanta tiene la capacidad de resistir las velocidades y esfuerzos cortantes producidos por el flujo al salir de las alcantarillas, sin embargo, el revestimiento con mampostería no presenta la misma capacidad y falla en la mayoría de las alcantarillas, por lo tanto, se recomienda el uso de geomanta para la protección de las descargas de alcantarillas.

6.2. Análisis y comparación de resultados del modelo IBER sin y con disipador de energía

A continuación, el cuadro comparativo de las alcantarillas en el programa IBER con un coeficiente de Manning de 0.030.

Tabla 70

Cuadro comparativo sin disipador y con disipador Manning de 0.03, IBER

COEFICIENTE DE MANNING 0.030						
Alc.	Sin disipador		Con disipador		% Reducción	
	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	V. máx.	Esfuerzo cortante
A - 01	2.14	126.88	1.77	95.45	17%	25%
A - 02	4.76	448.11	3.96	341.49	17%	24%
A - 03	3.38	201.45	1.88	72.84	44%	64%
A - 04	4.01	321.39	3.2	221.58	20%	31%
A - 05	3.56	311.09	3.04	247.92	15%	20%
A - 06	5.01	509.19	4.8	470.14	4%	8%
A - 07	3.2	221.84	2.61	169.06	18%	24%
A - 08	4.06	350.06	3.53	279.71	13%	20%
Promedio	3.77	311.25	3.1	237.27	19%	27%

Nota: Elaboración propia.

En el cuadro se puede observar que las velocidades disminuyen cuando se coloca un disipador en la salida de la alcantarilla, estos valores también van a depender de la topografía del terreno ya que en el IBER se modela las mallas de acuerdo con la topografía existente.

Cabe resaltar que debido a los resultados obtenidos se trabajó con el modelo sin disipador, en caso de que la alcantarilla no cumpla con los límites de velocidad y esfuerzo de corte máximos permitidos sobre el revestimiento, se recomienda la colocación del disipador de energía para disminuir estos efectos.

A continuación, el cuadro comparativo de las alcantarillas en el programa IBER con un coeficiente de manning de 0.028 (Geomanta - Pyramat 75)

Tabla 71

Cuadro comparativo sin disipador y con disipador Manning de 0.028, IBER

COEFICIENTE DE MANNING 0.028						
Alc.	Sin disipador		Con disipador		% Reducción	
	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	V. máx.	Esfuerzo cortante
A - 01	2.23	120.61	1.75	84.35	22%	30%
A - 02	4.9	426.75	4.08	323.21	17%	24%
A - 03	3.38	178.53	1.92	66.00	43%	63%
A - 04	4.05	298.82	3.34	217.93	18%	27%
A - 05	3.7	297.07	3.17	236.94	14%	20%
A - 06	5.19	479.07	5.13	469.98	1%	2%
A - 07	3.21	209.33	2.69	159.26	16%	24%
A - 08	4.18	330.50	3.65	267.03	13%	19%
Promedio	3.86	292.59	3.22	228.09	18%	26%

Nota: Elaboración propia.

A continuación, el cuadro comparativo de las alcantarillas en el programa IBER con un coeficiente de manning de 0.033 para la geomanta (Geomanta – Tierra Armada)

Tabla 72

Cuadro comparativo sin disipador y con disipador Manning de 0.033, IBER

COEFICIENTE DE MANNING 0.033						
Alc.	Sin disipador		Con disipador		% Reducción	
	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	V. máx.	Esfuerzo cortante
A - 01	2.11	135.54	1.8	96.71	15%	29%
A - 02	4.6	489.83	3.81	375.32	17%	23%
A - 03	2.15	237.16	1.84	82.84	14%	65%
A - 04	3.78	352.58	3.09	246.85	18%	30%
A - 05	3.37	331.2	2.89	264.25	14%	20%
A - 06	4.77	548.83	4.64	516.2	3%	6%
A - 07	2.95	238.9	2.5	183.39	15%	23%
A - 08	3.89	376.79	3.38	305.91	13%	19%
Promedio	3.45	338.85	2.99	258.93	14%	27%

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar en los cuadros comparativos obtenidos del modelamiento con los coeficientes de Manning 0.030, 0,028 y 0.033, colocándole un disipador a la salida de la alcantarilla disminuyen las velocidades y los esfuerzos cortantes, por lo tanto, se recomienda su uso en caso se presenten velocidades y esfuerzos cortantes mayores a los resistidos por la geomanta.

- Ver los reportes obtenidos en el IBER – Alcantarilla sin disipador y con disipador (Anexos-06 y 07)

6.3. Análisis comparativo del emboquillado y la geomanta con hidrosiembra, en IBER

Tabla 73

Comparación entre el emboquillado y geomanta con Manning de 0.030, IBER

COEFICIENTE MANNING 0.030										
Alc.	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	Geomanta				Emboquillado			
			V. máx. (m/s)		Esfuerzo cortante (N/m ²)		V. máx. (m/s)		Esfuerzo cortante (N/m ²)	
A - 01	2.14	126.88	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	OK
A - 02	4.76	448.11	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 03	3.38	201.45	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 04	4.01	321.39	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 05	3.56	311.09	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 06	5.01	509.19	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 07	3.2	221.84	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO
A - 08	4.06	350.06	7.5	OK	787	OK	2	NO	133.54	NO

Nota: Elaboración propia.

Tabla 74

Comparación entre el emboquillado y geomanta con Manning de 0.028, IBER

COEFICIENTE MANNING 0.028										
Alc.	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	Geomanta				Emboquillado			
			V. máx. (m/s)		Esfuerzo cortante (N/m ²)		V. máx. (m/s)		Esfuerzo cortante (N/m ²)	
A - 01	2.23	120.61	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	OK
A - 02	4.9	426.75	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 03	3.38	178.53	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 04	4.05	298.82	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 05	3.7	297.07	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 06	5.19	479.07	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 07	3.21	209.33	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO
A - 08	4.18	330.5	7.6	OK	766	OK	2	NO	133.54	NO

Nota: Elaboración propia.

Tabla 75

Comparación entre el emboquillado y geomanta con Manning de 0.033, IBER

COEFICIENTE MANNING 0.033										
Alc.	V. máx. (m/s)	Esfuerzo cortante (N/m ²)	Geomanta				Emboquillado			
			V. máx. (m/s)		Esfuerzo cortante (N/m ²)		V. máx. (m/s)		Esfuerzo cortante (N/m ²)	
A - 01	2.11	135.54	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	OK
A - 02	4.6	489.83	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 03	2.15	237.16	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 04	3.78	352.58	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 05	3.37	331.2	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 06	4.77	548.83	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 07	2.95	238.9	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO
A - 08	3.89	376.79	7.4	OK	809	OK	2	NO	133.54	NO

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar en los cuadros comparativos obtenidos del modelamiento en IBER con los coeficientes de Manning 0.030, 0,028 y 0.033, el emboquillado no cumple con los parámetros de velocidad y esfuerzo cortante máximos. Mientras que los diferentes tipos de geomanta logran tener una resistencia adecuada.

CONCLUSIONES

- El presente estudio plantea el uso de la geomanta como una alternativa para reemplazar el emboquillado de piedra utilizado en el revestimiento y protección en las descargas de alcantarillas, para ello se identificaron 8 alcantarillas en la carretera Lima – Canta donde se tenían taludes de fuerte pendiente y se encontraron problemas de erosión debido a la falla del emboquillado. A través de modelos hidráulicos (HEC-RAS e IBER) se determinaron los parámetros de velocidad y esfuerzo cortante generados por el flujo en la descarga de las alcantarillas, con el objetivo de comparar estos valores con la resistencia brindada por el emboquillado y la geomanta. Dicho análisis mostro que el emboquillado no presenta una resistencia adecuada, mientras que la geomanta brindo una mayor resistencia, lo cual permite considerar a la geomanta como una opción para la protección de los taludes en las descargas de alcantarillas.
- En el estudio se tomaron en cuenta las condiciones que presentan las alcantarillas analizadas, como el talud donde se ubica la descarga de las alcantarillas, las cuales tienen una inclinación de 25° a 75°. Además, se determinaron los caudales de diseño para cada alcantarilla, los cuales están comprendidos entre 0.19 m³/s a 1.93 m³/s. Por tanto, se concluye que para estos caudales y con taludes de fuerte pendiente la geomanta muestra un mejor comportamiento para el control de la erosión en comparación al emboquillado de piedra.
- Respecto a las velocidades generadas en las descargas de las alcantarillas analizadas, se identificaron velocidades en el rango de 2.1 m/s a 5.2 m/s, según el modelo hidráulico IBER, mientras que las velocidades máximas permitidas en el emboquillado de piedra es de 2.0 m/s (Diseño de Canales, Autor: Ing. Hugo Amado Rojas Rubio) y en la geomanta el promedio es de 7.5 m/s (EETT obtenidas de Tierra Armada TM13C y Pyramat 75), lo

cual indica que en todas las alcantarillas el emboquillado no cuenta con la capacidad necesaria para soportar estas velocidades, mientras que la geomanta presenta una resistencia adecuada.

- Respecto a los esfuerzos cortantes generados en las descargas de las alcantarillas analizadas, se identificaron esfuerzos en el rango de 120.6 N/m^2 a 548.8 N/m^2 , según el modelo hidráulico IBER, mientras que los esfuerzos de corte máximos permitidos en el emboquillado de piedra es de 133.5 N/m^2 (Basado en la ecuación de Zanke para un emboquillado de 0.15 m de espesor) y en la geomanta de 787.0 N/m^2 (EETT obtenidas de EETT obtenidas de Tierra Armada TM13C y Pyramat 75), lo cual indica que en la mayoría de las alcantarillas el emboquillado no cuenta con la capacidad necesaria para soportar los esfuerzos cortantes generados, mientras que la geomanta presenta una resistencia adecuada.
- Con el objetivo de reducir las velocidades y esfuerzos cortantes sobre las descargas de las alcantarillas, se evaluó la opción de colocar un dissipador de energía en la salida de las alcantarillas, con ello se logró reducir en promedio un 17% las velocidades y un 27% los esfuerzos cortantes, por tanto, se concluye que el dissipador de energía mejora el comportamiento hidráulico del flujo en las descargas de las alcantarillas.
- Según los modelamientos realizados en IBER sin dissipador y con dissipador de energía, se observa que el dissipador ayuda a laminar el flujo y permite que no se concentren velocidades en el centro de la geomanta, que a su vez ocupara más área, lo cual involucra extender más la geomanta en cuanto a su área de influencia.
- La solución de geomanta e hidrosiembra ayuda a la estabilización del terreno, además en la ejecución de esta solución se determina que es un método práctico y sencillo en donde los recursos utilizados no impactan al medio ambiente.

- Con la visita de campo que se realizó a la carretera Lima-Canta se confirmó que el emboquillado en base a las características de la zona es una estructura que presenta mejor funcionamiento para lugares que no cuentan con una pendiente pronunciada. Para las alcantarillas que cuenten con pendiente pronunciada, se recomienda el uso de geomanta.
- Se concluye que realizando los análisis comparativos entre el emboquillado de piedra y geomanta, según los modelos HEC-RAS e IBER, la geomanta presenta mejores características para la protección de taludes donde descarguen alcantarillas, lo cual contribuye a prolongar la vida útil de la estructura hidráulica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de geomanta para la protección de taludes de fuerte pendiente donde descarguen alcantarillas, en lugar de emboquillados de piedra los cuales no presentan resistencias adecuadas antes las velocidades y esfuerzos de corte producidas por el flujo de agua.
- Se recomienda utilizar un dissipador para disminuir velocidades en caso de que el flujo a la salida de las alcantarillas supere la velocidad máxima permitida cuando se coloca la geomanta, ya que con el programa IBER se ha demostrado que las velocidades disminuyen en un promedio de 17% (depende de la topografía del terreno).
- Para la instalación de la geomanta se recomienda que el relleno en la zanja de anclaje sea de concreto simple debido a que si se coloca material propio este puede ser removido por el flujo del agua.
- Se recomienda que para la hidrosiembra las semillas tienen que ser elegidas de acuerdo al clima ya que se tiene que analizar la exposición al sol y el grado de cubierta. Además, en la etapa inicial es primordial el mantenimiento debido a que se tiene consideración el crecimiento de la vegetación.
- Se recomienda no realizar la instalación de la geomanta e hidrosiembra en temporada de lluvias.
- Se recomienda utilizar una geomanta con vida útil de acuerdo al diseño de la alcantarilla, en este caso 50 años (periodo de retorno).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2010b, diciembre). Manual: Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales de afianzamiento hídrico. Dirección de estudios de proyectos hidráulicos multisectoriales. Recuperado de [https://www.academia.edu/27451180/autoridad_nacional_del_agua_manual_criterios_de_dise%
c3%91os_de_obras_hidraulicas_para_la_formulacion_de_proyectos_h
idraulicos_multisectoriales_y_de_afianzamiento_hidrico_direccion_de_estudios_de
_proyectos_hidraulicos_multisectoriales](https://www.academia.edu/27451180/autoridad_nacional_del_agua_manual_criterios_de_dise%c3%91os_de_obras_hidraulicas_para_la_formulacion_de_proyectos_hidraulicos_multisectoriales_y_de_afianzamiento_hidrico_direccion_de_estudios_de_proyectos_hidraulicos_multisectoriales) [Consulta: 6 de febrero de 2018].
- Bark, N., Weindorf, D., Zhu, Y., Arceneaux, A., & Selim, H. M. (2012). Evaluation of compost/mulch as highway embankment erosion control in Louisiana at the plot-scale, USA, *Journal of Hydrology*, 468-469, 257-267
- Bengaray, M. (2001). Drenaje Vial para ingenieros viales: Proyecto y mantenimiento. Publicaciones del departamento de Ingeniería. Recuperado de <https://fdocuments.es/document/drenaje-vial-para-ingenieros-viales.html> [Consulta: 29 de febrero de 2018].
- Bonifaz, J., Urrunaga, R., Aguirre, J., & Urquizo, C. (2015). “Un Plan para salir de la pobreza: Plan Nacional de Infraestructura 2016 - 2025” Recuperado de https://www.proyectosapp.pe/RepositorioAPS/0/2/JER/SF_HUANCAYO_HUANCAVELICA/plan_nacional_infraestructura_2016_2025_2.pdf [Consulta: 17 de octubre de 2020].
- Grobe, K. (2006). Compost Use For Erosion Control In California, USA BioCycle
- D’Alessio, F., & Del Carpio, L. (2016). Ranking de Competitividad Mundial 2016. Centrum Graduate Business School - Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/141908> [Consulta: 30 de enero de 2018].

- De Oña, J., Ferrer, A., & Osorio, F. (2011). Erosion and vegetation cover in road slopes hydroseeded with sewage sludge, España, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(6), 465-468.
- Dendro S.A.C. (2015). Hidrosiembra. Recuperado de <http://www.dendro.us/hidrosiembra> [Consulta: 6 de febrero de 2018].
- GITS. (2017). Manual HEC-RAS. Agrimensorescordoba. Recuperado de <http://agrimensorescordoba.org.ar/documentos/manual-HEC-RAS-2.pdf> [Consulta: 6 de febrero de 2018].
- Instituto Geográfico Nacional (Ente rector de la cartografía en el Perú) - IGN. Recuperado de <https://www.ign.gob.pe> [Consulta: 27 de noviembre de 2020].
- Liu, H., Wang, J., Zhang, K., & Kong, Y. (2016). Effectiveness of geotextiles for road slope protection under simulated rainfall, China, *Environmental Earth Sciences* volume, 75, 0.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras, Hidrología, Hidráulica y Drenaje (EG-2013). Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf [Consulta: 20 de octubre de 2018].
- ML Ingeniería. (2017). Geomanta. Recuperado de <https://mlingenieria.com/geomanta/> [Consulta: 6 de febrero de 2018].
- Núñez Álvarez, J. (2014, agosto). Fallas presentadas en la construcción de carreteras asfaltadas. (Tesis de Master en Ingeniería Civil, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú). Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2143> [Consulta: 10 de febrero de 2018].
- Organismo de Formalización de la Propiedad Informal - COFOPRI. (2020, 5 octubre). Gobierno del Perú. Recuperado de <https://www.gob.pe/cofopri> [Consulta: 10 de octubre de 2018].
- Plataforma digital única del Estado Peruano (2020) Autoridad Nacional del Agua. Recuperado de <https://www.ana.gob.pe/> [Consulta: 6 de febrero de 2018].

Propex Operating Company LLC. (2017). Propex. Recuperado de <http://propexglobal.com/Pyramat> [Consulta: 6 de septiembre de 2018].

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2020, 1 octubre). Gobierno del Perú. Recuperado de <http://www.gob.pe/senamhi> [Consulta: 6 de septiembre de 2018].

Soluciones Avanzadas en Ingeniería. (2018). Geomantas, control de erosión, estabilización de taludes. Recuperado de <https://arpimix.com/geosinteticos/geomantas/> [Consulta: 6 de febrero de 2018].

Ven Te Chow, V. (1994). Hidráulica De Canales Abiertos. MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES DE C.V. Recuperado de <https://doku.pub/documents/libro-hidraulica-de-canales-abiertos-ven-te-chowpdf-g0rwyvy2koqk> [Consulta: 15 de febrero de 2018].

ANEXOS

ANEXO 1

(APLICACIÓN DE LAS FICHAS SIC 18, DEL MANUAL DE INVENTARIO VIALES)

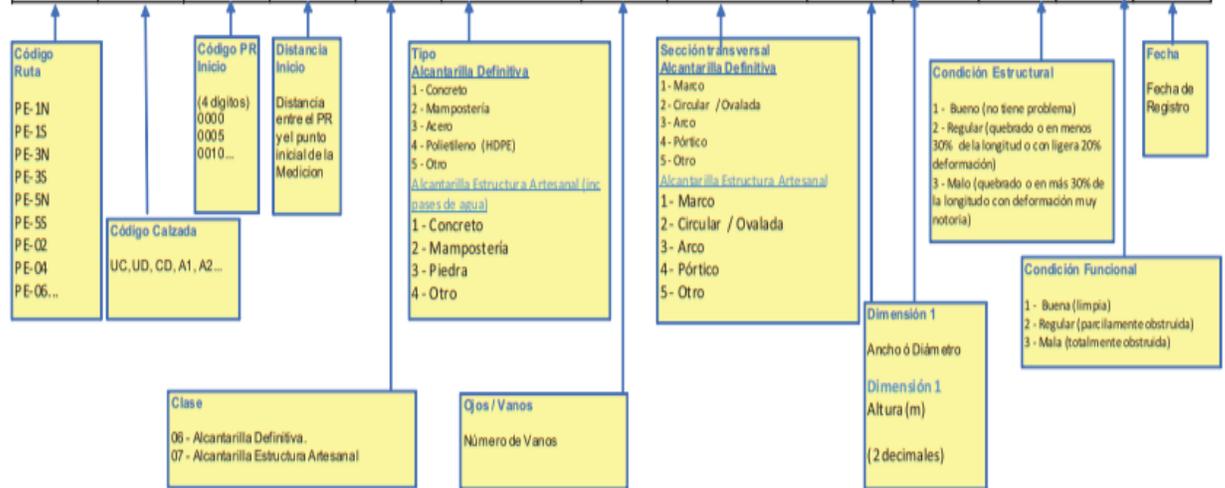


2.5.2.2 Formularios de alcantarillas

Se recolectan los tipos de datos siguientes de acuerdo con el Formato SIC18 – Alcantarillas, mostrado a continuación.

Tabla III.67 – SIC-18

Ruta	Ubicación Inicio		Clase	Tipo	Vanos	Sección Transversal	Dimensión 1	Dimensión 2	Condición Estructural	Condición Funcional	Fecha
	Calzada	Código PR									





Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE INVENTARIOS VIALES

Tabla III.68- SIC-18*

Ruta	Calzada	Ubicación Inicio		Clase	Tipo	Ojos Vanos	Función	Falla e estructural		Falla funcional		Fecha
		Código PR	Distancia					Ubicación de Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa probable	



TABLAS DEL MANUAL DE INVENTARIO VIALES SIC 18- SIC 18A

Tabla III. 61 Clase, Tipo y Seccion Transversal de las Alcantarillas					
CLASE		TIPO		SECCION TRANSVERSAL	
6	Alcantarilla Definitiva (luz<6m)	1	Concreto	1	Marco
		2	Mamposteria	2	Circular/Ovalada
		3	Acero	3	Arco
		4	Polietileno HDPE	4	Portico
		5	Otro	5	Otro
7	Estructura artesanal	1	Concreto	1	Marco
		2	Mamposteria	2	Circular/Ovalada
		3	Piedra	3	Arco
				4	Portico
				5	Otro

Tabla III. 62 Condicion Estructural de las Alcantarillas		
CODIGO	CONDICION	Descripcion
1	Buena	No tiene problema. No hay necesidad de reparaciones
2	Regular	Quebrado en menos que el 30% de la longitud o con deformaciones menores al 20%
3	Mala	Quebrado en mas del 30% de la longitud o con deformaciones mayores al 20%

Tabla III. 63 Condicion Funcional de las Alcantarillas		
CODIGO	CONDICION	Descripcion
1	Buena - Limpia	La alcantarilla no se encuentra obstruida, o la obstruccion es minima y no se encuentra ahogada. El flujo de agua a traves de la alcantarilla puede ocupar la seccion completa
2	Regular - Parcialmente obstruida	La alcantarilla se encuentra parcialmente obstruida o se encuentra parcialmente ahogada. El flujo de agua a traves de la alcantarilla puede ocupar solamente una parte de toda la seccion.
3	Mala - Totalmente obstruida	La alcantarilla se encuentra completamente obstruida o se encuentra completamente ahogada. El agua no puede circular a traves de la alcantarilla.

TABLAS DEL MANUAL DE INVENTARIO VIALES SIC 18- SIC 18A

Tabla III. 64 Funcion de las alcantarillas		
CODIGO	CONDICION	Descripcion
1	Drenaje de quebrada importante	Ubicada comocontinucion de una quebrada de lfujo permanente y/o de ancho mayor a 2m.
2	Drenaje de quebrada secundaria	Ubicada como continuacion de una quebrada de flujo intermitente y/o de ancho menor a 2m.
3	Drenaje de cunetas	Concentra las aguasdelascunetas y lasconduce fuera de la carpeta vial
4	Pase de agua	Tiene como funcion permitir que canales de riego crucen la via.

Tabla III. 65 Fallas estructurales de las alcantarillas			
CODIGO	CONDICION	Codigo	Tipo de Falla
1	Cabezal de entrada	1	Colapso
2	Cabezal de salida	2	Deformacion
3	Alcantarilla	3	Fractura
4	Ambos cabezales	4	Hundimiento
5	Todas las estructuras	5	Socavacion
		6	Diametro minimo
		7	Otros

Tabla III. 66 Fallas funcionales de las alcantarilla			
CODIGO	ESTADO	Codigo	CAUSA PROBABLE
1	Ahogada	1	Subdimensionado
2	Obstruida	2	Poca pendiente
3	Otras	3	Huayco
4		4	Otros

Manual de Inventario Viales: SIC 18 Y SIC 19

A continuación se presenta el levantamiento de información con respecto a las alcantarillas existentes en la carretera Lima-Canta.

1) Alcantarilla Km 22+800



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple			1.6	0.6	0.2
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condición Estructural	Condición Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	1	1	1	1	2	4	2	7	2	2	04/06/18

Evaluación											
La alcantarilla no cumple con su función de drenaje transversal en forma eficiente. Se puede apreciar que la alcantarilla se encuentra colmatada por basura y desmonte en un 80%. Se deberá realizar mantenimiento y limpieza en toda el área de drenaje.											

2) Alcantarilla Km 27+500



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	C. Simple			1.22	0.52	0.25
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condición Estructural	Condición Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	1	1	1	2	3	4	2	7	2	2	04/06/18

Evaluación											
La alcantarilla no cumple con su función de drenaje transversal en forma eficiente. Se puede apreciar que la alcantarilla se encuentra colmatada por rocas, tierra, 70% de vegetación y maleza. Se deberá realizar mantenimiento y limpieza en toda el área de drenaje.											

3) Alcantarilla Km 30+160

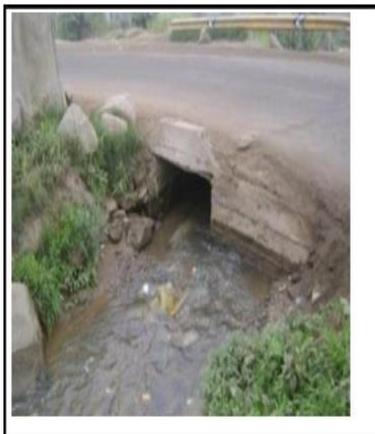


Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor	
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto armado			1.00	1.50	0.20
	Aleros	Concreto armado		1.00		1.50	0.20
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condición Estructural	Condición Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	1	1	1	3	NO PRESENTA				04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal en forma eficiente. No presenta falla en la estructura. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

4) Alcantarilla Km 30+910



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor	
Estructura de salida	Muro Cabezal	Piedra emboquillada			1.2	1.2	
	Aleros						
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condición Estructural	Condición Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	1	1	1	1	1	4	NO PRESENTA				04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal en forma eficiente. No presenta falla en la estructura. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

9) Alcantarilla Km 44+820



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	NO PRESENTA					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falia	Tipo de Falia	Estado	Causa Probable	Fecha
1	1	1	1	2	3	3	3	5	2	4	04/06/18

Evaluación											
La alcantarilla no cumple con su función de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada en un 80% por desmonte y vegetación, debido a que le falta aleros. Se deberá realizar mantenimiento y limpieza en toda el área de drenaje.											

10) Alcantarilla Km 45+510

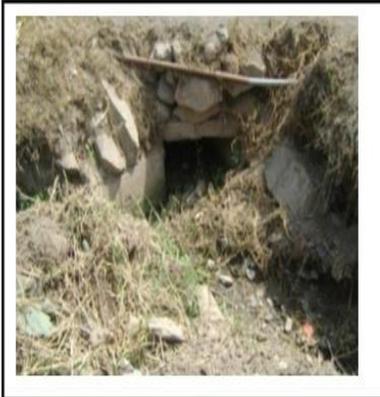


Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple		4.00		1.00	0.20
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falia	Tipo de Falia	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	1	1	1	1	NO PRESENTA			04/06/18	

Evaluación											
La alcantarilla cumple con su función de drenaje transversal de forma eficiente. Se deberá realizar mantenimiento y limpieza en toda el área de drenaje.											

7) Alcantarilla Km 41+720



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	NO PRESENTA					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	3	1	1	3	3	3	2	7	2	4	04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada en un 80% por desmonte y vegetacion, debdo a que le falta aleros. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

8) Alcantarilla Km 44+310



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple		2.00		1.00	0.20
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	1	1	2	3	2	7	2	4	04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada en un 80% por vegetacion, debdo a que le falta aleros. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

11) Alcantarilla Km 47+230



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Muro Cabezal	Materiales	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple			2.20	0.50	0.20
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Sección Transversal	Condición Estructural	Condición Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	1	1	1	1	1	2			NO PRESENTA		04/06/18

Evaluación											
La alcantarilla cumple con su función de drenaje transversal en forma eficiente. No presenta falla en la estructura. Se deberá realizar mantenimiento y limpieza en toda el área de drenaje.											

12) Alcantarilla Km 52+740



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Muro Cabezal	Materiales	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Sección Transversal	Condición Estructural	Condición Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	1	1	1	3	3	3	2	1	2	4	04/06/18

Evaluación											
La alcantarilla no cumple con su función de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada a un 100% por material fino, rocas y vegetación. Se deberá realizar mantenimiento y limpieza en toda el área de drenaje.											

15) Alcantarilla Km 64+810



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	1	1	1	1	2	2	2	7	2	4	04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada en un 80% por abundante vegetacion. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

16) Alcantarilla Km 65+150



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	2	1	3	2	5	4	4	04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal. Se puede apreciar que el emboquillado se ha ido separando del cabezal de la alcantarilla debido a la erosion del suelo. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

17) Alcantarilla Km 65+909

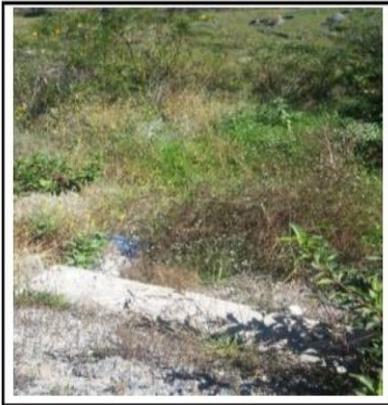


Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
7	2	1	1	3	3	4	2	1	2	2	04/06/18

Evaluacion	
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se encuentra colmatada en un 80% por abundante vegetacion en los aleros. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.	

18) Alcantarilla Km 71+820



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple					
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	1	1	3	2	7	4	4	04/06/18

Evaluacion	
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra colmatada en un 80% por abundante vegetacion. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.	

19) Alcantarilla Km 72+460



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Material		Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple				0.80	0.25
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19												
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha	
7	2	1	1	3	3	3	2	2	4	2	04/06/18	

Evaluacion												
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. El concreto de la estructura presenta desgaste, las paredes de roca del buzón han cedido, existe poca colmatacion por vegetacion. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.												

20) Alcantarilla Km 74+140



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Material		Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto armado			1.00	1.50	0.20
	Aleros	Concreto armado		1.00		1.50	0.20
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19												
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha	
6	1	4	4	1	1	2	NO PRESENTA			04/06/18		

Evaluacion												
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. Se puede apreciar que en la superficie del emboquillado se encuentra en regular estado, ya que por el paso del agua se ha llenado de piedras. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.												

21) Alcantarilla Km 76+700



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto armado		6.00		1.50	0.20
	Aleros	Concreto armado		1.00		1.50	0.20
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	1	1	3	NO PRESENTA			04/06/18	

Evaluacion											
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra en regular estado, se puede apreciar piedras de tamaño mediano a la salida de la alcantarilla. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

22) Alcantarilla Km 76+892



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal						
	Aleros						
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	3	1	2	2	5	4	5	04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. El emboquillado ha colapsado a la salida de la alcantarilla. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

23) Alcantarilla Km 77+635



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto armado		6.00		1.50	0.20
	Aleros	Concreto armado		1.00		1.50	0.20
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	1	1	3	NO PRESENTA			04/06/18	

Evaluacion											
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra en buen estado. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

24) Alcantarilla Km 79+180



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto armado			1.55	2.20	0.20
	Aleros	Concreto simple		3.00		1.9/1.2	0.25
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	4	1	2	3	2	7	2	7	04/06/18

Evaluacion											
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra colmatada en un 80% por rocas y vegetacion. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.											

25) Alcantarilla Km 80+110



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Materia	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor	
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple			1.10	1.05	0.20
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19												
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha	
7	1	1	1	2	3	2	2	7	2	4	04/06/18	

Evaluacion												
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La estructura se encuentra colmatada por abundante vegetacion.. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.												

26) Alcantarilla Km 81+120



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Materia	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor	
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple			1.10	1.05	0.20
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon	NO PRESENTA					

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19												
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha	
6	1	1	1	1	1	3	NO PRESENTA			04/06/18		

Evaluacion												
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra en buen estado. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.												

27) Alcantarilla Km 85+100



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple			1.10	1.05	0.20
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	1	1	2	3	2	5	2	4	04/06/18

Evaluacion	
La alcantarilla no cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra colmatada por abundante vegetacion y piedras. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.	

28) Alcantarilla Km 87+600

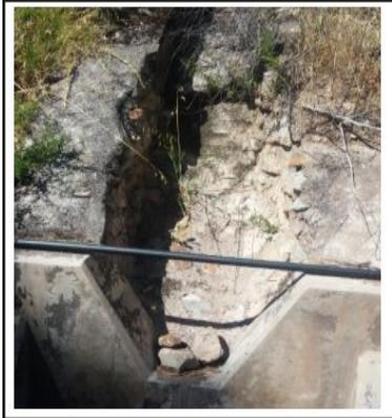


Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento		Material	Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple			1.10	1.05	0.20
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	1	1	2	NO PRESENTA			04/06/18	

Evaluacion	
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra en buen estado. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.	

29) Alcantarilla Km 87+600



Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Material		Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple		1.00		1.05	0.20
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	1	1	1	1	NO PRESENTA			04/06/18	

Evaluacion	
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra en buen estado. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.	

30) Alcantarilla Km 95+210



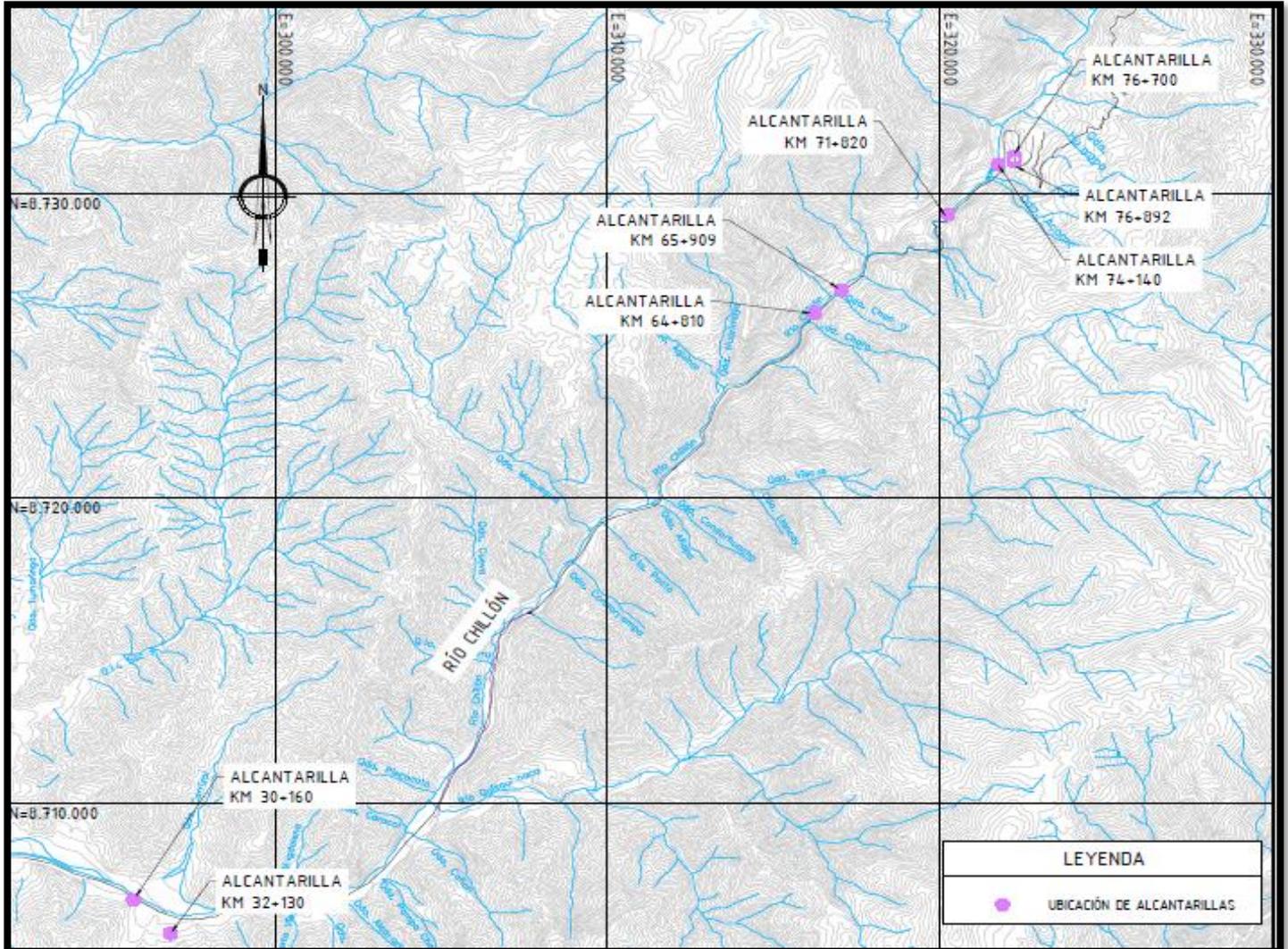
Dimensiones de la estructura (m)							
Elemento	Material		Diametro	Longitud	Luz	Alto	Espesor
Estructura de salida	Muro Cabezal	Concreto simple		1.00		1.05	0.20
	Aleros	NO PRESENTA					
	Buzon						

Datos de Alcantarilla - Según SIC 18 y SIC 19											
Clase	Tipo	Vanos	Seccion Transversal	Condicion Estructural	Condicion Funcional	Funcion	Ubicacion de la Falla	Tipo de Falla	Estado	Causa Probable	Fecha
6	1	1	2	1	1	3	NO PRESENTA			04/06/18	

Evaluacion	
La alcantarilla cumple con su funcion de drenaje transversal de forma eficiente. La superficie del emboquillado se encuentra en buen estado. Se debera realizar mantenimiento y limpieza en toda el area de drenaje.	

ANEXO 2

(PLANO CON UBICACIÓN DE ALCANTARILLAS)



ANEXO 3

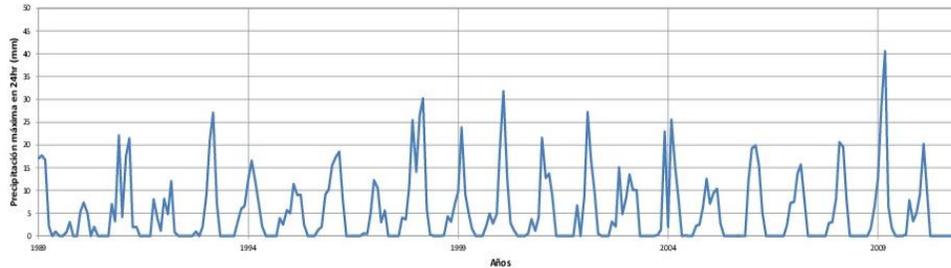
(CALCULOS HIDROLÓGICOS)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS - ESTACION ARAHUAY

1. DATOS PRECIPITACION MÁXIMA 24 HORAS

Estación:	Arahuay				Localización política				Localización administrativa			
Latitud:	11°37'				Dpto.: Lima				AAA: Cahete - Fortaleza			
Longitud:	76°42'				Provincia: Canta				Vertiente: Pacífico			
Altitud:	2800 m.s.n.m.				Distrito: Arahuay				Cuenca: Cuenca Chillón			

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1989	17.00	17.70	16.70	2.10	0.00	1.00	0.00	0.00	0.80	3.00	0.00	0.00
1990	5.30	7.30	5.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	3.30	22.00
1991	4.20	17.50	21.40	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	3.90	1.20
1992	8.20	4.80	12.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.10
1993	9.10	20.90	27.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	6.00	6.60
1994	12.40	16.50	11.80	7.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	2.50	5.70
1995	5.00	11.40	9.00	9.00	2.50	0.00	0.00	0.00	1.40	2.00	9.10	10.20
1996	15.50	17.30	18.50	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	5.00
1997	12.20	10.50	3.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	3.70	10.80	25.40
1998	14.10	26.40	30.20	6.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.10	4.30	3.10	7.00
1999	9.70	23.80	9.10	5.00	1.60	0.00	0.00	0.00	2.20	4.90	2.70	4.80
2000	20.00	31.70	12.70	2.80	1.30	0.00	0.00	0.00	0.50	3.70	1.20	4.10
2001	21.50	12.70	13.70	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.70	0.00
2002	8.60	27.20	16.60	9.30	0.50	0.00	0.00	0.00	3.10	2.10	15.00	4.80
2003	8.40	13.50	10.10	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.40	22.90
2004	2.00	25.50	15.00	8.00	0.00	0.10	0.00	0.00	2.20	2.50	6.20	12.50
2005	7.10	9.50	10.30	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.10
2006	19.20	19.80	15.40	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	7.20
2007	7.50	13.70	15.70	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	3.00
2008	8.20	20.60	19.50	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	6.50
2009	12.50	28.10	40.50	6.50	1.80	0.00	0.00	0.00	0.30	7.80	3.20	5.00
2010	9.00	20.20	10.00									



2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS Y ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS

Análisis de datos dudosos:

Calculos de umbrales superiores e inferiores, en función a las siguientes ecuaciones.

$$y_U = \bar{y} + K_n \cdot \sigma$$

$$y_L = \bar{y} - K_n \cdot \sigma$$

Donde:

- y_U : Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- y_L : Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- \bar{y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.
- σ : Desviación estándar de los logaritmos de precipitaciones máx.
- K_n : Valor tabulado para una muestra de tamaño n (Tabla 12.5.3)

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.006	24	2.467	38	2.961
11	2.084	25	2.486	39	2.971
12	2.134	26	2.502	40	2.982
13	2.173	27	2.519	41	2.992
14	2.213	28	2.536	42	2.993
15	2.247	29	2.549	43	2.993
16	2.275	30	2.563	44	2.993
17	2.299	31	2.577	45	2.993
18	2.323	32	2.591	46	2.993
19	2.341	33	2.604	47	2.993
20	2.363	34	2.616	48	2.993
21	2.389	35	2.628	49	2.993
22	2.425	36	2.639	50	2.993
23	2.464	37	2.650	55	2.994

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Los datos fueron sujetos de K_n de un lado por un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Calculo de umbrales:

Datos:

$$\bar{y} = 1.32$$

$$\sigma = 0.14$$

$$n = 22$$

$$K_n = 2.429$$

Umbral máximo

$$y_U = 1.66$$

$$P_U = 45.57 \text{ mm}$$

$$P_{máx} = 40.50 \text{ mm}$$

$$P_{máx} < P_U$$

Ok

Se verifica que los datos se encuentran por debajo del Umbral máximo.

Umbral mínimo

$$y_L = 0.98$$

$$P_L = 9.64 \text{ mm}$$

$$P_{mín} = 11.40 \text{ mm}$$

$$P_{mín} > P_L$$

Ok

Se verifica que los datos se encuentran por encima del Umbral mínimo.

Año	Máx 24h P (mm)	Log P y
1989	17.70	1.25
1990	22.00	1.34
1991	21.40	1.33
1992	12.00	1.08
1993	27.00	1.43
1994	16.50	1.22
1995	11.40	1.06
1996	18.50	1.27
1997	25.40	1.40
1998	30.20	1.48
1999	23.80	1.38
2000	31.70	1.50
2001	21.50	1.33
2002	27.20	1.43
2003	22.90	1.36
2004	25.50	1.41
2005	12.10	1.08
2006	19.80	1.30
2007	15.70	1.20
2008	20.60	1.31
2009	40.50	1.61
2010	20.20	1.31
Media	21.98	1.32
Dev. Est.	6.92	0.14
Máx.	40.50	1.61
Mín.	11.40	1.06

3. FACTOR DE AJUSTE DE LA FRECUENCIA Y CALCULO ESTADISTICO

Según la Guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial – OMM, se recomienda multiplicar los datos pluviométricos por un factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria.

$$P_{C_{\text{máx } 24h}} = F_c * P_{\text{máx } 24h}$$

Número de observaciones/día Factor de Ajuste	1	2	3 - 4	5 - 8	9 - 24	> 24
	1.13	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00

Observaciones/día = 2 → Fc = 1.04

Año	Pc (mm)	Y = Log Pc
1989	18.41	1.27
1990	22.88	1.36
1991	22.26	1.35
1992	12.48	1.10
1993	28.08	1.45
1994	17.16	1.23
1995	11.86	1.07
1996	19.24	1.28
1997	26.42	1.42
1998	31.41	1.50
1999	24.75	1.39
2000	32.97	1.52
2001	22.36	1.35
2002	28.29	1.45
2003	23.82	1.38
2004	26.52	1.42
2005	12.58	1.10
2006	20.59	1.31
2007	16.33	1.21
2008	21.42	1.33
2009	42.12	1.62
2010	21.01	1.32

Parámetros Estadísticos

Parámetros de Pc			Parámetro de Y		
Máx.	Pmáx	42.12	Máx.	Ymáx	1.62
Mín.	Pmín	11.86	Mín.	Ymín	1.07
Media	Pm	22.86	Media	Ym	1.34
Desv. Est.	S	7.20	Desv. Est.	φ	0.14
Varianza	S ²	51.77	Varianza	φ ²	0.02
Coef. Asim.	A.P.	0.71	Coef. Asim.	A.Y.	-0.25
# datos	Nº	22	# datos	Ny	22

4. ANALISIS DE FRECUENCIAS

Se aplicaran las siguientes distribuciones:

Distribución Log Normal

$$Y_{(Tr)} = Y_m + Z * \phi \quad ; \quad P_{(Tr)} = 10^{Y_{(Tr)}}$$

Tr (años)	Prob.	Z	Y _(Tr)	P _(Tr) (mm)
2	0.50	0.00	1.34	21.80
5	0.20	0.84	1.46	28.53
10	0.10	1.28	1.52	32.84
20	0.05	1.65	1.57	36.89
25	0.04	1.75	1.58	38.16
30	0.03	1.83	1.59	39.19
35	0.03	1.90	1.60	40.05
50	0.02	2.05	1.62	42.04
100	0.01	2.33	1.66	45.87
175	0.01	2.53	1.69	48.94
500	0.00	2.88	1.74	54.72

Distribución Log Pearson III

$$Y_{(Tr)} = Y_m + K * \phi \quad ; \quad P_{(Tr)} = 10^{Y_{(Tr)}}$$

Tr (años)	Prob.	Z	K	Y _(Tr)	P _(Tr) (mm)
2	0.50	0.00	0.04	1.34	22.09
5	0.20	0.84	0.85	1.46	28.61
10	0.10	1.28	1.25	1.51	32.53
20	0.05	1.65	1.57	1.56	36.04
25	0.04	1.75	1.66	1.57	37.11
30	0.03	1.83	1.73	1.58	37.96
35	0.03	1.90	1.79	1.59	38.67
50	0.02	2.05	1.92	1.61	40.28
100	0.01	2.33	2.15	1.64	43.29
175	0.01	2.53	2.31	1.66	45.62
500	0.00	2.88	2.58	1.70	49.80

Parámetros distribución Gumbel

n	20	30	40	50	100	200	1.00E+100	Utilizar
ȳn	0.52	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.5775	0.524
σn	1.06	1.11	1.14	1.16	1.21	1.24	1.2825	1.07

Distribución Gumbel

$$P_{(Tr)} = P_m + K * S \quad ; \quad K = \frac{y - \bar{y}_n}{\sigma_n} \quad ; \quad y = -\ln(-\ln(1 - Prob))$$

Tr (años)	Prob.	y	K	P _(Tr) (mm)
2	0.50	0.37	-0.15	21.80
5	0.20	1.50	0.91	29.42
10	0.10	2.25	1.61	34.47
20	0.05	2.97	2.29	39.31
25	0.04	3.20	2.50	40.85
30	0.03	3.38	2.67	42.10
35	0.03	3.54	2.82	43.15
50	0.02	3.90	3.16	45.58
100	0.01	4.60	3.81	50.27
175	0.01	5.16	4.33	54.05
500	0.00	6.21	5.32	61.12

Se presenta la siguiente tabla resumen:

Tabla Resumen

Tr (años)	Log Normal	Log Pearson	Gumbel	Promedio
2	21.80	22.09	21.80	21.90
5	28.53	28.61	29.42	28.86
10	32.84	32.53	34.47	33.28
20	36.89	36.04	39.31	37.41
25	38.16	37.11	40.85	38.70
30	39.19	37.96	42.10	39.75
35	40.05	38.67	43.15	40.62
50	42.04	40.28	45.58	42.63
100	45.87	43.29	50.27	46.48
175	48.94	45.62	54.05	49.54
500	54.72	49.80	61.12	55.21

5. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

Se realizara la prueba de Kolmogoroc - Smirnov

Datos = 22 ; Alfa = 5 % → Δ tab = 0.281

Distribución Log Normal y Log Pearson III

	# Datos	Promedio	Desv. Est.	Varianza	Coef. Asim.
x	22	22.86	7.20	51.77	0.71
Log x	22	1.34	0.14	0.02	-0.25

N	Pc = x	Log x	Distribucion Log Normal				Distribucion Log Pearson III				
			P(x>x _i) _{obs}	Z	P(x<x _i)	P(x>x _i) _{TF,0}	Δ (N)	K	Z	P(x>x _i) _{TF,0}	Δ (N)
1	42.12	1.62	0.043	2.06	0.980	0.020	0.024	2.06	2.22	0.013	0.030
2	32.97	1.52	0.087	1.29	0.902	0.098	0.011	1.29	1.33	0.092	0.005
3	31.41	1.50	0.130	1.14	0.873	0.127	0.004	1.14	1.16	0.123	0.007
4	28.29	1.45	0.174	0.82	0.792	0.208	0.034	0.82	0.80	0.211	0.037
5	28.08	1.45	0.217	0.79	0.786	0.214	0.003	0.79	0.78	0.218	0.001
6	26.52	1.42	0.261	0.61	0.730	0.270	0.009	0.61	0.59	0.278	0.017
7	26.42	1.42	0.304	0.60	0.726	0.274	0.030	0.60	0.58	0.283	0.022
8	24.75	1.39	0.348	0.40	0.654	0.346	0.002	0.40	0.36	0.358	0.010
9	23.82	1.38	0.391	0.28	0.609	0.391	0.000	0.28	0.24	0.406	0.014
10	22.88	1.36	0.435	0.15	0.560	0.440	0.005	0.15	0.11	0.456	0.021
11	22.36	1.35	0.478	0.08	0.532	0.468	0.010	0.08	0.04	0.485	0.006
12	22.26	1.35	0.522	0.06	0.526	0.474	0.048	0.06	0.02	0.490	0.031
13	21.42	1.33	0.565	-0.05	0.478	0.522	0.044	-0.05	-0.10	0.538	0.027
14	21.01	1.32	0.609	-0.12	0.454	0.546	0.063	-0.12	-0.16	0.562	0.047
15	20.59	1.31	0.652	-0.18	0.429	0.571	0.081	-0.18	-0.22	0.586	0.066
16	19.24	1.28	0.696	-0.39	0.348	0.652	0.044	-0.39	-0.43	0.665	0.031
17	18.41	1.27	0.739	-0.53	0.298	0.702	0.038	-0.53	-0.56	0.712	0.027
18	17.16	1.23	0.783	-0.75	0.227	0.773	0.010	-0.75	-0.77	0.779	0.004
19	16.33	1.21	0.826	-0.90	0.183	0.817	0.009	-0.90	-0.91	0.819	0.007
20	12.58	1.10	0.870	-1.72	0.043	0.957	0.088	-1.72	-1.65	0.951	0.081
21	12.48	1.10	0.913	-1.74	0.041	0.959	0.046	-1.74	-1.67	0.953	0.040
22	11.86	1.07	0.957	-1.90	0.028	0.972	0.015	-1.90	-1.81	0.965	0.009
					Δ máx =		0.088			Δ máx =	0.081

Distribución Gumbel

	# Datos	Promedio	Desv. Est.	Varianza	Coef. Asim.	γn	σn
x	22	22.86	7.20	51.77	0.71	0.524	1.07

N	Pc = x	Log x	Distribucion Gumbel				
			P(x>x _i) _{obs}	K	v	P(x>x _i) _{TF,0}	Δ (N)
1	42.12	1.62	0.043	2.68	3.39	0.033	0.010
2	32.97	1.52	0.087	1.40	2.03	0.123	0.036
3	31.41	1.50	0.130	1.19	1.80	0.153	0.023
4	28.29	1.45	0.174	0.75	1.33	0.232	0.058
5	28.08	1.45	0.217	0.73	1.30	0.239	0.021
6	26.52	1.42	0.261	0.51	1.07	0.291	0.030
7	26.42	1.42	0.304	0.49	1.05	0.295	0.010
8	24.75	1.39	0.348	0.26	0.81	0.360	0.013
9	23.82	1.38	0.391	0.13	0.67	0.402	0.010
10	22.88	1.36	0.435	0.00	0.53	0.446	0.011
11	22.36	1.35	0.478	-0.07	0.45	0.472	0.007
12	22.26	1.35	0.522	-0.08	0.43	0.477	0.045
13	21.42	1.33	0.565	-0.20	0.31	0.520	0.046
14	21.01	1.32	0.609	-0.26	0.25	0.542	0.067
15	20.59	1.31	0.652	-0.32	0.19	0.564	0.088
16	19.24	1.28	0.696	-0.50	-0.01	0.637	0.058
17	18.41	1.27	0.739	-0.62	-0.14	0.683	0.056
18	17.16	1.23	0.783	-0.79	-0.32	0.749	0.034
19	16.33	1.21	0.826	-0.91	-0.45	0.791	0.035
20	12.58	1.10	0.870	-1.43	-1.00	0.935	0.065
21	12.48	1.10	0.913	-1.44	-1.02	0.937	0.024
22	11.86	1.07	0.957	-1.53	-1.11	0.952	0.004
					Δ máx =		0.088

Se presenta la siguiente tabla resumen:

Distribución	Δ máx	Δ tab	Verificación
Log Normal	0.088	0.281	Se ajusta
Log Pearson III	0.081	0.281	Se ajusta
Gumbel	0.088	0.281	Se ajusta

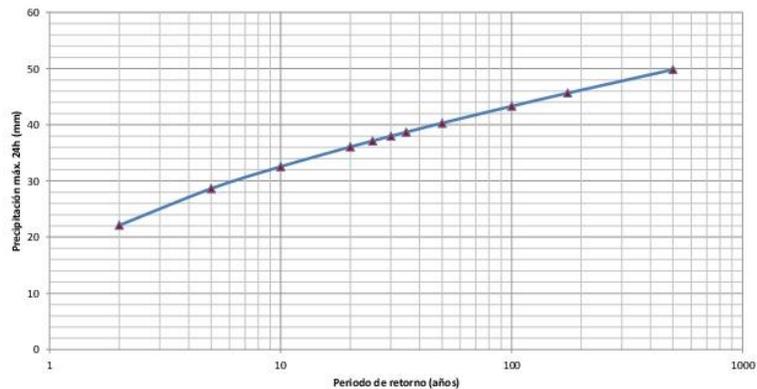
Se selecciona la distribución:
Log Pearson III

6. PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Finalmente se tiene las siguientes precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno

Tr (años)	Prob.	P _{máx} (mm)
2	0.500	22.09
5	0.200	28.61
10	0.100	32.53
20	0.050	36.04
25	0.040	37.11
30	0.033	37.96
35	0.029	38.67
50	0.020	40.28
100	0.010	43.29
175	0.006	45.62
500	0.002	49.80

Gráfico P_{máx} 24h vs Tr

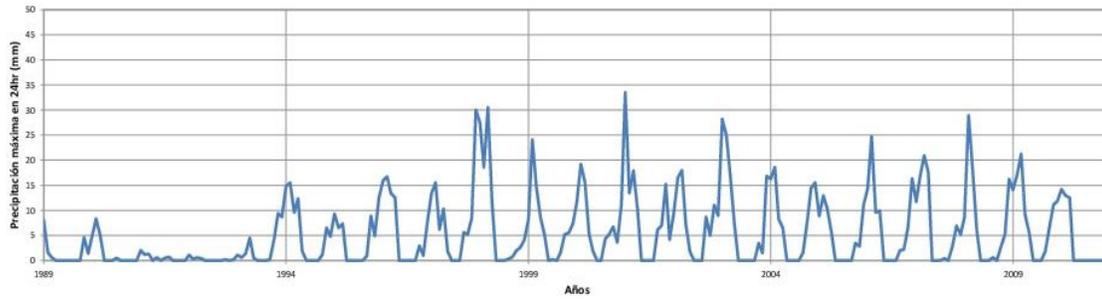


ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS - ESTACION CANTA

1. DATOS PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS

Estación:	Canta	Localización política	Localización administrativa
Latitud:	11°28'	Dpto.:	Lima
Longitud:	76°37'	Provincia:	Canta
Altitud:	2832 m.s.n.m.	Distrito:	Canta
		AAA:	Cañete - Fortaleza
		Vertiente:	Pacífico
		Cuenca:	Cuenca Chillón

Año	1 Enero	2 Febrero	3 Marzo	4 Abril	5 Mayo	6 Junio	7 Julio	8 Agosto	9 Septiembre	10 Octubre	11 Noviembre	12 Diciembre
1989	8.00	1.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	1.40
1990	5.00	8.30	5.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	2.00	1.20	1.30	0.00	0.60	0.00	0.50	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	1.10	0.30	0.60	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20
1993	1.10	0.60	1.40	4.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.20	4.00	9.40	8.70
1994	14.80	15.50	9.60	12.30	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	6.50	4.80
1995	9.30	6.50	7.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	8.90	4.90	12.40
1996	15.90	16.70	13.40	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	1.00	7.60
1997	13.40	15.50	6.20	10.30	1.80	0.00	0.00	0.00	5.60	5.20	8.50	30.00
1998	27.50	18.60	30.50	11.50	0.00	0.00	0.00	0.30	0.70	1.90	2.60	4.10
1999	8.20	24.10	14.50	8.50	5.00	0.00	0.20	0.00	1.60	5.20	5.50	7.30
2000	11.50	19.20	15.60	5.30	1.90	0.00	0.00	4.30	5.20	6.70	3.60	11.10
2001	33.50	13.50	17.90	10.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.10	7.00	15.20	4.20
2002	9.40	16.50	18.00	7.20	1.80	0.00	0.00	0.00	8.70	5.00	11.00	9.00
2003	28.20	25.00	16.60	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	1.50	16.80
2004	16.30	18.60	8.20	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	7.60	14.40	15.50
2005	8.90	12.90	10.40	5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	2.80	11.10
2006	14.40	24.70	9.60	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.20	6.60	16.30
2007	11.70	16.70	20.90	17.60	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	2.80	6.90	5.20
2008	8.60	28.90	18.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	2.70	5.20	16.20
2009	14.10	17.00	21.20	9.20	5.60	0.00	0.00	0.00	1.80	6.60	11.10	11.80
2010	14.20	12.90	12.50									



2. PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS Y ANALISIS DE DATOS DUDOSOS

Análisis de datos dudosos:

Calculos de umbrales superiores e inferiores, en función a las siguientes ecuaciones.

$$y_H = \bar{y} + K_n \cdot \sigma$$

$$y_L = \bar{y} - K_n \cdot \sigma$$

Donde:

- y_H : Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- y_L : Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- \bar{y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.
- σ : Desviación estándar de los logaritmos de precipitaciones máx.
- K_n : Valor tabulado para una muestra de tamaño n (Tabla 12.5.3)

| Tamaño de muestra n |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| K_n | K_n | K_n | K_n |
| 10 | 2.036 | 24 | 2.467 |
| 11 | 2.088 | 25 | 2.486 |
| 12 | 2.134 | 26 | 2.502 |
| 13 | 2.175 | 27 | 2.519 |
| 14 | 2.213 | 28 | 2.534 |
| 15 | 2.247 | 29 | 2.549 |
| 16 | 2.279 | 30 | 2.563 |
| 17 | 2.309 | 31 | 2.577 |
| 18 | 2.335 | 32 | 2.591 |
| 19 | 2.361 | 33 | 2.604 |
| 20 | 2.385 | 34 | 2.616 |
| 21 | 2.408 | 35 | 2.628 |
| 22 | 2.429 | 36 | 2.639 |
| 23 | 2.448 | 37 | 2.650 |
| | | 38 | 2.661 |
| | | 39 | 2.671 |
| | | 40 | 2.682 |
| | | 41 | 2.692 |
| | | 42 | 2.700 |
| | | 43 | 2.710 |
| | | 44 | 2.719 |
| | | 45 | 2.727 |
| | | 46 | 2.736 |
| | | 47 | 2.744 |
| | | 48 | 2.753 |
| | | 49 | 2.760 |
| | | 50 | 2.768 |
| | | 55 | 2.804 |

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Año	Máx 24h P (mm)	Log P y
1989	8.00	0.90
1990	8.30	0.92
1991	2.00	0.30
1992	1.10	0.04
1993	9.40	0.97
1994	15.50	1.19
1995	12.40	1.09
1996	16.70	1.22
1997	30.00	1.48
1998	30.50	1.48
1999	24.10	1.38
2000	19.20	1.28
2001	33.50	1.53
2002	18.00	1.26
2003	28.20	1.45
2004	18.60	1.27
2005	12.90	1.11
2006	24.70	1.39
2007	20.90	1.32
2008	28.90	1.46
2009	21.20	1.33
2010	14.20	1.15
Media	18.10	1.16
Desv. Est.	9.14	0.37
Máx.	33.50	1.53
Min.	1.10	0.04

Calculo de umbrales:

Datos:

$\bar{y} = 1.16$
 $\sigma = 0.37$
 $n = 22$
 $K_n = 2.429$

Umbral máximo

$y_H = 2.06$
 $P_H = 114.31$ mm
 $P_{msv} = 33.50$ mm

$P_{msv} < P_H$
 33.50 < 114.31
Ok

Se verifica que los datos se encuentran por debajo del Umbral máximo.

Umbral mínimo

$y_L = 0.26$
 $P_L = 1.83$ mm
 $P_{min} = 1.10$ mm

$P_{min} > P_L$
 1.10 > 1.83
Descartar valores mayores a PH

Se deben descartar los datos menores al Umbral mínimo

Análisis de datos dudosos (Segundo análisis):

Calculos de umbrales superiores e inferiores, en función a las siguientes ecuaciones.

$$y_H = \bar{y} + K_n \cdot \sigma$$

$$y_L = \bar{y} - K_n \cdot \sigma$$

Donde:

- y_H : Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- y_L : Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- \bar{y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.
- σ : Desviación estándar de los logaritmos de precipitaciones máx.
- K_n : Valor tabulado para una muestra de tamaño n (Tabla 12.5.3)

Tamaño de muestra n	K_n						
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Calculo de umbrales:

Datos:

$$\bar{y} = 1.21$$

$$\sigma = 0.28$$

$$n = 21$$

$$K_n = 2.408$$

Umbral máximo

$$y_H = 1.89$$

$$P_H = 76.78 \text{ mm}$$

$$P_{máx} = 33.50 \text{ mm}$$

$$P_{máx} < P_H$$

$$33.50 < 76.78$$

Ok

Se verifica que los datos se encuentran por debajo del Umbral máximo.

Umbral mínimo

$$y_L = 0.54$$

$$P_L = 3.49 \text{ mm}$$

$$P_{mín} = 2.00 \text{ mm}$$

$$P_{mín} > P_L$$

$$2.00 > 3.49$$

Descartar valores mayores a P_L

Se deben descartar los datos menores al Umbral mínimo

Año	Máx 24h P (mm)	Log P y
1989	8.00	0.90
1990	8.30	0.92
1991	2.00	0.30
1993	9.40	0.97
1994	15.50	1.19
1995	12.40	1.09
1996	16.70	1.22
1997	30.00	1.48
1998	30.50	1.48
1999	24.10	1.38
2000	19.20	1.28
2001	33.50	1.53
2002	18.00	1.26
2003	28.20	1.45
2004	18.60	1.27
2005	12.90	1.11
2006	24.70	1.39
2007	20.90	1.32
2008	28.90	1.46
2009	21.20	1.33
2010	14.20	1.15
Media	18.91	1.21
Desv. Est.	8.52	0.28
Máx.	33.50	1.53
Min.	2.00	0.30

Análisis de datos dudosos (Tercer análisis):

Calculos de umbrales superiores e inferiores, en función a las siguientes ecuaciones.

$$y_H = \bar{y} + K_n \cdot \sigma$$

$$y_L = \bar{y} - K_n \cdot \sigma$$

Donde:

- y_H : Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- y_L : Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- \bar{y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.
- σ : Desviación estándar de los logaritmos de precipitaciones máx.
- K_n : Valor tabulado para una muestra de tamaño n (Tabla 12.5.3)

Tamaño de muestra n	K_n						
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Calculo de umbrales:

Datos:

$$\bar{y} = 1.26$$

$$\sigma = 0.19$$

$$n = 20$$

$$K_n = 2.385$$

Umbral máximo

$$y_H = 1.71$$

$$P_H = 51.35 \text{ mm}$$

$$P_{máx} = 33.50 \text{ mm}$$

$$P_{máx} < P_H$$

$$33.50 < 51.35$$

Ok

Se verifica que los datos se encuentran por debajo del Umbral

Umbral mínimo

$$y_L = 0.81$$

$$P_L = 6.44 \text{ mm}$$

$$P_{mín} = 8.00 \text{ mm}$$

$$P_{mín} > P_L$$

$$8.00 > 6.44$$

Ok

Se verifica que los datos se encuentran por encima del Umbral

Año	Máx 24h P (mm)	Log P y
1989	8.00	0.90
1990	8.30	0.92
1993	9.40	0.97
1994	15.50	1.19
1995	12.40	1.09
1996	16.70	1.22
1997	30.00	1.48
1998	30.50	1.48
1999	24.10	1.38
2000	19.20	1.28
2001	33.50	1.53
2002	18.00	1.26
2003	28.20	1.45
2004	18.60	1.27
2005	12.90	1.11
2006	24.70	1.39
2007	20.90	1.32
2008	28.90	1.46
2009	21.20	1.33
2010	14.20	1.15
Media	19.76	1.26
Desv. Est.	7.79	0.19
Máx.	33.50	1.53
Min.	8.00	0.90

3. FACTOR DE AJUSTE DE LA FRECUENCIA Y CALCULO ESTADISTICO

Según la Guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial – OMM, se recomienda multiplicar los datos pluviométricos por un factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria.

$$P_{C_{máx\ 24h}} = F_c \cdot P_{máx\ 24h}$$

Número de observaciones/día Factor de Ajuste	1	2	3 - 4	5 - 8	9 - 24	> 24
	1.13	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00

Observaciones/día = 2 → Fc = 1.04

Año	Pc (mm)	Y = Log Pc	Parámetros Estadísticos					
1989	8.32	0.92	Parámetros de Pc			Parámetro de Y		
1990	8.63	0.94	Máx.	Pmáx	34.84	Máx.	Ymáx	1.54
1993	9.78	0.99	Min.	Pmín	8.32	Min.	Ymín	0.92
1994	16.12	1.21	Media	Pm	20.55	Media	Ym	1.28
1995	12.90	1.11	Desv. Est.	S	8.10	Desv. Est.	φ	0.19
1996	17.37	1.24	Varianza	S ²	65.56	Varianza	φ ²	0.04
1997	31.20	1.49	Coef. Asim.	A.P.	0.15	Coef. Asim.	A.Y.	-0.50
1998	31.72	1.50	# datos	Np	20	# datos	Ny	20
1999	25.06	1.40						
2000	19.97	1.30						
2001	34.84	1.54						
2002	18.72	1.27						
2003	29.33	1.47						
2004	19.34	1.29						
2005	13.42	1.13						
2006	25.69	1.41						
2007	21.74	1.34						
2008	30.06	1.48						
2009	22.05	1.34						
2010	14.77	1.17						

4. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

Se aplicaran las siguientes distribuciones:

Distribución Log Normal

$$Y_{(Tr)} = Y_m + Z \cdot \phi \quad ; \quad P_{(Tr)} = 10^{Y_{(Tr)}}$$

Tr (años)	Prob.	Z	Y _(Tr)	P _(Tr) (mm)
2	0.50	0.00	1.28	18.91
5	0.20	0.84	1.44	27.27
10	0.10	1.28	1.52	33.03
20	0.05	1.65	1.59	38.70
25	0.04	1.75	1.61	40.52
30	0.03	1.83	1.62	42.02
35	0.03	1.90	1.64	43.29
50	0.02	2.05	1.67	46.24
100	0.01	2.33	1.72	52.07
140	0.01	2.45	1.74	54.94
500	0.00	2.88	1.82	66.20

Parámetros distribución Gumbel

n	yn	σn	40	50	100	200	1.00E+100	Utilizar
20	0.52	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.5775	0.52
	1.06	1.11	1.14	1.16	1.21	1.24	1.2825	1.06

Distribución Gumbel

$$P_{(Tr)} = P_m + K \cdot S \quad ; \quad K = \frac{y - \hat{y}_n}{\sigma_n} \quad ; \quad y = -\ln(-\ln(1 - Prob))$$

Tr (años)	Prob.	y	K	P _(Tr) (mm)
2	0.50	0.37	-0.14	19.38
5	0.20	1.50	0.92	28.04
10	0.10	2.25	1.63	33.77
20	0.05	2.97	2.31	39.27
25	0.04	3.20	2.53	41.01
30	0.03	3.38	2.70	42.43
35	0.03	3.54	2.85	43.63
50	0.02	3.90	3.19	46.38
100	0.01	4.60	3.85	51.72
140	0.01	4.94	4.17	54.30
500	0.00	6.21	5.37	64.04

Se presenta la siguiente tabla resumen:

Tabla Resumen

Tr (años)	Log Normal	Log Pearson	Gumbel	Promedio
2	18.91	19.60	19.38	19.29
5	27.27	27.44	28.04	27.58
10	33.03	32.10	33.77	32.97
20	38.70	36.20	39.27	38.05
25	40.52	37.43	41.01	39.66
30	42.02	38.41	42.43	40.95
35	43.29	39.22	43.63	42.04
50	46.24	41.04	46.38	44.55
100	52.07	44.37	51.72	49.39
140	54.94	45.91	54.30	51.72
500	66.20	51.30	64.04	60.51

5. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

Se realizara la prueba de Kolmogoroc - Smirnov

Datos = 20 ; Alfa = 5 % → Δ tab = 0.294

Distribución Log Normal y Log Pearson III

		# Datos	Promedio	Dev. Est.	Varianza	Coef. Asim.					
x		20	20.55	8.10	65.56	0.15					
Log x		20	1.28	0.19	0.04	-0.50					
N	Pc = x	Log x	P(x>x _i) n _{rs}	Z	Distribucion Log Normal			Distribucion Log Pearson III			
					P (x<x _i)	P (x>x _i) _{TEO}	Δ (N)	K	Z	P (x>x _i) _{TEO}	Δ (N)
1	34.84	1.54	0.048	1.40	0.920	0.080	0.033	1.40	1.53	0.063	0.016
2	31.72	1.50	0.095	1.19	0.883	0.117	0.022	1.19	1.25	0.106	0.011
3	31.20	1.49	0.143	1.15	0.875	0.125	0.018	1.15	1.20	0.115	0.028
4	30.06	1.48	0.190	1.06	0.857	0.143	0.047	1.06	1.09	0.137	0.053
5	29.33	1.47	0.238	1.01	0.843	0.157	0.081	1.01	1.02	0.153	0.085
6	25.69	1.41	0.286	0.70	0.759	0.241	0.045	0.70	0.67	0.252	0.033
7	25.06	1.40	0.333	0.65	0.741	0.259	0.075	0.65	0.60	0.273	0.060
8	22.05	1.34	0.381	0.35	0.638	0.362	0.019	0.35	0.28	0.389	0.008
9	21.74	1.34	0.429	0.32	0.626	0.374	0.054	0.32	0.25	0.403	0.026
10	19.97	1.30	0.476	0.13	0.550	0.450	0.026	0.13	0.04	0.483	0.006
11	19.34	1.29	0.524	0.05	0.521	0.479	0.045	0.05	-0.03	0.512	0.012
12	18.72	1.27	0.571	-0.02	0.491	0.509	0.062	-0.02	-0.11	0.542	0.029
13	17.37	1.24	0.619	-0.19	0.423	0.577	0.042	-0.19	-0.27	0.608	0.011
14	16.12	1.21	0.667	-0.37	0.357	0.643	0.024	-0.37	-0.44	0.670	0.003
15	14.77	1.17	0.714	-0.57	0.285	0.715	0.001	-0.57	-0.63	0.734	0.020
16	13.42	1.13	0.762	-0.79	0.215	0.785	0.023	-0.79	-0.82	0.795	0.033
17	12.90	1.11	0.810	-0.88	0.190	0.810	0.001	-0.88	-0.90	0.817	0.008
18	9.78	0.99	0.857	-1.51	0.065	0.935	0.078	-1.51	-1.44	0.925	0.068
19	8.63	0.94	0.905	-1.80	0.036	0.964	0.059	-1.80	-1.67	0.952	0.047
20	8.32	0.92	0.952	-1.89	0.030	0.970	0.018	-1.89	-1.73	0.958	0.006
					Δ máx =		0.081		Δ máx =		0.085

Distribución Gumbel

		# Datos	Promedio	Dev. Est.	Varianza	Coef. Asim.	γn	σn
x		20	20.55	8.10	65.56	0.15	0.52	1.06
N	Pc = x	Log x	P(x>x _i) n _{rs}	K	Distribucion Gumbel			Δ (N)
					γ	P (x>x _i) _{TEO}		Δ (N)
1	34.84	1.54	0.048	1.76	2.39	0.088	0.040	0.040
2	31.72	1.50	0.095	1.38	1.98	0.129	0.033	0.033
3	31.20	1.49	0.143	1.32	1.91	0.137	0.006	0.006
4	30.06	1.48	0.190	1.17	1.76	0.157	0.033	0.033
5	29.33	1.47	0.238	1.08	1.67	0.172	0.066	0.066
6	25.69	1.41	0.286	0.63	1.19	0.262	0.024	0.024
7	25.06	1.40	0.333	0.56	1.11	0.281	0.053	0.053
8	22.05	1.34	0.381	0.18	0.72	0.387	0.006	0.006
9	21.74	1.34	0.429	0.15	0.68	0.399	0.030	0.030
10	19.97	1.30	0.476	-0.07	0.44	0.474	0.003	0.003
11	19.34	1.29	0.524	-0.15	0.36	0.502	0.022	0.022
12	18.72	1.27	0.571	-0.23	0.28	0.530	0.041	0.041
13	17.37	1.24	0.619	-0.39	0.10	0.594	0.025	0.025
14	16.12	1.21	0.667	-0.55	-0.06	0.654	0.012	0.012
15	14.77	1.17	0.714	-0.71	-0.24	0.718	0.004	0.004
16	13.42	1.13	0.762	-0.88	-0.41	0.780	0.018	0.018
17	12.90	1.11	0.810	-0.95	-0.48	0.802	0.008	0.008
18	9.78	0.99	0.857	-1.33	-0.89	0.913	0.055	0.055
19	8.63	0.94	0.905	-1.47	-1.04	0.941	0.036	0.036
20	8.32	0.92	0.952	-1.51	-1.08	0.948	0.005	0.005
					Δ máx =		0.066	

Se presenta la siguiente tabla resumen:

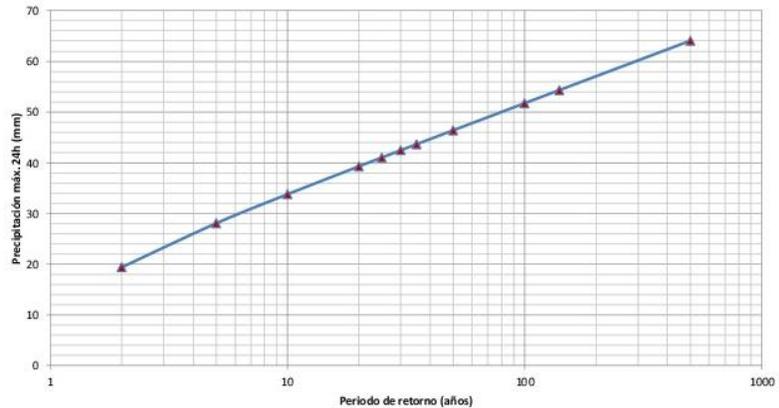
Distribución	Δ máx	Δ tab	Verificación	
Log Normal	0.081	0.294	Se ajusta	→ Se selecciona la distribución: Gumbel
Log Pearson III	0.085	0.294	Se ajusta	
Gumbel	0.066	0.294	Se ajusta	

6. PRECIPITACIONES MAXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Finalmente se tiene las siguientes precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno

Tr (años)	Prob.	P _{24h} (mm)
2	0.500	19.38
5	0.200	28.04
10	0.100	33.77
20	0.050	39.27
25	0.040	41.01
30	0.033	42.43
35	0.029	43.63
50	0.020	46.38
100	0.010	51.72
140	0.007	54.30
500	0.002	64.04

Gráfico P_{máx} 24h vs Tr



7. PRECIPITACION PARA INTERVALOS DE TIEMPO MENORES A 24 HORAS (mm)

Modelo Dick & Peschke

$$P_d^T = P_{24} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Duración min	Periodo de retorno (años)										
	2	5	10	20	25	30	35	50	100	140	500
30	7.36	10.65	12.83	14.92	15.58	16.12	16.57	17.62	19.65	20.63	24.33
60	8.75	12.67	15.26	17.74	18.53	19.17	19.71	20.96	23.37	24.53	28.93
90	9.69	14.02	16.88	19.63	20.51	21.22	21.81	23.19	25.86	27.15	32.02
120	10.41	15.06	18.14	21.10	22.03	22.80	23.44	24.92	27.79	29.17	34.41
240	12.38	17.91	21.58	25.09	26.20	27.11	27.87	29.64	33.04	34.69	40.92
360	13.70	19.82	23.88	27.77	29.00	30.00	30.85	32.80	36.57	38.40	45.29
480	14.72	21.30	25.66	29.84	31.16	32.24	33.15	35.24	39.30	41.26	48.66
600	15.57	22.52	27.13	31.55	32.95	34.09	35.05	37.27	41.55	43.63	51.45
720	16.29	23.58	28.40	33.02	34.49	35.68	36.69	39.00	43.49	45.66	53.85
840	16.94	24.50	29.51	34.32	35.84	37.08	38.13	40.54	45.20	47.45	55.97
960	17.51	25.33	30.51	35.48	37.06	38.34	39.42	41.91	46.73	49.07	57.87
1080	18.03	26.09	31.43	36.54	38.17	39.49	40.60	43.17	48.13	50.53	59.60
1440	19.38	28.04	33.77	39.27	41.01	42.43	43.63	46.38	51.72	54.30	64.04

Intensidades (mm/hr)

$$I_d^T = P_d^T / d$$

Duración min	Periodo de retorno (años)										
	2	5	10	20	25	30	35	50	100	140	500
30	14.72	21.30	25.66	29.84	31.16	32.24	33.15	35.24	39.30	41.26	48.66
60	8.75	12.67	15.26	17.74	18.53	19.17	19.71	20.96	23.37	24.53	28.93
90	6.46	9.35	11.26	13.09	13.67	14.14	14.54	15.46	17.24	18.10	21.35
120	5.21	7.53	9.07	10.55	11.02	11.40	11.72	12.46	13.89	14.59	17.20
240	3.10	4.48	5.39	6.27	6.55	6.78	6.97	7.41	8.26	8.67	10.23
360	2.28	3.30	3.98	4.63	4.83	5.00	5.14	5.47	6.10	6.40	7.55
480	1.84	2.66	3.21	3.73	3.90	4.03	4.14	4.41	4.91	5.16	6.08
600	1.56	2.25	2.71	3.15	3.29	3.41	3.51	3.73	4.16	4.36	5.15
720	1.36	1.96	2.37	2.75	2.87	2.97	3.06	3.25	3.62	3.81	4.49
840	1.21	1.75	2.11	2.45	2.56	2.65	2.72	2.90	3.23	3.39	4.00
960	1.09	1.58	1.91	2.22	2.32	2.40	2.46	2.62	2.92	3.07	3.62
1080	1.00	1.45	1.75	2.03	2.12	2.19	2.26	2.40	2.67	2.81	3.31
1440	0.81	1.17	1.41	1.64	1.71	1.77	1.82	1.93	2.15	2.26	2.67

8. GENERACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (IDF)

La curva IDF se define por la siguiente relación:

$$I = \frac{k \cdot T^m}{D^n}$$

Donde:

I: Intensidad (mm/hr)
 T: Período de retorno (años)
 D: Duración (min)
 k, m, n: Coeficientes

La cual se determina mediante una regresión múltiple de las intensidades calculadas para diferentes duraciones y periodos de retornos.

$$\log I = \log k + m \cdot \log T - n \cdot \log D$$

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2$$

Donde:

y = log I
 x₁ = log T
 x₂ = log D
 a₀ = log k
 a₁ = m
 a₂ = -n

De la regresión lineal se obtuvo:

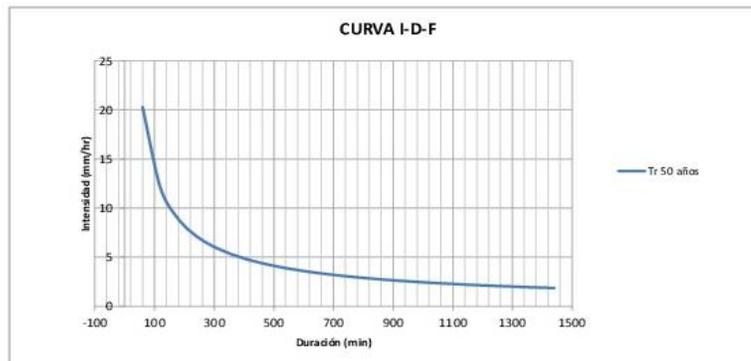
a₀ = 2.2867 → k = 193.4962
 a₁ = 0.2078 → m = 0.2078
 a₂ = -0.7500 → n = 0.7500

Finalmente la Intensidad se determinará según la siguiente expresión:

$$I = \frac{193.4962 \cdot T^{0.2078}}{D^{0.7500}}$$

Donde:

I: Intensidad (mm/hr)
 T: Período de retorno (años)
 D: Duración (min)

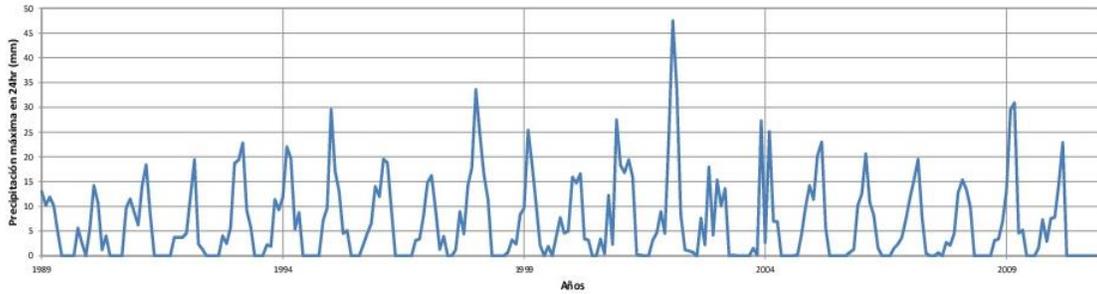


ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS - ESTACION HUAMANTANGA

1. DATOS PRECIPITACION MÁXIMA 24 HORAS

Estación:	Huamantanga	Localización política	Localización administrativa
Latitud:	11°30'	Dpto.:	Lima
Longitud:	76°45'	Provincia:	Canta
Altitud:	3392 m.s.n.m.	Distrito:	Huamantanga
		AAA:	Cañete - Fortaleza
		Vertiente:	Pacífico
		Cuenca:	Cuenca Chillón

Año	1 Enero	2 Febrero	3 Marzo	4 Abril	5 Mayo	6 Junio	7 Julio	8 Agosto	9 Septiembre	10 Octubre	11 Noviembre	12 Diciembre
1989	13.00	10.20	11.90	10.10	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	5.60	2.60	0.00
1990	5.60	14.20	10.60	1.20	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.70	11.50	8.80
1991	6.20	14.20	18.40	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	3.70	3.70
1992	4.60	12.00	19.40	2.40	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	2.50	5.70
1993	18.70	19.40	22.80	9.20	5.80	0.00	0.00	0.00	2.20	1.90	11.40	9.30
1994	11.90	22.00	19.70	5.40	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20	9.70
1995	29.60	17.00	13.00	4.50	5.10	0.00	0.00	0.00	2.20	4.50	6.50	14.00
1996	12.00	19.50	18.80	9.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10	3.40	8.10
1997	14.80	16.20	9.10	1.30	3.90	0.00	0.00	1.20	8.90	4.40	14.20	17.80
1998	33.60	24.70	16.60	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	3.20	2.40	8.30
1999	9.70	25.40	18.40	10.50	2.10	0.00	1.90	0.00	3.90	7.70	4.60	5.00
2000	15.90	14.70	16.60	3.40	3.20	0.00	0.00	3.40	0.40	12.20	2.30	27.50
2001	18.30	16.80	19.40	15.90	0.30	0.10	0.00	0.00	3.10	4.70	8.90	4.50
2002	24.10	47.50	33.70	8.30	1.20	1.00	0.70	0.00	7.60	2.20	17.90	4.20
2003	15.30	10.10	13.60	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.20	27.30
2004	2.70	25.10	7.00	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	4.30	9.80	14.20
2005	11.40	20.30	23.00	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	1.30	10.20
2006	12.50	20.60	10.80	8.20	1.60	0.00	0.00	0.00	1.50	2.40	3.70	7.60
2007	11.80	15.40	19.50	7.80	0.50	0.00	0.00	0.60	0.00	2.70	2.10	4.50
2008	12.80	15.30	13.40	9.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10	3.40	6.80
2009	13.10	29.50	30.90	4.60	5.20	0.00	0.00	0.00	1.60	7.30	2.90	7.50
2010	7.80	14.50	22.90									



2. PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS Y ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS

Análisis de datos dudosos:

Calculos de umbrales superiores e inferiores, en función a las siguientes ecuaciones.

$$y_U = \bar{y} + K_n \cdot \sigma$$

$$y_L = \bar{y} - K_n \cdot \sigma$$

Donde:

- y_U : Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- y_L : Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- \bar{y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.
- σ : Desviación estándar de los logaritmos de precipitaciones máx.
- K_n : Valor tabulado para una muestra de tamaño n (Tabla 12.5.3)

Tamaño de muestra n	K_n						
10	2.226	24	2.467	38	2.601	52	2.637
11	2.288	25	2.486	39	2.611	53	2.636
12	2.334	26	2.502	40	2.622	54	2.639
13	2.373	27	2.519	41	2.632	55	2.641
14	2.413	28	2.534	42	2.642	56	2.643
15	2.447	29	2.549	43	2.650	57	2.645
16	2.479	30	2.563	44	2.659	58	2.647
17	2.509	31	2.577	45	2.667	59	2.649
18	2.538	32	2.591	46	2.676	60	2.651
19	2.564	33	2.604	47	2.684	61	2.653
20	2.588	34	2.618	48	2.691	62	2.655
21	2.610	35	2.632	49	2.700	63	2.657
22	2.631	36	2.645	50	2.708	64	2.659
23	2.648	37	2.659	51	2.804		

Parámetro: $\alpha = 5$, Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significación de 10% para la distribución normal.

Calculo de umbrales:

Datos:

$\bar{y} = 1.35$
 $\sigma = 0.13$
 $n = 22$
 $K_n = 2.429$

Umbral máximo

$y_U = 1.66$
 $P_H = 46.04$ mm
 $P_{máx} = 47.50$ mm

$P_{máx} < P_H$
 $47.50 < 46.04$
Descartar valores mayores a PH

Se deben descartar los datos mayores al Umbral máximo

Umbral mínimo

$y_L = 1.04$
 $P_L = 10.89$ mm
 $P_{mín} = 13.00$ mm

$P_{mín} > P_L$
 $13.00 > 10.89$
Ok

Se verifica que los datos se encuentran por encima del Umbral mínimo.

Año	Máx 24h P (mm)	Log P v
1989	13.00	1.11
1990	14.20	1.15
1991	18.40	1.26
1992	19.40	1.29
1993	22.80	1.36
1994	22.00	1.34
1995	29.60	1.47
1996	19.50	1.29
1997	17.80	1.25
1998	33.60	1.53
1999	25.40	1.40
2000	27.50	1.44
2001	19.40	1.29
2002	47.50	1.68
2003	27.30	1.44
2004	25.10	1.40
2005	23.00	1.36
2006	20.60	1.31
2007	19.50	1.29
2008	15.30	1.18
2009	30.90	1.49
2010	22.90	1.36
Media	23.40	1.35
Desv. Est.	7.58	0.13
Máx.	47.50	1.68
Mín.	13.00	1.11

Análisis de datos dudosos (Segundo análisis):

Calculos de umbrales superiores e inferiores, en función a las siguientes ecuaciones.

$$y_H = \bar{y} + K_n \cdot \sigma$$

$$y_L = \bar{y} - K_n \cdot \sigma$$

Donde:

- y_H : Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- y_L : Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas
- \bar{y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.
- σ : Desviación estándar de los logaritmos de precipitaciones máx.
- K_n : Valor tabulado para una muestra de tamaño n (Tabla 12.5.3)

Tamaño de muestra n	Tamaño de muestra n K_n	Tamaño de muestra n K_n	Tamaño de muestra n K_n
10	2.036	24	2.467
11	2.088	25	2.486
12	2.134	26	2.502
13	2.175	27	2.519
14	2.213	28	2.534
15	2.247	29	2.549
16	2.279	30	2.563
17	2.309	31	2.577
18	2.335	32	2.591
19	2.361	33	2.604
20	2.385	34	2.616
21	2.408	35	2.628
22	2.429	36	2.639
23	2.448	37	2.650

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Una tabla similar se encuentra en el anexo de este libro en el capítulo de análisis de datos dudosos.

Año	Máx 24h P (mm)	Log P y
1989	13.00	1.11
1990	14.20	1.15
1991	18.40	1.26
1992	19.40	1.29
1993	22.80	1.36
1994	22.00	1.34
1995	29.60	1.47
1996	19.50	1.29
1997	17.80	1.25
1998	33.60	1.53
1999	25.40	1.40
2000	27.50	1.44
2001	19.40	1.29
2003	27.30	1.44
2004	25.10	1.40
2005	23.00	1.36
2006	20.60	1.31
2007	19.50	1.29
2008	15.30	1.18
2009	30.90	1.49
2010	22.90	1.36
Media	22.25	1.33
Desv. Est.	5.47	0.11
Máx.	33.60	1.53
Min.	13.00	1.11

Calculo de umbrales:

Datos:

$\bar{y} = 1.33$
 $\sigma = 0.11$
 $n = 21$
 $K_n = 2.408$

Umbral máximo

$y_H = 1.60$
 $P_H = 39.51$ mm
 $P_{máx} = 33.60$ mm

$P_{máx} < P_H$
 33.60 < 39.51
Ok

Se verifica que los datos se encuentran por debajo del Umbral máximo.

Umbral mínimo

$y_L = 1.07$
 $P_L = 11.81$ mm
 $P_{mín} = 13.00$ mm

$P_{mín} > P_L$
 13.00 > 11.81
Ok

Se verifica que los datos se encuentran por encima del Umbral mínimo.

3. FACTOR DE AJUSTE DE LA FRECUENCIA Y CALCULO ESTADISTICO

Según la Guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial – OMM, se recomienda multiplicar los datos pluviométricos por un factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria.

$$P_{C\text{máx } 24h} = F_c \cdot P_{\text{máx } 24h}$$

Número de observaciones/día	Factor de Ajuste
1	1.13
2	1.04
3 - 4	1.03
5 - 8	1.02
9 - 24	1.01
> 24	1.00

Observaciones/día = 2 → **Fc = 1.04**

Año	Pc (mm)	Y = Log Pc
1989	13.52	1.13
1990	14.77	1.17
1991	19.14	1.28
1992	20.18	1.30
1993	23.71	1.37
1994	22.88	1.36
1995	30.78	1.49
1996	20.28	1.31
1997	18.51	1.27
1998	34.94	1.54
1999	26.42	1.42
2000	28.60	1.46
2001	20.18	1.30
2003	28.39	1.45
2004	26.10	1.42
2005	23.92	1.38
2006	21.42	1.33
2007	20.28	1.31
2008	15.91	1.20
2009	32.14	1.51
2010	23.82	1.38

Parámetros Estadísticos

Parámetros de Pc		
Máx.	Pmáx	34.94
Min.	Pmín	13.52
Media	Pm	23.14
Desv. Est.	S	5.68
Varianza	S ²	32.31
Coef. Asim.	A.P.	0.32
# datos	Np	21

Parámetro de Y		
Máx.	Ymáx	1.54
Min.	Ymín	1.13
Media	Ym	1.35
Desv. Est.	φ	0.11
Varianza	φ ²	0.01
Coef. Asim.	A.Y.	-0.22
# datos	Ny	21

4. ANALISIS DE FRECUENCIAS

Se aplicaran las siguientes distribuciones:

Distribución Log Normal

$$Y_{(Tr)} = Y_m + Z \cdot \phi \quad ; \quad P_{(Tr)} = 10^{Y_{(Tr)}}$$

Tr (años)	Prob.	Z	Y _(Tr)	P _{Trn} (mm)
2	0.50	0.00	1.35	22.47
5	0.20	0.84	1.44	27.75
10	0.10	1.28	1.49	30.98
20	0.05	1.65	1.53	33.94
25	0.04	1.75	1.54	34.85
30	0.03	1.83	1.55	35.59
35	0.03	1.90	1.56	36.20
50	0.02	2.05	1.58	37.61
100	0.01	2.33	1.60	40.27
175	0.01	2.53	1.63	42.37
500	0.00	2.88	1.67	46.24

Distribución Log Pearson III

$$Y_{(Tr)} = Y_m + K \cdot \phi \quad ; \quad P_{(Tr)} = 10^{Y_{(Tr)}}$$

Tr (años)	Prob.	Z	K	Y _(Tr)	P _{Trn} (mm)
2	0.50	0.00	0.04	1.36	22.68
5	0.20	0.84	0.85	1.44	27.81
10	0.10	1.28	1.26	1.49	30.78
20	0.05	1.65	1.58	1.52	33.38
25	0.04	1.75	1.67	1.53	34.17
30	0.03	1.83	1.74	1.54	34.79
35	0.03	1.90	1.80	1.55	35.31
50	0.02	2.05	1.93	1.56	36.48
100	0.01	2.33	2.16	1.59	38.63
175	0.01	2.53	2.33	1.61	40.29
500	0.00	2.88	2.61	1.64	43.23

Parámetros distribución Gumbel

n	20	30	40	50	100	200	1.00E+100	Utilizar
ȳ _n	0.52	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.5775	21
σ _n	1.06	1.11	1.14	1.16	1.21	1.24	1.2825	0.522

Distribución Gumbel

$$P_{(Tr)} = P_m + K \cdot S \quad ; \quad K = \frac{y - \bar{y}_n}{\sigma_n} \quad ; \quad y = -\ln(-\ln(1 - Prob))$$

Tr (años)	Prob.	y	K	P _{Trn} (mm)
2	0.50	0.37	-0.15	22.31
5	0.20	1.50	0.92	28.36
10	0.10	2.25	1.62	32.36
20	0.05	2.97	2.30	36.20
25	0.04	3.20	2.51	37.42
30	0.03	3.38	2.69	38.42
35	0.03	3.54	2.83	39.25
50	0.02	3.90	3.17	41.18
100	0.01	4.60	3.83	44.90
175	0.01	5.16	4.36	47.90
500	0.00	6.21	5.34	53.52

Se presenta la siguiente tabla resumen:

Tabla Resumen

Tr (años)	Log Normal	Log Pearson	Gumbel	Promedio
2	22.47	22.68	22.31	22.48
5	27.75	27.81	28.36	27.97
10	30.98	30.78	32.36	31.38
20	33.94	33.38	36.20	34.51
25	34.85	34.17	37.42	35.48
30	35.59	34.79	38.42	36.27
35	36.20	35.31	39.25	36.92
50	37.61	36.48	41.18	38.42
100	40.27	38.63	44.90	41.27
175	42.37	40.29	47.90	43.52
500	46.24	43.23	53.52	47.66

5. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

Se realizara la prueba de Kolmooroc - Smirnov

Datos = 21 ; Alfa = 5 % → Δ tab = 0.287

Distribución Log Normal y Log Pearson III

		# Datos	Promedio	Desv. Est.	Varianza	Coef. Asim.						
x		21	23.14	5.68	32.31	0.32						
Log x		21	1.35	0.11	0.01	-0.22						
N	Pc = x	Log x	P(x>x _i) _{obs}	Z	Distribucion Log Normal			Distribucion Log Pearson III				
					P (x<x _i)	P (x>x _i) _{TEC}	Δ (N)	K	Z	P (x>x _i) _{TEC}	Δ (N)	
1	34.94	1.54	0.045	1.76	0.961	0.039	0.006	1.76	1.85	0.032	0.014	
2	32.14	1.51	0.091	1.43	0.923	0.077	0.014	1.43	1.47	0.070	0.021	
3	30.78	1.49	0.136	1.26	0.895	0.105	0.032	1.26	1.28	0.100	0.037	
4	28.60	1.46	0.182	0.96	0.832	0.168	0.014	0.96	0.96	0.168	0.014	
5	28.39	1.45	0.227	0.93	0.825	0.175	0.052	0.93	0.93	0.176	0.051	
6	26.42	1.42	0.273	0.65	0.741	0.259	0.013	0.65	0.62	0.266	0.007	
7	26.10	1.42	0.318	0.60	0.725	0.275	0.043	0.60	0.57	0.293	0.035	
8	23.92	1.38	0.364	0.25	0.599	0.401	0.038	0.25	0.21	0.415	0.051	
9	23.82	1.38	0.409	0.23	0.592	0.408	0.001	0.23	0.20	0.422	0.013	
10	23.71	1.37	0.455	0.21	0.585	0.415	0.040	0.21	0.18	0.429	0.026	
11	22.88	1.36	0.500	0.07	0.529	0.471	0.029	0.07	0.04	0.486	0.014	
12	21.42	1.33	0.545	-0.19	0.425	0.575	0.030	-0.19	-0.23	0.589	0.044	
13	20.28	1.31	0.591	-0.41	0.341	0.659	0.068	-0.41	-0.44	0.670	0.079	
14	20.28	1.31	0.636	-0.41	0.341	0.659	0.022	-0.41	-0.44	0.670	0.034	
15	20.18	1.30	0.682	-0.43	0.334	0.666	0.016	-0.43	-0.46	0.677	0.005	
16	20.18	1.30	0.727	-0.43	0.334	0.666	0.061	-0.43	-0.46	0.677	0.050	
17	19.14	1.28	0.773	-0.64	0.261	0.739	0.034	-0.64	-0.66	0.746	0.026	
18	18.51	1.27	0.818	-0.77	0.220	0.780	0.038	-0.77	-0.79	0.785	0.033	
19	15.91	1.20	0.864	-1.38	0.084	0.916	0.052	-1.38	-1.35	0.911	0.048	
20	14.77	1.17	0.909	-1.67	0.047	0.953	0.044	-1.67	-1.62	0.947	0.038	
21	13.52	1.13	0.955	-2.03	0.021	0.979	0.024	-2.03	-1.93	0.973	0.018	
					Δ máx =		0.068			Δ máx =	0.079	

Distribución Gumbel

		# Datos	Promedio	Desv. Est.	Varianza	Coef. Asim.	γn	σn
x		21	23.14	5.68	32.31	0.32	0.522	1.065
N	Pc = x	Log x	P(x>x _i) _{obs}	K	v	P (x>x _i) _{TEC}	Δ (N)	
1	34.94	1.54	0.045	2.08	2.73	0.063	0.017	
2	32.14	1.51	0.091	1.58	2.21	0.104	0.013	
3	30.78	1.49	0.136	1.35	1.95	0.132	0.004	
4	28.60	1.46	0.182	0.96	1.55	0.192	0.010	
5	28.39	1.45	0.227	0.92	1.51	0.199	0.028	
6	26.42	1.42	0.273	0.58	1.14	0.275	0.002	
7	26.10	1.42	0.318	0.52	1.08	0.288	0.030	
8	23.92	1.38	0.364	0.14	0.67	0.401	0.037	
9	23.82	1.38	0.409	0.12	0.65	0.407	0.002	
10	23.71	1.37	0.455	0.10	0.63	0.413	0.042	
11	22.88	1.36	0.500	-0.05	0.47	0.463	0.037	
12	21.42	1.33	0.545	-0.30	0.20	0.559	0.013	
13	20.28	1.31	0.591	-0.50	-0.01	0.637	0.046	
14	20.28	1.31	0.636	-0.50	-0.01	0.637	0.001	
15	20.18	1.30	0.682	-0.52	-0.03	0.644	0.038	
16	20.18	1.30	0.727	-0.52	-0.03	0.644	0.083	
17	19.14	1.28	0.773	-0.70	-0.23	0.715	0.058	
18	18.51	1.27	0.818	-0.81	-0.34	0.756	0.062	
19	15.91	1.20	0.864	-1.27	-0.83	0.899	0.036	
20	14.77	1.17	0.909	-1.47	-1.05	0.942	0.033	
21	13.52	1.13	0.955	-1.69	-1.28	0.973	0.018	
					Δ máx =		0.083	

Se presenta la siguiente tabla resumen:

Distribución	Δ máx	Δ tab	Verificación
Log Normal	0.068	0.287	Se ajusta
Log Pearson III	0.079	0.287	Se ajusta
Gumbel	0.083	0.287	Se ajusta

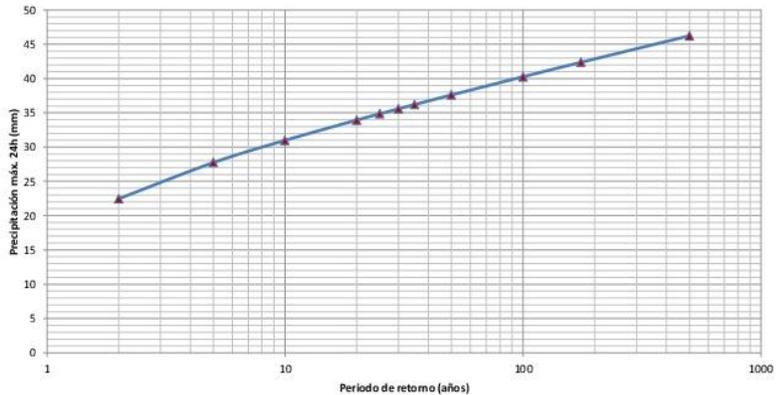
Se selecciona la distribución: **Log Normal**

6. PRECIPITACIONES MAXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Finalmente se tiene las siguientes precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno

Tr (años)	Prob.	P _{24h} (mm)
2	0.500	22.47
5	0.200	27.75
10	0.100	30.98
20	0.050	33.94
25	0.040	34.85
30	0.033	35.59
35	0.029	36.20
50	0.020	37.61
100	0.010	40.27
175	0.006	42.37
500	0.002	46.24

Gráfico Pmáx 24h vs Tr



ANEXO 4

(VERIFICACIÓN HIDRAFLOW)

Culvert Report

Hydraulflow Express Extension for Autodesk® AutoCAD® Civil 3D® by Autodesk, Inc.

martes, Oct 16 2018

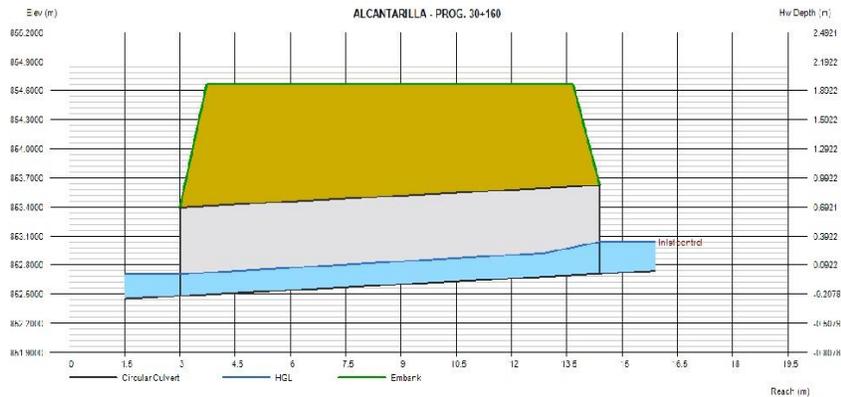
ALCANTARILLA - PROG. 30+160

Invert Elev Dn (m)	=	852.4800
Pipe Length (m)	=	11.3900
Slope (%)	=	2.0005
Invert Elev Up (m)	=	852.7078
Rise (mm)	=	914.4
Shape	=	Circular
Span (mm)	=	914.4
No. Barrels	=	1
n-Value	=	0.024
Culvert Type	=	Circular Corrugate Metal Pipe
Culvert Entrance	=	Headwall
Coeff. K,M,c,Y,k	=	0.0078, 2, 0.0379, 0.69, 0.5

Calculations	
Qmin (cms)	= 0.1900
Qmax (cms)	= 0.1900
Tailwater Elev (m)	= 0.00

Embankment	
Top Elevation (m)	= 854.6600
Top Width (m)	= 9.9400
Crest Width (m)	= 20.0000

Highlighted	
Qtotal (cms)	= 0.1900
Qpipe (cms)	= 0.1900
Qovertop (cms)	= 0.0000
Veloc Dn (m/s)	= 1.5250
Veloc Up (m/s)	= 1.3199
HGL Dn (m)	= 852.7037
HGL Up (m)	= 852.9559
Hw Elev (m)	= 853.0377
Hw/D (m)	= 0.3608
Flow Regime	= Inlet Control



Culvert Report

ALCANTARILLA - PROG. 32+130

Invert Elev Dn (m) = 949.5710
 Pipe Length (m) = 19.4600
 Slope (%) = 5.9998
 Invert Elev Up (m) = 950.7386
 Rise (mm) = 914.4
 Shape = Circular
 Span (mm) = 914.4
 No. Barrels = 1
 n-Value = 0.024
 Culvert Type = Circular Corrugate Metal Pipe
 Culvert Entrance = Headwall
 Coeff. K,M,c,Y,k = 0.0078, 2, 0.0379, 0.69, 0.5

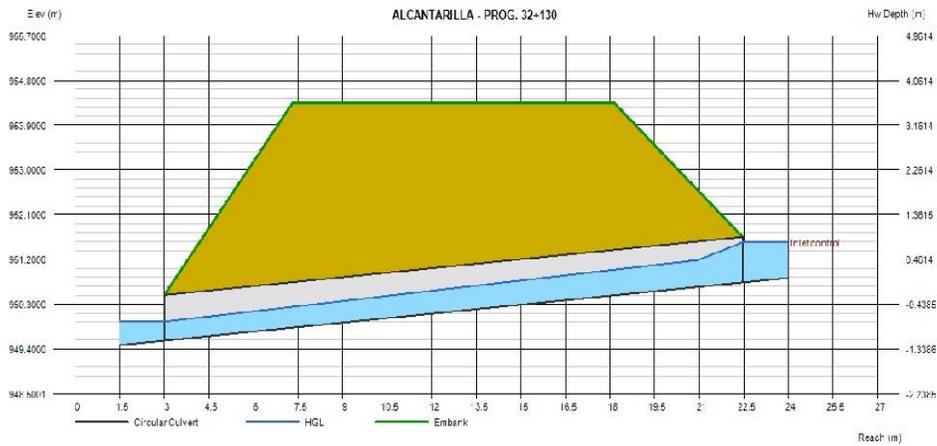
Embankment
 Top Elevation (m) = 954.3390
 Top Width (m) = 10.8300
 Crest Width (m) = 20.0000

Calculations

Qmin (cms) = 0.8900
 Qmax (cms) = 0.8900
 Tailwater Elev (m) = 0.00

Highlighted

Qtotal (cms) = 0.8900
 Qpipe (cms) = 0.8900
 Qovertop (cms) = 0.0000
 Veloc Dn (m/s) = 3.4545
 Veloc Up (m/s) = 2.1398
 HGL Dn (m) = 949.9505
 HGL Up (m) = 951.2923
 Hw Elev (m) = 951.5453
 Hw/D (m) = 0.8823
 Flow Regime = Inlet Control



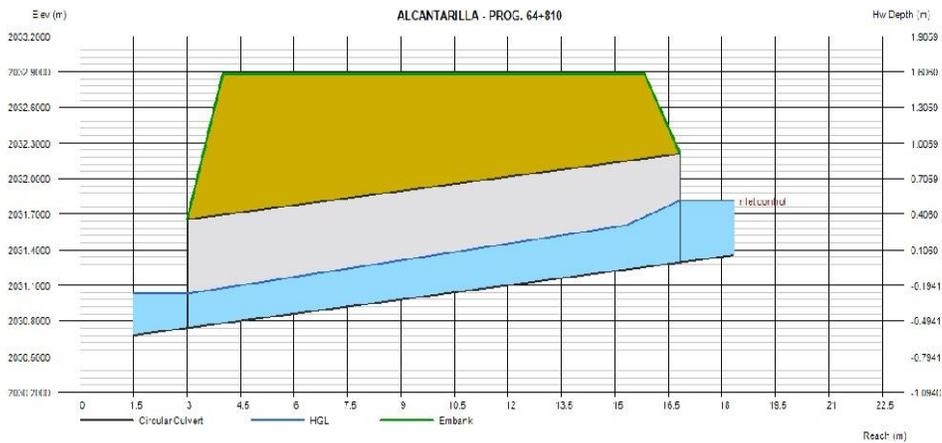
Culvert Report

ALCANTARILLA - PROG. 64+810

Invert Elev Dn (m)	=	2030.7410
Pipe Length (m)	=	13.8200
Slope (%)	=	4.0007
Invert Elev Up (m)	=	2031.2940
Rise (mm)	=	914.4
Shape	=	Circular
Span (mm)	=	914.4
No. Barrels	=	1
n-Value	=	0.024
Culvert Type	=	Circular Corrugate Metal Pipe
Culvert Entrance	=	Headwall
Coeff. K,M,c,Y,k	=	0.0078, 2, 0.0379, 0.69, 0.5

Embankment	
Top Elevation (m)	= 2032.8860
Top Width (m)	= 11.8100
Crest Width (m)	= 20.0000

Calculations	
Qmin (cms)	= 0.4400
Qmax (cms)	= 0.4400
Tailwater Elev (m)	= 0.00
Highlighted	
Qtotal (cms)	= 0.4400
Qpipe (cms)	= 0.4400
Qovertop (cms)	= 0.0000
Veloc Dn (m/s)	= 2.4660
Veloc Up (m/s)	= 1.6866
HGL Dn (m)	= 2031.0310
HGL Up (m)	= 2031.6770
Hw Elev (m)	= 2031.8150
Hw/D (m)	= 0.5702
Flow Regime	= Inlet Control



Culvert Report

Hydraflow Express Extension for Autodesk® AutoCAD® Civil 3D® by Autodesk, Inc.

martes, Oct 16 2018

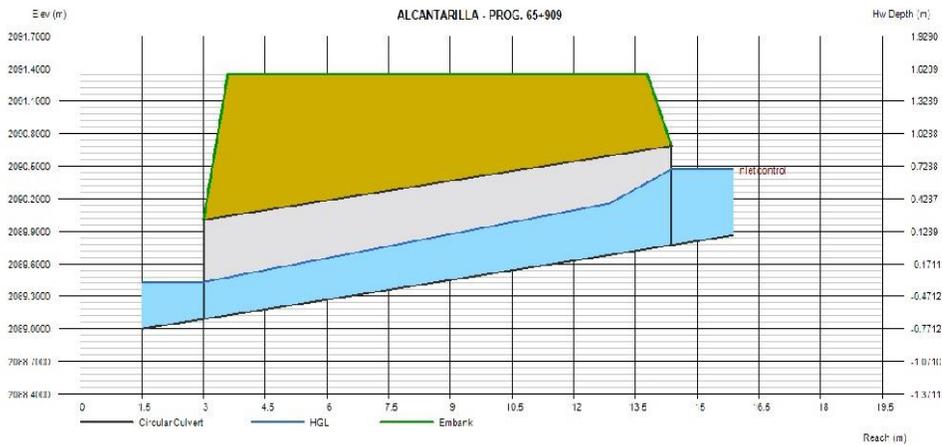
ALCANTARILLA - PROG. 65+909

Invert Elev Dn (m) = 2089.0890
 Pipe Length (m) = 11.3700
 Slope (%) = 5.9976
 Invert Elev Up (m) = 2089.7710
 Rise (mm) = 914.4
 Shape = Circular
 Span (mm) = 914.4
 No. Barrels = 1
 n-Value = 0.024
 Culvert Type = Circular Corrugate Metal Pipe
 Culvert Entrance = Headwall
 Coeff. K,M,c,Y,k = 0.0078, 2, 0.0379, 0.69, 0.5

Embankment
 Top Elevation (m) = 2091.3480
 Top Width (m) = 10.1900
 Crest Width (m) = 20.0000

Calculations
 Qmin (cms) = 0.7200
 Qmax (cms) = 0.7200
 Tailwater Elev (m) = 0.00

Highlighted
 Qtotal (cms) = 0.7200
 Qpipe (cms) = 0.7200
 Qovertop (cms) = 0.0000
 Veloc Dn (m/s) = 3.2184
 Veloc Up (m/s) = 1.9810
 HGL Dn (m) = 2089.4310
 HGL Up (m) = 2090.2670
 Hw Elev (m) = 2090.4700
 Hw/D (m) = 0.7647
 Flow Regime = Inlet Control



Culvert Report

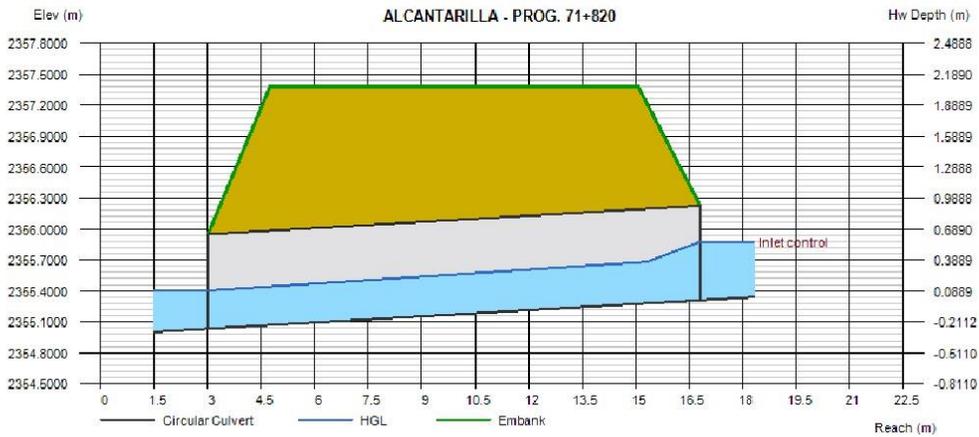
ALCANTARILLA - PROG. 71+820

Invert Elev Dn (m) = 2355.0350
 Pipe Length (m) = 13.8200
 Slope (%) = 1.9987
 Invert Elev Up (m) = 2355.3110
 Rise (mm) = 914.4
 Shape = Circular
 Span (mm) = 914.4
 No. Barrels = 1
 n-Value = 0.024
 Culvert Type = Circular Corrugate Metal Pipe
 Culvert Entrance = Headwall
 Coeff. K,M,c,Y,k = 0.0078, 2, 0.0379, 0.69, 0.5

Embankment
 Top Elevation (m) = 2357.3840
 Top Width (m) = 10.3200
 Crest Width (m) = 20.0000

Calculations
 Qmin (cms) = 0.4900
 Qmax (cms) = 0.4900
 Tailwater Elev (m) = 0.00

Highlighted
 Qtotal (cms) = 0.4900
 Qpipe (cms) = 0.4900
 Qovertop (cms) = 0.0000
 Veloc Dn (m/s) = 1.9796
 Veloc Up (m/s) = 1.7439
 HGL Dn (m) = 2355.4030
 HGL Up (m) = 2355.7160
 Hw Elev (m) = 2355.8770
 Hw/D (m) = 0.6186
 Flow Regime = Inlet Control



Culvert Report

Hydraflow Express Extension for Autodesk® AutoCAD® Civil 3D® by Autodesk, Inc.

martes, Oct 16 2018

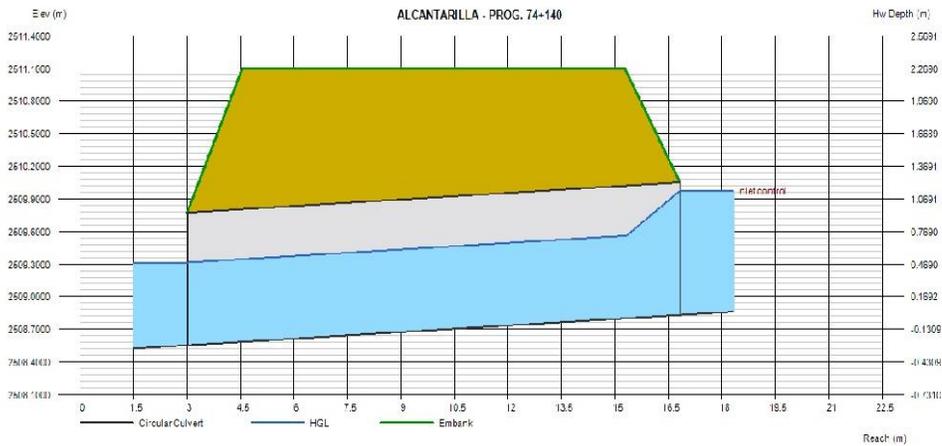
ALCANTARILLA - PROG. 74+140

Invert Elev Dn (m) = 2508.5540
 Pipe Length (m) = 13.8200
 Slope (%) = 2.0052
 Invert Elev Up (m) = 2508.8310
 Rise (mm) = 1219.2
 Shape = Circular
 Span (mm) = 1219.2
 No. Barrels = 1
 n-Value = 0.024
 Culvert Type = Circular Corrugate Metal Pipe
 Culvert Entrance = Headwall
 Coeff. K,M,c,Y,k = 0.0078, 2, 0.0379, 0.69, 0.5

Embankment
 Top Elevation (m) = 2511.0970
 Top Width (m) = 10.7200
 Crest Width (m) = 20.0000

Calculations
 Qmin (cms) = 1.9300
 Qmax (cms) = 1.9300
 Tailwater Elev (m) = 0.00

Highlighted
 Qtotal (cms) = 1.9300
 Qpipe (cms) = 1.9300
 Qovertop (cms) = 0.0000
 Veloc Dn (m/s) = 2.5236
 Veloc Up (m/s) = 2.5236
 HGL Dn (m) = 2509.3140
 HGL Up (m) = 2509.5910
 Hw Elev (m) = 2509.9730
 Hw/D (m) = 0.9368
 Flow Regime = Inlet Control



Culvert Report

Hydraflow Express Extension for Autodesk® AutoCAD® Civil 3D® by Autodesk, Inc.

martes, Oct 16 2018

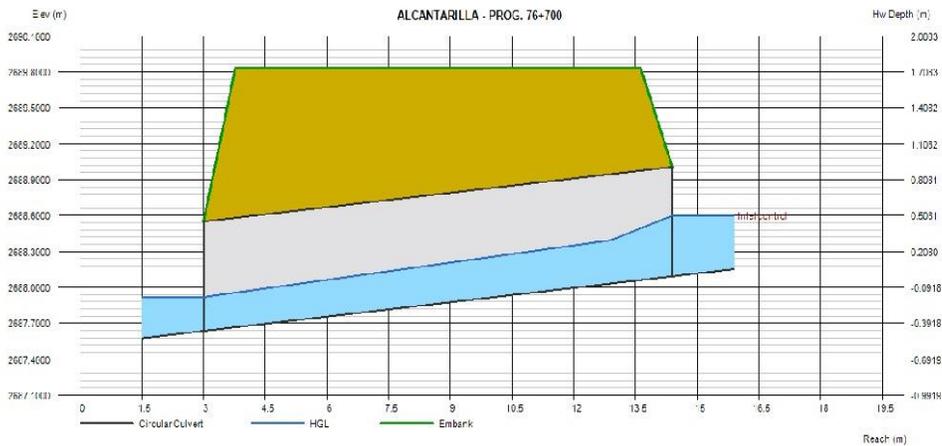
ALCANTARILLA - PROG. 76+700

Invert Elev Dn (m) = 2687.6360
 Pipe Length (m) = 11.3900
 Slope (%) = 4.0036
 Invert Elev Up (m) = 2688.0920
 Rise (mm) = 914.4
 Shape = Circular
 Span (mm) = 914.4
 No. Barrels = 1
 n-Value = 0.024
 Culvert Type = Circular Corrugate Metal Pipe
 Culvert Entrance = Headwall
 Coeff. K,M,c,Y,k = 0.0078, 2, 0.0379, 0.69, 0.5

Embankment
 Top Elevation (m) = 2689.8350
 Top Width (m) = 9.8400
 Crest Width (m) = 20.0000

Calculations
 Qmin (cms) = 0.4200
 Qmax (cms) = 0.4200
 Tailwater Elev (m) = 0.00

Highlighted
 Qtotal (cms) = 0.4200
 Qpipe (cms) = 0.4200
 Qovertop (cms) = 0.0000
 Veloc Dn (m/s) = 2.4272
 Veloc Up (m/s) = 1.6629
 HGL Dn (m) = 2687.9190
 HGL Up (m) = 2688.4660
 Hw Elev (m) = 2688.5990
 Hw/D (m) = 0.5545
 Flow Regime = Inlet Control



Culvert Report

ALCANTARILLA - PROG. 76+892

Invert Elev Dn (m)	=	2698.0800
Pipe Length (m)	=	10.6500
Slope (%)	=	2.0654
Invert Elev Up (m)	=	2698.3000
Rise (mm)	=	914.4
Shape	=	Circular
Span (mm)	=	914.4
No. Barrels	=	1
n-Value	=	0.024
Culvert Type	=	Circular Corrugate Metal Pipe
Culvert Entrance	=	Headwall
Coeff. K,M,c,Y,k	=	0.0078, 2, 0.0379, 0.69, 0.5

Embankment

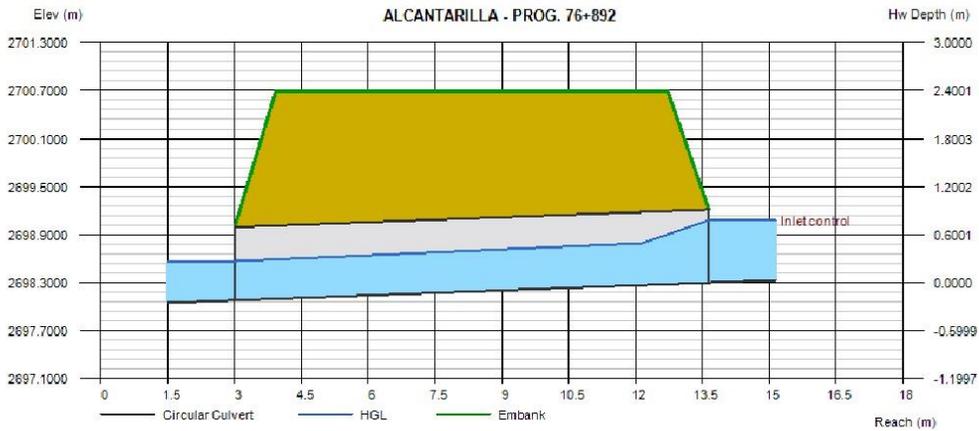
Top Elevation (m)	=	2700.6980
Top Width (m)	=	8.7900
Crest Width (m)	=	20.0000

Calculations

Qmin (cms)	=	0.8200
Qmax (cms)	=	0.8200
Tailwater Elev (m)	=	0.00

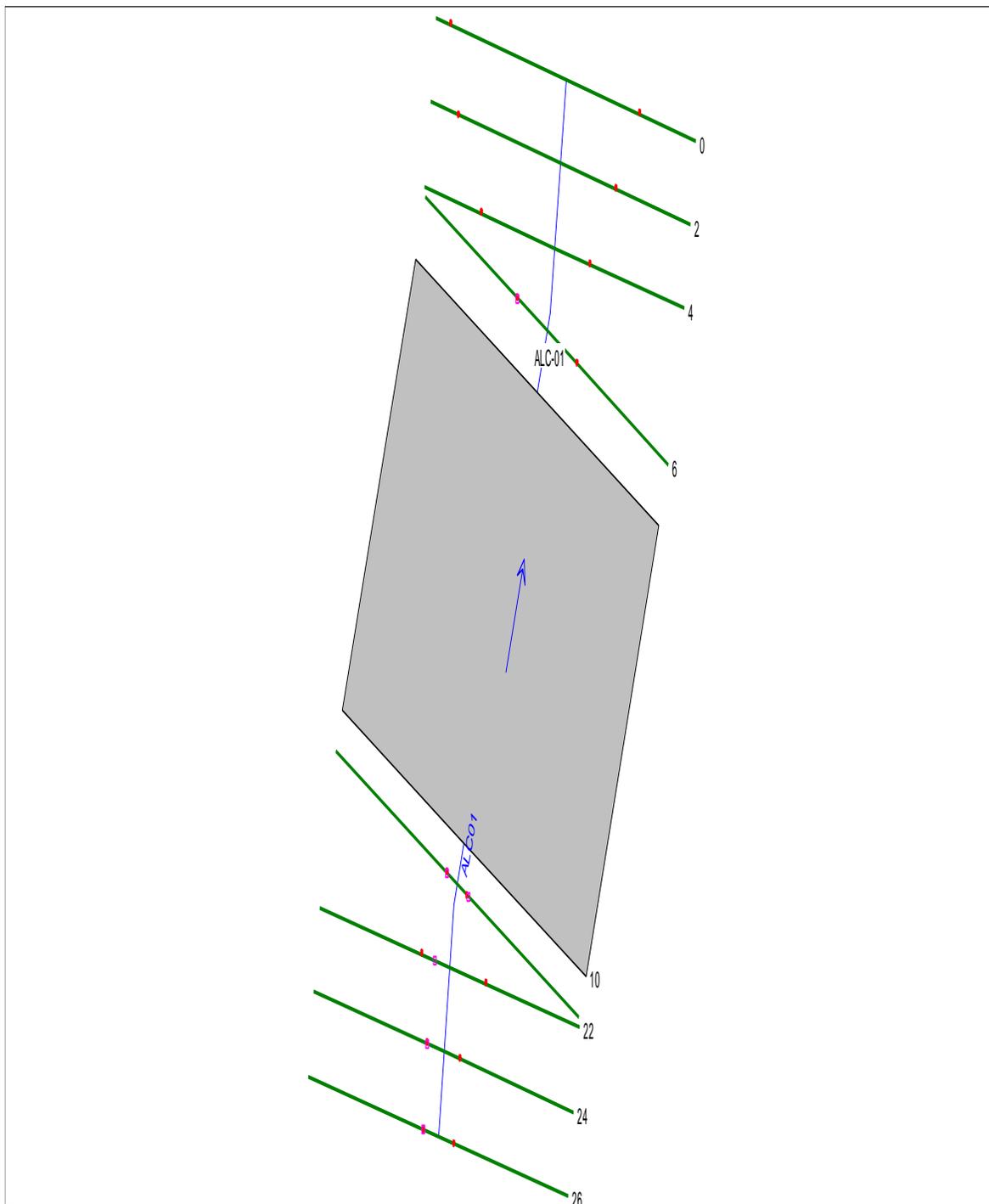
Highlighted

Qtotal (cms)	=	0.8200
Qpipe (cms)	=	0.8200
Qovertop (cms)	=	0.0000
Veloc Dn (m/s)	=	2.2954
Veloc Up (m/s)	=	2.0752
HGL Dn (m)	=	2698.5690
HGL Up (m)	=	2698.8310
Hw Elev (m)	=	2699.0810
Hw/D (m)	=	0.8539
Flow Regime	=	Inlet Control



ANEXO 5
(REPORTE HEC RAS)

Alcantarilla N°1 - Progresiva 30+130.



Coeficiente de Manning 0.030

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.030 River: ALC01 Reach: ALC-01 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-01	26	Qdiseño	0.19	868.60	868.65	868.73	869.11	0.499118	2.99	0.06	1.32	4.36	221.99
ALC-01	24	Qdiseño	0.19	864.00	864.02	864.13	867.69	15.135450	8.49	0.02	1.30	20.69	2488.01
ALC-01	22	Qdiseño	0.19	858.30	858.33	858.43	859.30	1.685503	4.35	0.04	1.30	7.59	527.52
ALC-01	20	Qdiseño	0.19	852.61	853.11	852.74	853.11	0.000092	0.29	0.65	1.30	0.13	0.25
ALC-01	10		Culvert										
ALC-01	6	Qdiseño	0.19	852.48	852.55	852.55	852.58	0.005139	0.82	0.23	3.49	1.02	3.25
ALC-01	4	Qdiseño	0.19	851.55	851.57	851.62	852.46	4.570755	4.18	0.05	3.20	11.19	636.83
ALC-01	2	Qdiseño	0.19	850.09	850.13	850.16	850.27	0.416122	1.63	0.12	5.59	3.60	85.08
ALC-01	0	Qdiseño	0.19	848.55	848.58	848.61	849.03	2.448920	2.99	0.06	4.64	8.14	329.18

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.028

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.028 River: ALC01 Reach: ALC-01 Profile: Qdiseño Reload Data

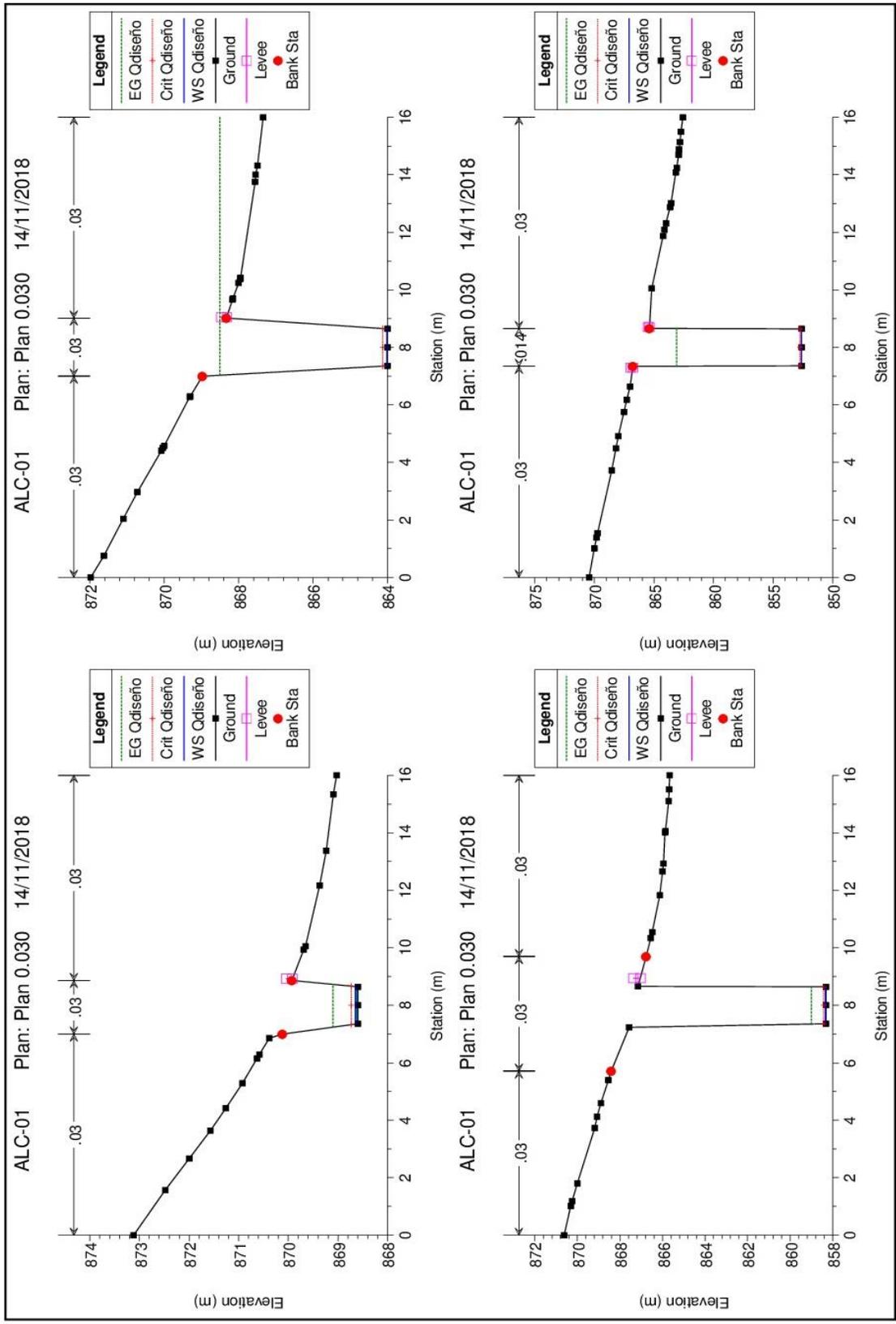
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-01	26	Qdiseño	0.19	868.60	868.65	868.73	869.14	0.499274	3.13	0.06	1.32	4.65	213.41
ALC-01	24	Qdiseño	0.19	864.00	864.03	864.13	865.04	1.582353	4.46	0.04	1.31	7.87	484.58
ALC-01	22	Qdiseño	0.19	858.30	858.32	858.43	861.16	8.620784	7.47	0.03	1.30	17.04	1606.50
ALC-01	20	Qdiseño	0.19	852.61	853.11	852.74	853.11	0.000092	0.29	0.65	1.30	0.13	0.25
ALC-01	10		Culvert										
ALC-01	6	Qdiseño	0.19	852.48	852.55	852.55	852.58	0.005139	0.82	0.23	3.49	1.02	3.25
ALC-01	4	Qdiseño	0.19	851.55	851.57	851.62	852.46	3.981635	4.18	0.05	3.20	11.19	554.75
ALC-01	2	Qdiseño	0.19	850.09	850.12	850.16	850.47	1.078439	2.62	0.07	3.86	6.10	198.66
ALC-01	0	Qdiseño	0.19	848.55	848.59	848.61	848.69	0.298243	1.43	0.13	6.75	3.24	57.76

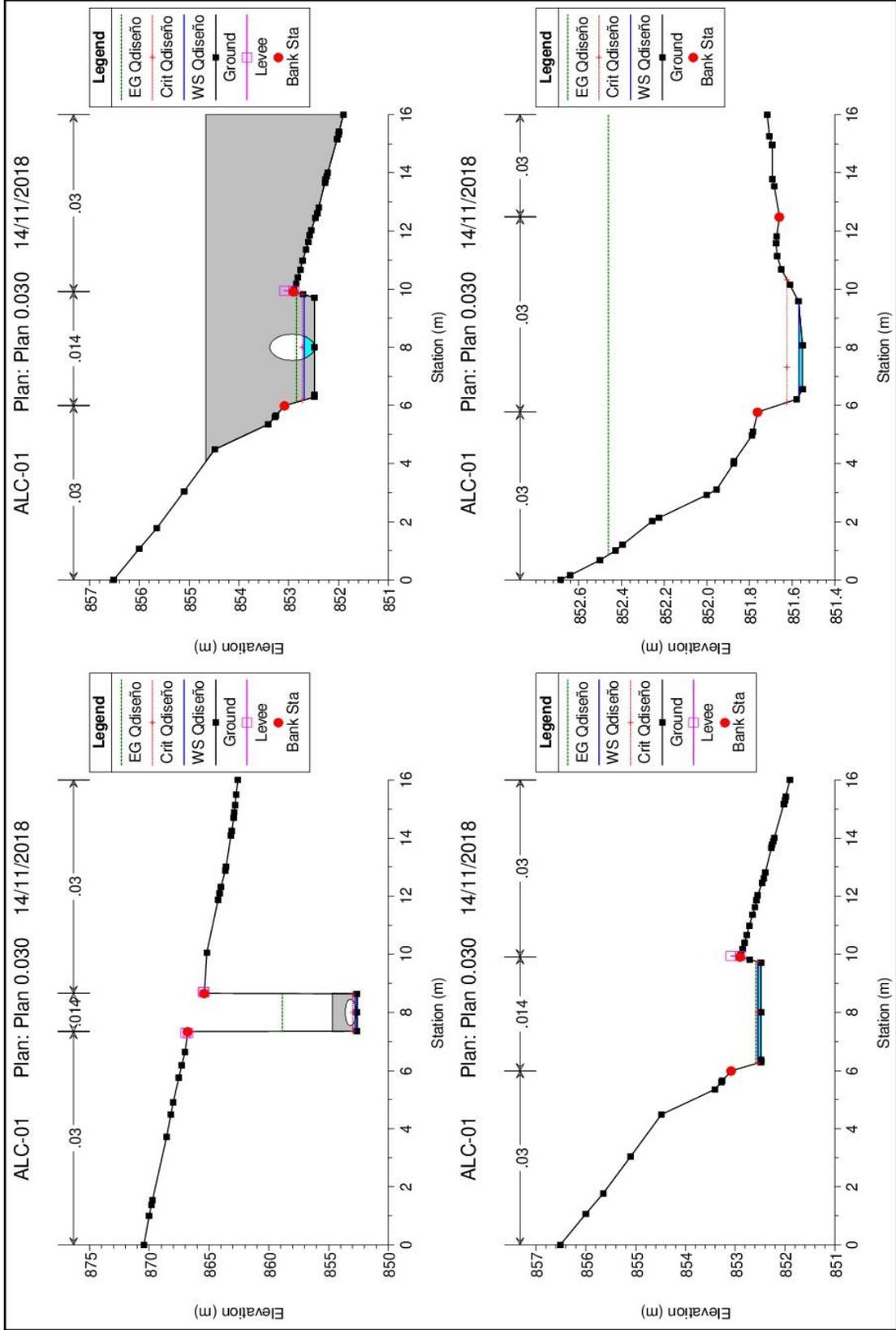
Total flow in cross section.

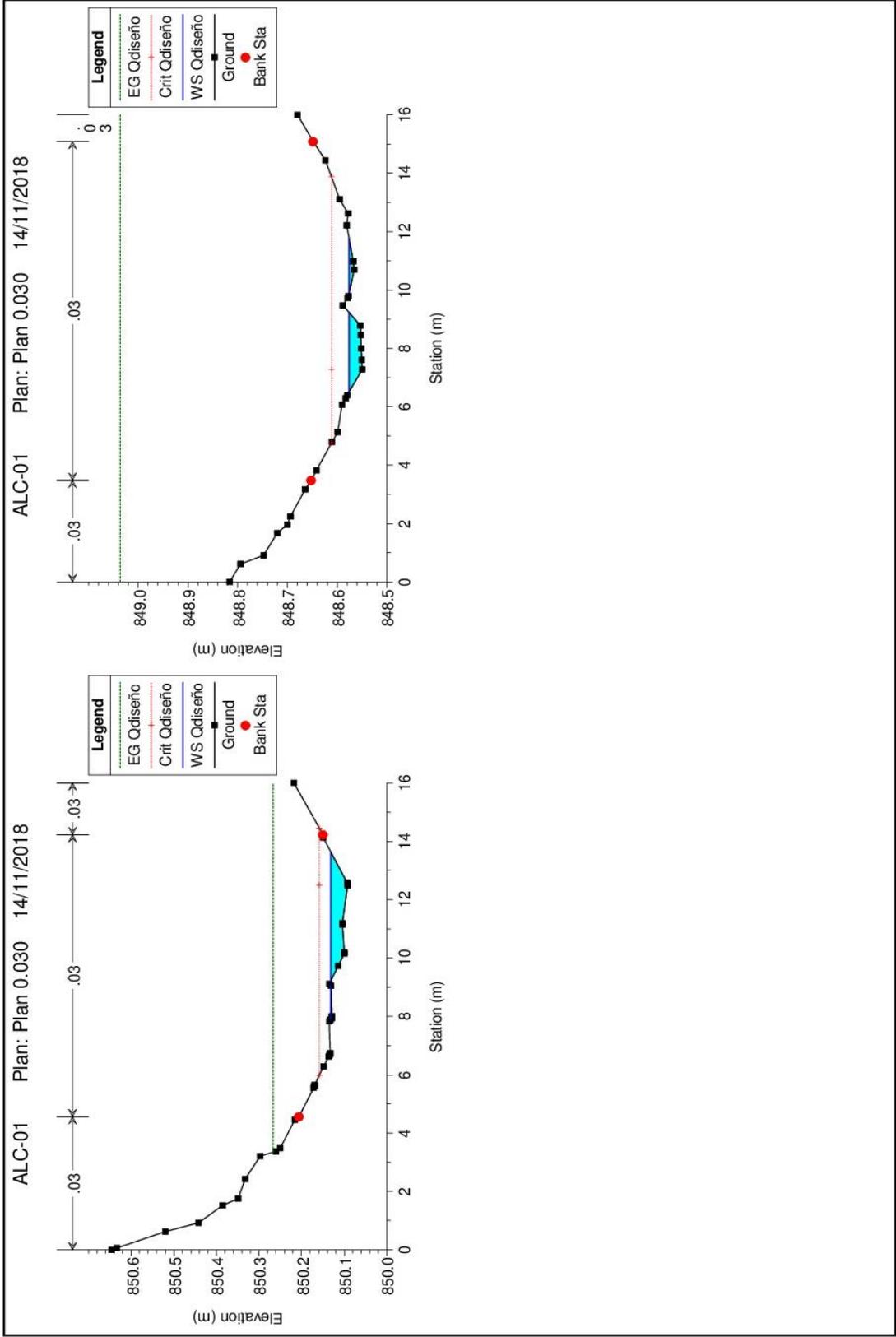
Coeficiente de Manning 0.033

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-01	26	Qdiseño	0.19	868.60	868.65	868.73	869.06	0.499541	2.82	0.07	1.32	3.99	234.60
ALC-01	24	Qdiseño	0.19	864.00	864.03	864.13	865.32	3.291924	5.04	0.04	1.30	9.46	896.07
ALC-01	22	Qdiseño	0.19	858.30	858.33	858.43	859.76	3.899281	5.31	0.04	1.30	10.21	1010.13
ALC-01	20	Qdiseño	0.19	852.61	853.11	852.74	853.11	0.000092	0.29	0.65	1.30	0.13	0.25
ALC-01	10		Culvert										
ALC-01	6	Qdiseño	0.19	852.48	852.55	852.55	852.58	0.005139	0.82	0.23	3.49	1.02	3.25
ALC-01	4	Qdiseño	0.19	851.55	851.57	851.62	852.46	5.530612	4.18	0.05	3.20	11.19	770.57
ALC-01	2	Qdiseño	0.19	850.09	850.14	850.16	850.20	0.156970	1.02	0.19	7.46	2.07	38.31
ALC-01	0	Qdiseño	0.19	848.55	848.57	848.61	849.71	8.912715	4.74	0.04	3.35	13.81	1046.88

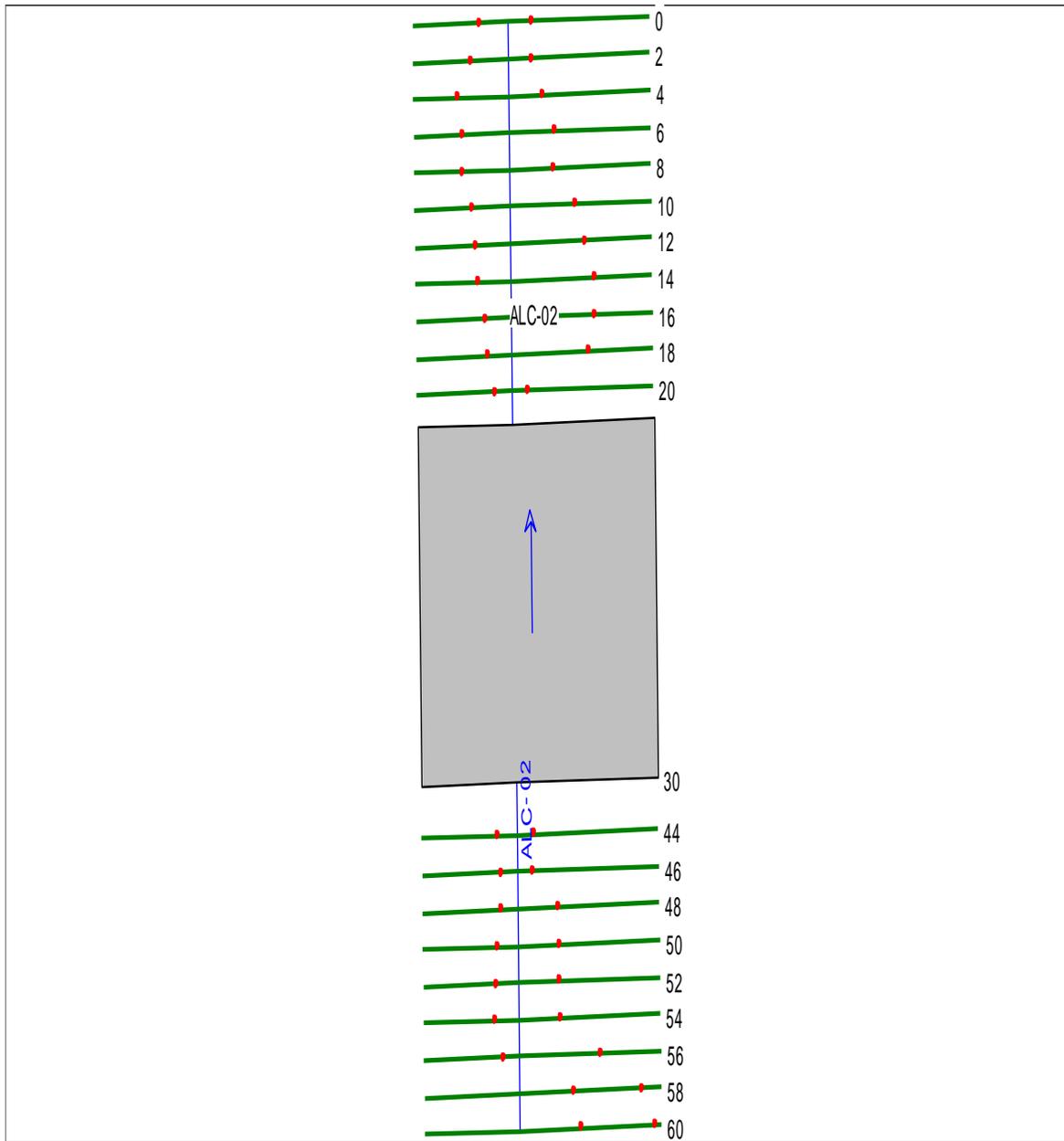
Total flow in cross section.







Alcantarilla N°2 - Progresiva 32+130.



Coeficiente de Manning 0.030

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.030 River: ALC-02 Reach: ALC-02 Profile: Qdiseño												Reload Data	
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-02	60	Qdiseño	0.89	954.38	954.51	954.63	955.31	0.500336	3.96	0.22	3.25	4.81	337.58
ALC-02	58	Qdiseño	0.89	954.01	954.17	954.27	954.61	0.194914	2.95	0.30	3.34	3.14	171.66
ALC-02	56	Qdiseño	0.89	954.03	954.13	954.17	954.26	0.089614	1.59	0.56	8.84	2.01	55.65
ALC-02	54	Qdiseño	0.89	953.50	953.60	953.67	953.95	0.276082	2.63	0.34	5.82	3.48	157.45
ALC-02	52	Qdiseño	0.89	952.98	953.09	953.18	953.44	0.235320	2.61	0.34	5.26	3.27	149.54
ALC-02	50	Qdiseño	0.89	952.46	952.59	952.68	952.97	0.225087	2.75	0.32	4.44	3.26	160.29
ALC-02	48	Qdiseño	0.89	952.00	952.11	952.20	952.52	0.223447	2.84	0.31	4.09	3.27	167.49
ALC-02	46	Qdiseño	0.89	951.40	951.48	951.59	952.02	0.275072	3.23	0.28	3.32	3.58	214.30
ALC-02	44	Qdiseño	0.89	950.74	951.70	950.93	951.70	0.000024	0.26	3.78	9.35	0.09	0.08
ALC-02	30												
ALC-02	20	Culvert											
ALC-02	20	Qdiseño	0.89	949.57	949.76	949.76	949.86	0.003324	1.37	0.65	3.41	1.00	5.61
ALC-02	18	Qdiseño	0.89	948.24	948.26	948.33	949.69	5.272080	5.31	0.17	9.16	12.54	945.38
ALC-02	16	Qdiseño	0.89	946.90	946.95	947.00	947.18	0.291076	2.16	0.41	9.93	3.38	118.51
ALC-02	14	Qdiseño	0.89	945.67	945.78	945.86	946.34	0.605862	3.32	0.27	5.84	4.95	272.20
ALC-02	12	Qdiseño	0.89	945.13	945.26	945.33	945.55	0.229454	2.39	0.37	6.44	3.17	130.07
ALC-02	10	Qdiseño	0.89	944.59	944.72	944.79	945.08	0.239920	2.66	0.33	5.08	3.31	154.61
ALC-02	8	Qdiseño	0.89	944.04	944.16	944.23	944.53	0.312863	2.70	0.33	5.96	3.67	169.37
ALC-02	6	Qdiseño	0.89	943.54	943.63	943.70	943.92	0.269621	2.39	0.37	7.32	3.37	134.71
ALC-02	4	Qdiseño	0.89	943.05	943.13	943.20	943.41	0.239821	2.35	0.38	6.92	3.21	128.54
ALC-02	2	Qdiseño	0.89	942.55	942.63	942.70	942.94	0.235049	2.45	0.36	6.26	3.22	133.76
ALC-02	0	Qdiseño	0.89	942.06	942.14	942.22	942.49	0.208367	2.61	0.34	4.80	3.12	144.97

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.028

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.028 River: ALC-02 Reach: ALC-02 Profile: Qdiseño												Reload Data	
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-02	60	Qdiseño	0.89	954.38	954.50	954.63	955.38	0.500332	4.15	0.21	3.20	5.13	327.19
ALC-02	58	Qdiseño	0.89	954.01	954.16	954.27	954.66	0.202819	3.15	0.28	3.25	3.41	172.25
ALC-02	56	Qdiseño	0.89	954.03	954.12	954.17	954.28	0.101573	1.75	0.51	8.49	2.27	59.81
ALC-02	54	Qdiseño	0.89	953.50	953.59	953.67	953.96	0.249935	2.66	0.33	5.80	3.54	141.18
ALC-02	52	Qdiseño	0.89	952.98	953.09	953.18	953.47	0.233124	2.74	0.32	5.11	3.47	144.97
ALC-02	50	Qdiseño	0.89	952.46	952.58	952.68	953.01	0.222408	2.90	0.31	4.29	3.46	155.68
ALC-02	48	Qdiseño	0.89	952.00	952.11	952.20	952.56	0.224367	2.98	0.30	4.02	3.49	162.78
ALC-02	46	Qdiseño	0.89	951.40	951.48	951.59	952.06	0.272463	3.36	0.26	3.32	3.80	204.47
ALC-02	44	Qdiseño	0.89	950.74	951.70	950.93	951.70	0.000024	0.26	3.78	9.35	0.09	0.08
ALC-02	30												
ALC-02	20	Culvert											
ALC-02	20	Qdiseño	0.89	949.57	949.76	949.76	949.86	0.003324	1.37	0.65	3.41	1.00	5.61
ALC-02	18	Qdiseño	0.89	948.24	948.26	948.33	949.69	4.592568	5.31	0.17	9.16	12.54	823.53
ALC-02	16	Qdiseño	0.89	946.90	946.94	947.00	947.28	0.449675	2.57	0.35	9.86	4.37	154.90
ALC-02	14	Qdiseño	0.89	945.67	945.78	945.86	946.31	0.495045	3.24	0.27	5.91	4.80	225.03
ALC-02	12	Qdiseño	0.89	945.13	945.26	945.33	945.59	0.236682	2.55	0.35	6.19	3.43	130.58
ALC-02	10	Qdiseño	0.89	944.59	944.71	944.79	945.11	0.237507	2.79	0.32	4.96	3.51	149.45
ALC-02	8	Qdiseño	0.89	944.04	944.15	944.23	944.57	0.312928	2.85	0.31	5.81	3.92	165.08
ALC-02	6	Qdiseño	0.89	943.54	943.63	943.70	943.95	0.275203	2.51	0.35	7.21	3.62	132.47
ALC-02	4	Qdiseño	0.89	943.05	943.13	943.20	943.44	0.237488	2.46	0.36	6.82	3.40	123.55
ALC-02	2	Qdiseño	0.89	942.55	942.63	942.70	942.96	0.234524	2.56	0.35	6.21	3.42	128.86
ALC-02	0	Qdiseño	0.89	942.06	942.14	942.22	942.52	0.207228	2.72	0.33	4.75	3.32	139.37

Total flow in cross section.

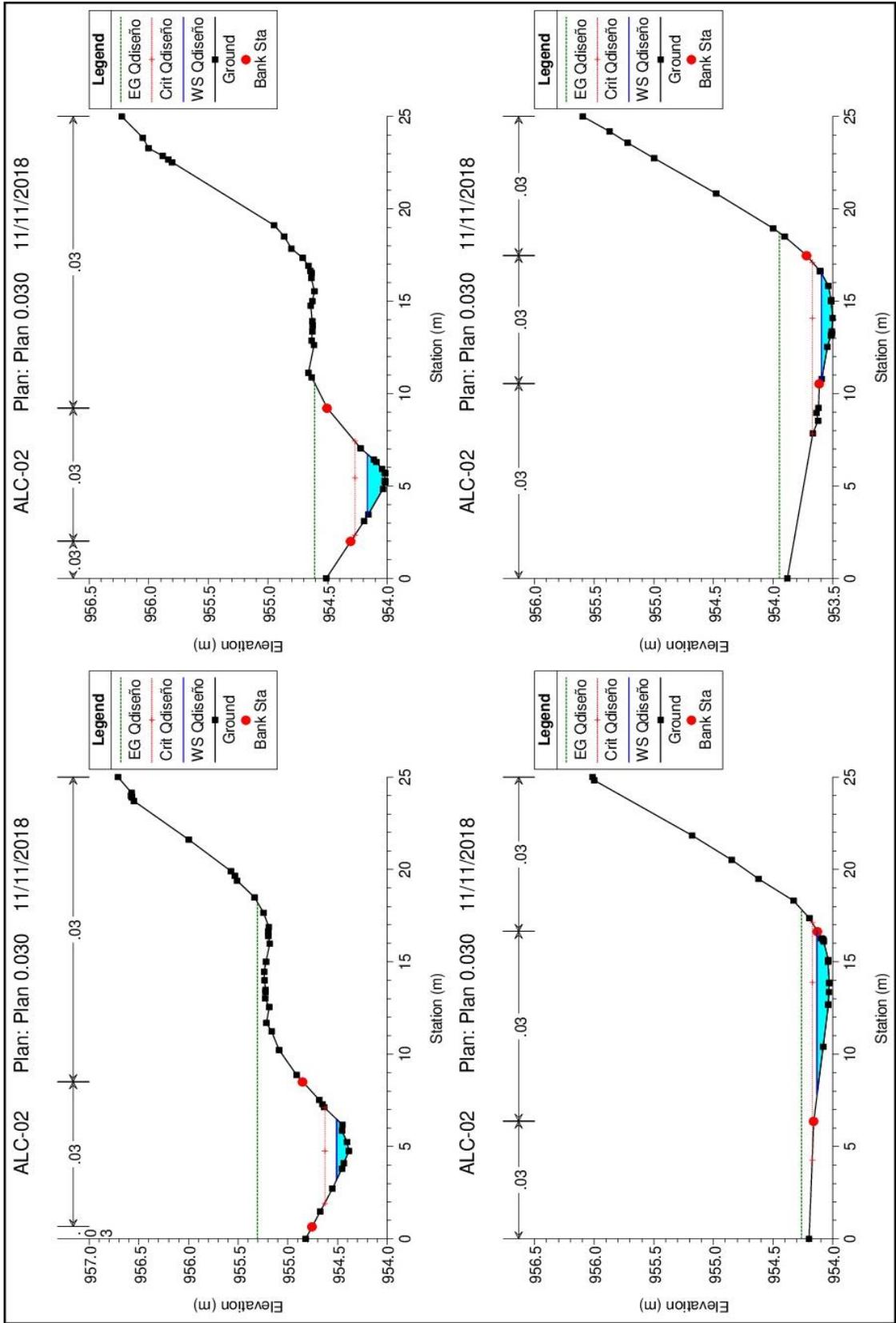
Coeficiente de Manning 0.033

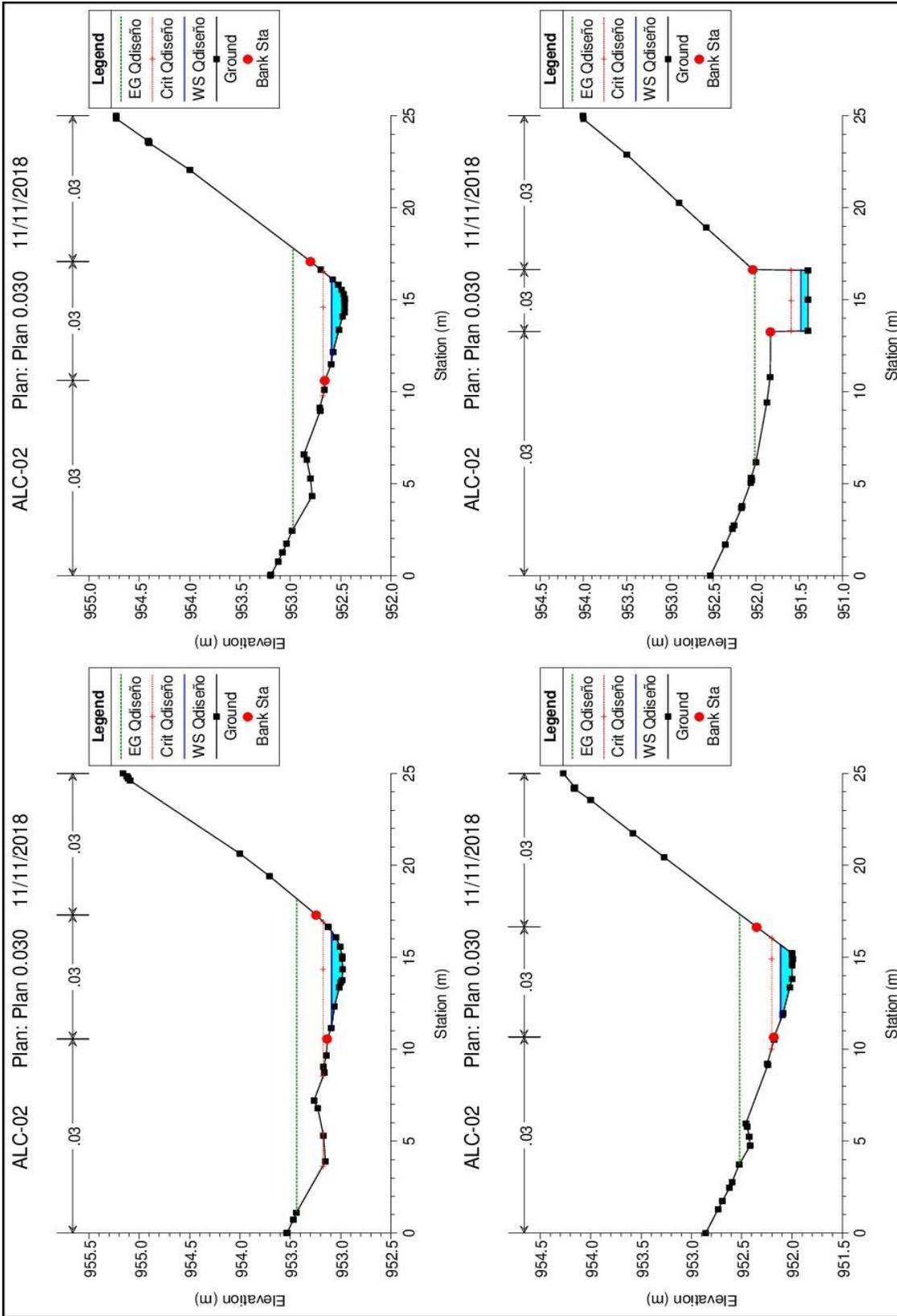
Profile Output Table - Tabla TESIS

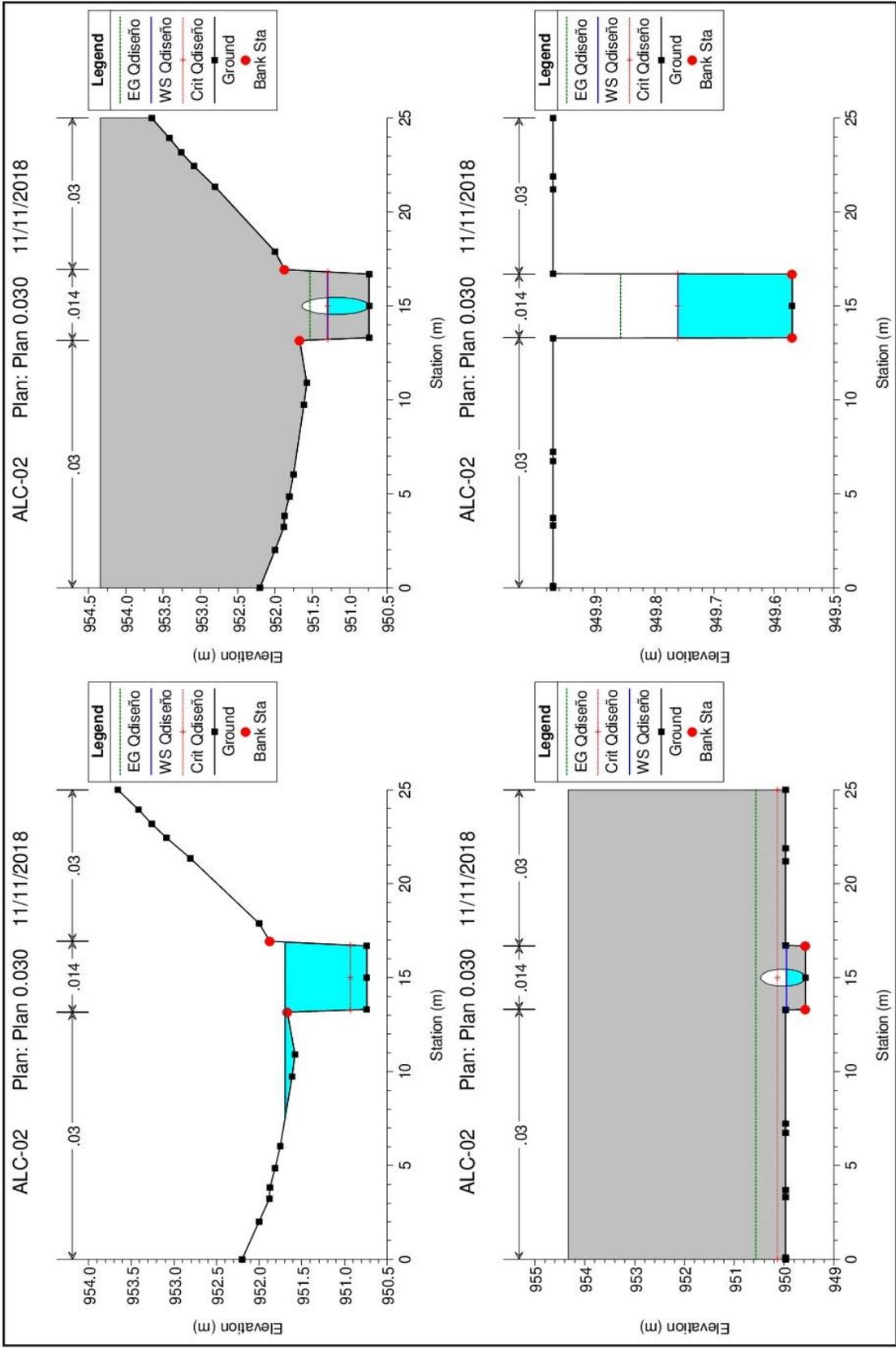
File Options Std. Tables User Tables Locations Help

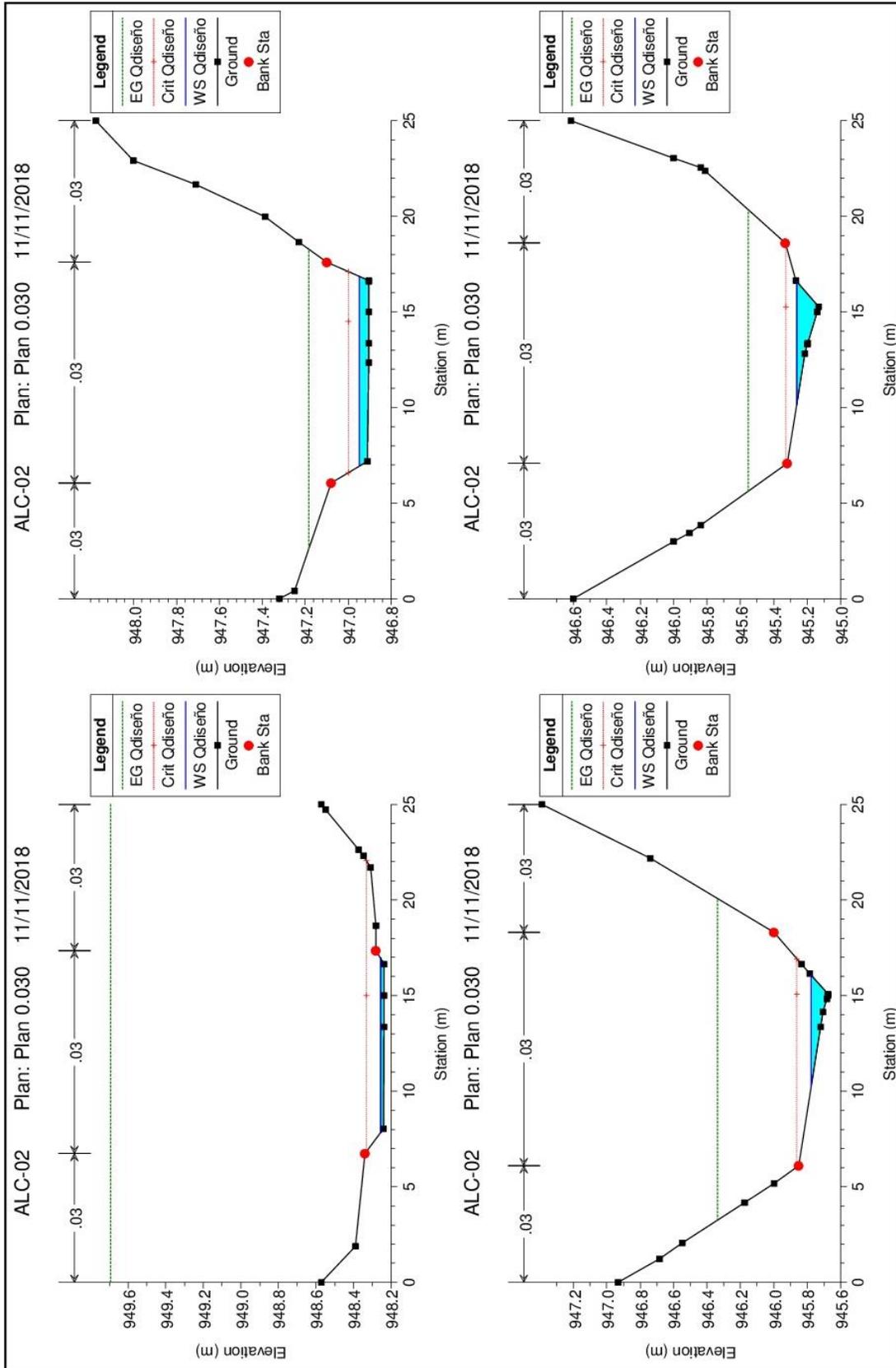
HEC-RAS Plan: 0.033 River: ALC-02 Reach: ALC-02 Profile: Qdiseño												Reload Data	
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-02	60	Qdiseño	0.89	954.38	954.51	954.63	955.21	0.500732	3.70	0.24	3.33	4.40	352.60
ALC-02	58	Qdiseño	0.89	954.01	954.17	954.27	954.54	0.182256	2.69	0.33	3.48	2.78	169.16
ALC-02	56	Qdiseño	0.89	954.03	954.14	954.17	954.24	0.075315	1.40	0.64	9.36	1.70	50.27
ALC-02	54	Qdiseño	0.89	953.50	953.60	953.67	953.94	0.324022	2.60	0.34	5.83	3.43	186.20
ALC-02	52	Qdiseño	0.89	952.98	953.10	953.18	953.39	0.225314	2.41	0.37	5.38	2.94	151.55
ALC-02	50	Qdiseño	0.89	952.46	952.59	952.68	952.93	0.232274	2.58	0.34	4.63	3.02	169.15
ALC-02	48	Qdiseño	0.89	952.00	952.12	952.20	952.47	0.221608	2.65	0.34	4.18	2.98	173.82
ALC-02	46	Qdiseño	0.89	951.40	951.49	951.59	951.97	0.280495	3.07	0.29	3.32	3.31	229.68
ALC-02	44	Qdiseño	0.89	950.74	951.70	950.93	951.70	0.000024	0.26	3.78	9.35	0.09	0.08
ALC-02	30		Culvert										
ALC-02	20	Qdiseño	0.89	949.57	949.76	949.76	949.86	0.003324	1.37	0.65	3.41	1.00	5.61
ALC-02	18	Qdiseño	0.89	948.24	948.26	948.33	949.69	6.379219	5.31	0.17	9.16	12.54	1143.91
ALC-02	16	Qdiseño	0.89	946.90	946.95	947.00	947.21	0.421812	2.28	0.39	9.91	3.66	162.95
ALC-02	14	Qdiseño	0.89	945.67	945.78	945.86	946.23	0.547107	2.97	0.30	6.18	4.32	259.35
ALC-02	12	Qdiseño	0.89	945.13	945.27	945.33	945.51	0.220158	2.18	0.41	6.79	2.84	129.60
ALC-02	10	Qdiseño	0.89	944.59	944.72	944.79	945.04	0.245206	2.50	0.36	5.25	3.06	163.07
ALC-02	8	Qdiseño	0.89	944.04	944.16	944.23	944.49	0.316194	2.53	0.35	6.16	3.37	177.05
ALC-02	6	Qdiseño	0.89	943.54	943.64	943.70	943.89	0.260893	2.22	0.40	7.48	3.04	137.37
ALC-02	4	Qdiseño	0.89	943.05	943.14	943.20	943.39	0.243016	2.21	0.40	7.06	2.96	135.72
ALC-02	2	Qdiseño	0.89	942.55	942.64	942.70	942.91	0.233739	2.31	0.39	6.34	2.94	139.91
ALC-02	0	Qdiseño	0.89	942.06	942.15	942.22	942.46	0.211955	2.46	0.36	4.86	2.88	154.13

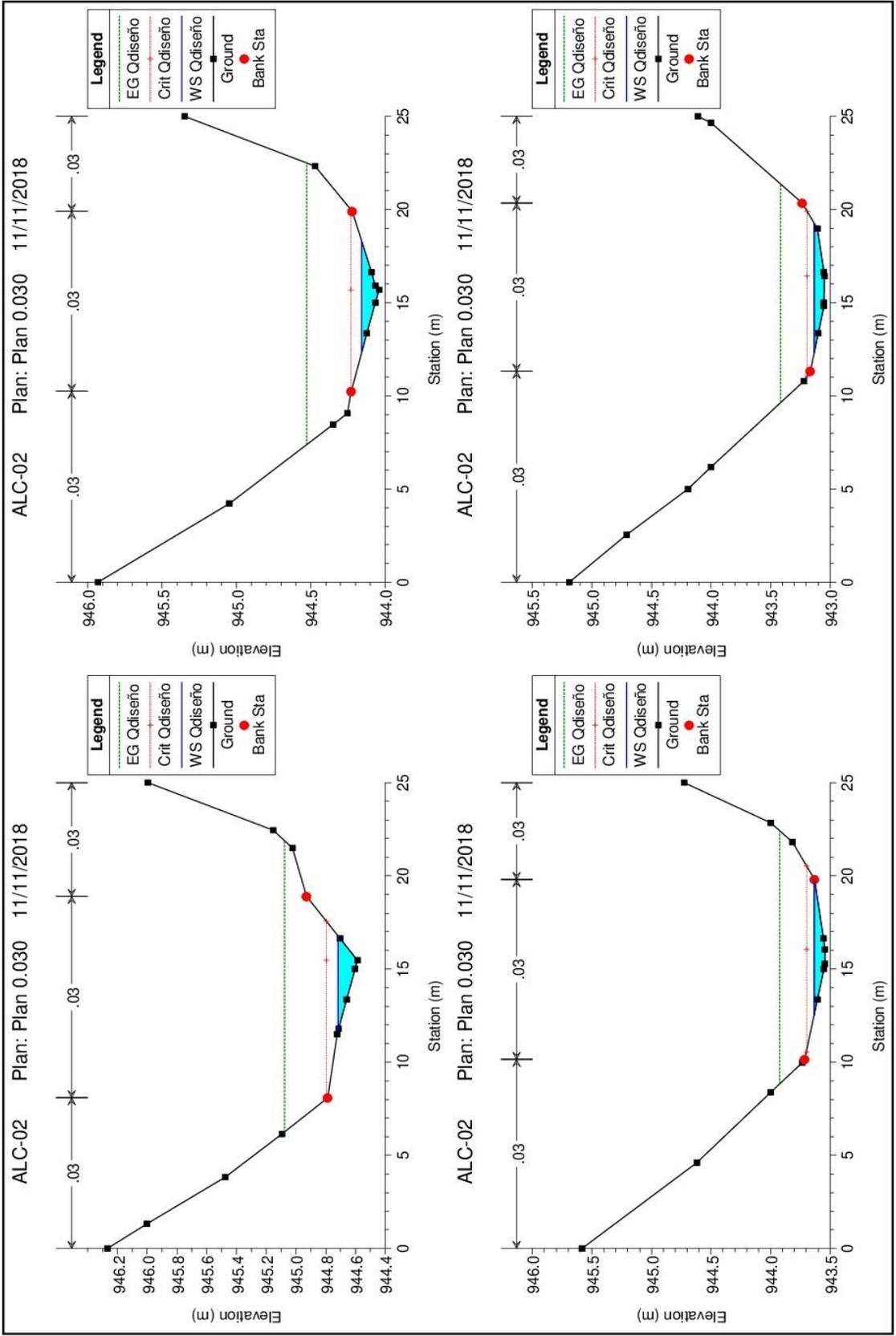
Total flow in cross section.

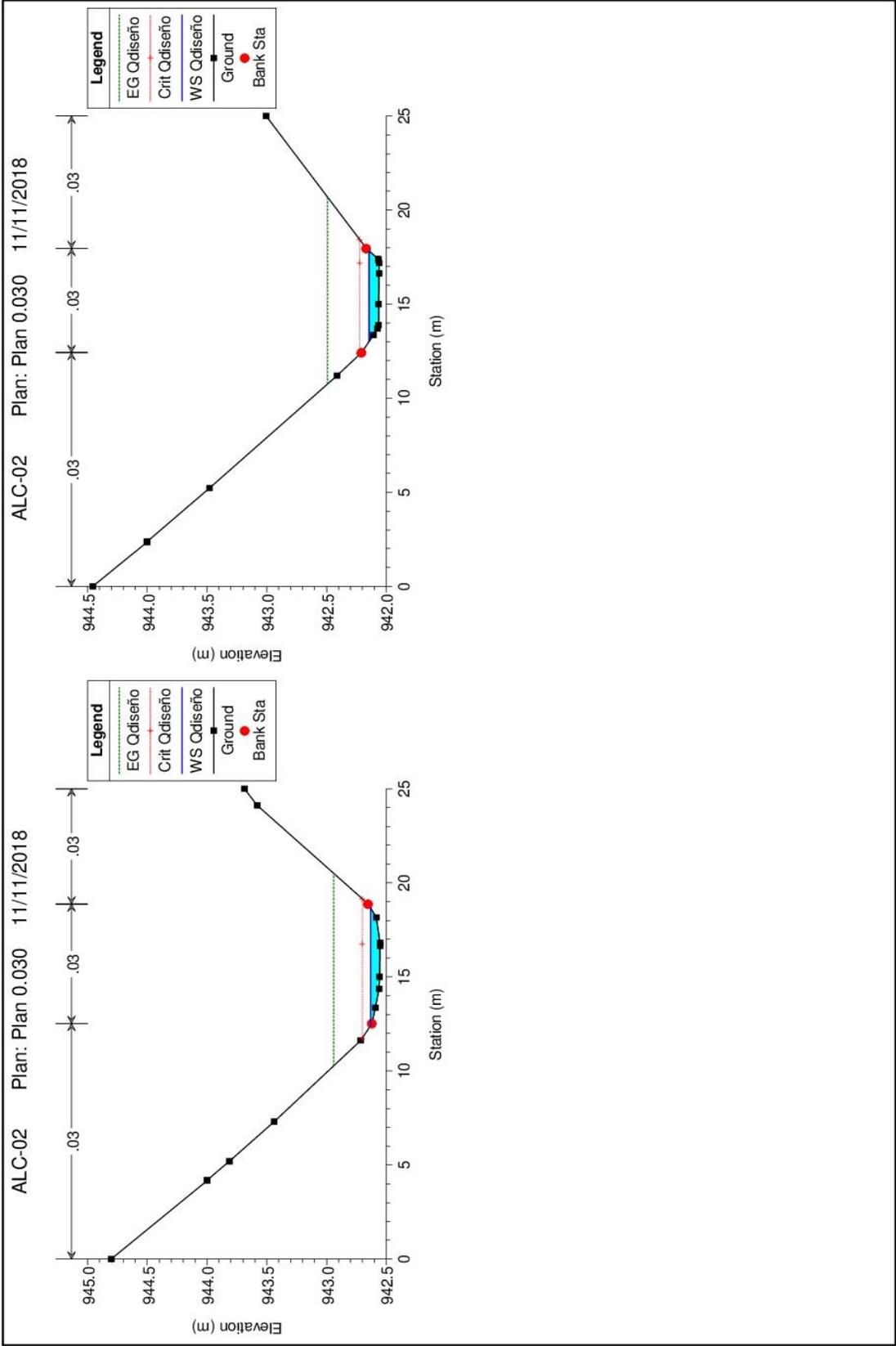




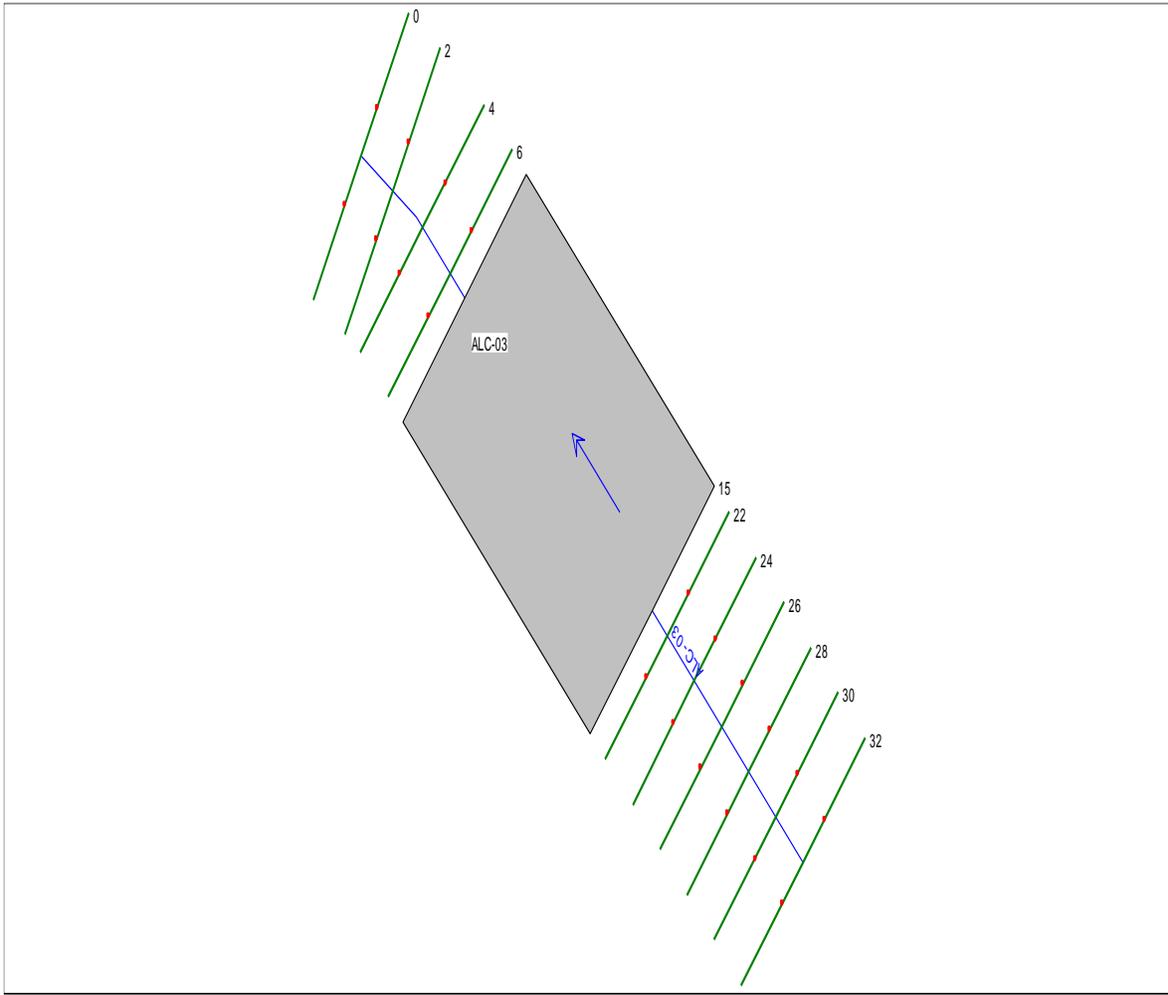








Alcantarilla N°3 - Progresiva 64+810



Coefficiente de Manning 0.030

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.030 River: ALC-03 Reach: ALC-03 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-03	32	Qdiseño	0.44	2043.00	2043.12	2043.12	2043.17	0.017714	1.05	0.44	4.15	0.99	18.07
ALC-03	30	Qdiseño	0.44	2040.30	2040.32	2040.42	2044.22	19.116140	8.76	0.05	3.44	23.03	2739.06
ALC-03	28	Qdiseño	0.44	2037.50	2037.55	2037.62	2037.94	0.428299	2.80	0.16	3.47	4.17	188.70
ALC-03	26	Qdiseño	0.44	2035.10	2035.12	2035.22	2037.70	9.720359	7.14	0.06	3.47	16.98	1693.85
ALC-03	24	Qdiseño	0.44	2033.25	2033.30	2033.37	2033.59	0.249064	2.38	0.19	3.50	3.26	128.29
ALC-03	22	Qdiseño	0.44	2031.29	2031.92	2031.41	2031.92	0.000015	0.20	2.26	3.75	0.08	0.07
ALC-03	15												
ALC-03	6	Qdiseño	0.44	2030.74	2030.86	2030.86	2030.92	0.004240	1.08	0.41	3.43	1.00	4.64
ALC-03	4	Qdiseño	0.44	2030.71	2030.81	2030.83	2030.90	0.038063	1.32	0.33	3.52	1.37	34.19
ALC-03	2	Qdiseño	0.44	2029.56	2029.63	2029.72	2030.58	1.535906	4.28	0.10	3.01	7.48	508.80
ALC-03	0	Qdiseño	0.44	2026.00	2026.04	2026.12	2026.47	0.497010	2.92	0.15	3.56	4.45	207.16

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.028

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.028 River: ALC-03 Reach: ALC-03 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-03	32	Qdiseño	0.44	2043.00	2043.12	2043.12	2043.17	0.015431	1.05	0.44	4.15	0.99	15.74
ALC-03	30	Qdiseño	0.44	2040.30	2040.32	2040.42	2042.07	4.360821	5.86	0.08	3.44	12.60	931.29
ALC-03	28	Qdiseño	0.44	2037.50	2037.54	2037.62	2038.23	0.944788	3.70	0.12	3.46	6.33	316.98
ALC-03	26	Qdiseño	0.44	2035.10	2035.14	2035.22	2035.71	0.686607	3.35	0.13	3.56	5.48	249.53
ALC-03	24	Qdiseño	0.44	2033.25	2033.28	2033.37	2034.60	2.741952	5.10	0.09	3.45	10.23	671.25
ALC-03	22	Qdiseño	0.44	2031.29	2031.92	2031.41	2031.92	0.000015	0.20	2.26	3.75	0.08	0.07
ALC-03	15	Culvert											
ALC-03	6	Qdiseño	0.44	2030.74	2030.86	2030.86	2030.92	0.004240	1.08	0.41	3.43	1.00	4.64
ALC-03	4	Qdiseño	0.44	2030.71	2030.81	2030.83	2030.90	0.032820	1.32	0.33	3.52	1.36	29.57
ALC-03	2	Qdiseño	0.44	2029.56	2029.63	2029.72	2030.40	1.018953	3.84	0.11	3.21	6.57	352.32
ALC-03	0	Qdiseño	0.44	2026.00	2026.03	2026.12	2027.29	2.563941	4.99	0.09	3.49	9.92	636.24

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.033

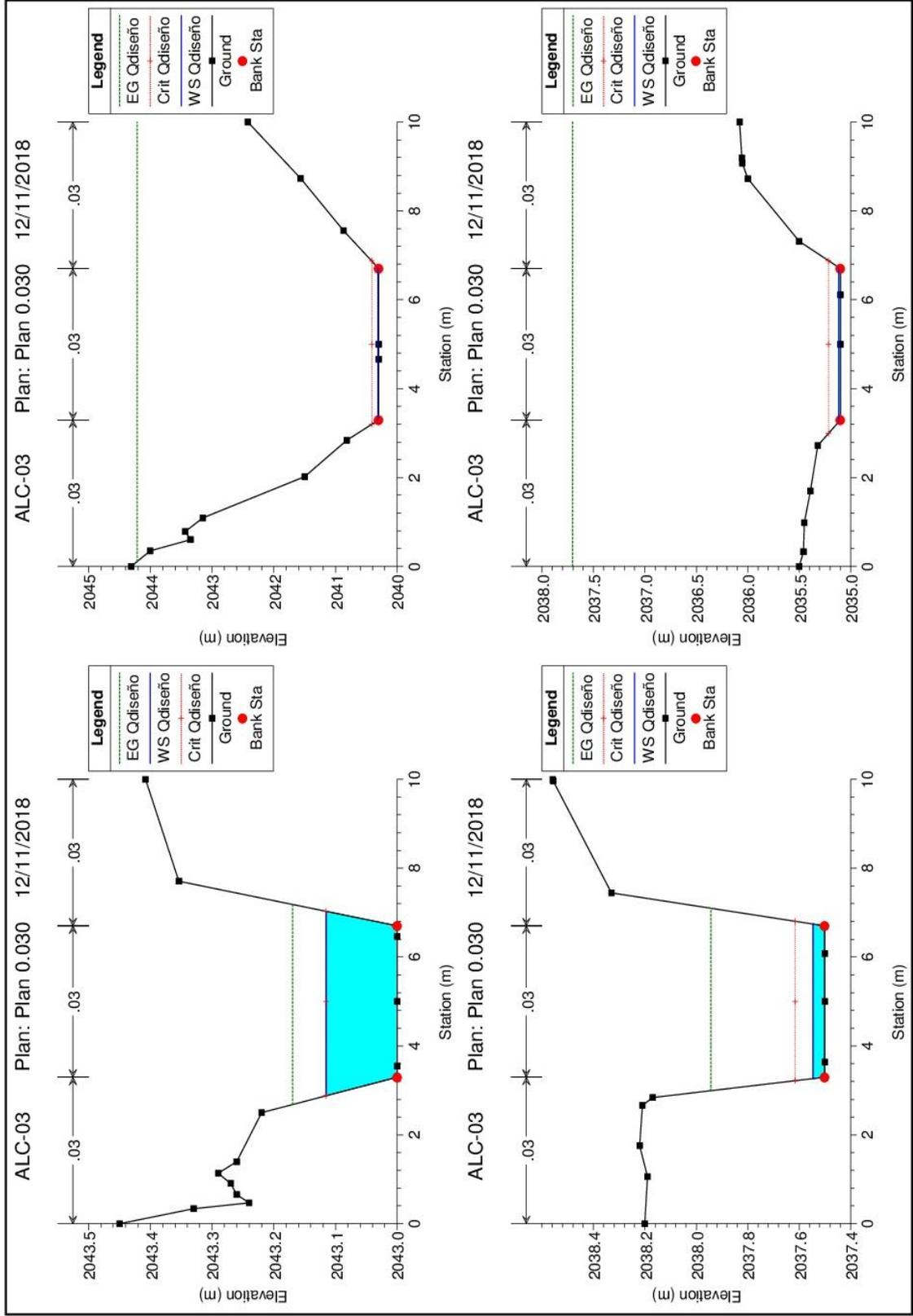
Profile Output Table - Tabla TESIS

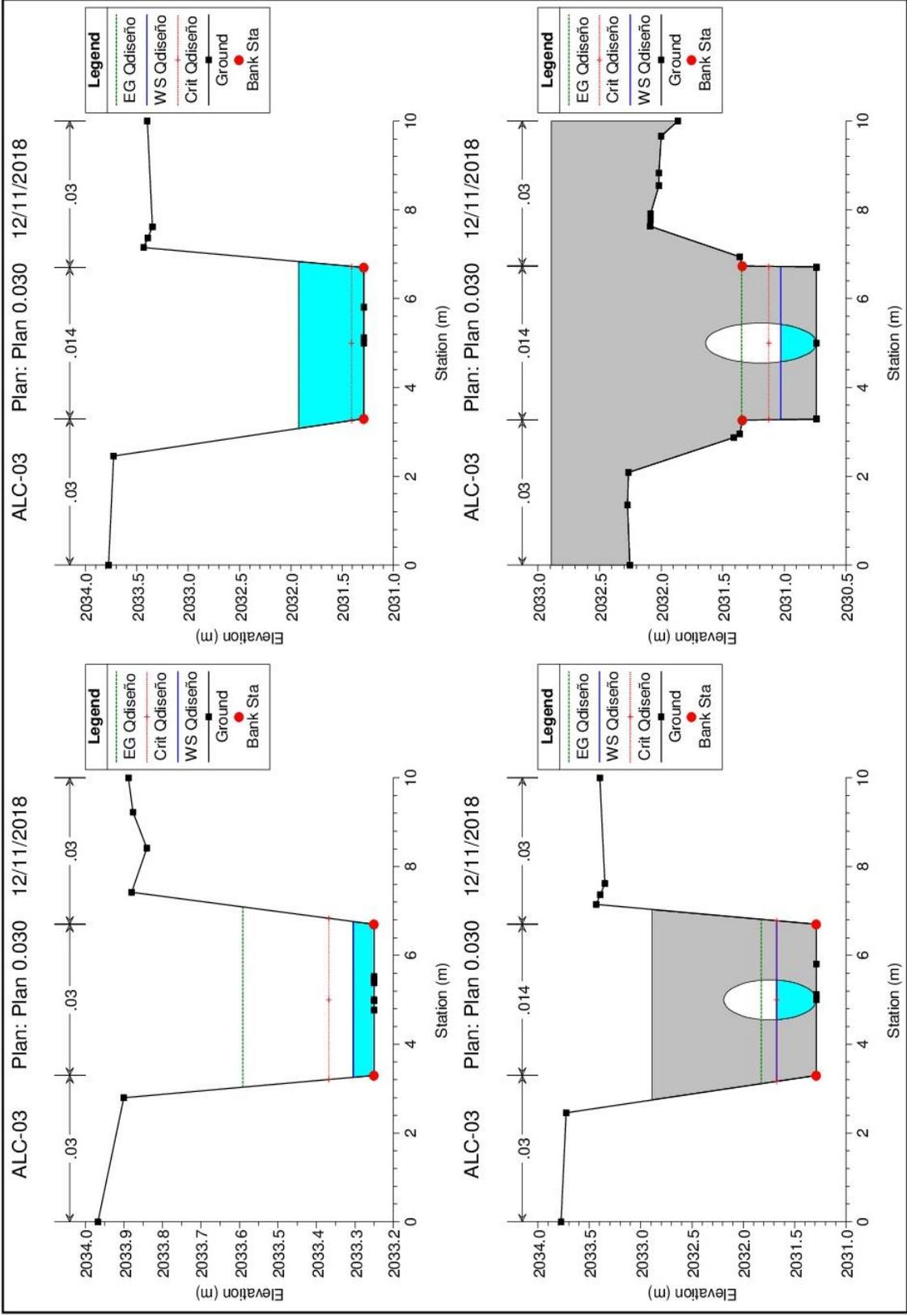
File Options Std. Tables User Tables Locations Help

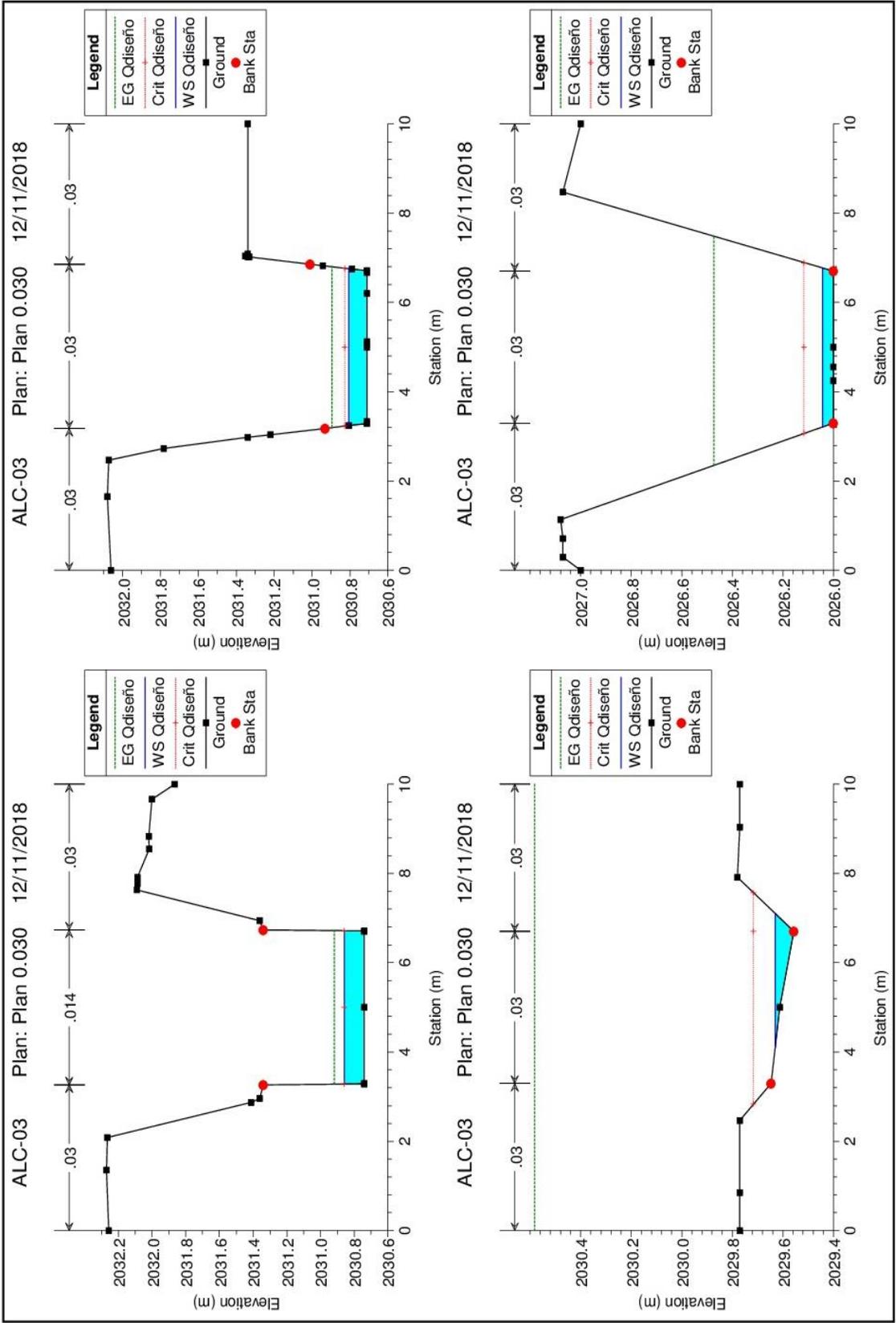
HEC-RAS Plan: 0.033 River: ALC-03 Reach: ALC-03 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-03	32	Qdiseño	0.44	2043.00	2043.12	2043.12	2043.17	0.021434	1.05	0.44	4.15	0.99	21.87
ALC-03	30	Qdiseño	0.44	2040.30	2040.33	2040.42	2041.19	1.874622	4.12	0.11	3.47	7.43	564.55
ALC-03	28	Qdiseño	0.44	2037.50	2037.53	2037.62	2038.77	3.463032	4.95	0.09	3.44	9.80	872.76
ALC-03	26	Qdiseño	0.44	2035.10	2035.13	2035.22	2036.03	2.044098	4.22	0.11	3.53	7.72	595.23
ALC-03	24	Qdiseño	0.44	2033.25	2033.29	2033.37	2033.89	1.022002	3.43	0.13	3.47	5.66	368.54
ALC-03	22	Qdiseño	0.44	2031.29	2031.92	2031.41	2031.92	0.000015	0.20	2.26	3.75	0.08	0.07
ALC-03	15	Culvert											
ALC-03	6	Qdiseño	0.44	2030.74	2030.86	2030.86	2030.92	0.004240	1.08	0.41	3.43	1.00	4.64
ALC-03	4	Qdiseño	0.44	2030.71	2030.81	2030.83	2030.89	0.045125	1.31	0.34	3.52	1.36	40.77
ALC-03	2	Qdiseño	0.44	2029.56	2029.63	2029.72	2030.78	2.353976	4.71	0.09	2.84	8.37	752.09
ALC-03	0	Qdiseño	0.44	2026.00	2026.02	2026.12	2028.94	14.380480	7.59	0.06	3.46	18.59	2365.25

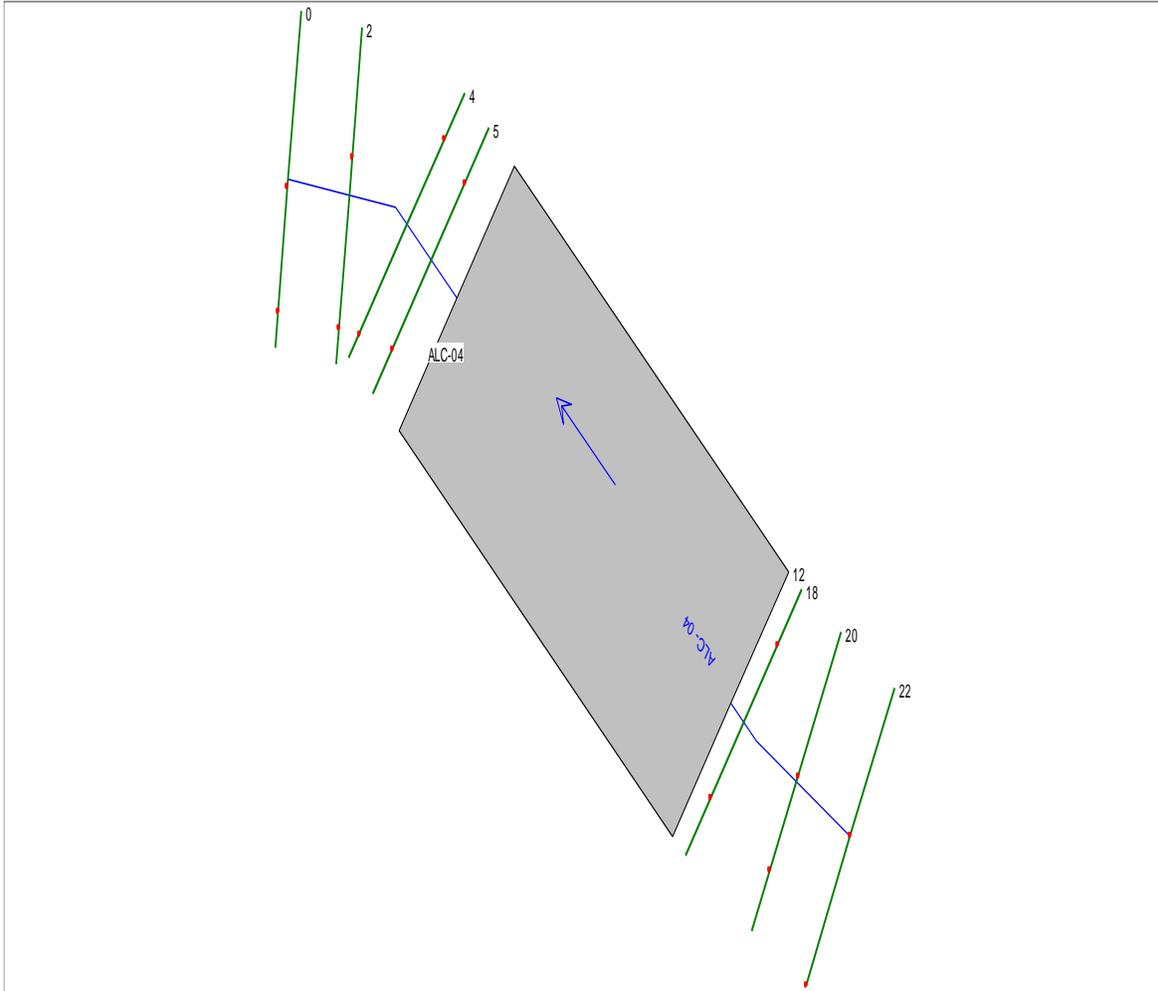
Total flow in cross section.







Alcantarilla N°4 - Progresiva 65-909



Coefficiente de Manning 0.030

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.030 River: ALC-04 Reach: ALC-04 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-04	22	Qdiseño	0.72	2098.43	2098.59	2098.76	2099.74	0.499184	4.74	0.15	1.64	4.97	442.48
ALC-04	20	Qdiseño	0.72	2095.92	2096.05	2096.25	2098.13	1.279731	6.39	0.11	1.60	7.65	864.86
ALC-04	18	Qdiseño	0.72	2089.67	2090.61	2089.84	2090.61	0.000019	0.22	3.20	3.41	0.07	0.11
ALC-04	12	Culvert											
ALC-04	5	Qdiseño	0.72	2089.09	2089.25	2089.25	2089.34	0.004011	1.28	0.56	3.50	1.02	5.89
ALC-04	4	Qdiseño	0.72	2088.66	2088.96	2089.04	2089.30	0.203585	2.58	0.28	3.49	2.92	142.24
ALC-04	2	Qdiseño	0.72	2086.16	2086.46	2086.77	2088.47	0.626740	6.29	0.11	0.63	4.71	715.26
ALC-04	0	Qdiseño	0.72	2082.53	2082.76	2083.07	2086.69	1.492727	8.79	0.08	0.58	7.44	1467.64

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.028

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.028 River: ALC-04 Reach: ALC-04 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-04	22	Qdiseño	0.72	2098.43	2098.59	2098.76	2099.85	0.499454	4.98	0.14	1.61	5.30	429.40
ALC-04	20	Qdiseño	0.72	2095.92	2096.05	2096.25	2098.27	1.233225	6.59	0.11	1.59	8.01	814.44
ALC-04	18	Qdiseño	0.72	2089.67	2090.61	2089.84	2090.61	0.000019	0.22	3.20	3.41	0.07	0.11
ALC-04	12		Culvert										
ALC-04	5	Qdiseño	0.72	2089.09	2089.25	2089.25	2089.34	0.004011	1.28	0.56	3.50	1.02	5.89
ALC-04	4	Qdiseño	0.72	2088.66	2088.96	2089.04	2089.30	0.177345	2.58	0.28	3.49	2.92	123.91
ALC-04	2	Qdiseño	0.72	2086.16	2086.45	2086.77	2088.54	0.572281	6.40	0.11	0.63	4.82	647.04
ALC-04	0	Qdiseño	0.72	2082.53	2082.75	2083.07	2086.97	1.433253	9.10	0.08	0.57	7.80	1380.50

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.033

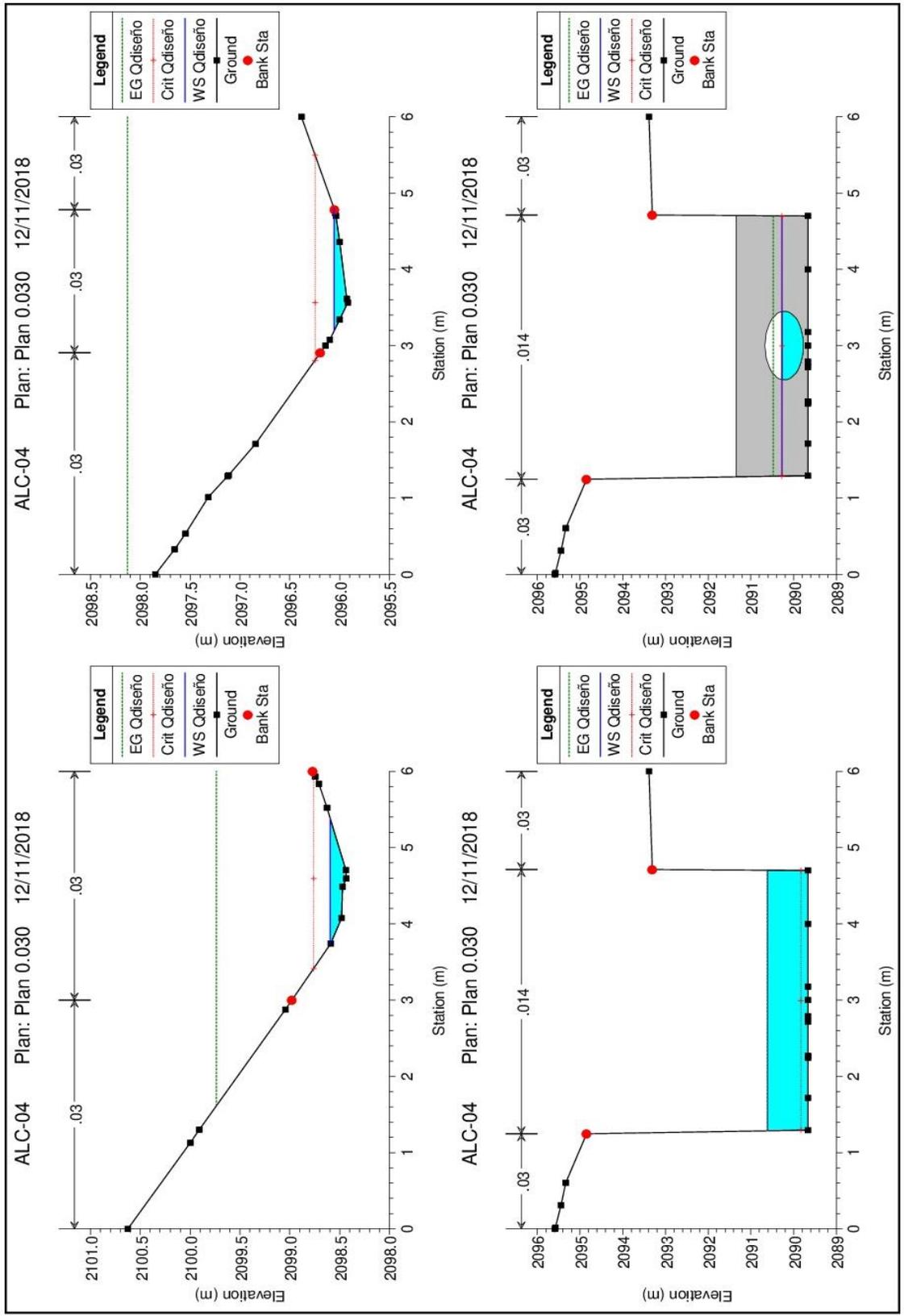
Profile Output Table - Tabla TESIS

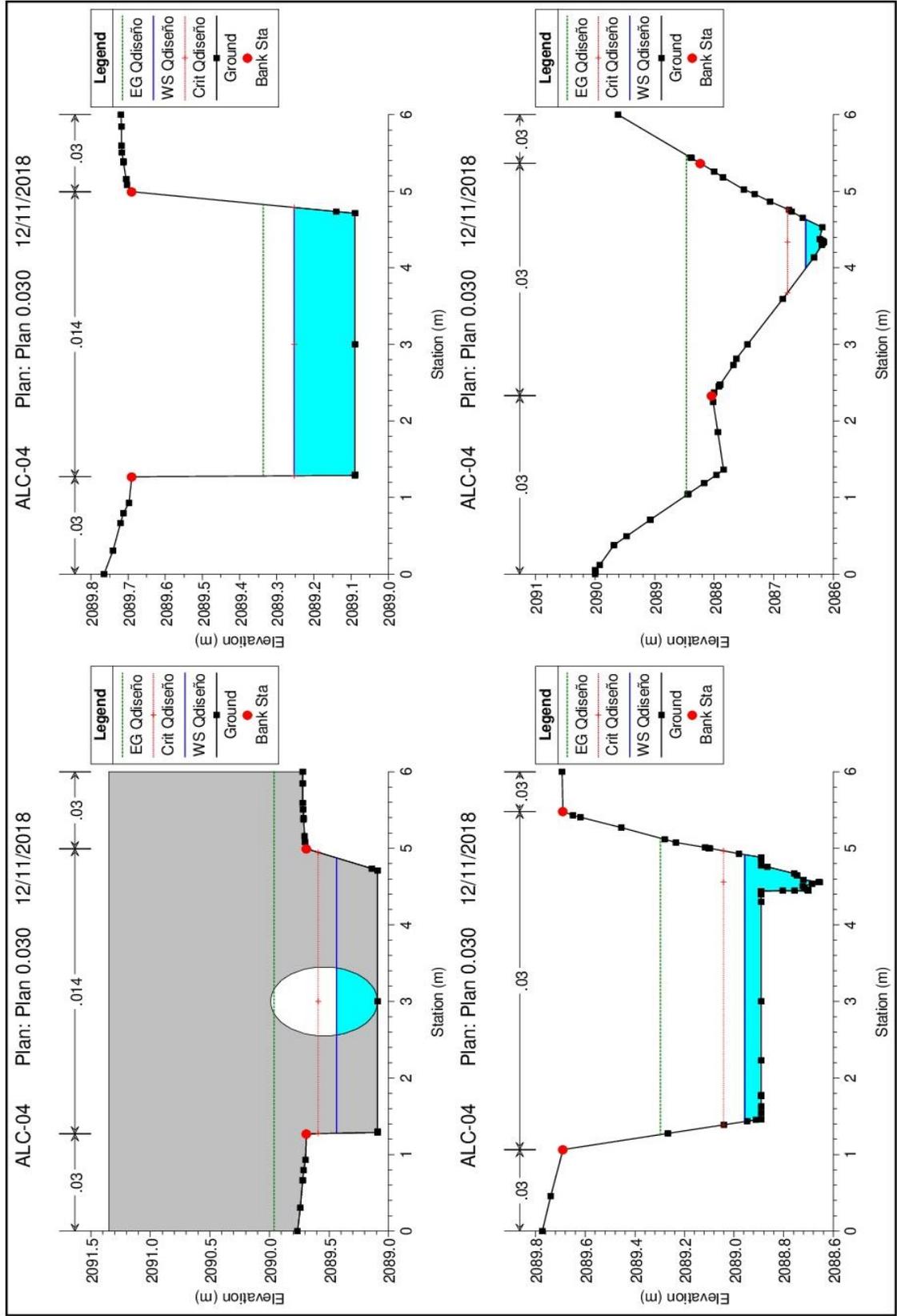
File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.033 River: ALC-04 Reach: ALC-04 Profile: Qdiseño Reload Data

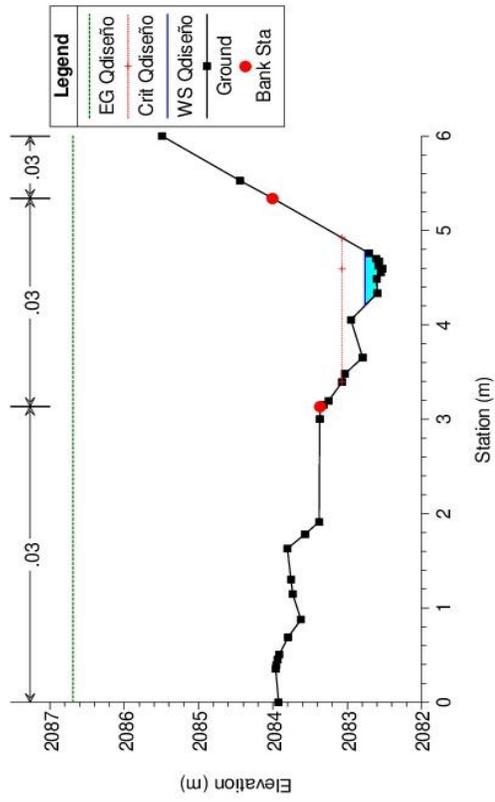
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-04	22	Qdiseño	0.72	2098.43	2098.60	2098.76	2099.60	0.500691	4.44	0.16	1.68	4.56	462.74
ALC-04	20	Qdiseño	0.72	2095.92	2096.06	2096.25	2097.96	1.350660	6.12	0.12	1.62	7.19	941.71
ALC-04	18	Qdiseño	0.72	2089.67	2090.61	2089.84	2090.61	0.000019	0.22	3.20	3.41	0.07	0.11
ALC-04	12		Culvert										
ALC-04	5	Qdiseño	0.72	2089.09	2089.25	2089.25	2089.34	0.004011	1.28	0.56	3.50	1.02	5.89
ALC-04	4	Qdiseño	0.72	2088.66	2088.96	2089.04	2089.30	0.244840	2.58	0.28	3.49	2.91	171.37
ALC-04	2	Qdiseño	0.72	2086.16	2086.46	2086.77	2088.37	0.701903	6.11	0.12	0.64	4.54	813.38
ALC-04	0	Qdiseño	0.72	2082.53	2082.77	2083.07	2086.23	1.510103	8.24	0.09	0.59	6.82	1541.53

Total flow in cross section.

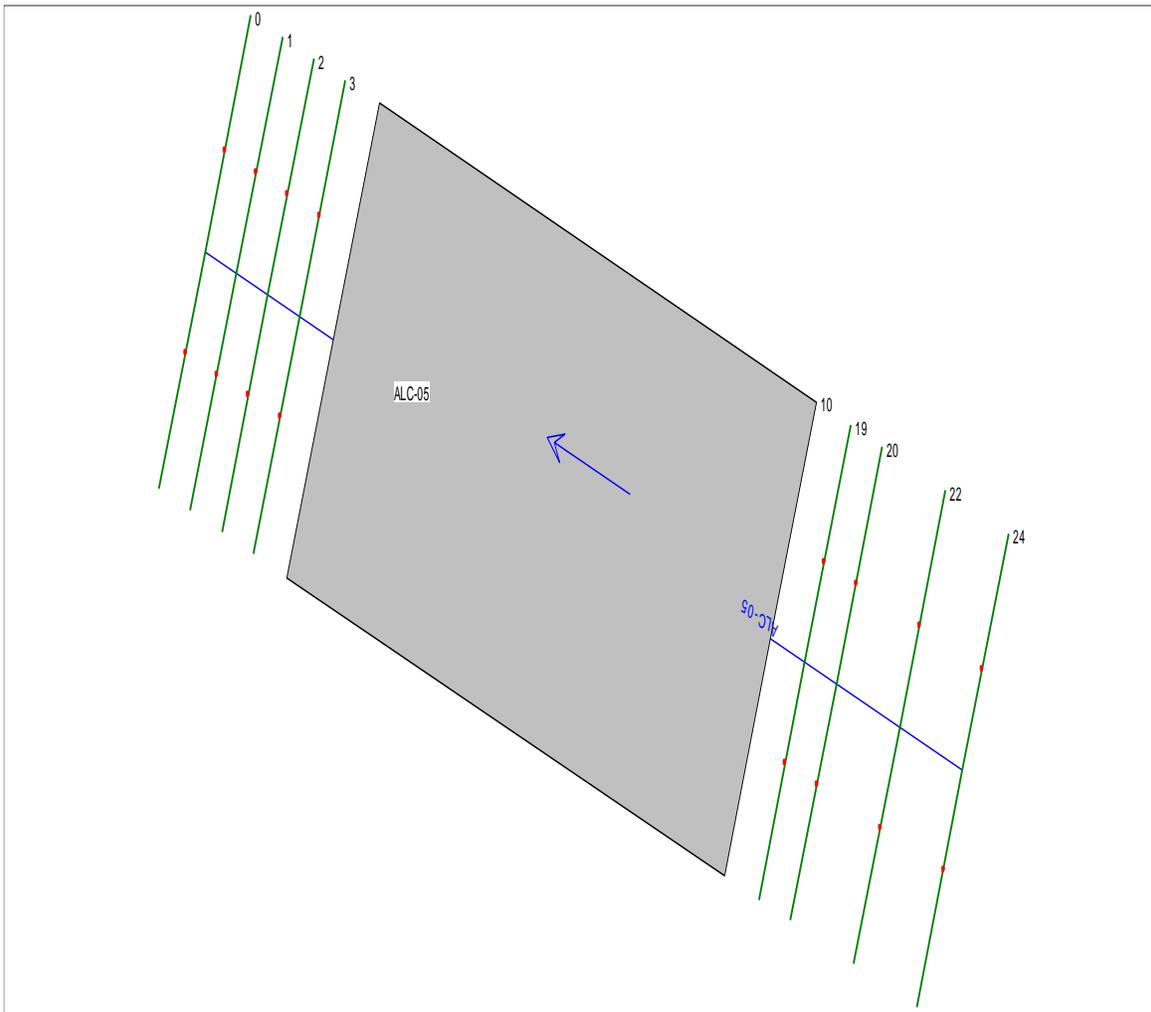




ALC-04 Plan: Plan 0.030 12/11/2018



Alcantarilla N°5 - Progresiva 71+820



Coefficiente de Manning 0.030

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.030 River: ALC-05 Reach: ALC-05 Profile: Qdiseño

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-05	24	Qdiseño	0.49	2362.10	2362.23	2362.23	2362.29	0.019110	1.15	0.43	3.43	1.04	21.90
ALC-05	22	Qdiseño	0.49	2358.90	2358.95	2359.03	2359.34	0.357487	2.77	0.18	3.40	3.89	176.78
ALC-05	20	Qdiseño	0.49	2357.00	2357.03	2357.13	2357.98	1.551529	4.31	0.11	3.40	7.52	499.88
ALC-05	19	Qdiseño	0.49	2355.31	2355.98	2355.44	2355.98	0.000016	0.22	2.28	3.42	0.08	0.07
ALC-05	10	Culvert											
ALC-05	3	Qdiseño	0.49	2355.04	2355.17	2355.17	2355.23	0.003776	1.12	0.44	3.43	1.00	4.43
ALC-05	2	Qdiseño	0.49	2354.84	2354.90	2354.99	2355.20	0.229104	2.42	0.20	3.48	3.18	128.91
ALC-05	1	Qdiseño	0.49	2353.94	2353.96	2354.02	2355.37	8.672740	5.33	0.09	7.51	15.13	1054.66
ALC-05	0	Qdiseño	0.49	2352.76	2352.78	2352.84	2353.28	1.420912	3.16	0.16	7.18	6.74	305.23

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.028

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.028 River: ALC-05 Reach: ALC-05 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-05	24	Qdiseño	0.49	2362.10	2362.23	2362.23	2362.29	0.016647	1.15	0.43	3.43	1.04	19.08
ALC-05	22	Qdiseño	0.49	2358.90	2358.92	2359.03	2361.88	9.052391	7.62	0.06	3.40	17.70	1659.75
ALC-05	20	Qdiseño	0.49	2357.00	2357.04	2357.13	2357.69	0.718131	3.57	0.14	3.40	5.66	278.60
ALC-05	19	Qdiseño	0.49	2355.31	2355.98	2355.44	2355.98	0.000016	0.22	2.28	3.42	0.08	0.07
ALC-05	10	Culvert											
ALC-05	3	Qdiseño	0.49	2355.04	2355.17	2355.17	2355.23	0.003879	1.13	0.44	3.43	1.01	4.52
ALC-05	2	Qdiseño	0.49	2354.84	2354.90	2354.99	2355.20	0.199575	2.42	0.20	3.48	3.18	112.30
ALC-05	1	Qdiseño	0.49	2353.94	2353.96	2354.02	2354.67	2.445863	3.80	0.13	7.63	9.10	413.23
ALC-05	0	Qdiseño	0.49	2352.76	2352.78	2352.84	2353.57	2.673155	3.99	0.12	7.11	9.53	458.68

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.033

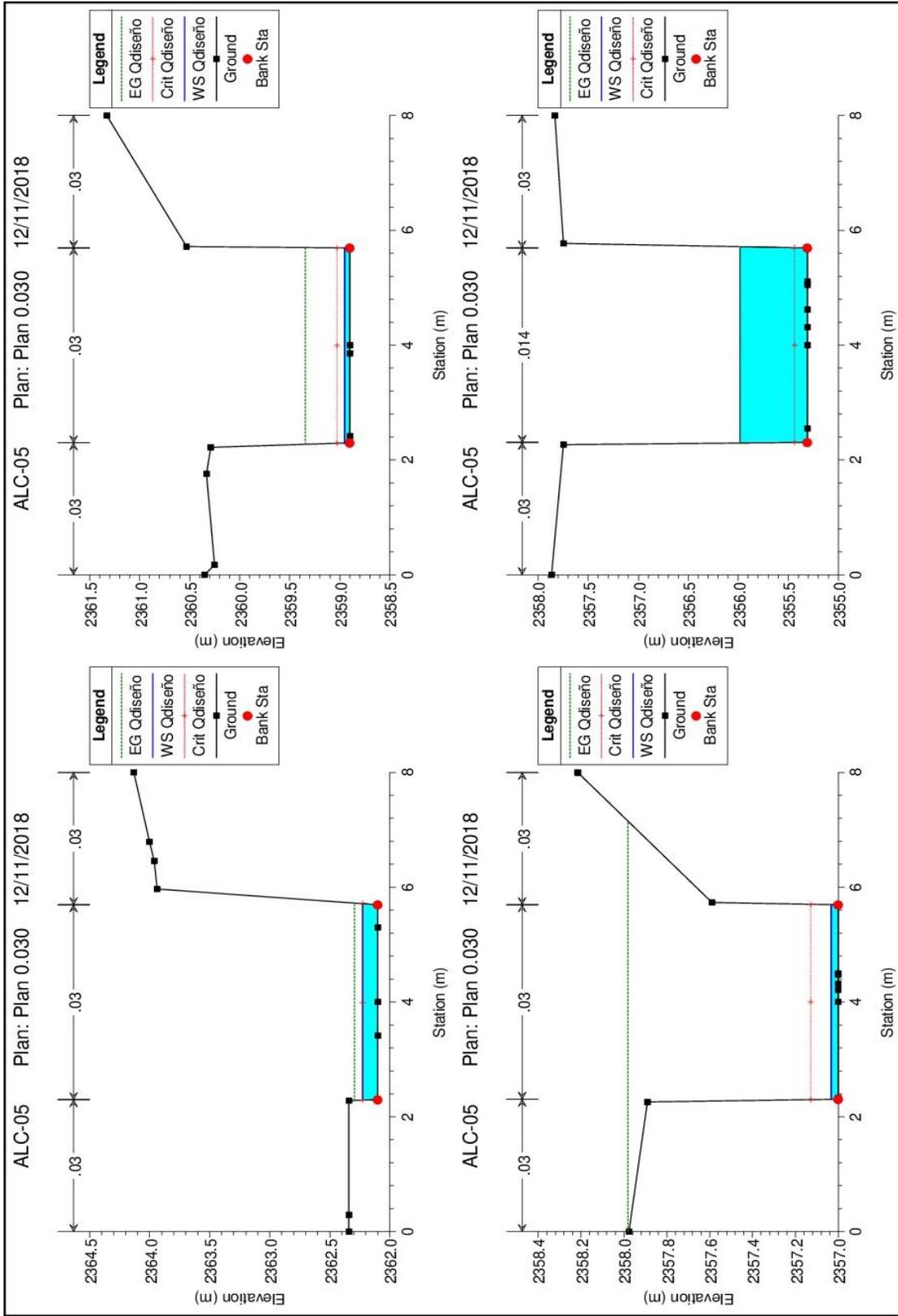
Profile Output Table - Tabla TESIS

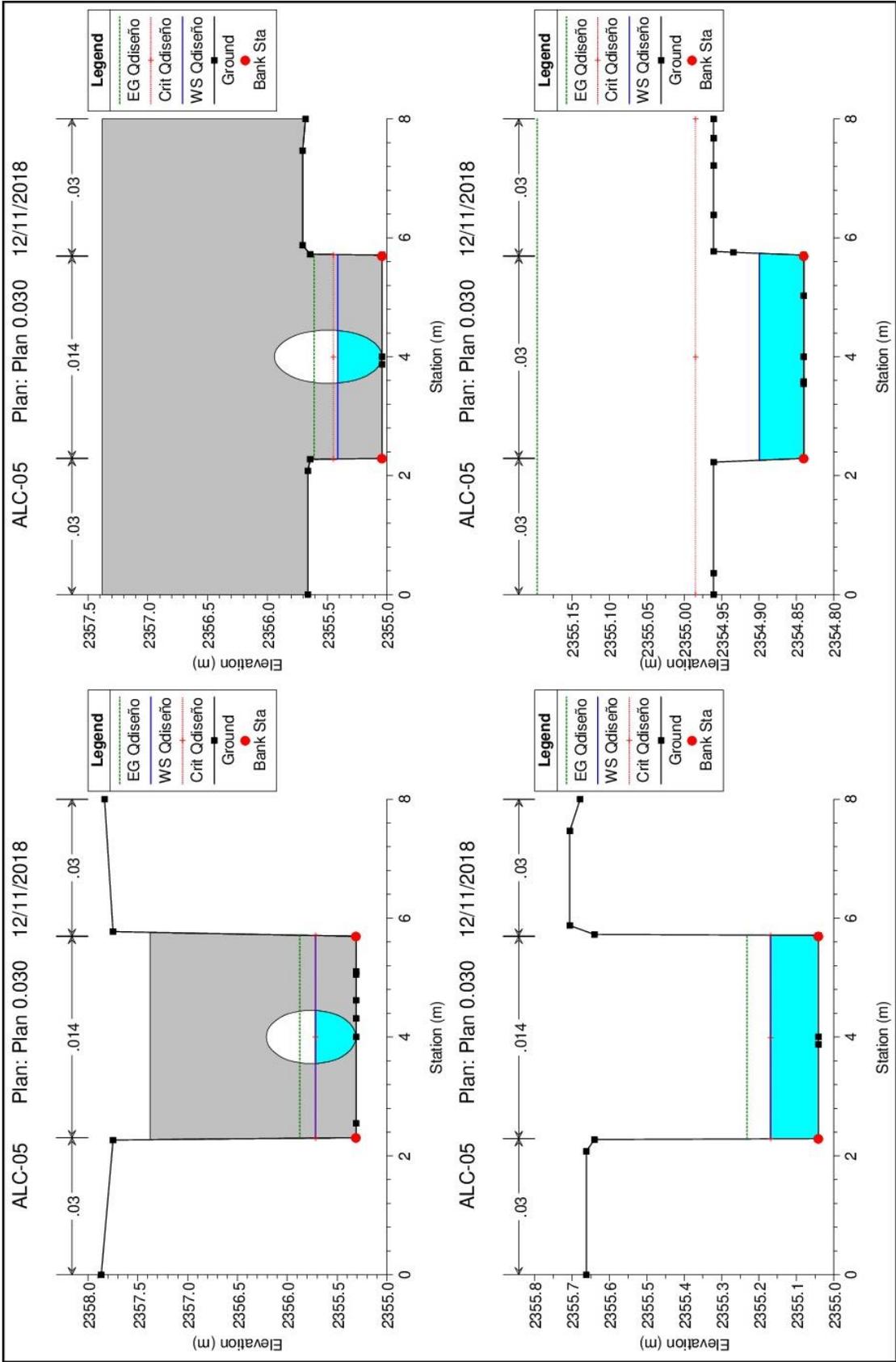
File Options Std. Tables User Tables Locations Help

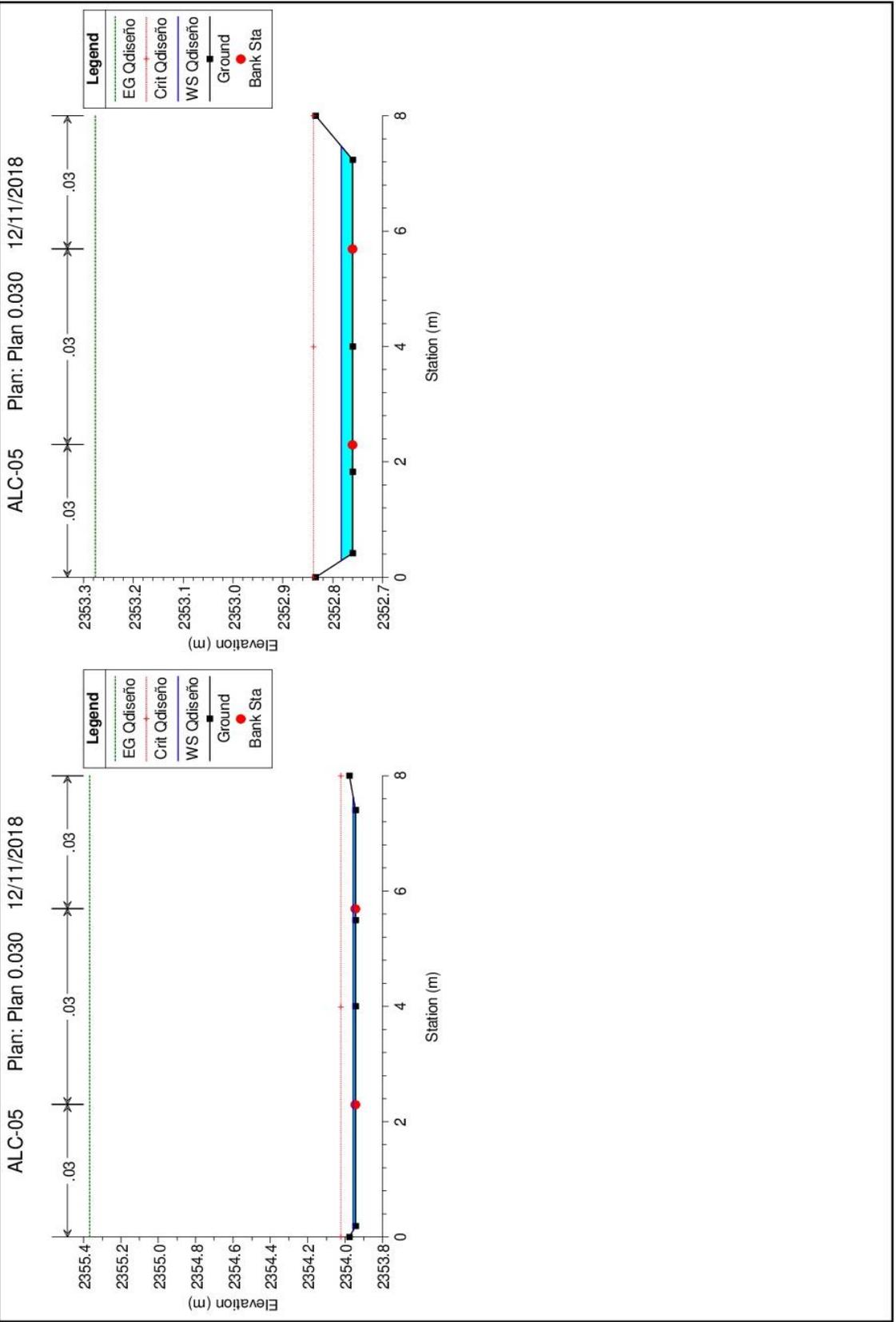
HEC-RAS Plan: 0.033 River: ALC-05 Reach: ALC-05 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-05	24	Qdiseño	0.49	2362.10	2362.23	2362.23	2362.29	0.023123	1.15	0.43	3.43	1.04	26.50
ALC-05	22	Qdiseño	0.49	2358.90	2358.92	2359.03	2361.02	7.061471	6.41	0.08	3.40	13.65	1536.25
ALC-05	20	Qdiseño	0.49	2357.00	2357.05	2357.13	2357.47	0.478778	2.86	0.17	3.40	4.07	230.21
ALC-05	19	Qdiseño	0.49	2355.31	2355.98	2355.44	2355.98	0.000016	0.22	2.28	3.42	0.08	0.07
ALC-05	10	Culvert											
ALC-05	3	Qdiseño	0.49	2355.04	2355.17	2355.17	2355.23	0.003895	1.13	0.44	3.43	1.01	4.53
ALC-05	2	Qdiseño	0.49	2354.84	2354.90	2354.99	2355.20	0.277216	2.42	0.20	3.48	3.18	155.99
ALC-05	1	Qdiseño	0.49	2353.94	2353.96	2354.02	2354.55	2.460845	3.44	0.15	7.67	7.87	456.47
ALC-05	0	Qdiseño	0.49	2352.76	2352.79	2352.84	2353.02	0.478529	2.15	0.23	7.35	3.79	148.77

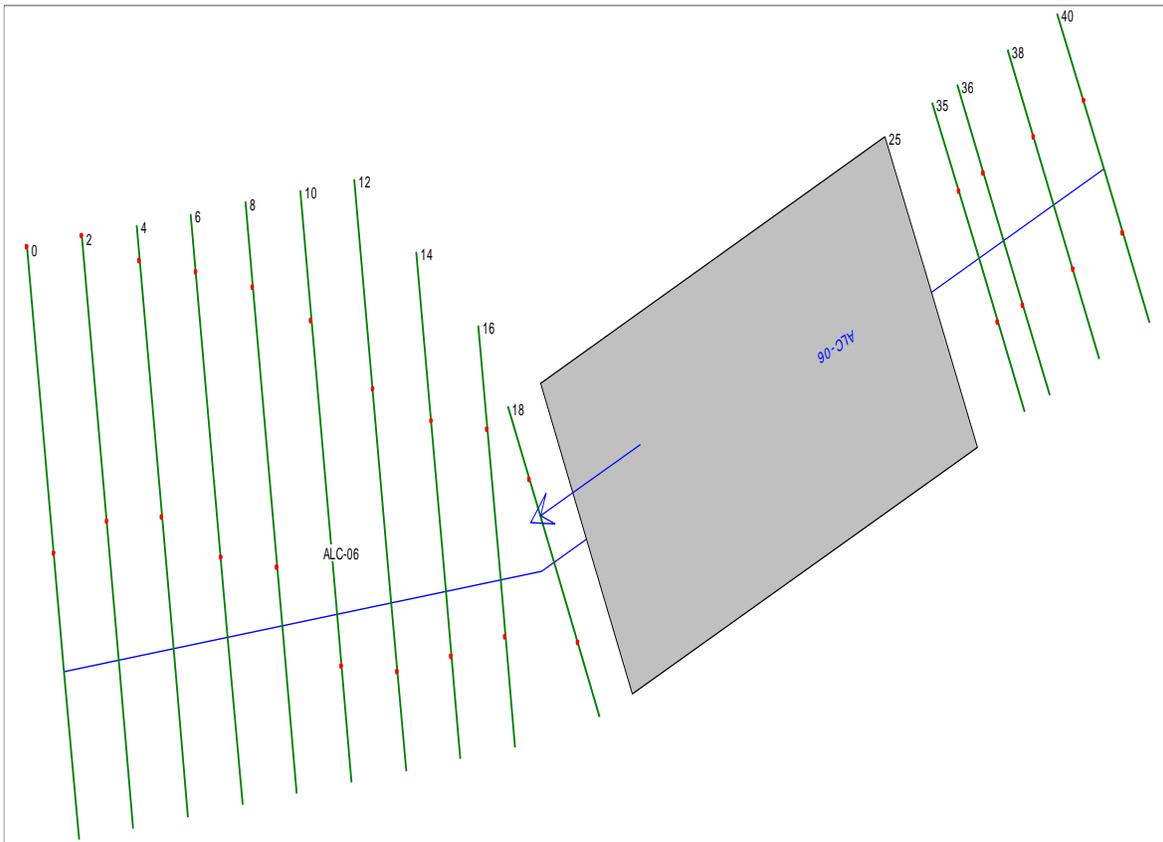
Total flow in cross section.







Alcantarilla N°6 - Progresiva 74+140



Coeficiente de Manning 0.030

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.030 River: ALC-06 Reach: ALC-06 Profile: Qdiseño

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-06	40	Qdiseño	1.93	2511.20	2511.36	2511.47	2511.79	0.100186	3.05	0.69	5.47	2.47	123.69
ALC-06	38	Qdiseño	1.93	2511.00	2511.19	2511.32	2511.62	0.067640	2.91	0.67	3.52	2.11	116.72
ALC-06	36	Qdiseño	1.93	2509.90	2510.02	2510.22	2511.20	0.367649	4.83	0.40	3.52	4.51	397.22
ALC-06	35	Qdiseño	1.93	2508.83	2510.14	2509.15	2510.15	0.000024	0.42	5.11	4.37	0.12	0.20
ALC-06	25	Culvert											
ALC-06	18	Qdiseño	1.93	2508.55	2508.83	2508.83	2508.97	0.003558	1.67	1.16	4.18	1.01	8.56
ALC-06	16	Qdiseño	1.93	2507.89	2508.05	2508.18	2508.88	0.346680	4.07	0.49	6.38	4.23	261.58
ALC-06	14	Qdiseño	1.93	2506.15	2506.28	2506.43	2507.52	0.753720	4.95	0.39	5.73	5.94	505.17
ALC-06	12	Qdiseño	1.93	2504.45	2504.56	2504.71	2505.59	0.587046	4.49	0.43	5.83	5.27	423.99
ALC-06	10	Qdiseño	1.93	2502.73	2502.86	2503.02	2504.45	1.162288	5.59	0.35	5.62	7.20	699.39
ALC-06	8	Qdiseño	1.93	2501.14	2501.28	2501.48	2502.76	0.624278	5.38	0.36	3.86	5.63	564.91
ALC-06	6	Qdiseño	1.93	2499.89	2500.07	2500.31	2501.61	0.403711	5.49	0.35	2.61	4.78	522.77
ALC-06	4	Qdiseño	1.93	2499.49	2499.70	2499.89	2500.78	0.300863	4.60	0.42	3.28	4.11	372.68
ALC-06	2	Qdiseño	1.93	2499.09	2499.32	2499.49	2500.17	0.244055	4.08	0.47	3.79	3.69	295.23
ALC-06	0	Qdiseño	1.93	2498.68	2498.93	2499.09	2499.70	0.202641	3.89	0.50	3.71	3.40	262.23

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.028

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.028 River: ALC-06 Reach: ALC-06 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-06	40	Qdiseño	1.93	2511.20	2511.35	2511.47	2511.82	0.099875	3.19	0.66	5.40	2.63	119.47
ALC-06	38	Qdiseño	1.93	2511.00	2511.19	2511.32	2511.65	0.068243	3.04	0.64	3.52	2.25	113.15
ALC-06	36	Qdiseño	1.93	2509.90	2510.01	2510.22	2511.30	0.371452	5.05	0.39	3.51	4.82	384.84
ALC-06	35	Qdiseño	1.93	2508.83	2510.14	2509.15	2510.15	0.000024	0.42	5.11	4.37	0.12	0.20
ALC-06	25	Culvert											
ALC-06	18	Qdiseño	1.93	2508.55	2508.83	2508.83	2508.97	0.003558	1.67	1.16	4.18	1.01	8.56
ALC-06	16	Qdiseño	1.93	2507.89	2508.05	2508.18	2508.88	0.301996	4.07	0.49	6.38	4.23	227.87
ALC-06	14	Qdiseño	1.93	2506.15	2506.28	2506.43	2507.51	0.648517	4.93	0.39	5.74	5.91	435.81
ALC-06	12	Qdiseño	1.93	2504.45	2504.56	2504.71	2505.64	0.550158	4.60	0.42	5.80	5.45	390.19
ALC-06	10	Qdiseño	1.93	2502.73	2502.87	2503.02	2503.91	0.533354	4.51	0.43	5.94	5.36	376.16
ALC-06	8	Qdiseño	1.93	2501.14	2501.28	2501.48	2502.77	0.554852	5.41	0.36	3.85	5.68	499.36
ALC-06	6	Qdiseño	1.93	2499.89	2500.06	2500.31	2501.79	0.419309	5.82	0.33	2.57	5.18	519.73
ALC-06	4	Qdiseño	1.93	2499.49	2499.69	2499.89	2500.92	0.313350	4.92	0.39	3.18	4.47	374.97
ALC-06	2	Qdiseño	1.93	2499.09	2499.31	2499.49	2500.28	0.251184	4.37	0.44	3.63	3.99	296.73
ALC-06	0	Qdiseño	1.93	2498.68	2498.92	2499.09	2499.80	0.208348	4.13	0.47	3.61	3.67	260.97

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.033

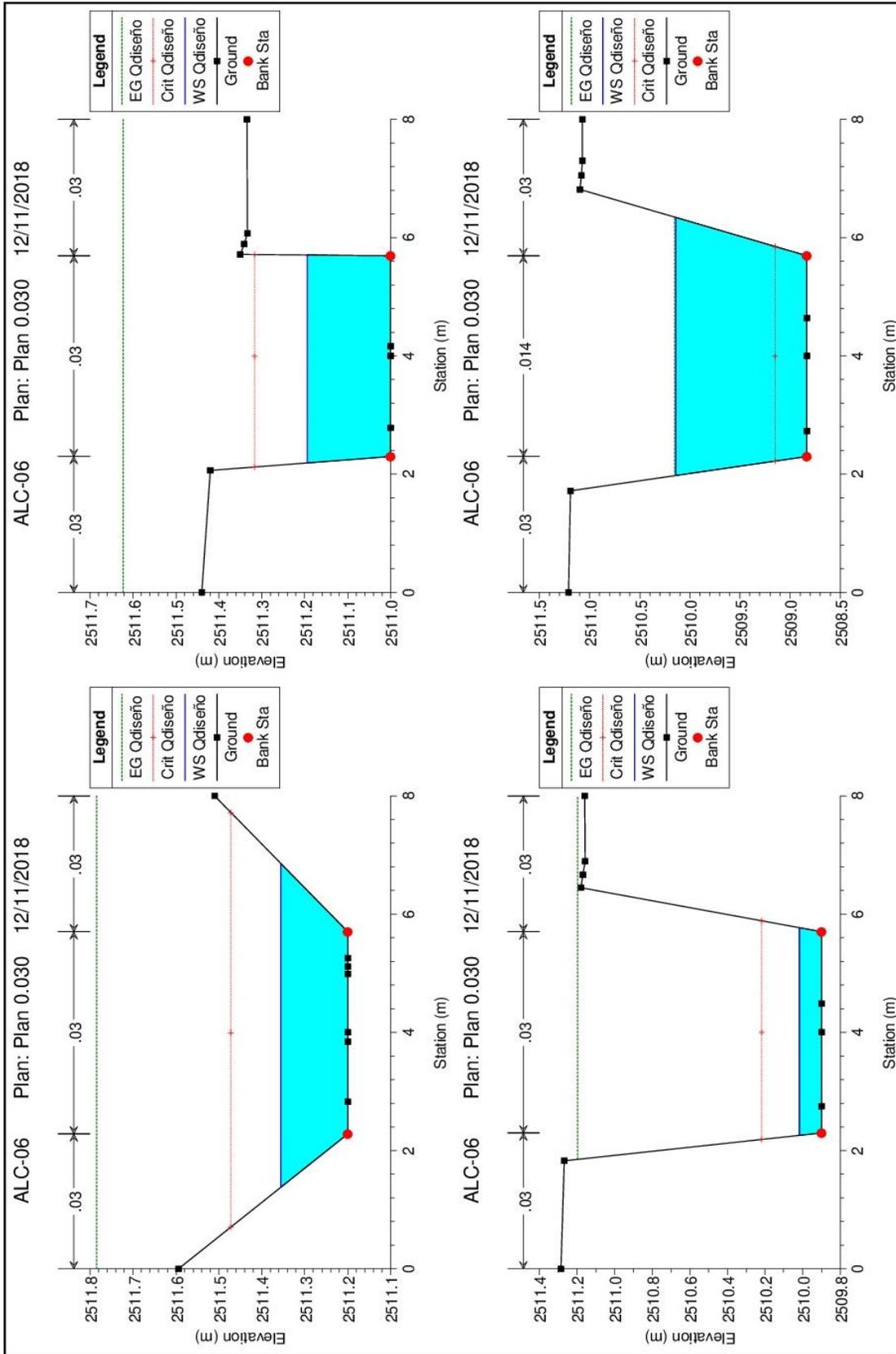
Profile Output Table - Tabla TESIS

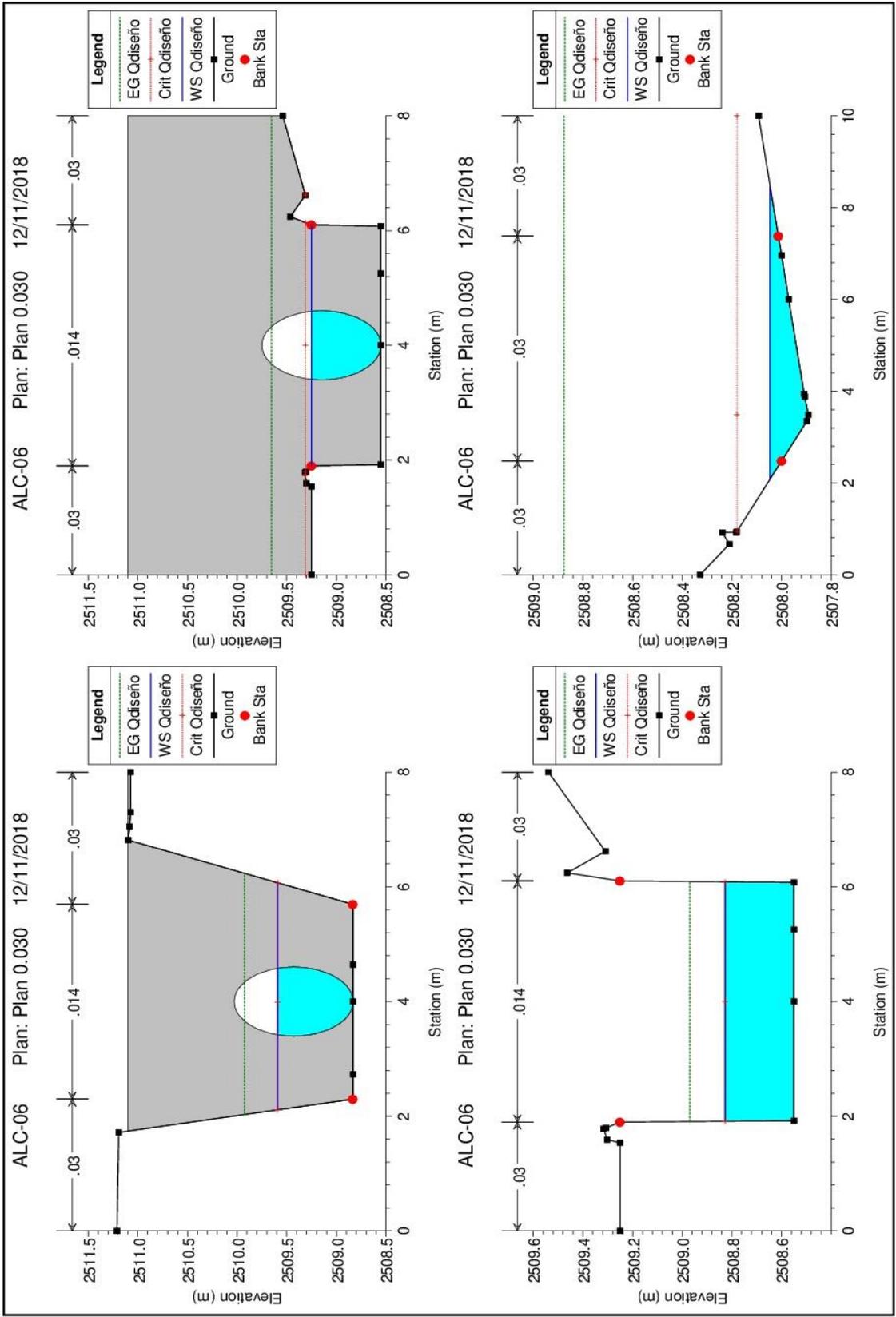
File Options Std. Tables User Tables Locations Help

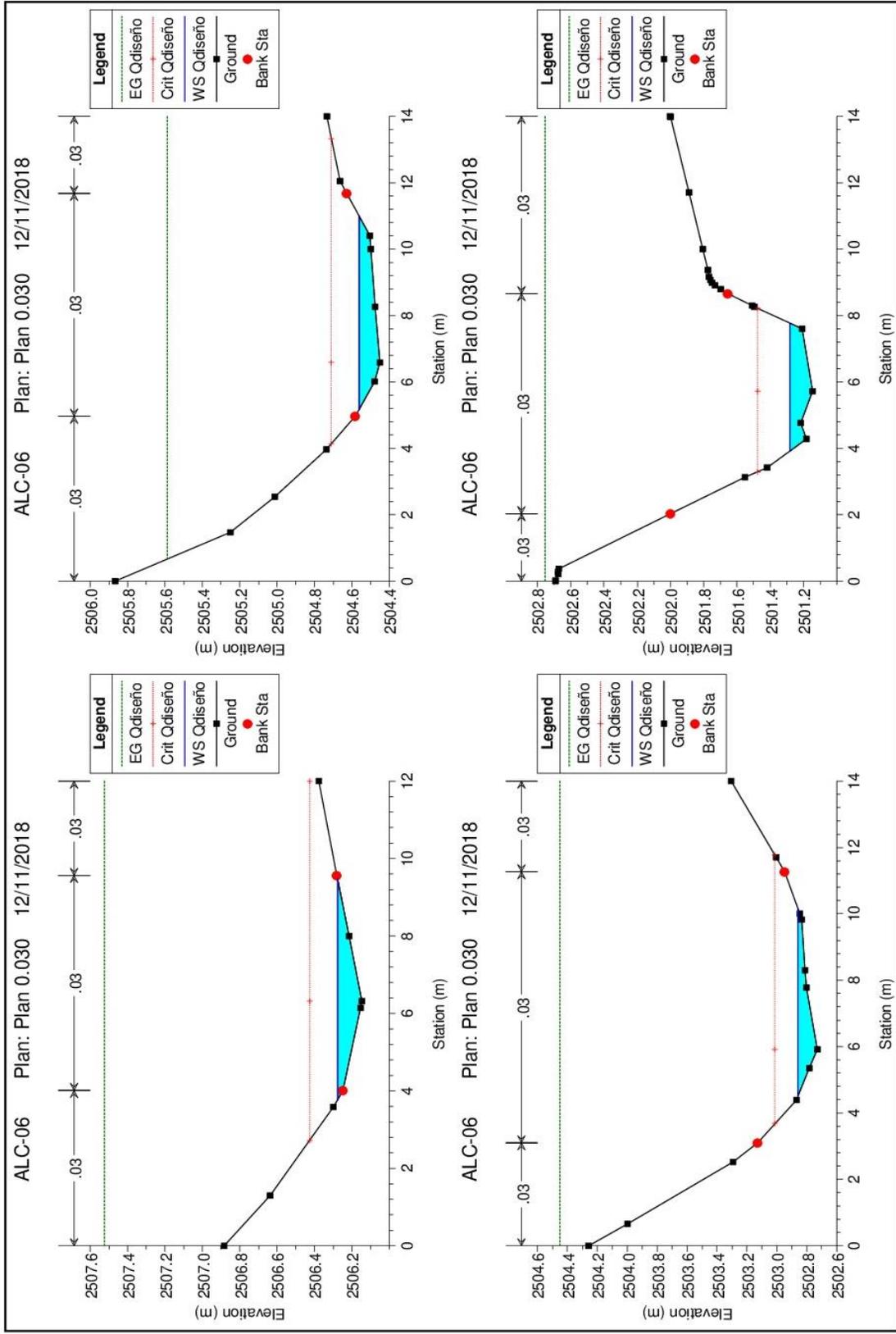
HEC-RAS Plan: 0.033 River: ALC-06 Reach: ALC-06 Profile: Qdiseño Reload Data

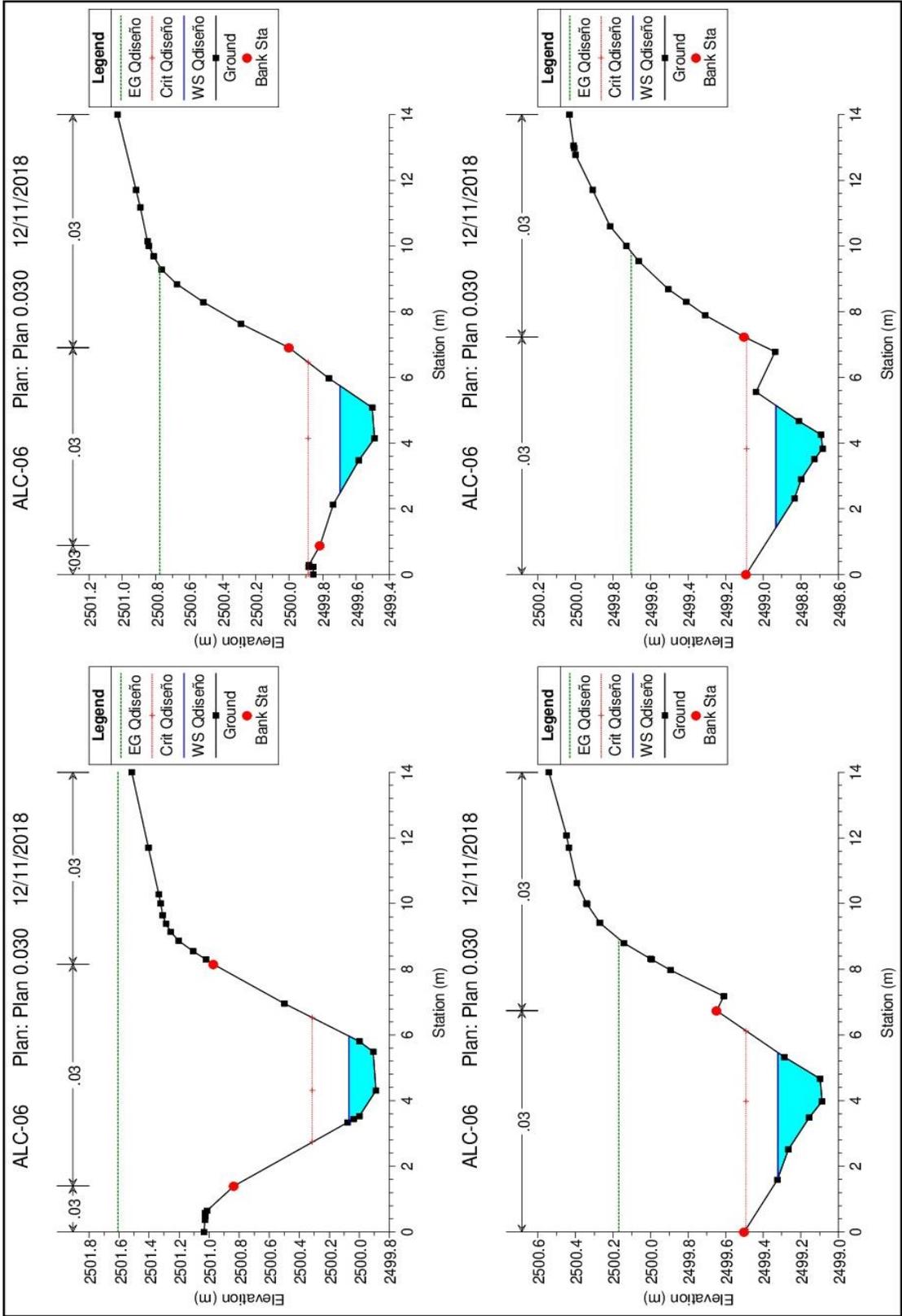
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-06	40	Qdiseño	1.93	2511.20	2511.36	2511.47	2511.74	0.100177	2.87	0.74	5.58	2.27	129.29
ALC-06	38	Qdiseño	1.93	2511.00	2511.21	2511.32	2511.58	0.064219	2.70	0.72	3.53	1.89	118.33
ALC-06	36	Qdiseño	1.93	2509.90	2510.02	2510.22	2511.22	0.460380	4.88	0.40	3.51	4.58	492.60
ALC-06	35	Qdiseño	1.93	2508.83	2510.14	2509.15	2510.15	0.000024	0.42	5.11	4.37	0.12	0.20
ALC-06	25	Culvert											
ALC-06	18	Qdiseño	1.93	2508.55	2508.83	2508.83	2508.97	0.003558	1.67	1.16	4.18	1.01	8.56
ALC-06	16	Qdiseño	1.93	2507.89	2508.05	2508.18	2508.88	0.419482	4.07	0.49	6.38	4.23	316.52
ALC-06	14	Qdiseño	1.93	2506.15	2506.27	2506.43	2507.83	1.257535	5.53	0.35	5.48	6.89	786.81
ALC-06	12	Qdiseño	1.93	2504.45	2504.55	2504.71	2505.85	1.012098	5.05	0.38	5.66	6.20	669.10
ALC-06	10	Qdiseño	1.93	2502.73	2502.87	2503.02	2503.98	0.820563	4.66	0.41	5.90	5.62	563.64
ALC-06	8	Qdiseño	1.93	2501.14	2501.28	2501.48	2502.68	0.691056	5.23	0.37	3.87	5.40	640.59
ALC-06	6	Qdiseño	1.93	2499.89	2500.07	2500.31	2501.55	0.460516	5.38	0.36	2.62	4.65	605.09
ALC-06	4	Qdiseño	1.93	2499.49	2499.71	2499.89	2500.65	0.304495	4.31	0.45	3.38	3.78	390.40
ALC-06	2	Qdiseño	1.93	2499.09	2499.33	2499.49	2500.05	0.236267	3.75	0.51	3.96	3.32	297.72
ALC-06	0	Qdiseño	1.93	2498.68	2498.94	2499.09	2499.59	0.201978	3.57	0.54	3.98	3.09	265.80

Total flow in cross section.

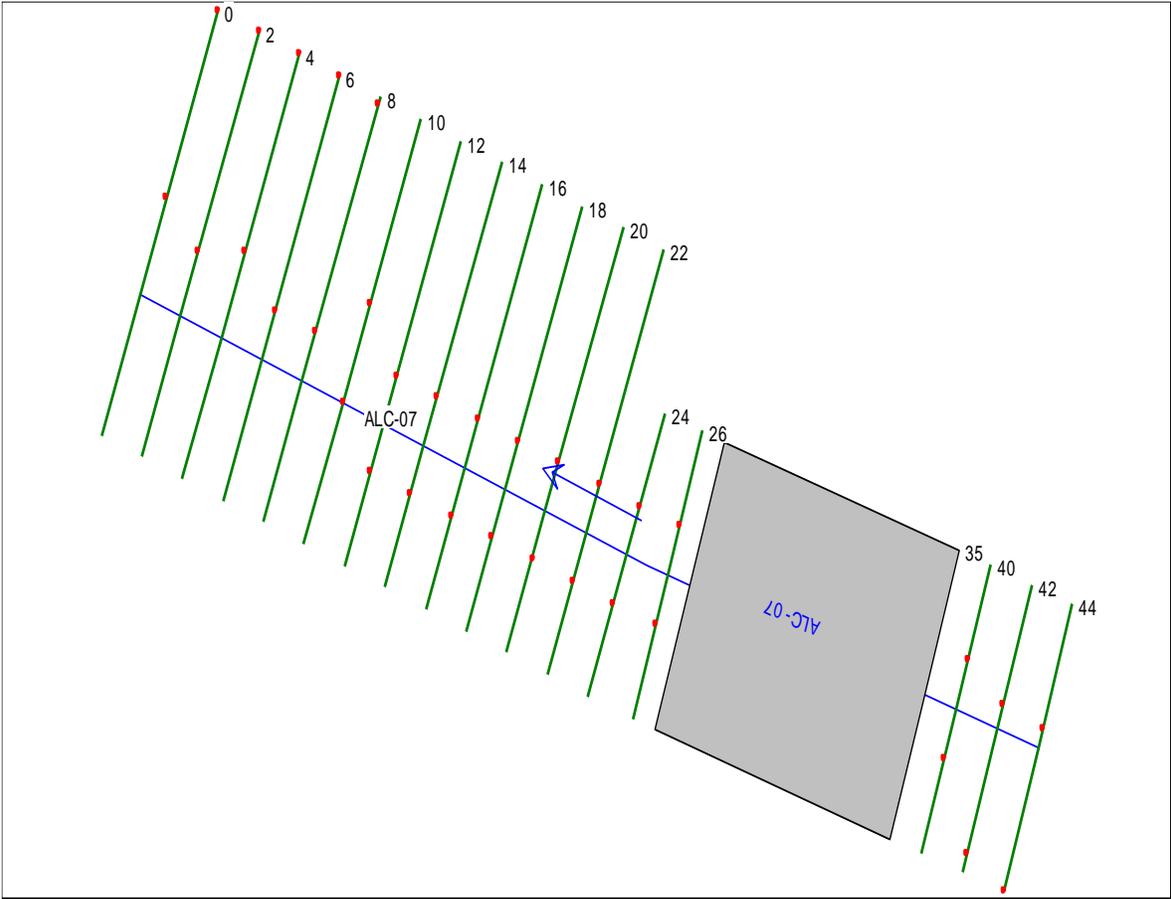








Alcantarilla N°7 - Progresiva 76+700



Coeficiente de Manning 0.030

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.030 River: ALC-07 Reach: ALC-07 Profile: Qdiseño Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-07	44	Qdiseño	0.42	2692.72	2692.84	2692.84	2692.88	0.020557	0.90	0.47	5.71	1.00	16.35
ALC-07	42	Qdiseño	0.42	2691.89	2691.95	2692.01	2692.54	1.035633	3.42	0.12	3.83	6.10	325.17
ALC-07	40	Qdiseño	0.42	2687.99	2688.71	2688.11	2688.71	0.000009	0.17	2.57	3.78	0.06	0.05
ALC-07	35	Culvert											
ALC-07	26	Qdiseño	0.42	2687.63	2687.74	2687.74	2687.80	0.004079	1.07	0.39	3.43	1.01	4.29
ALC-07	24	Qdiseño	0.42	2687.00	2687.06	2687.14	2687.72	1.045304	3.58	0.12	3.46	6.19	344.77
ALC-07	22	Qdiseño	0.42	2685.89	2685.94	2685.97	2686.10	0.196160	1.94	0.25	7.03	2.84	67.90
ALC-07	20	Qdiseño	0.42	2684.44	2684.46	2684.53	2685.45	2.739568	4.57	0.10	4.86	9.45	543.98
ALC-07	18	Qdiseño	0.42	2683.08	2683.10	2683.13	2683.34	1.033484	2.59	0.21	15.00	5.69	139.15
ALC-07	16	Qdiseño	0.42	2681.55	2681.58	2681.65	2682.17	1.156471	3.53	0.13	4.78	6.41	300.37
ALC-07	14	Qdiseño	0.42	2680.13	2680.15	2680.18	2680.33	0.663760	2.02	0.22	12.12	4.53	118.83
ALC-07	12	Qdiseño	0.42	2678.66	2678.70	2678.74	2679.02	0.642500	2.73	0.18	7.49	4.82	150.04
ALC-07	10	Qdiseño	0.42	2677.48	2677.51	2677.55	2678.00	1.260998	3.40	0.15	8.41	6.56	217.67
ALC-07	8	Qdiseño	0.42	2675.88	2675.92	2676.00	2676.78	1.920311	4.12	0.10	3.82	8.05	501.68
ALC-07	6	Qdiseño	0.42	2675.01	2675.07	2675.14	2675.46	0.477560	2.75	0.15	3.68	4.32	193.54
ALC-07	4	Qdiseño	0.42	2674.17	2674.23	2674.29	2674.54	0.424834	2.44	0.17	4.56	4.01	156.98
ALC-07	2	Qdiseño	0.42	2673.61	2673.68	2673.72	2673.88	0.242664	1.97	0.21	5.11	3.09	99.10
ALC-07	0	Qdiseño	0.42	2673.13	2673.20	2673.25	2673.40	0.227157	2.00	0.21	4.71	3.02	99.37

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.028

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.028 River: ALC-07 Reach: ALC-07 Profile: Qdiseño Reload Data

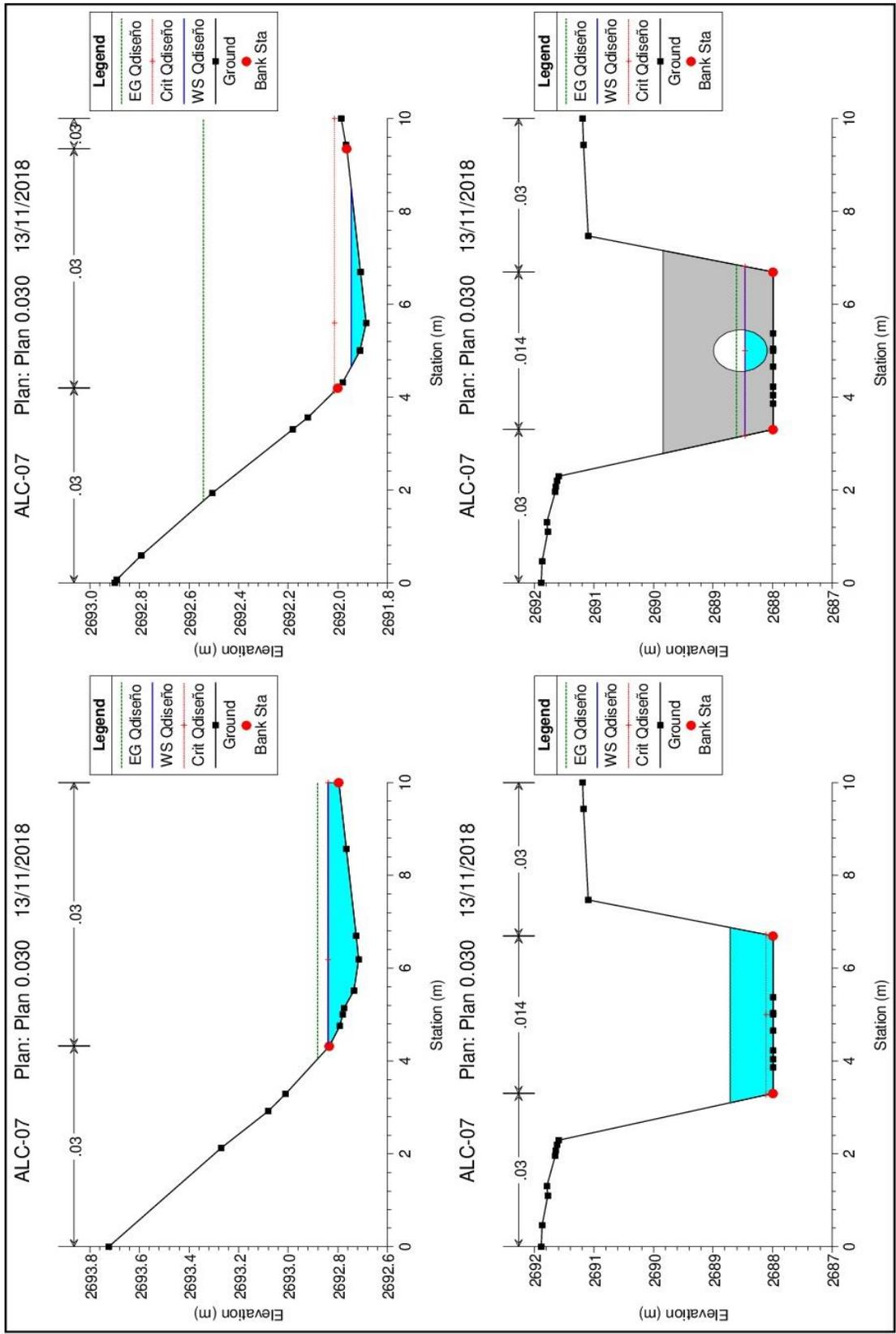
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-07	44	Qdiseño	0.42	2692.72	2692.84	2692.84	2692.88	0.017908	0.90	0.47	5.71	1.00	14.25
ALC-07	42	Qdiseño	0.42	2691.89	2691.95	2692.01	2692.52	0.858295	3.36	0.13	3.87	5.96	272.10
ALC-07	40	Qdiseño	0.42	2687.99	2688.71	2688.11	2688.71	0.000009	0.17	2.57	3.78	0.06	0.05
ALC-07	35	Culvert											
ALC-07	26	Qdiseño	0.42	2687.63	2687.74	2687.74	2687.80	0.004079	1.07	0.39	3.43	1.01	4.29
ALC-07	24	Qdiseño	0.42	2687.00	2687.06	2687.14	2687.72	0.910576	3.58	0.12	3.46	6.19	300.34
ALC-07	22	Qdiseño	0.42	2685.89	2685.92	2685.97	2686.27	0.523631	2.79	0.17	6.10	4.73	141.53
ALC-07	20	Qdiseño	0.42	2684.44	2684.48	2684.53	2684.68	0.213220	2.12	0.22	6.22	3.15	74.62
ALC-07	18	Qdiseño	0.42	2683.08	2683.13	2683.13	2683.15	0.024279	0.75	0.63	15.00	1.07	9.89
ALC-07	16	Qdiseño	0.42	2681.55	2681.58	2681.65	2682.00	0.586309	2.98	0.15	5.01	5.02	173.85
ALC-07	14	Qdiseño	0.42	2680.13	2680.17	2680.18	2680.21	0.046393	0.92	0.48	12.87	1.44	17.02
ALC-07	12	Qdiseño	0.42	2678.66	2678.70	2678.74	2678.96	0.425763	2.50	0.20	7.78	4.26	105.39
ALC-07	10	Qdiseño	0.42	2677.48	2677.51	2677.55	2677.75	0.413388	2.42	0.21	9.16	4.18	92.77
ALC-07	8	Qdiseño	0.42	2675.88	2675.93	2676.00	2676.36	0.559863	2.92	0.14	3.96	4.90	198.70
ALC-07	6	Qdiseño	0.42	2675.01	2675.08	2675.14	2675.44	0.373950	2.66	0.16	3.72	4.11	155.65
ALC-07	4	Qdiseño	0.42	2674.17	2674.23	2674.29	2674.67	0.644334	2.94	0.14	4.35	5.18	207.57
ALC-07	2	Qdiseño	0.42	2673.61	2673.68	2673.72	2673.88	0.225412	2.02	0.21	5.08	3.18	90.61
ALC-07	0	Qdiseño	0.42	2673.13	2673.20	2673.25	2673.43	0.231874	2.11	0.20	4.63	3.25	97.71

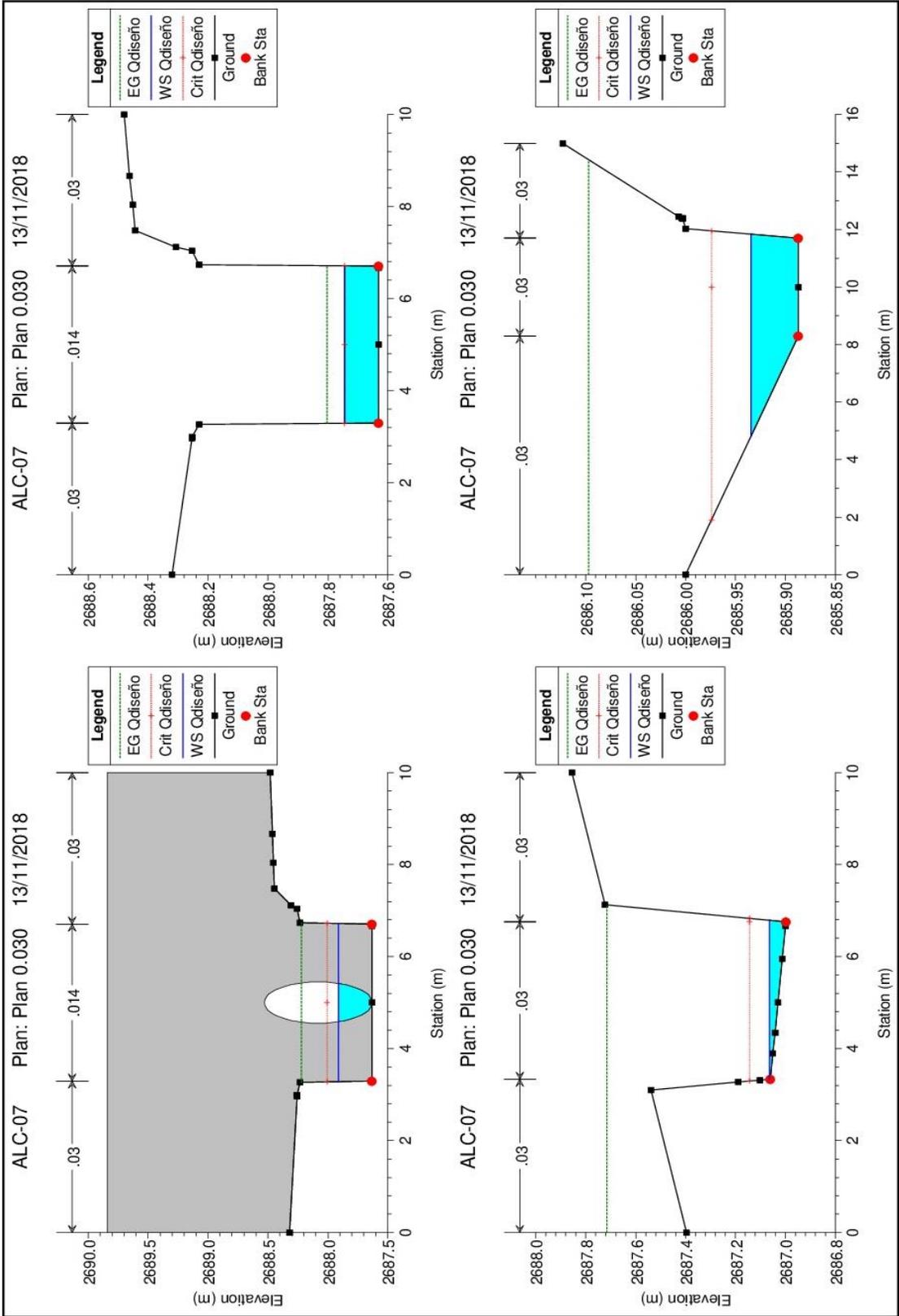
Total flow in cross section.

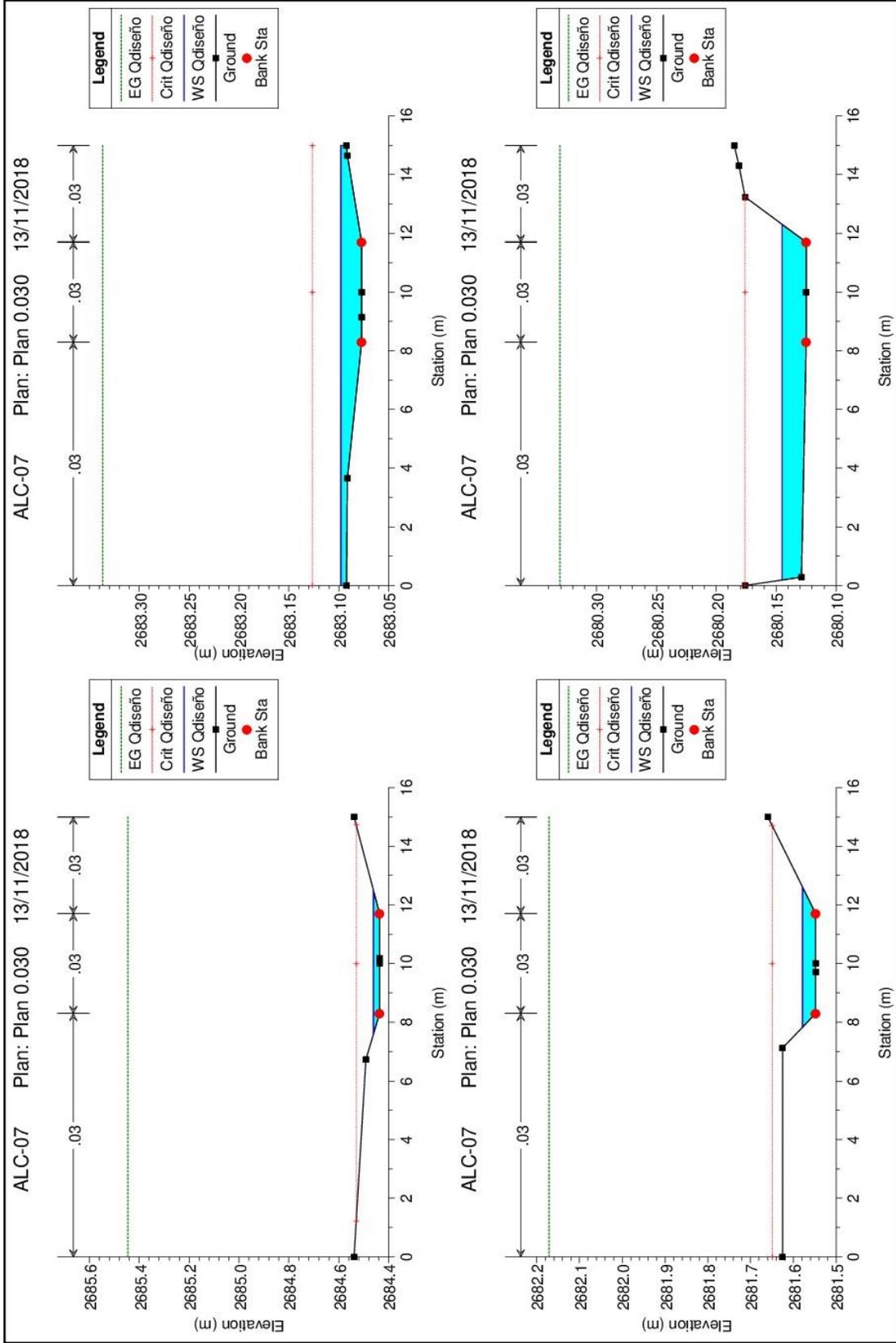
Coeficiente de Manning 0.033

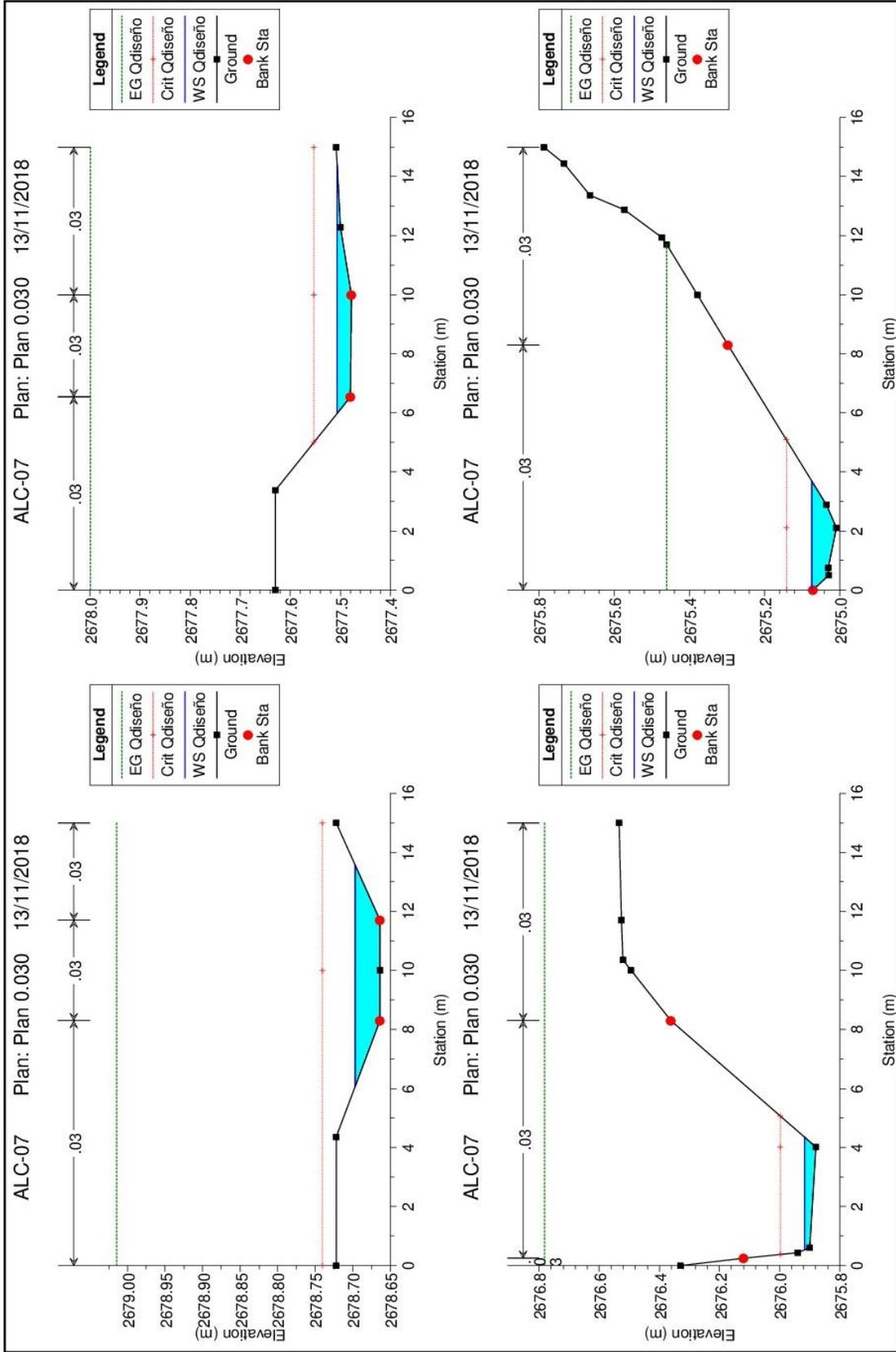
Profile Output Table - Tabla TESIS													
HEC-RAS Plan: 0.033 River: ALC-07 Reach: ALC-07 Profile: Qdiseño													Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-07	44	Qdiseño	0.42	2692.72	2692.84	2692.84	2692.88	0.024874	0.90	0.47	5.71	1.00	19.79
ALC-07	42	Qdiseño	0.42	2691.89	2691.95	2692.01	2692.41	0.872210	2.99	0.14	4.09	5.15	293.72
ALC-07	40	Qdiseño	0.42	2687.99	2688.71	2688.11	2688.71	0.000009	0.17	2.57	3.78	0.06	0.05
ALC-07	35	Culvert											
ALC-07	26	Qdiseño	0.42	2687.63	2687.74	2687.74	2687.80	0.004079	1.07	0.39	3.43	1.01	4.29
ALC-07	24	Qdiseño	0.42	2687.00	2687.06	2687.14	2687.72	1.264818	3.58	0.12	3.46	6.19	417.18
ALC-07	22	Qdiseño	0.42	2685.89	2685.92	2685.97	2686.24	0.623593	2.65	0.18	6.22	4.41	174.47
ALC-07	20	Qdiseño	0.42	2684.44	2684.48	2684.53	2684.78	0.553739	2.59	0.18	5.78	4.19	168.16
ALC-07	18	Qdiseño	0.42	2683.08	2683.12	2683.13	2683.16	0.070362	0.95	0.50	15.00	1.51	22.96
ALC-07	16	Qdiseño	0.42	2681.55	2681.58	2681.65	2682.10	1.145708	3.32	0.14	4.86	5.86	312.60
ALC-07	14	Qdiseño	0.42	2680.13	2680.13	2680.18	2681.27	15.326560	5.22	0.09	11.73	17.34	1153.79
ALC-07	12	Qdiseño	0.42	2678.66	2678.70	2678.74	2678.95	0.553752	2.45	0.20	7.86	4.13	138.99
ALC-07	10	Qdiseño	0.42	2677.48	2677.53	2677.55	2677.62	0.140697	1.49	0.33	9.44	2.18	48.38
ALC-07	8	Qdiseño	0.42	2675.88	2675.92	2676.00	2676.61	1.600271	3.67	0.11	3.87	6.80	464.39
ALC-07	6	Qdiseño	0.42	2675.01	2675.09	2675.14	2675.33	0.290298	2.19	0.19	3.90	3.15	139.56
ALC-07	4	Qdiseño	0.42	2674.17	2674.24	2674.29	2674.49	0.383445	2.21	0.19	4.69	3.51	152.16
ALC-07	2	Qdiseño	0.42	2673.61	2673.68	2673.72	2673.89	0.319959	2.03	0.21	5.07	3.21	127.93
ALC-07	0	Qdiseño	0.42	2673.13	2673.21	2673.25	2673.37	0.203785	1.80	0.23	4.87	2.63	95.60

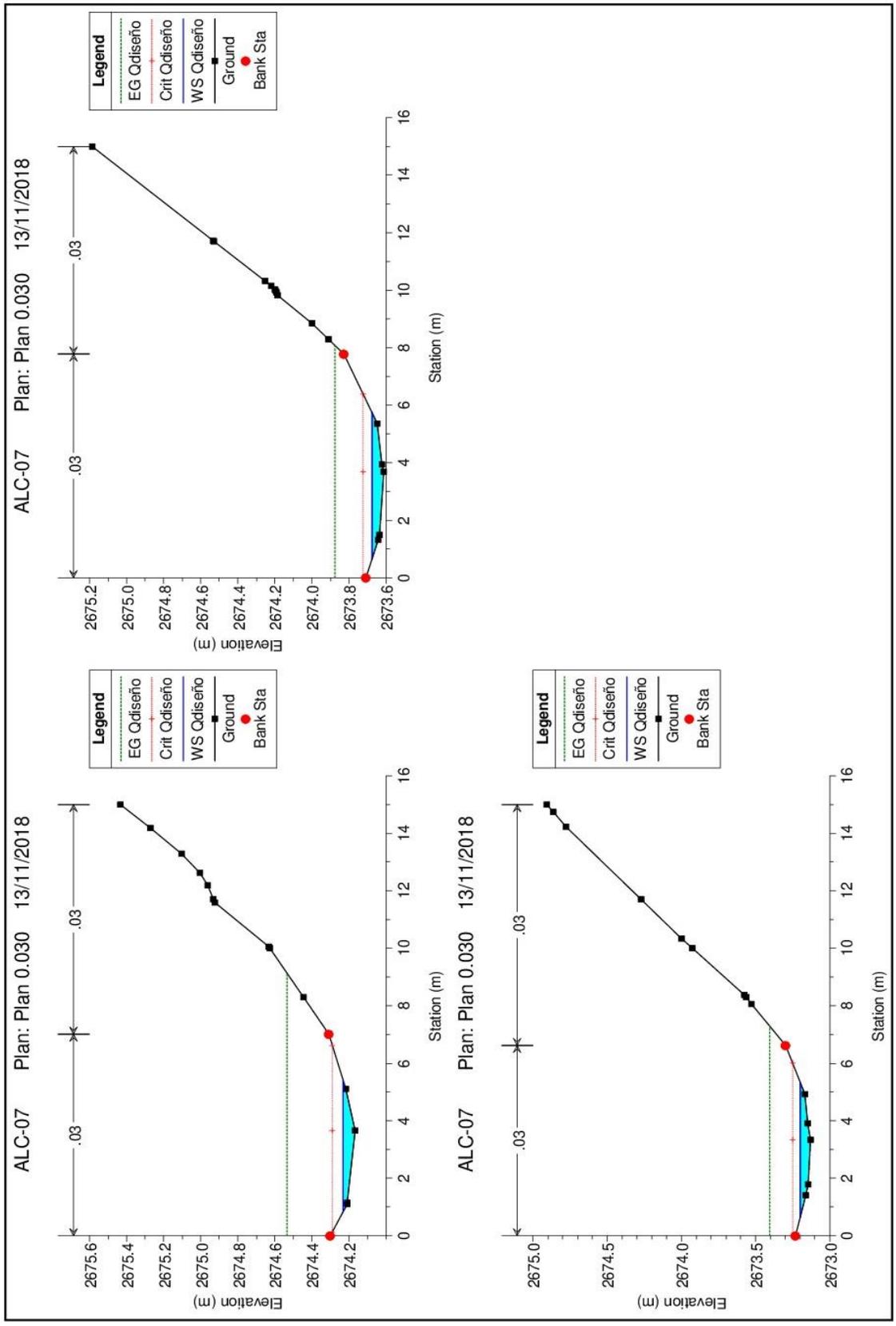
Total flow in cross section.



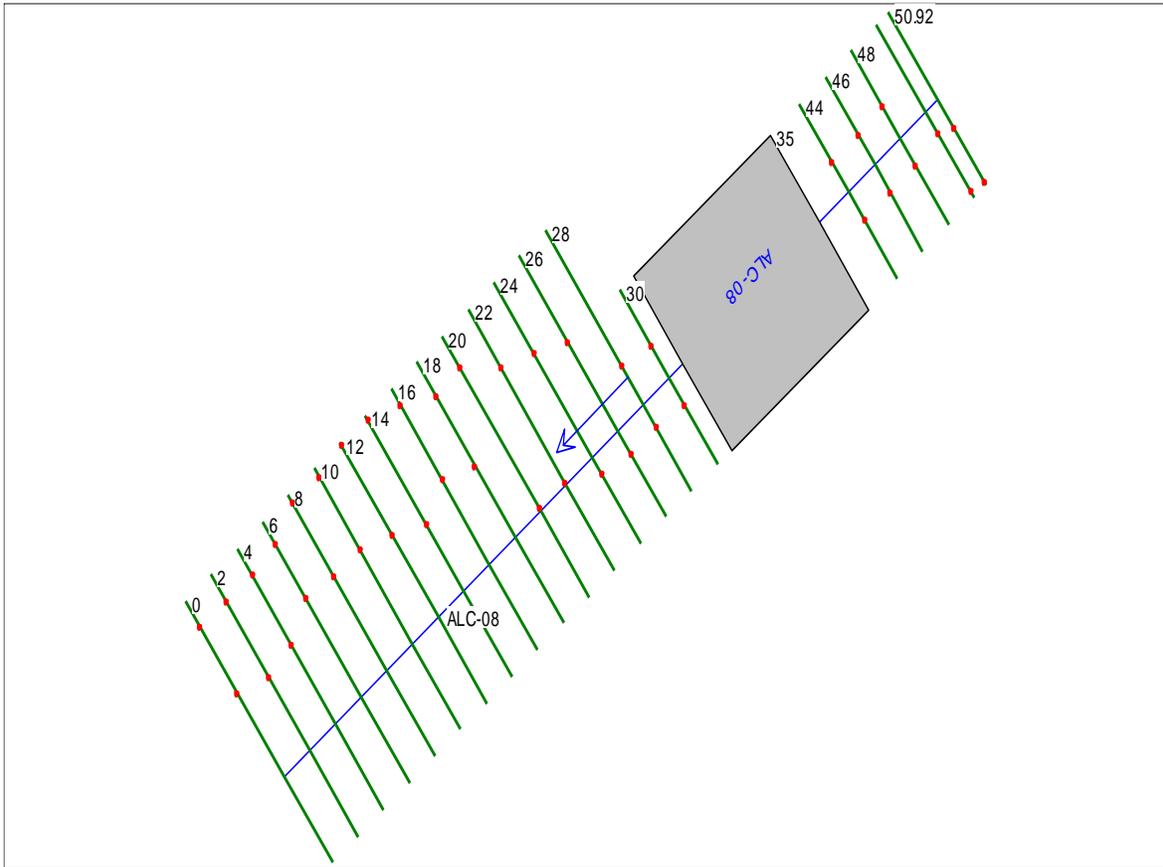








Alcantarilla N°8- Progresiva 76+892



Coeficiente de Manning 0.030

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.030 River: ALC-08 Reach: ALC-08 Profile: Qdiseño													Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-08	50.92	Qdiseño	0.82	2701.99	2702.13	2702.29	2703.21	0.500075	4.60	0.18	2.03	4.96	423.26
ALC-08	50	Qdiseño	0.82	2701.92	2702.03	2702.14	2702.67	0.390682	3.57	0.23	3.44	4.27	258.27
ALC-08	48	Qdiseño	0.82	2701.30	2701.45	2701.59	2702.08	0.226971	3.53	0.24	2.35	3.46	219.56
ALC-08	46	Qdiseño	0.82	2700.10	2700.16	2700.28	2700.96	0.569006	3.96	0.21	3.33	5.06	337.02
ALC-08	44	Qdiseño	0.82	2698.30	2699.21	2698.48	2699.21	0.000016	0.27	3.11	3.53	0.09	0.10
ALC-08	35												
ALC-08	30	Qdiseño	0.82	2698.08	2698.26	2698.26	2698.35	0.003415	1.33	0.62	3.43	1.00	5.48
ALC-08	28	Qdiseño	0.82	2697.17	2697.22	2697.33	2698.62	1.883551	5.38	0.16	4.52	8.55	652.77
ALC-08	26	Qdiseño	0.82	2695.94	2696.04	2696.15	2696.83	0.679885	3.93	0.21	3.86	5.39	360.20
ALC-08	24	Qdiseño	0.82	2694.81	2694.92	2695.01	2695.52	0.576764	3.42	0.24	4.82	4.89	280.86
ALC-08	22	Qdiseño	0.82	2693.64	2693.72	2693.83	2694.57	0.734650	4.07	0.20	3.74	5.60	387.54
ALC-08	20	Qdiseño	0.82	2692.47	2692.58	2692.69	2693.41	0.617941	4.04	0.20	3.34	5.23	366.98
ALC-08	18	Qdiseño	0.82	2691.20	2691.36	2691.50	2692.25	0.398634	4.19	0.20	2.18	4.46	346.81
ALC-08	16	Qdiseño	0.82	2689.83	2690.01	2690.22	2691.37	0.439410	5.17	0.16	1.33	4.78	487.64
ALC-08	14	Qdiseño	0.82	2688.37	2688.57	2688.78	2690.30	0.617756	5.82	0.14	1.27	5.59	634.77
ALC-08	12	Qdiseño	0.82	2686.94	2687.12	2687.31	2688.89	0.802618	5.90	0.14	1.54	6.27	691.31
ALC-08	10	Qdiseño	0.82	2685.52	2685.71	2685.90	2687.23	0.648796	5.45	0.15	1.60	5.67	582.47
ALC-08	8	Qdiseño	0.82	2684.10	2684.28	2684.45	2685.73	0.665790	5.34	0.15	1.73	5.71	567.98
ALC-08	6	Qdiseño	0.82	2682.74	2682.85	2683.01	2684.26	0.805333	5.25	0.16	2.10	6.15	580.98
ALC-08	4	Qdiseño	0.82	2681.32	2681.43	2681.59	2682.70	0.715888	4.99	0.16	2.19	5.81	522.60
ALC-08	2	Qdiseño	0.82	2679.84	2679.98	2680.14	2681.11	0.563360	4.72	0.17	2.09	5.24	453.17
ALC-08	0	Qdiseño	0.82	2678.48	2678.57	2678.73	2679.82	0.738014	4.95	0.17	2.28	5.87	520.40

Total flow in cross section.

Coeficiente de Manning 0.028

Profile Output Table - Tabla TESIS

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 0.028 River: ALC-08 Reach: ALC-08 Profile: Qdiseño													Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-08	50.92	Qdiseño	0.82	2701.99	2702.12	2702.29	2703.31	0.500088	4.83	0.17	2.00	5.29	410.31
ALC-08	50	Qdiseño	0.82	2701.92	2702.02	2702.14	2702.84	0.507882	4.05	0.21	3.42	5.12	298.54
ALC-08	48	Qdiseño	0.82	2701.30	2701.45	2701.59	2702.14	0.232381	3.71	0.22	2.33	3.72	215.36
ALC-08	46	Qdiseño	0.82	2700.10	2700.15	2700.28	2701.71	1.522399	5.55	0.15	3.33	8.38	650.33
ALC-08	44	Qdiseño	0.82	2698.30	2699.21	2698.49	2699.21	0.000016	0.27	3.11	3.53	0.09	0.10
ALC-08	35												
ALC-08	30	Qdiseño	0.82	2698.08	2698.26	2698.26	2698.35	0.003415	1.33	0.62	3.43	1.00	5.48
ALC-08	28	Qdiseño	0.82	2697.17	2697.22	2697.33	2698.62	1.640782	5.38	0.16	4.52	8.55	568.64
ALC-08	26	Qdiseño	0.82	2695.94	2696.04	2696.15	2696.74	0.502378	3.70	0.22	3.96	4.99	275.42
ALC-08	24	Qdiseño	0.82	2694.81	2694.92	2695.01	2695.62	0.634220	3.70	0.22	4.70	5.45	292.36
ALC-08	22	Qdiseño	0.82	2693.64	2693.73	2693.83	2694.46	0.525684	3.79	0.22	3.84	5.11	289.22
ALC-08	20	Qdiseño	0.82	2692.47	2692.57	2692.69	2693.50	0.627402	4.27	0.19	3.27	5.62	360.61
ALC-08	18	Qdiseño	0.82	2691.20	2691.35	2691.50	2692.43	0.448469	4.60	0.18	2.08	5.02	371.35
ALC-08	16	Qdiseño	0.82	2689.83	2690.01	2690.22	2691.42	0.401585	5.26	0.16	1.32	4.89	441.39
ALC-08	14	Qdiseño	0.82	2688.37	2688.57	2688.78	2690.41	0.585784	6.02	0.14	1.25	5.81	593.02
ALC-08	12	Qdiseño	0.82	2686.94	2687.12	2687.31	2689.05	0.784872	6.16	0.13	1.51	6.62	661.55
ALC-08	10	Qdiseño	0.82	2685.52	2685.70	2685.90	2687.85	0.900988	6.50	0.13	1.46	7.06	741.15
ALC-08	8	Qdiseño	0.82	2684.10	2684.26	2684.45	2686.37	0.951171	6.43	0.13	1.57	7.20	739.61
ALC-08	6	Qdiseño	0.82	2682.74	2682.84	2683.01	2684.63	0.994164	5.93	0.14	2.02	7.23	662.07
ALC-08	4	Qdiseño	0.82	2681.32	2681.43	2681.59	2682.61	0.554409	4.80	0.17	2.21	5.51	416.91
ALC-08	2	Qdiseño	0.82	2679.84	2679.97	2680.14	2681.37	0.669497	5.24	0.16	2.04	6.04	498.97
ALC-08	0	Qdiseño	0.82	2678.48	2678.56	2678.73	2679.95	0.748980	5.21	0.16	2.26	6.29	507.82

Total flow in cross section.

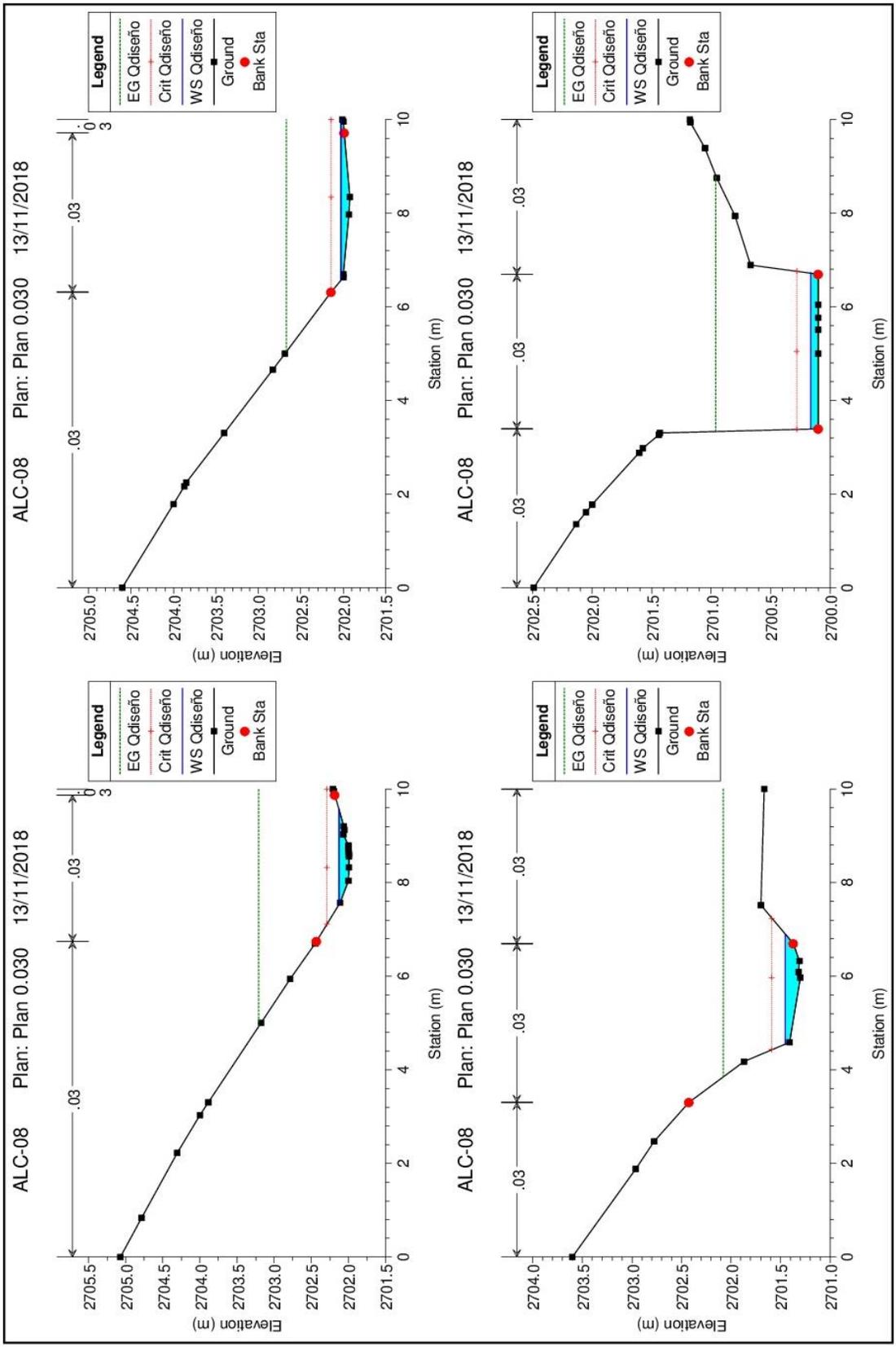
Coeficiente de Manning 0.033

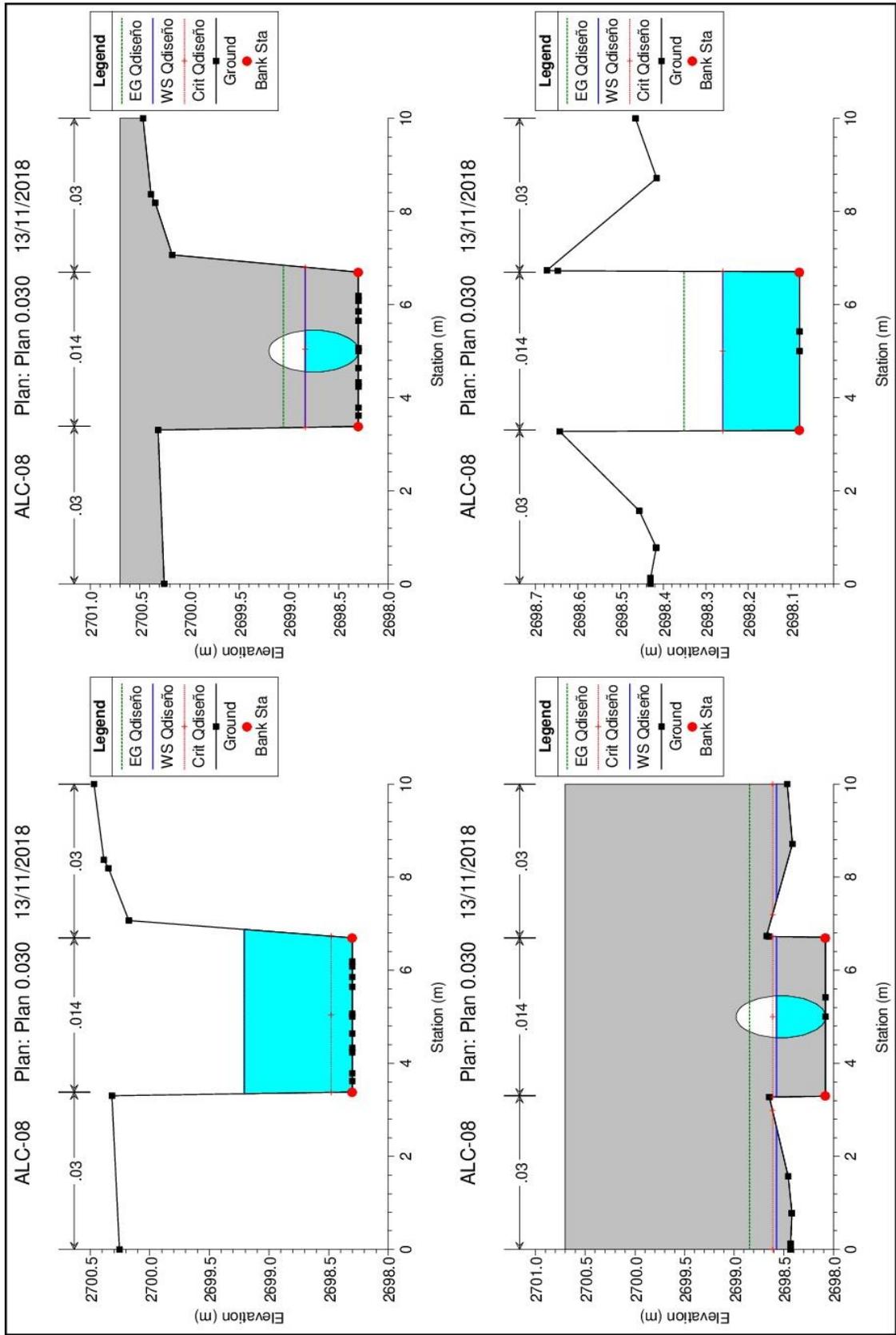
Profile Output Table - Tabla TESIS

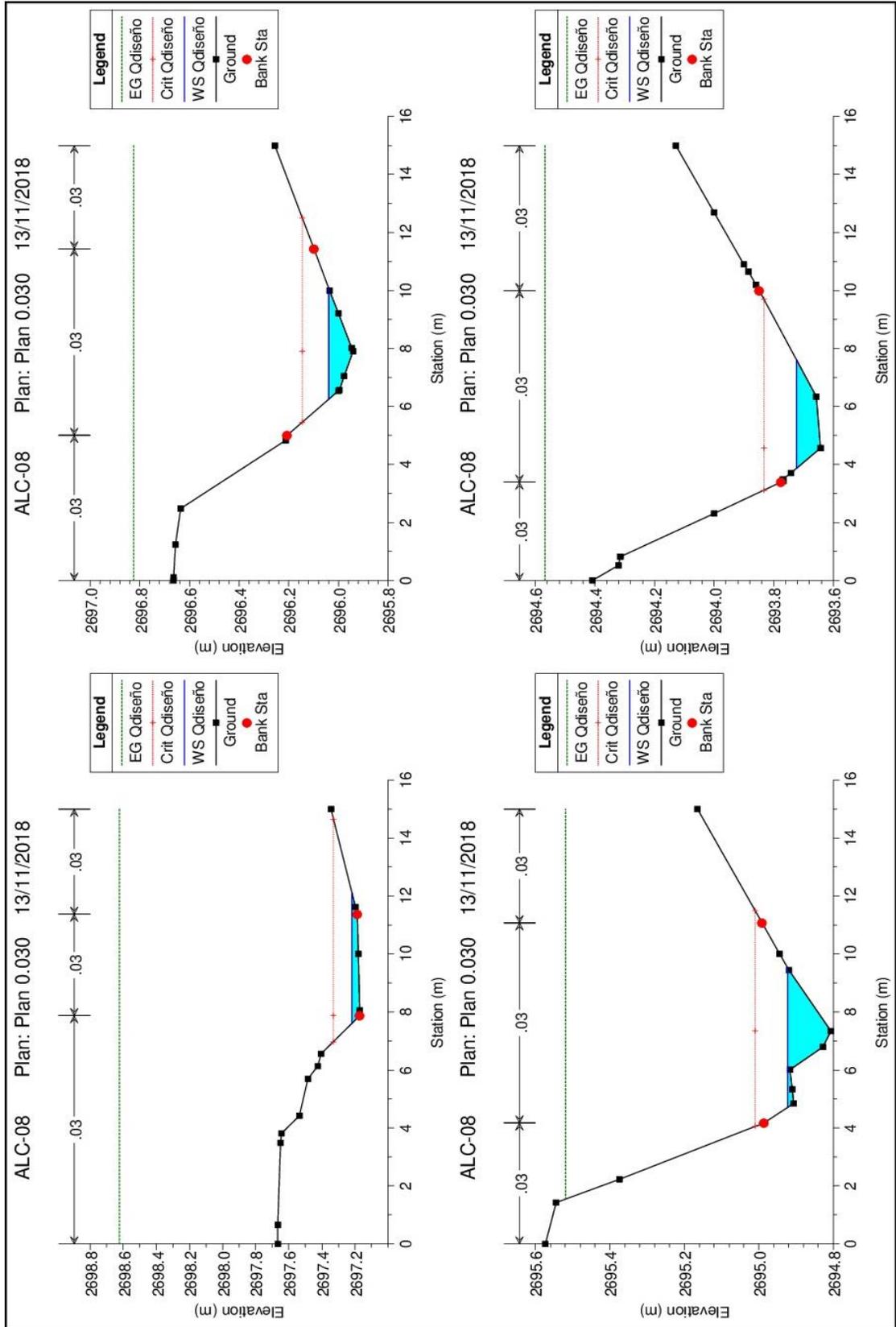
File Options Std. Tables User Tables Locations Help

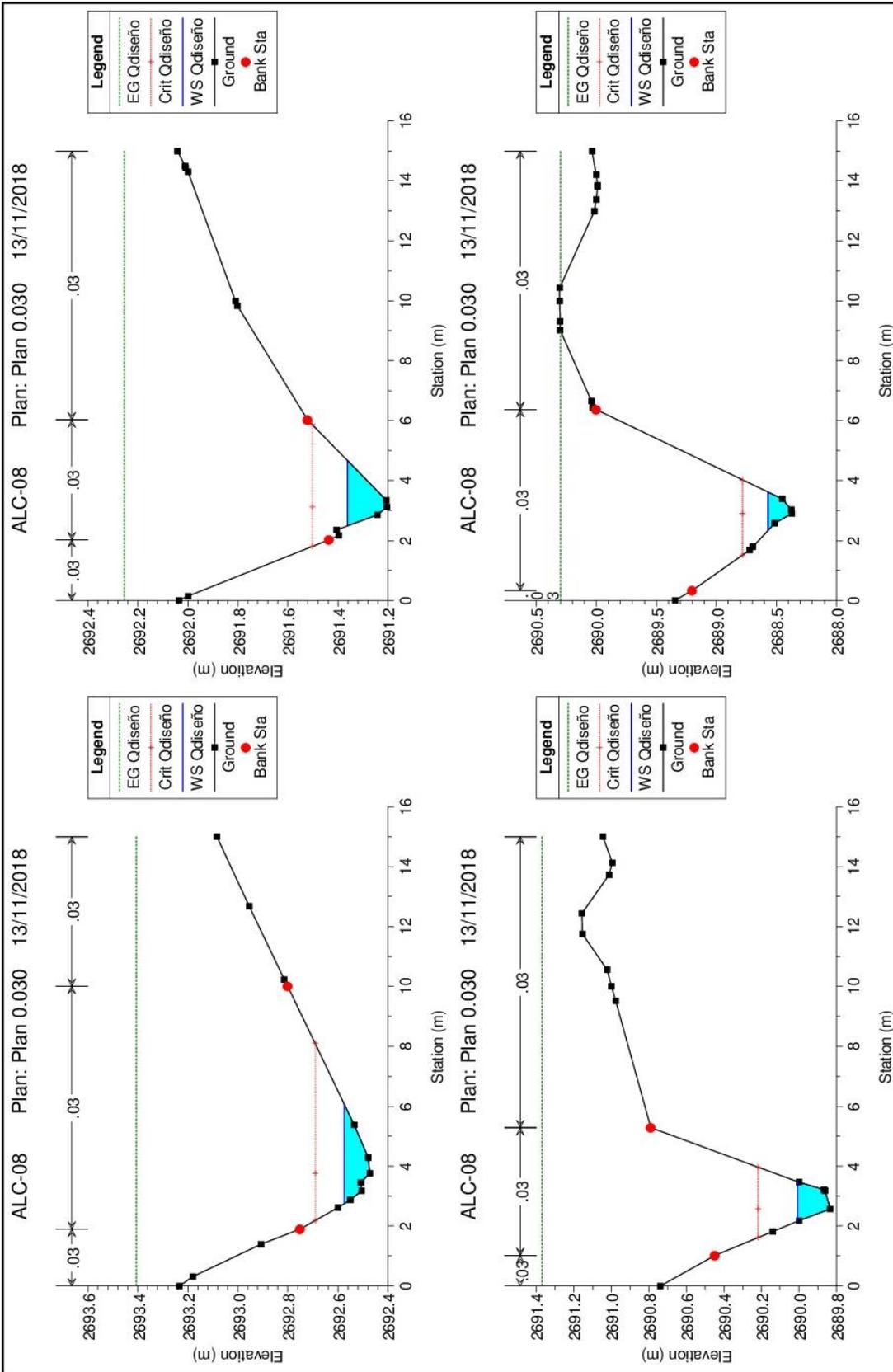
HEC-RAS Plan: 0.033 River: ALC-08 Reach: ALC-08 Profile: Qdiseño												Reload Data	
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Total (N/m2)
ALC-08	50.92	Qdiseño	0.82	2701.99	2702.13	2702.29	2703.08	0.500665	4.31	0.19	2.08	4.55	442.11
ALC-08	50	Qdiseño	0.82	2701.92	2702.03	2702.14	2702.57	0.356668	3.27	0.26	3.45	3.76	255.92
ALC-08	48	Qdiseño	0.82	2701.30	2701.46	2701.59	2702.01	0.223232	3.31	0.25	2.37	3.14	228.09
ALC-08	46	Qdiseño	0.82	2700.10	2700.16	2700.28	2700.98	0.722345	4.02	0.20	3.33	5.17	421.93
ALC-08	44	Qdiseño	0.82	2698.30	2699.21	2698.48	2699.21	0.000016	0.27	3.11	3.53	0.09	0.10
ALC-08	35		Culvert										
ALC-08	30	Qdiseño	0.82	2698.08	2698.26	2698.26	2698.35	0.003415	1.33	0.62	3.43	1.00	5.48
ALC-08	28	Qdiseño	0.82	2697.17	2697.22	2697.33	2698.65	2.339158	5.42	0.16	4.51	8.65	805.37
ALC-08	26	Qdiseño	0.82	2695.94	2696.05	2696.15	2696.58	0.470530	3.21	0.26	4.21	4.16	279.81
ALC-08	24	Qdiseño	0.82	2694.81	2694.92	2695.01	2695.63	0.897704	3.73	0.22	4.69	5.50	411.91
ALC-08	22	Qdiseño	0.82	2693.64	2693.73	2693.83	2694.41	0.659126	3.66	0.22	3.90	4.87	370.63
ALC-08	20	Qdiseño	0.82	2692.47	2692.58	2692.69	2693.23	0.524306	3.56	0.23	3.52	4.44	335.68
ALC-08	18	Qdiseño	0.82	2691.20	2691.36	2691.50	2692.23	0.461425	4.12	0.20	2.19	4.36	404.88
ALC-08	16	Qdiseño	0.82	2689.83	2690.01	2690.22	2691.34	0.517422	5.12	0.16	1.34	4.72	577.35
ALC-08	14	Qdiseño	0.82	2688.37	2688.57	2688.78	2690.15	0.664175	5.57	0.15	1.30	5.28	696.81
ALC-08	12	Qdiseño	0.82	2686.94	2687.12	2687.31	2688.87	0.954255	5.86	0.14	1.55	6.22	824.63
ALC-08	10	Qdiseño	0.82	2685.52	2685.71	2685.90	2687.28	0.825948	5.56	0.15	1.58	5.81	734.48
ALC-08	8	Qdiseño	0.82	2684.10	2684.27	2684.45	2685.87	0.914053	5.60	0.15	1.68	6.06	761.54
ALC-08	6	Qdiseño	0.82	2682.74	2682.86	2683.01	2684.07	0.780511	4.88	0.17	2.14	5.56	595.14
ALC-08	4	Qdiseño	0.82	2681.32	2681.43	2681.59	2682.55	0.710776	4.67	0.18	2.22	5.31	545.38
ALC-08	2	Qdiseño	0.82	2679.84	2679.98	2680.14	2681.00	0.577069	4.46	0.18	2.13	4.85	483.40
ALC-08	0	Qdiseño	0.82	2678.48	2678.57	2678.73	2679.68	0.744200	4.66	0.18	2.31	5.40	549.76

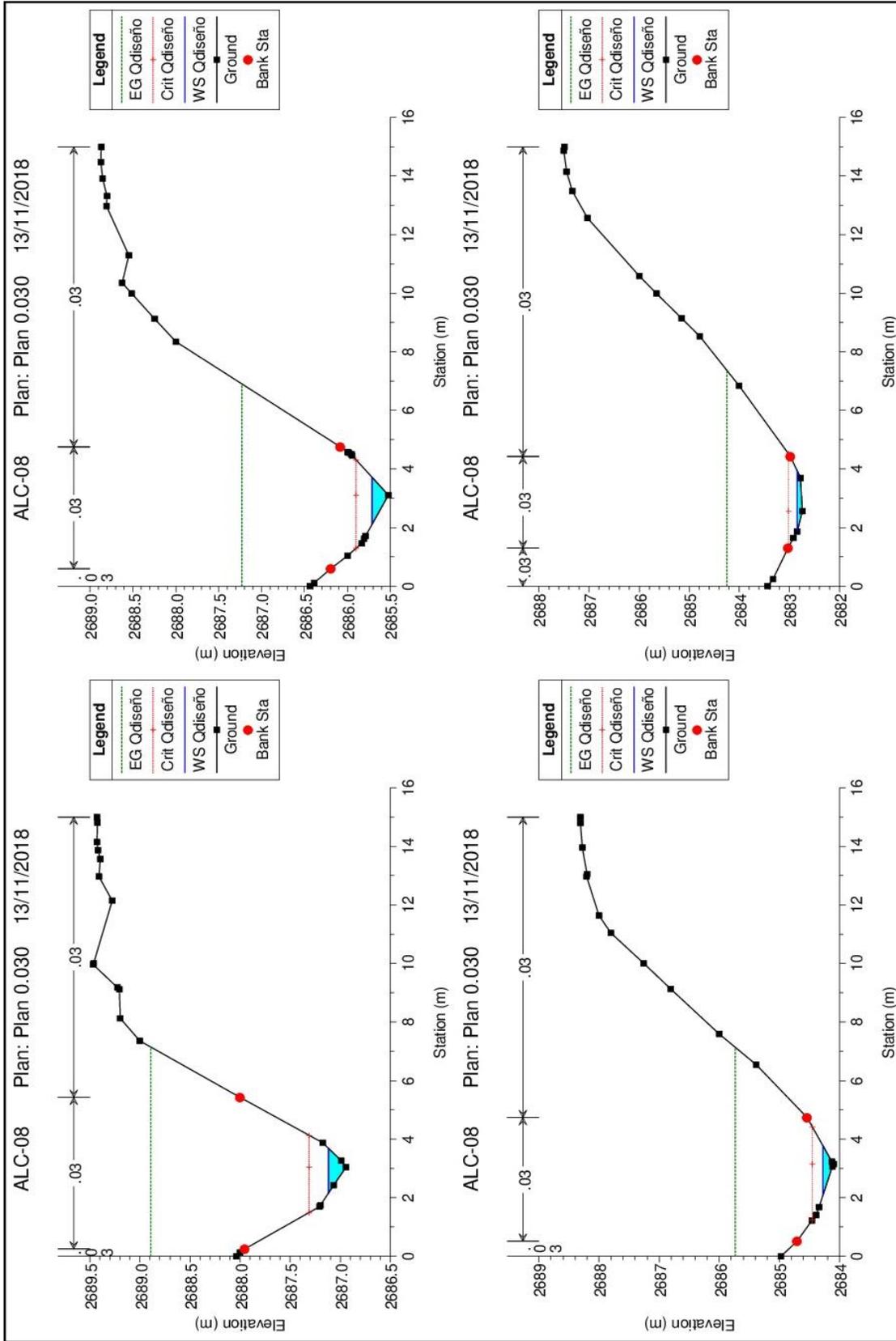
Total flow in cross section.

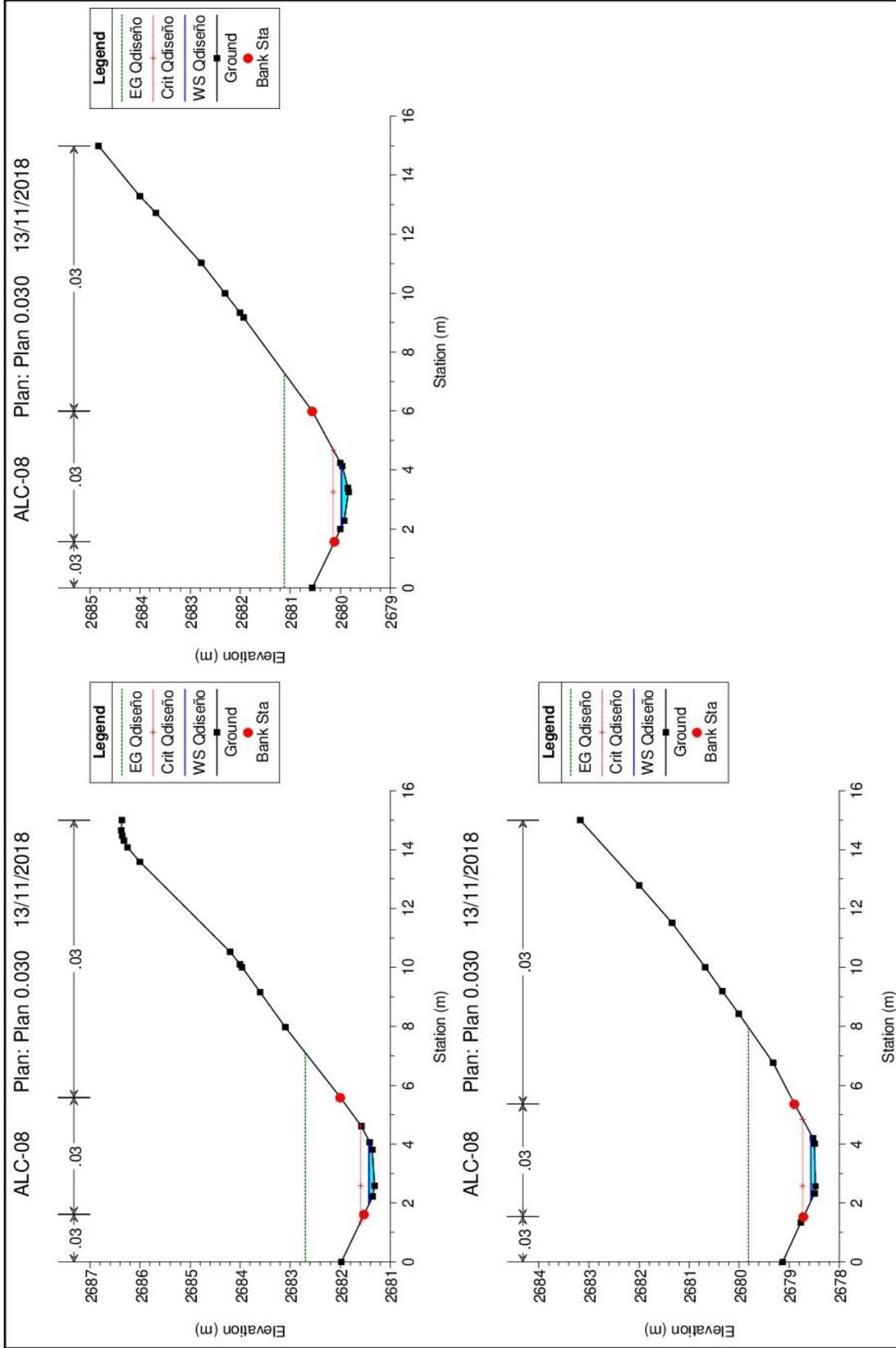












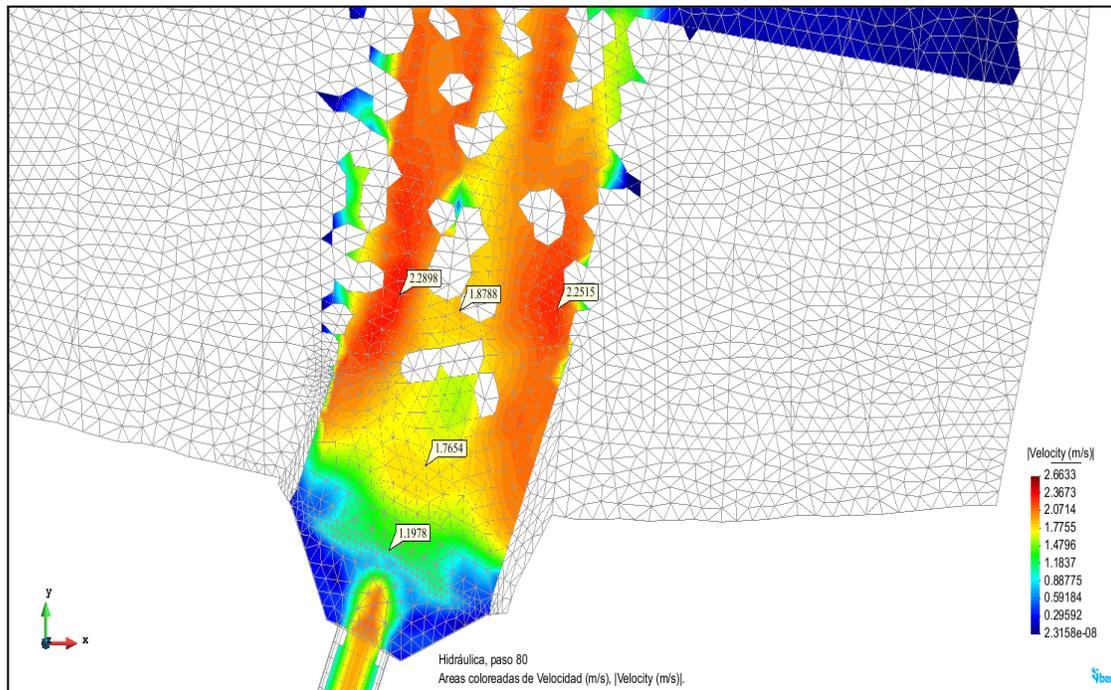
ANEXO 6

(REPORTE IBER – CON DISIPADOR)

Coefficiente de Manning 0.030

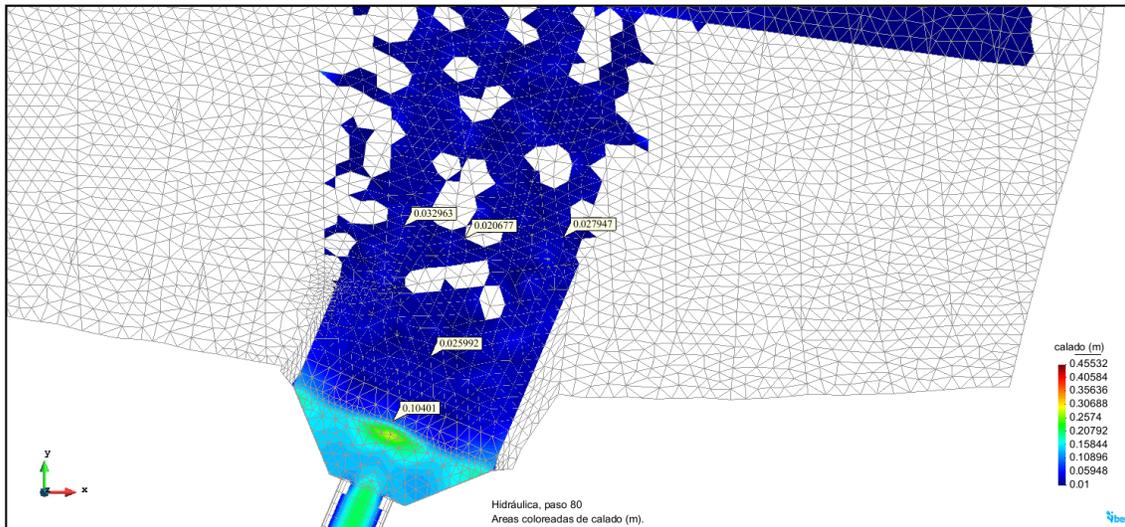
Alcantarilla N°1- Progresiva 30+130

Mapa de velocidades del modelo hidráulico con disipador en Iber



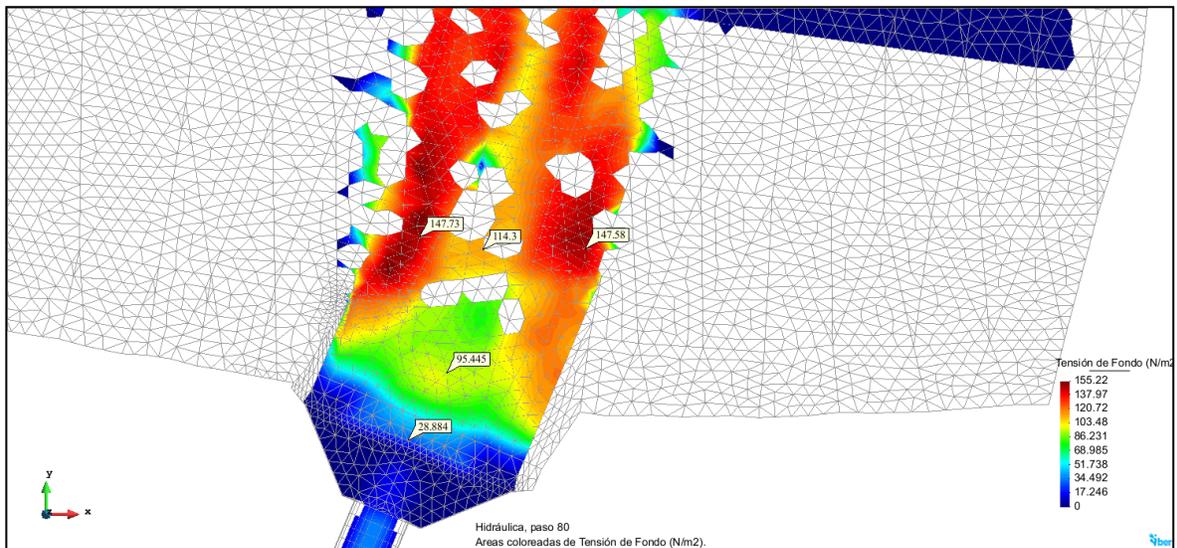
Alcantarilla N°1- Progresiva 30+130

Mapa de tirantes del modelo hidráulico con dissipador en Iber



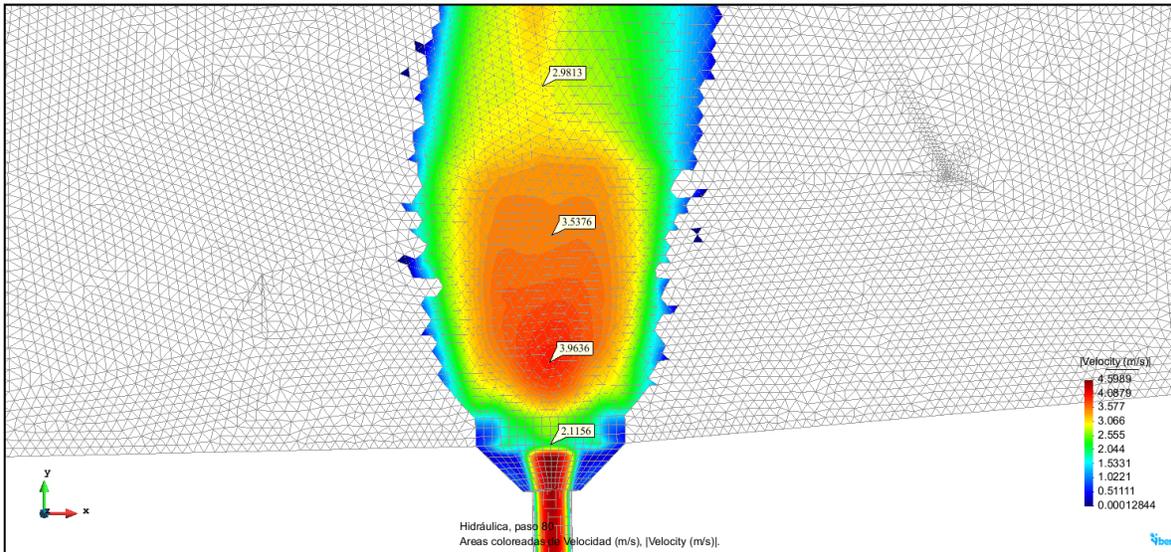
Alcantarilla N°1- Progresiva 30+130

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico con dissipador en Iber



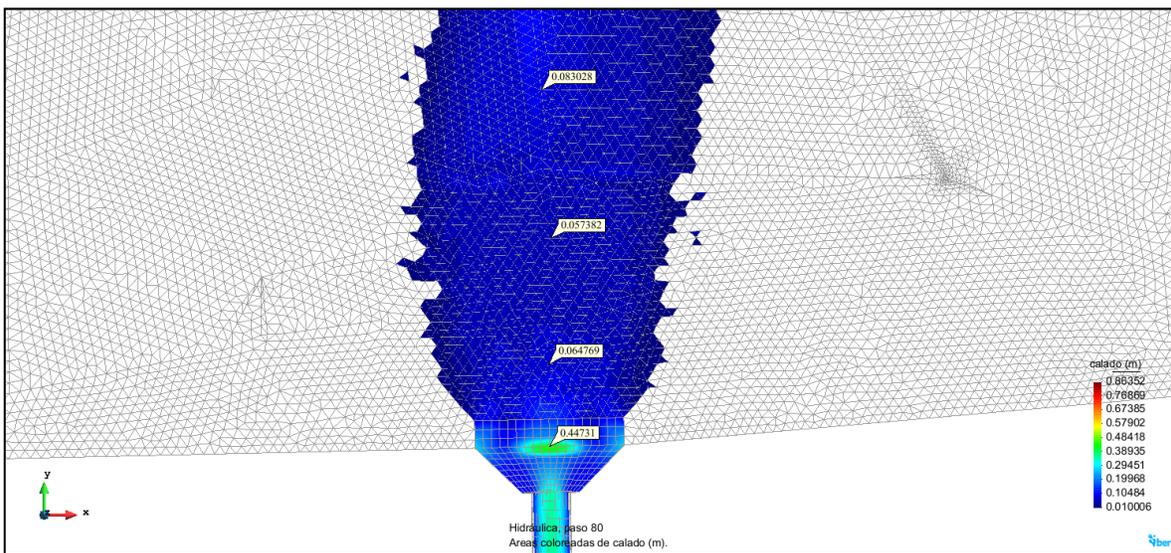
Alcantarilla N°2- Progresiva 32+130

Mapa de velocidades del modelo hidráulico con dissipador en Iber



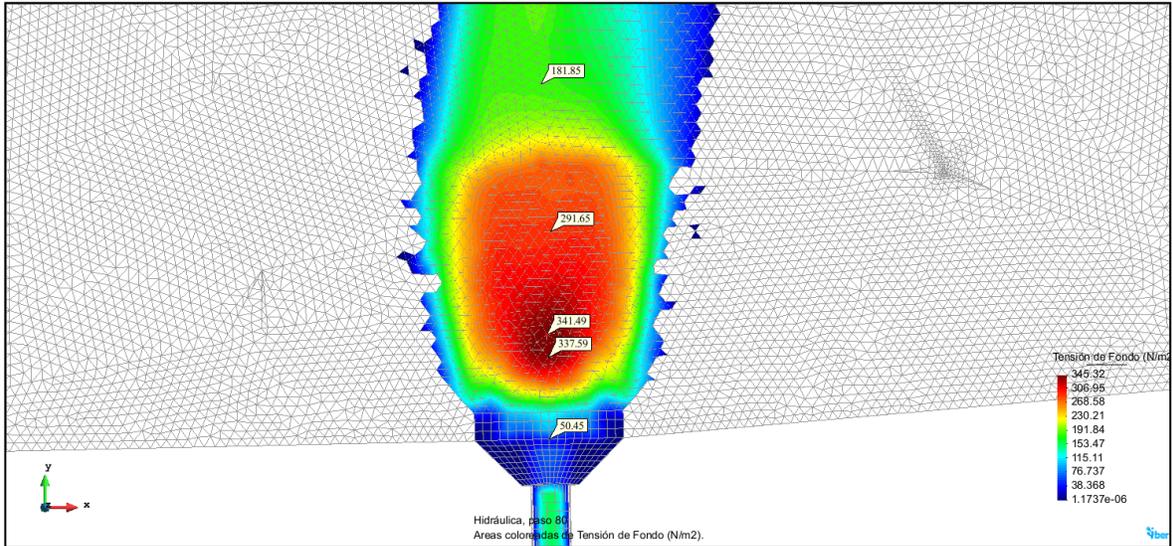
Alcantarilla N°2- Progresiva 32+130

Mapa de tirantes del modelo hidráulico con dissipador en Iber



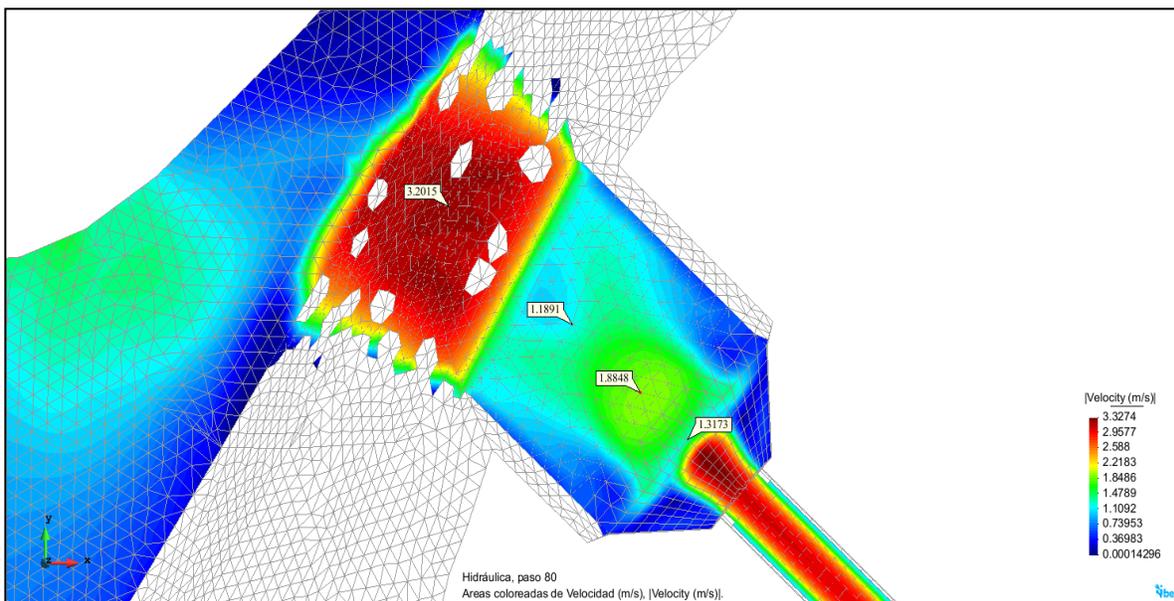
Alcantarilla N°2- Progresiva 32+130

Mapa de esfuerzo cortante del modelo con dissipador hidráulico en Iber



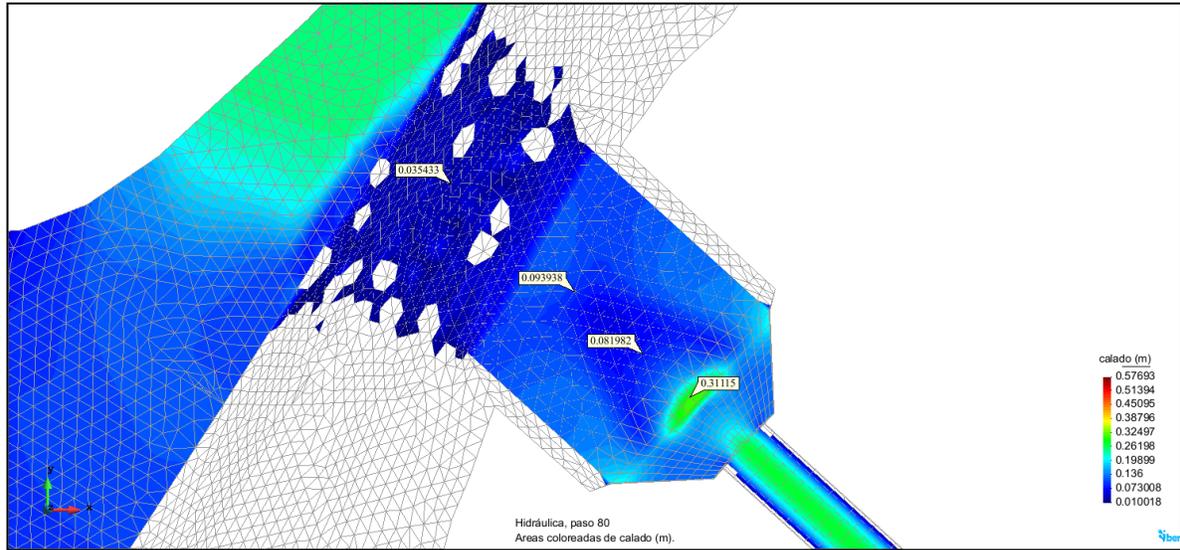
Alcantarilla N°3- Progresiva 64+810

Mapa de velocidades del modelo hidráulico con dissipador en Iber



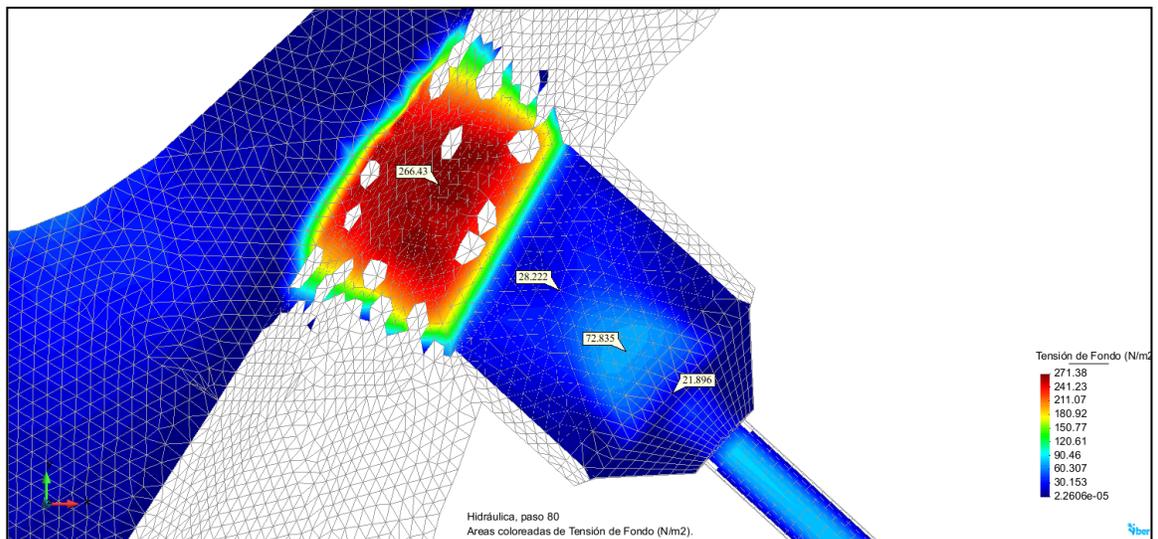
Alcantarilla N°3- Progresiva 64+810

Mapa de tirantes del modelo hidráulico con dissipador en Iber



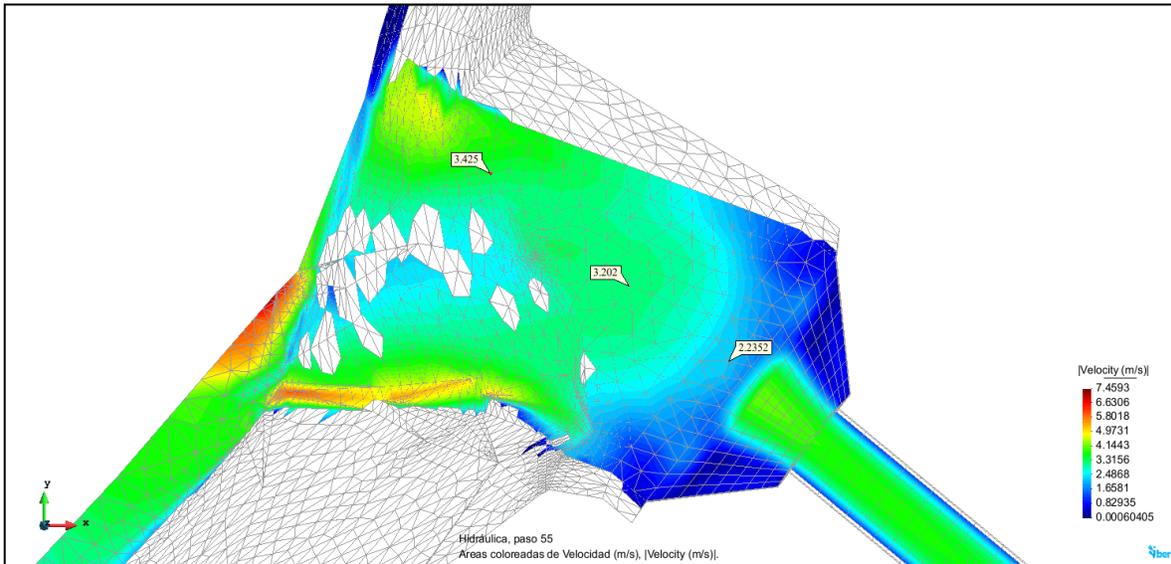
Alcantarilla N°3- Progresiva 64+810

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico con dissipador en Iber



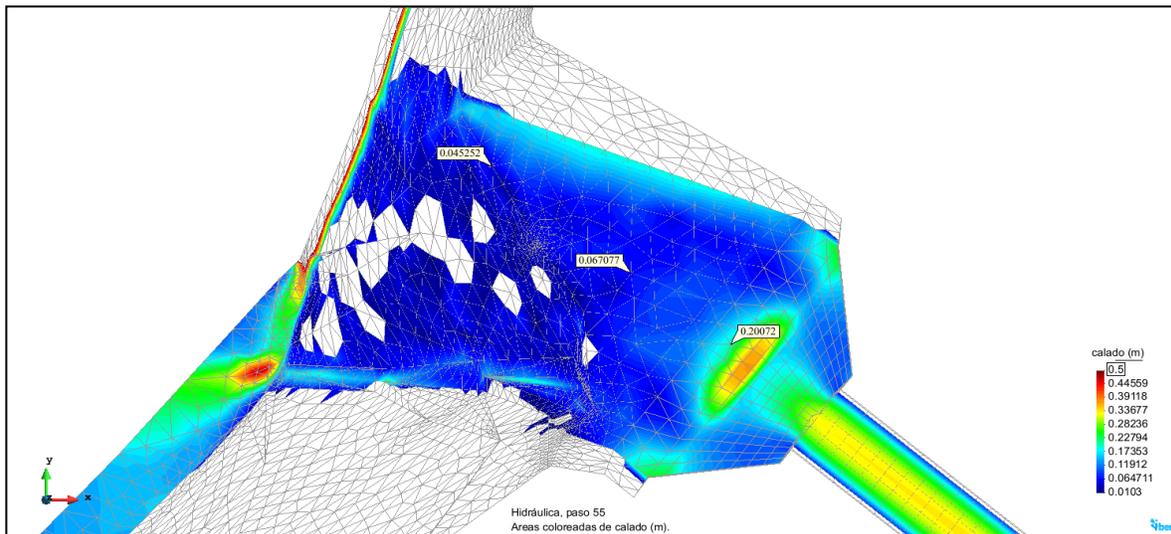
Alcantarilla N°4- Progresiva 65+909

Mapa de velocidades del modelo hidráulico con dissipador en Iber



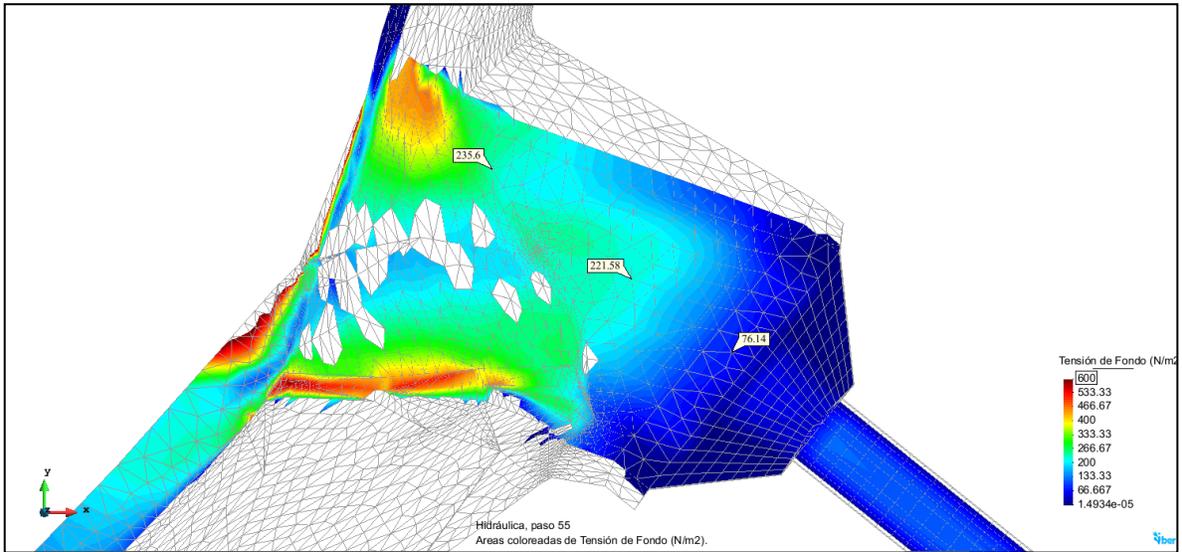
Alcantarilla N°4- Progresiva 65+909

Mapa de tirantes del modelo hidráulico con dissipador en Iber



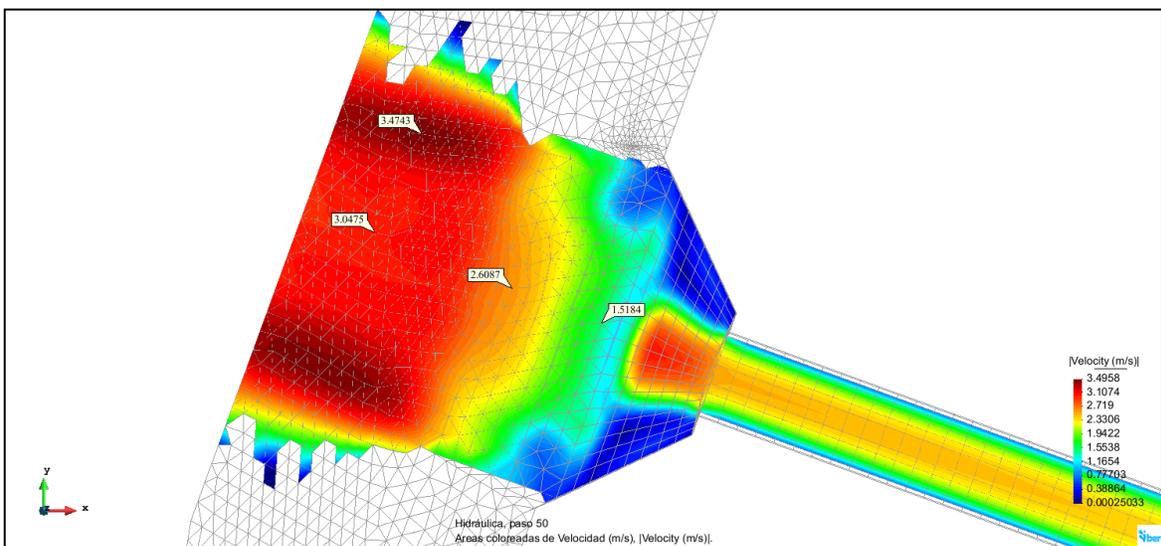
Alcantarilla N°4- Progresiva 65+909

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico con dissipador en Iber



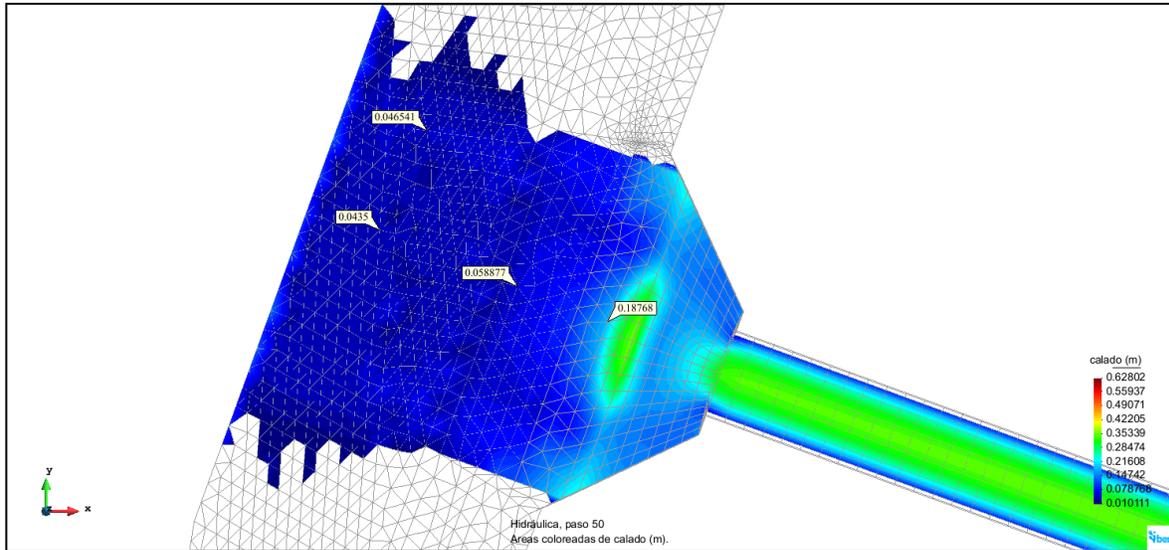
Alcantarilla N°5- Progresiva 71+820

Mapa de velocidades del modelo hidráulico con dissipador en Iber



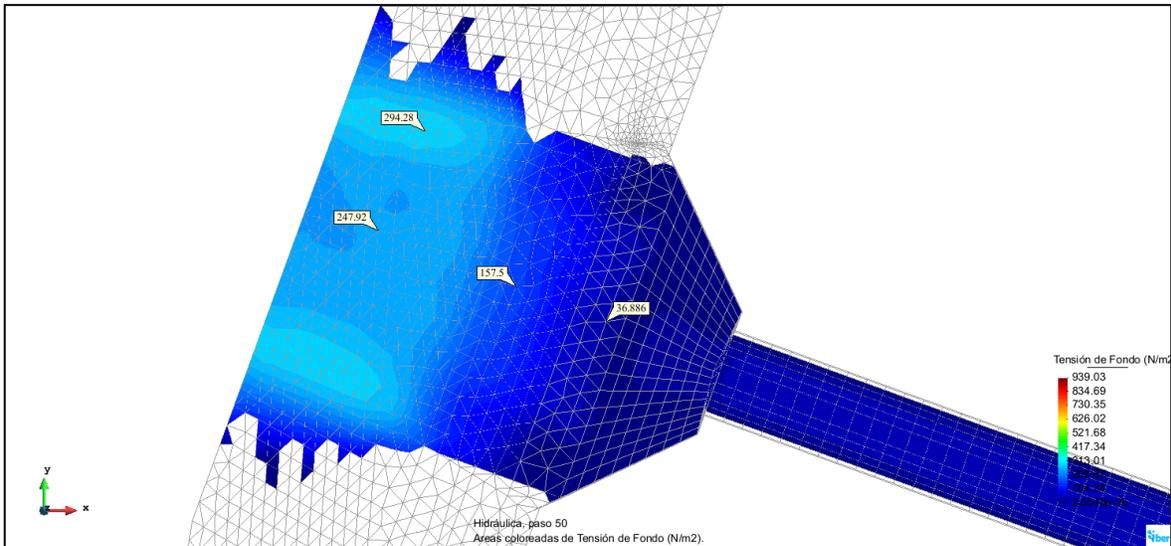
Alcantarilla N°5- Progresiva 71+820

Mapa de tirantes del modelo hidráulico con dissipador en Iber



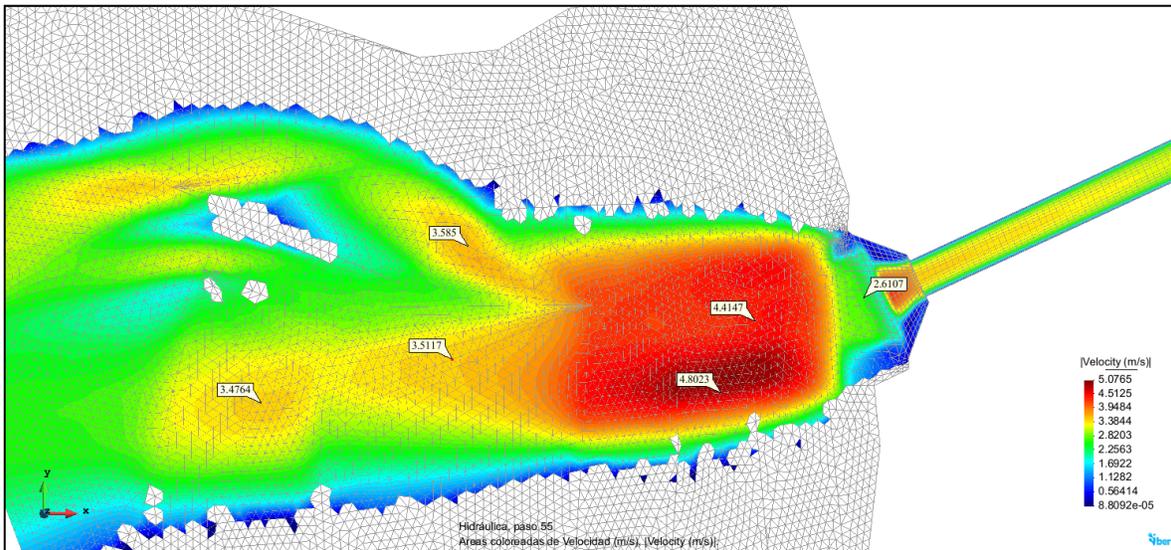
Alcantarilla N°5- Progresiva 71+820

Mapa de esfuerzo cortante del modelo con dissipador hidráulico en Iber



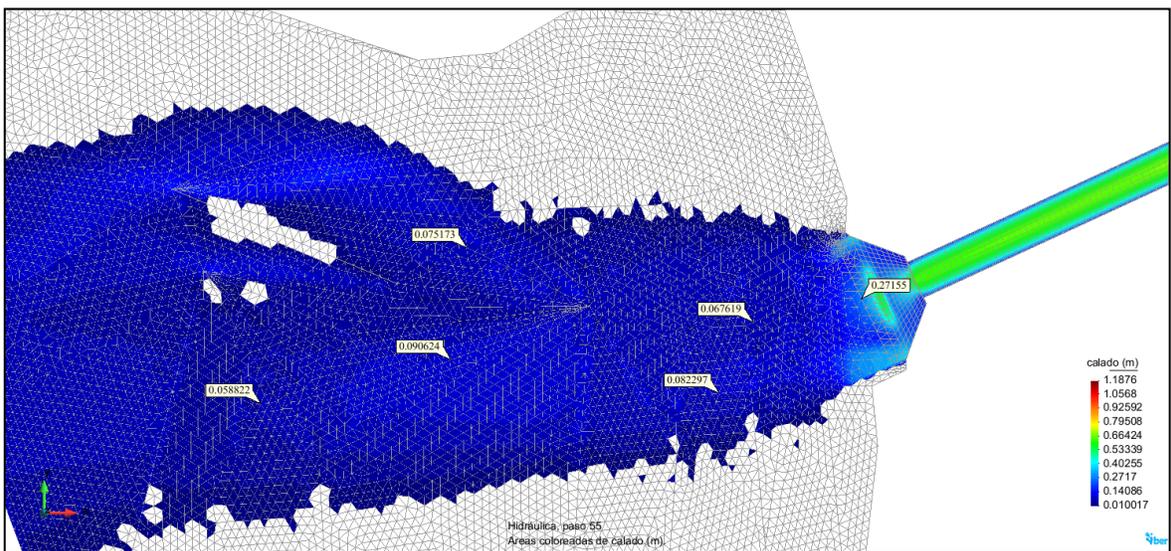
Alcantarilla N°6- Progresiva 74+140

Mapa de velocidades del modelo hidráulico con dissipador en Iber



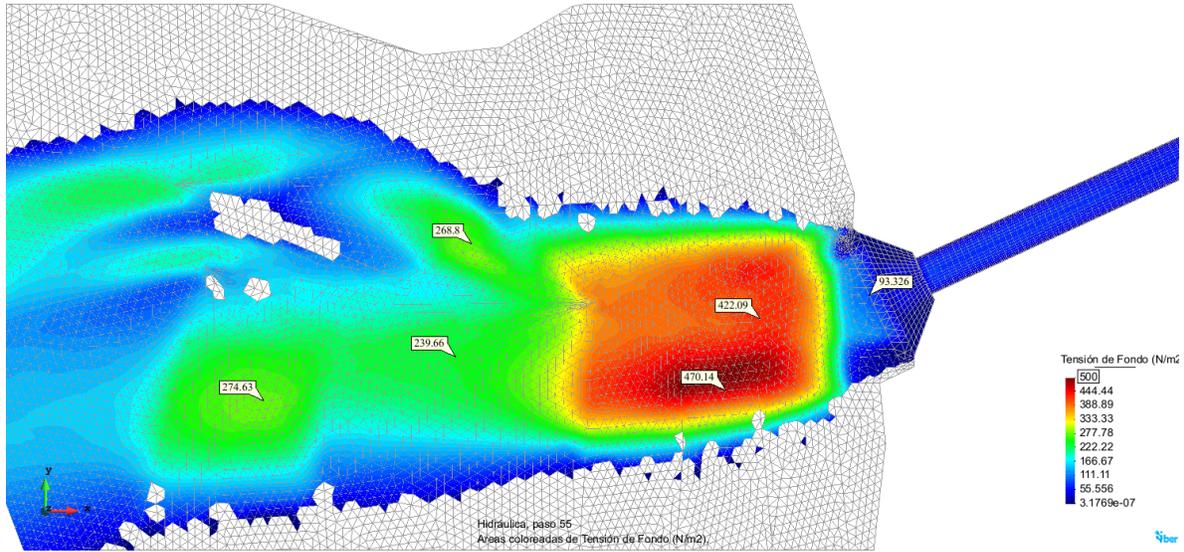
Alcantarilla N°6- Progresiva 74+140

Mapa de tirantes del modelo hidráulico con dissipador en Iber



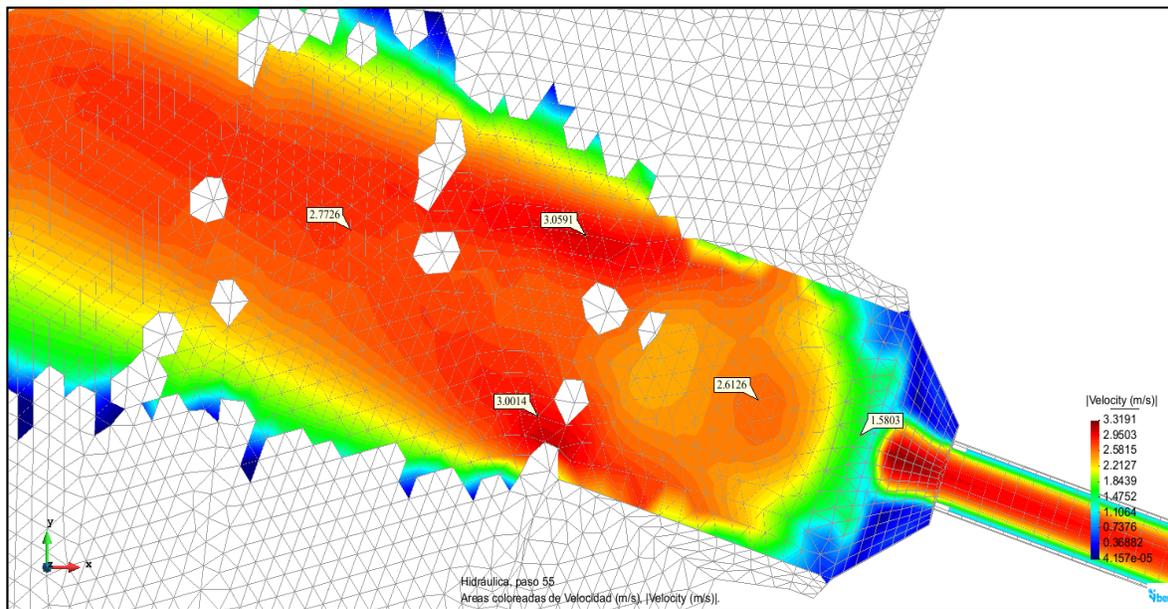
Alcantarilla N°6- Progresiva 74+140

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico con disipador en Iber



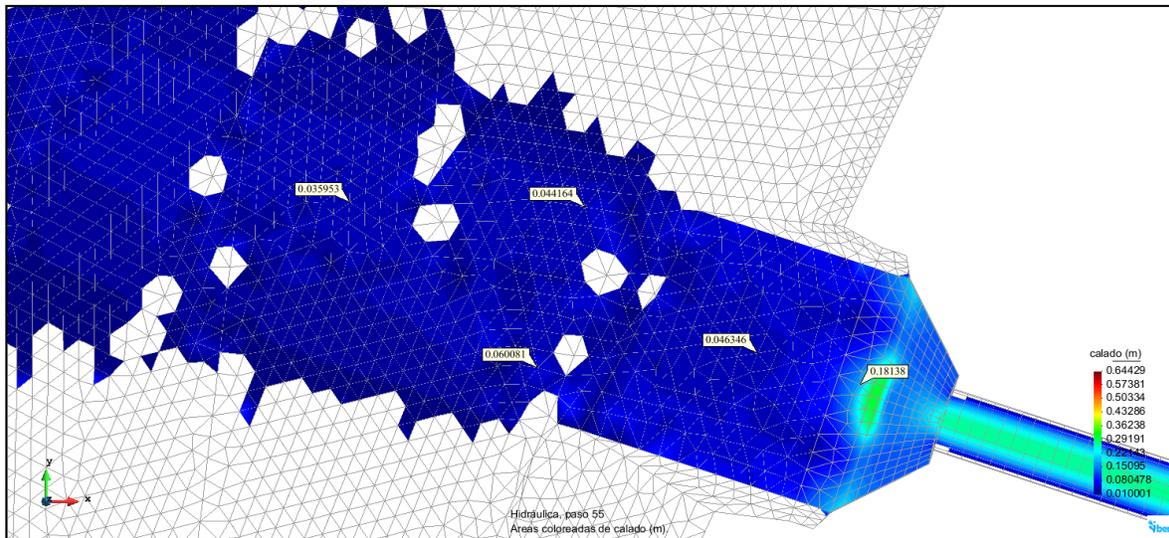
Alcantarilla N°7- Progresiva 76+700

Mapa de velocidades del modelo hidráulico con disipador en Iber



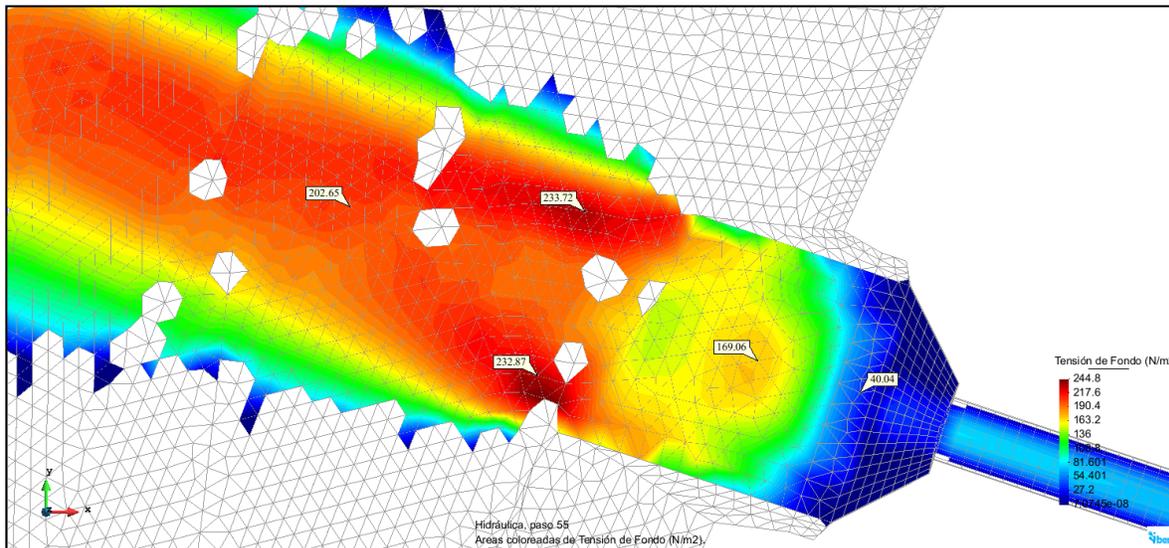
Alcantarilla N°7- Progresiva 76+700

Mapa de tirantes del modelo hidráulico con dissipador en Iber



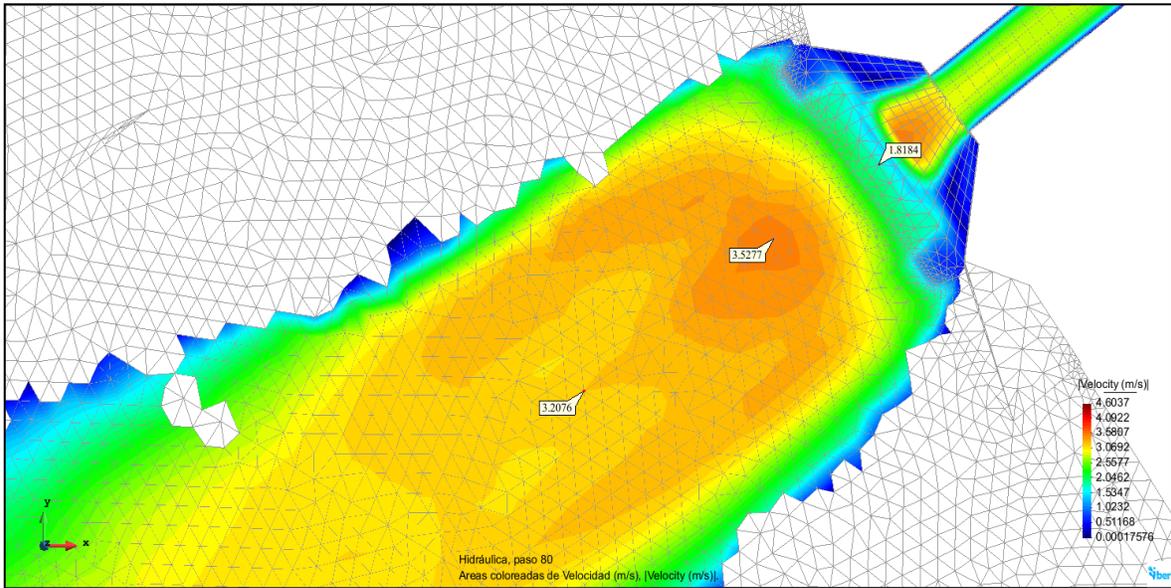
Alcantarilla N°7- Progresiva 76+700

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico con dissipador en Iber



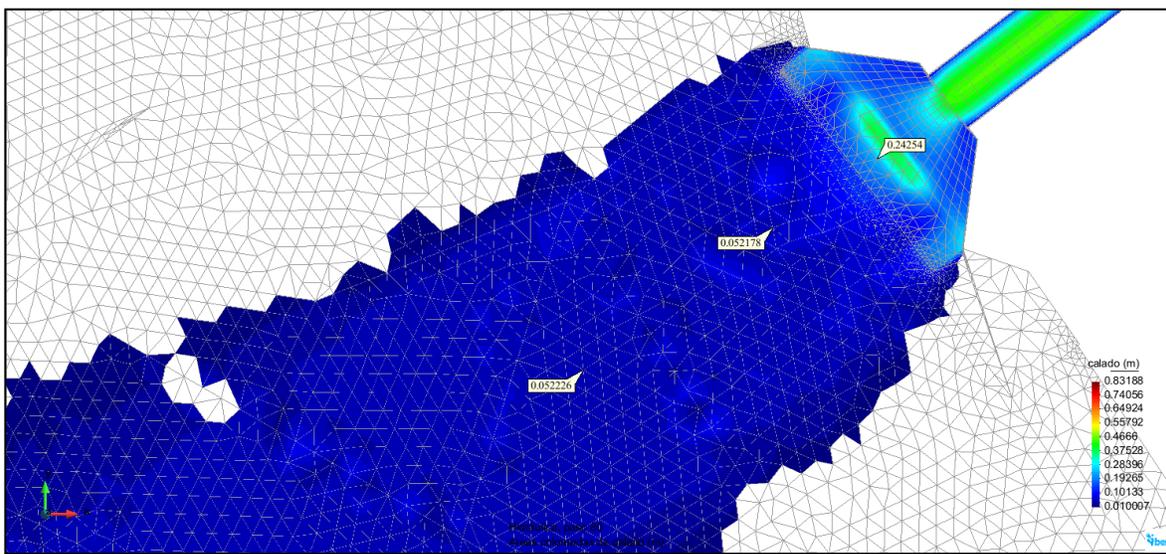
Alcantarilla N°8- Progresiva 76+892

Mapa de velocidades del modelo hidráulico con dissipador en Iber



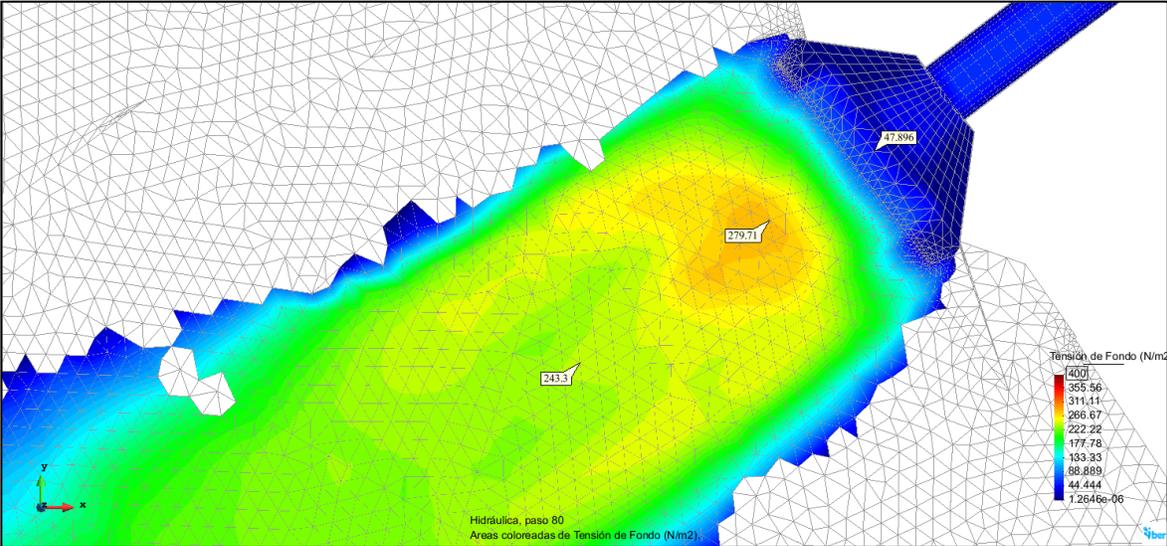
Alcantarilla N°8- Progresiva 76+892

Mapa de tirantes del modelo hidráulico con dissipador en Iber



Alcantarilla N°8- Progresiva 76+892

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico con dissipador en Iber



ANEXO 7

(REPORTE IBER – GEOMANTA PYRAMAT 75)



PYRAMAT®

Product Data
PYRAMAT® 75 HPTRM

PYRAMAT® 75 high performance turf reinforcement mat (HPTRM) is a three-dimensional, lofty, woven polypropylene geotextile that is available in green or tan which is specially designed for erosion control applications on steep slopes and vegetated waterways. The matrix is composed of polypropylene monofilament yarns featuring X3® technology woven into a uniform configuration of resilient pyramid-like projections. The material exhibits very high interlock and reinforcement capacity with both soil and root systems, demonstrates superior UV resistance, and enhances seedling emergence. The expected design life of PYRAMAT® 75 is up to 75 years because of its superior UV resistance, resistance to corrosion, strength, and durability in the most demanding environments.

PYRAMAT® 75 conforms to the property values listed below¹ and is manufactured at a Propex facility having achieved ISO 9001:2008 certification. Propex performs internal Manufacturing Quality Control (MQC) tests that have been accredited by the Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP).

PROPERTY	TEST METHOD	ENGLISH	METRIC
ORIGIN OF MATERIALS			
% U.S. Manufactured		100%	100%
PHYSICAL			
Mass/Unit Area ⁴	ASTM D-6566	14.0 oz/yd ²	475 g/m ²
Thickness ²	ASTM D-6525	0.40 in	10.2 mm
Light Penetration (% Passing) ³	ASTM D-6567	10%	10%
Color	Visual	Green or Tan	
MECHANICAL			
Tensile Strength ²	ASTM D-6818	4000 x 3000 lbs/ft	58.4 x 43.8 kN/m
Elongation ²	ASTM D-6818	40 x 35 %	40 x 35 %
Resiliency ²	ASTM D-6524	80%	80%
Flexibility ⁴	ASTM D-6575	0.534 in-lb	616,154 mg-cm
ENDURANCE			
UV Resistance % Retained at 3,000 hrs ⁴	ASTM D-4355	90%	90%
UV Resistance % Retained at 6,000 hrs ⁴	ASTM D-4355	90%	90%
UV Resistance % Retained at 10,000 hrs ⁴	ASTM D-4355	85%	85%
PERFORMANCE			
Velocity (Vegetated) ^{4,5}	Large Scale	25 ft/sec	7.6 m/sec
Shear Stress (Vegetated) ^{4,5}	Large Scale	16 lb/ft ²	766 Pa
Manning's n (Unvegetated) ^{4,6}	Calculated	0.028	0.028
Seedling Emergence ⁴	ASTM D-7322	296%	296%
ROLL SIZES		8.5 ft x 120 ft	2.6 m x 36.6 m
		15.0 ft x 120 ft	4.6 m x 36.6 m

NOTES:

1. The property values listed above are effective 03/09/2018 and are subject to change without notice. Values represent testing at time of manufacture.
2. Minimum average roll values (MARV) are calculated as the typical minus two standard deviations. Statistically, it yields a 97.7% degree of confidence that any samples taken from quality assurance testing will exceed the value reported.
3. Maximum Average Roll Value (MaxARV), calculated as the typical plus two standard deviations. Statistically, it yields a 97.7% degree of confidence that any sample taken during quality assurance testing will meet to the value reported.
4. Typical Value.
5. Maximum permissible velocity and shear stress has been obtained through vegetated testing programs featuring specific soil types, vegetation classes, flow conditions, and failure criteria. These conditions may not be relevant to every project nor are they replicated by other manufacturers. Please contact Propex for further information.
6. Calculated as typical values from large-scale flexible channel lining test programs with a flow depth of 6 to 12 inches.

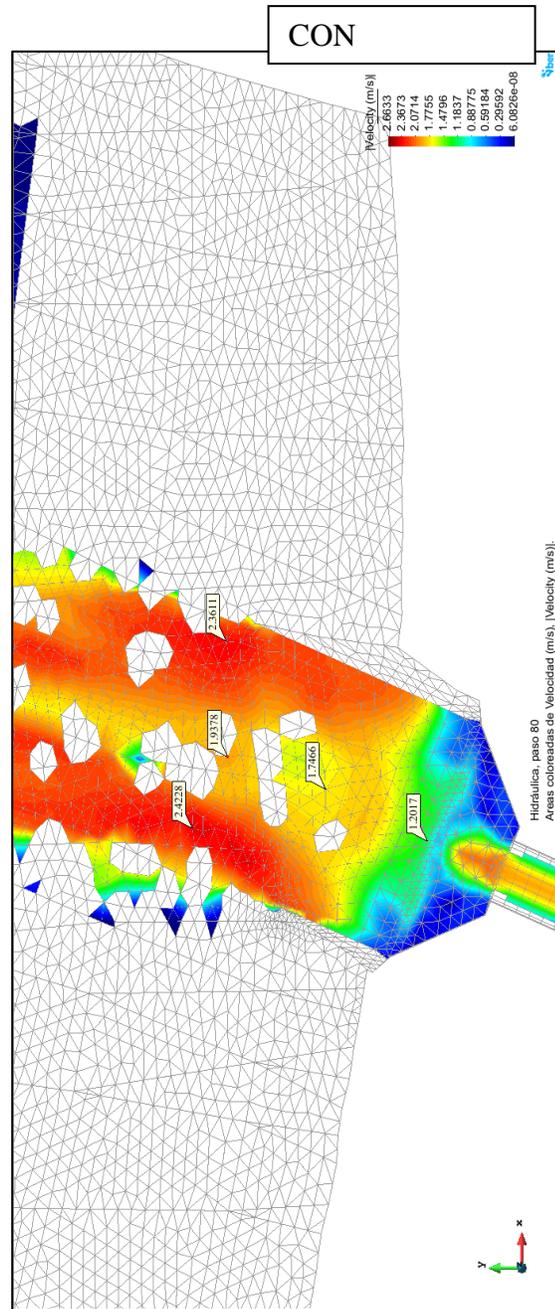
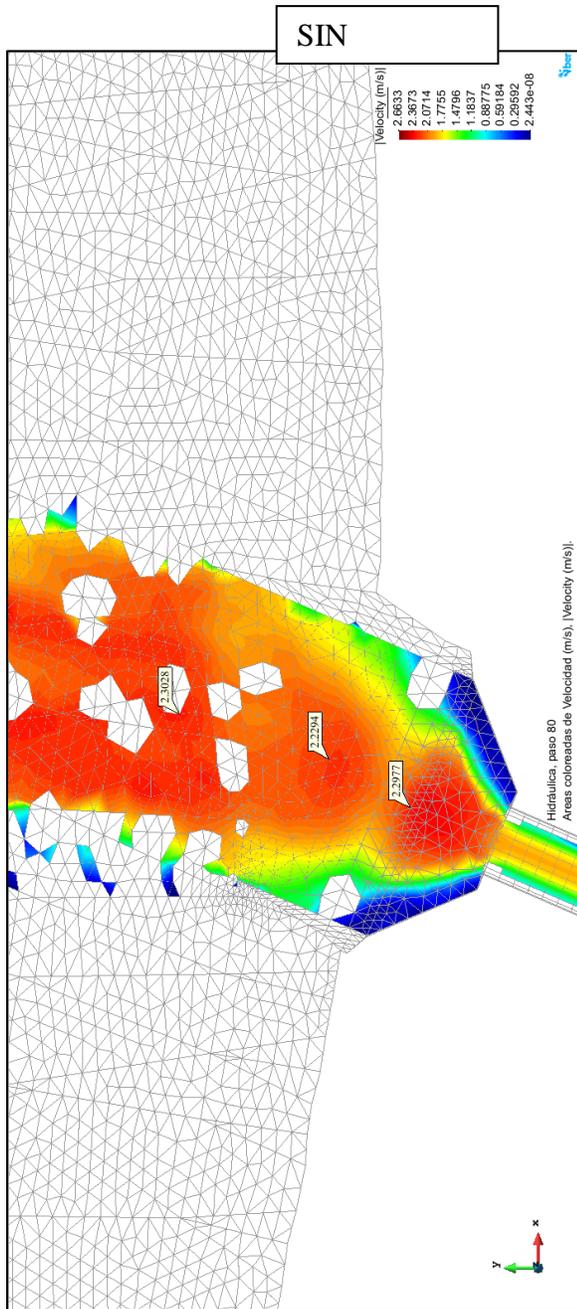


ENGINEERED EARTH ARMORING SOLUTIONS™

www.propex.com

Alcantarilla N°1 - Progresiva 30+130.

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

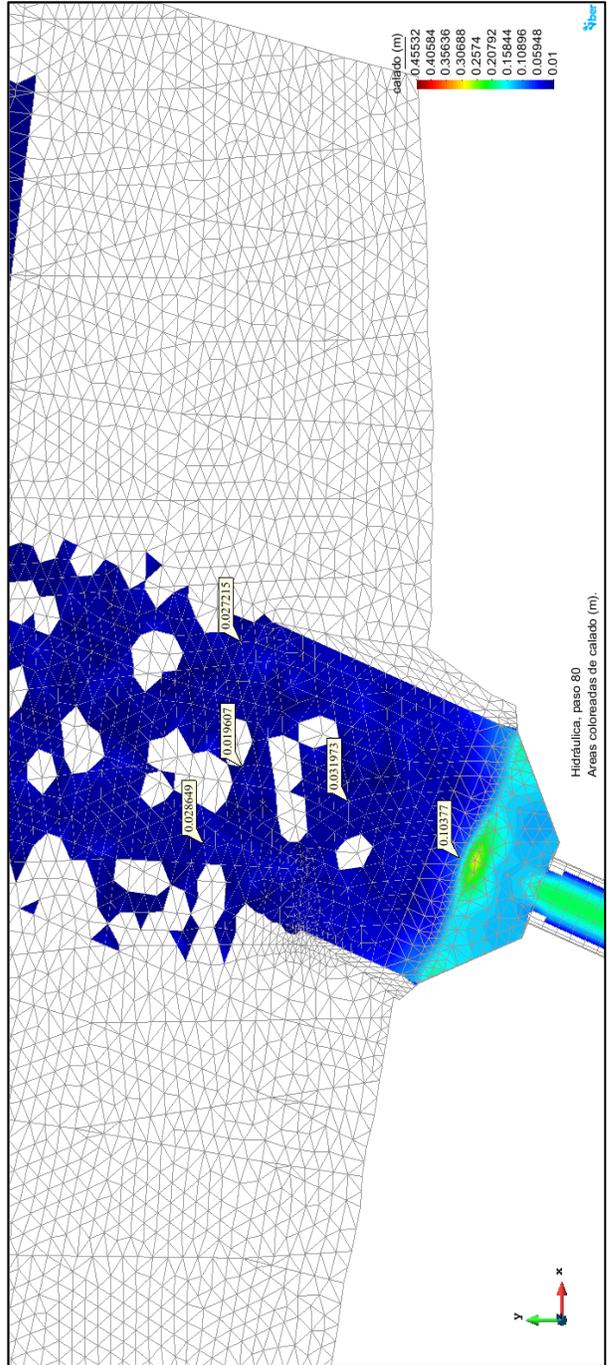
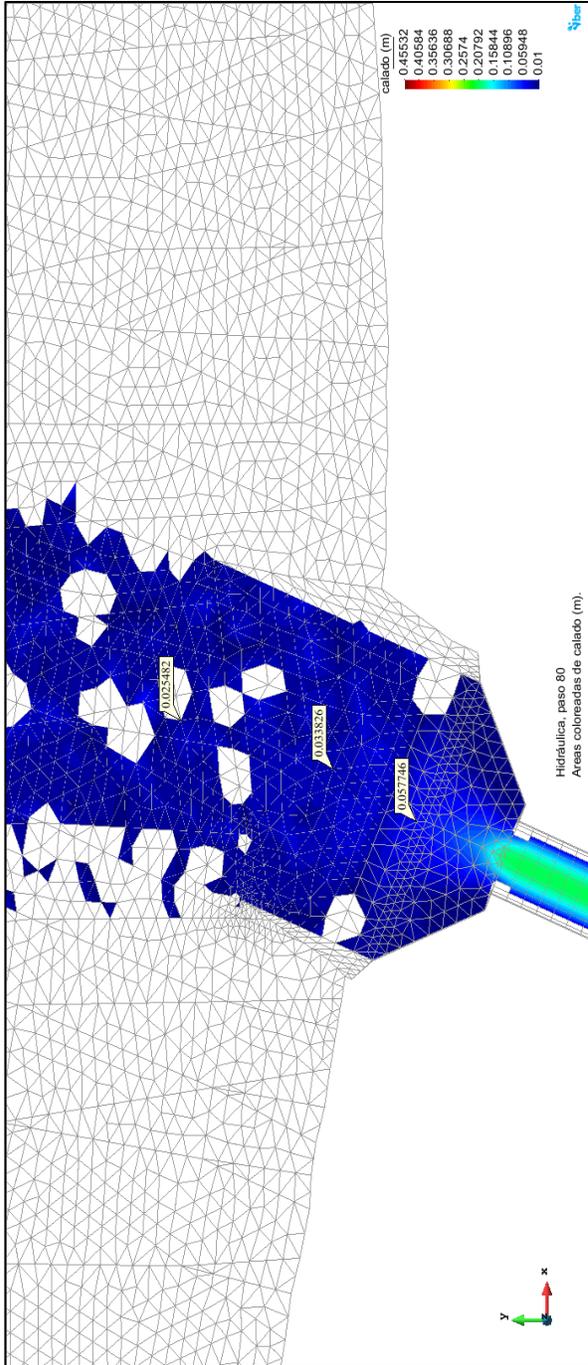


Alcantarilla N°1 - Progresiva 30+130

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

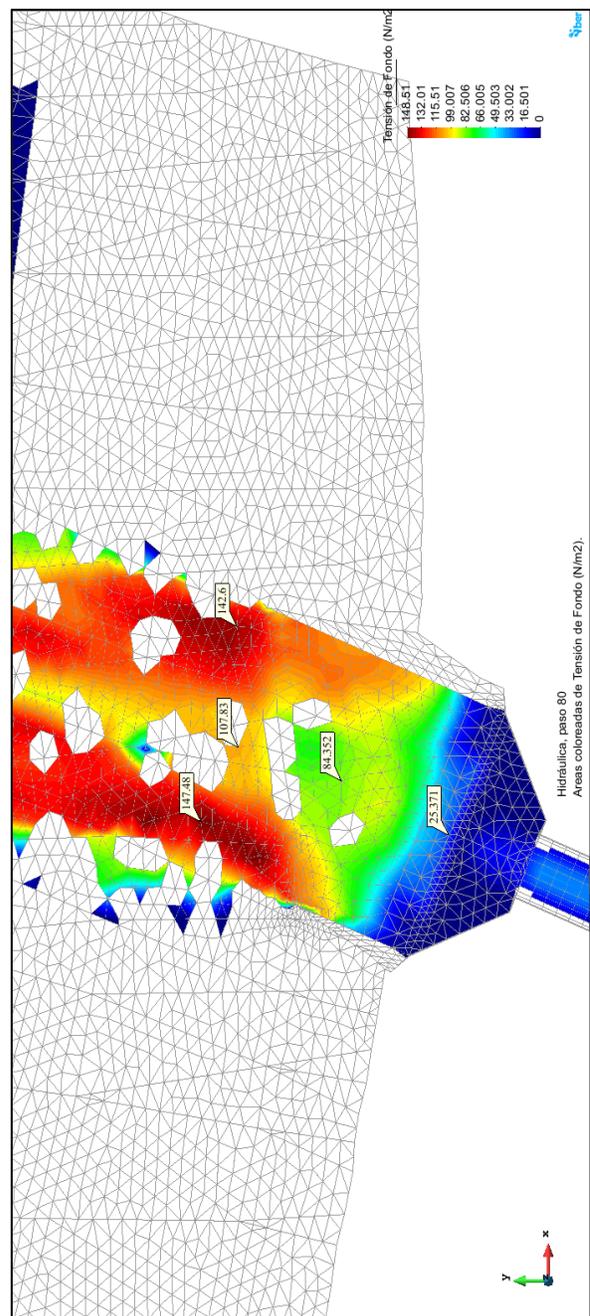
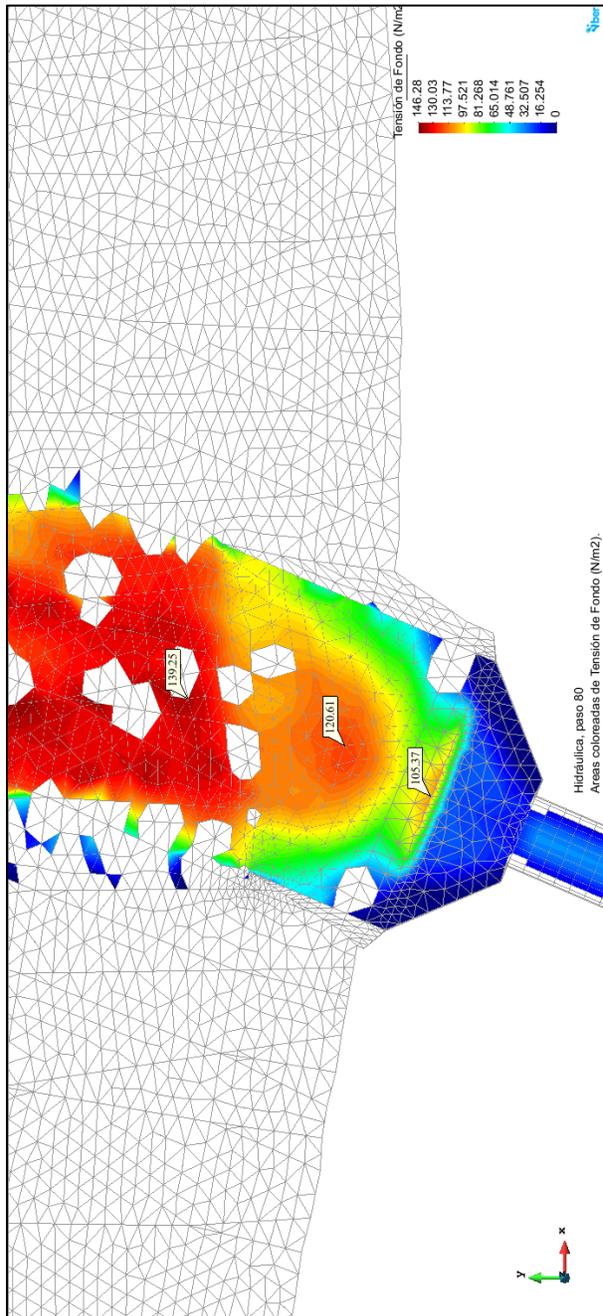


Alcantarilla N°1 - Progresiva 30+130.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

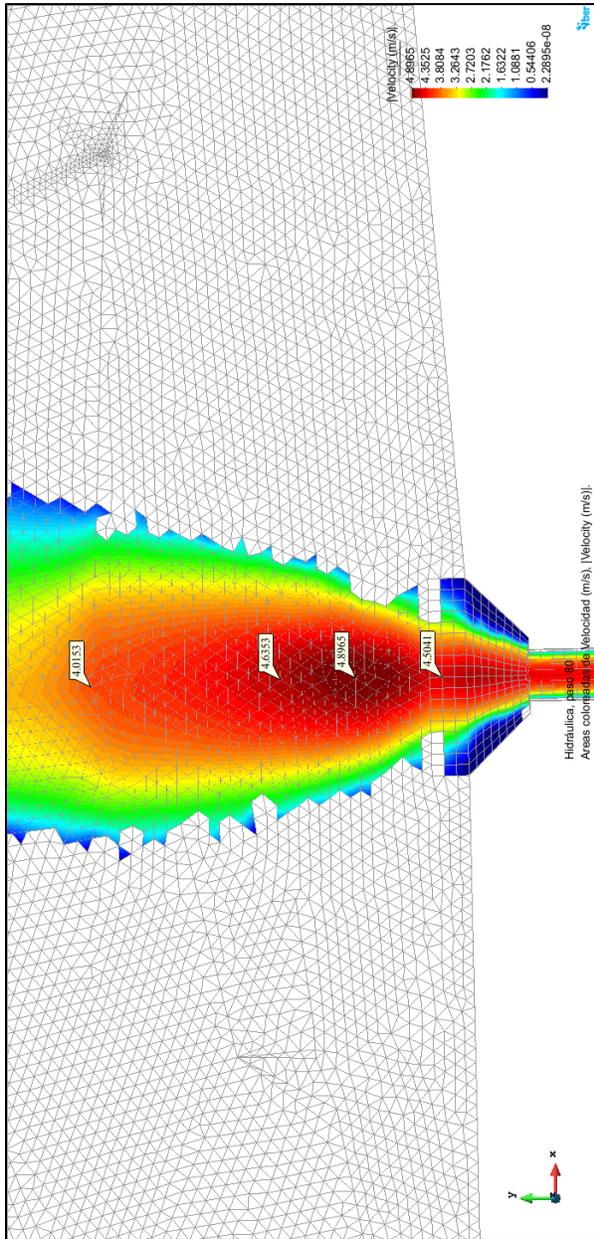
CON



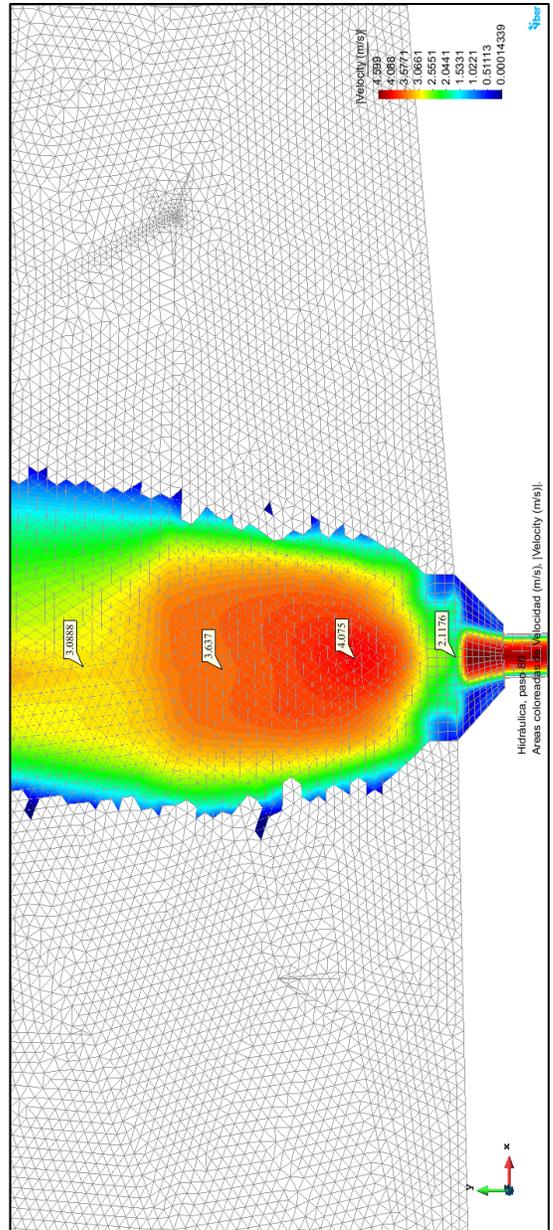
Alcantarilla N°2 - Progresiva 32+130.

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN



CON

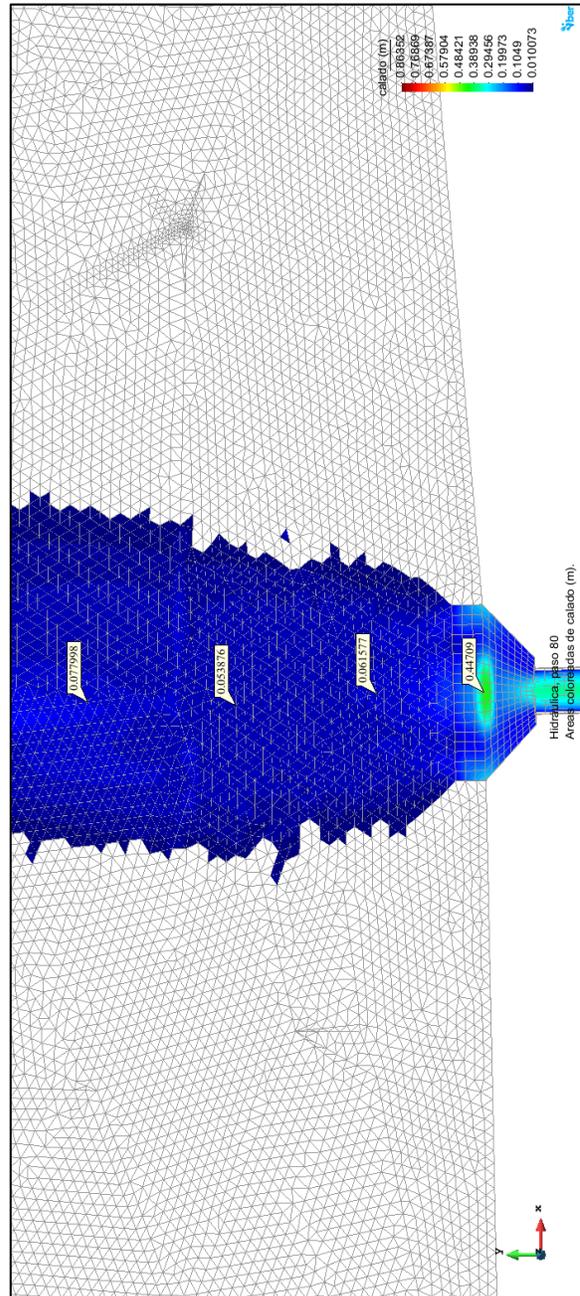
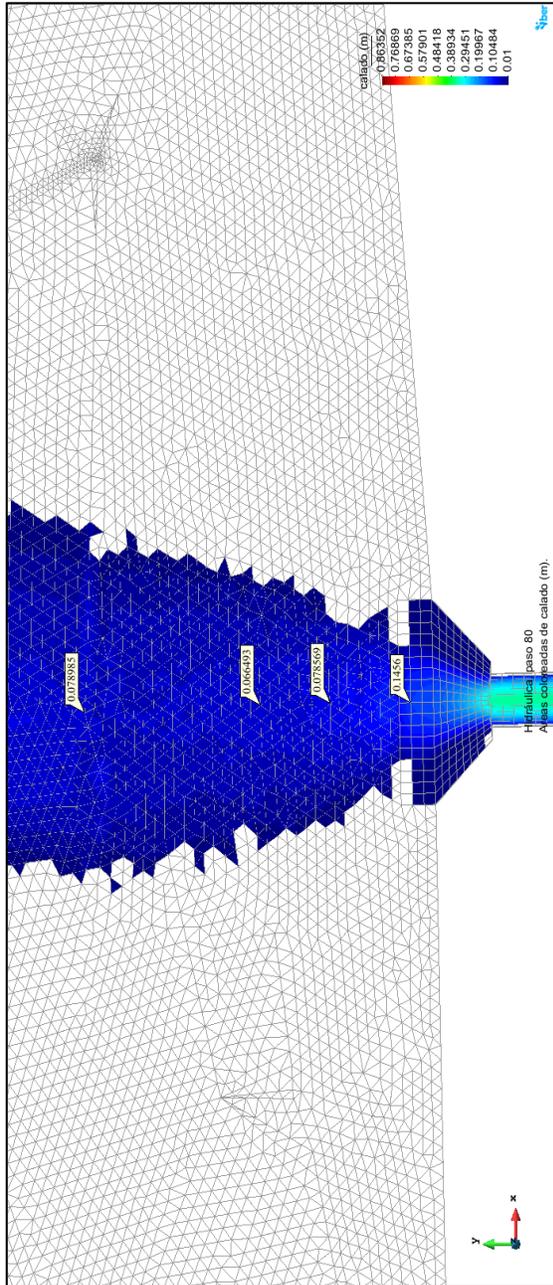


Alcantarilla N°2 - Progresiva 32+130.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

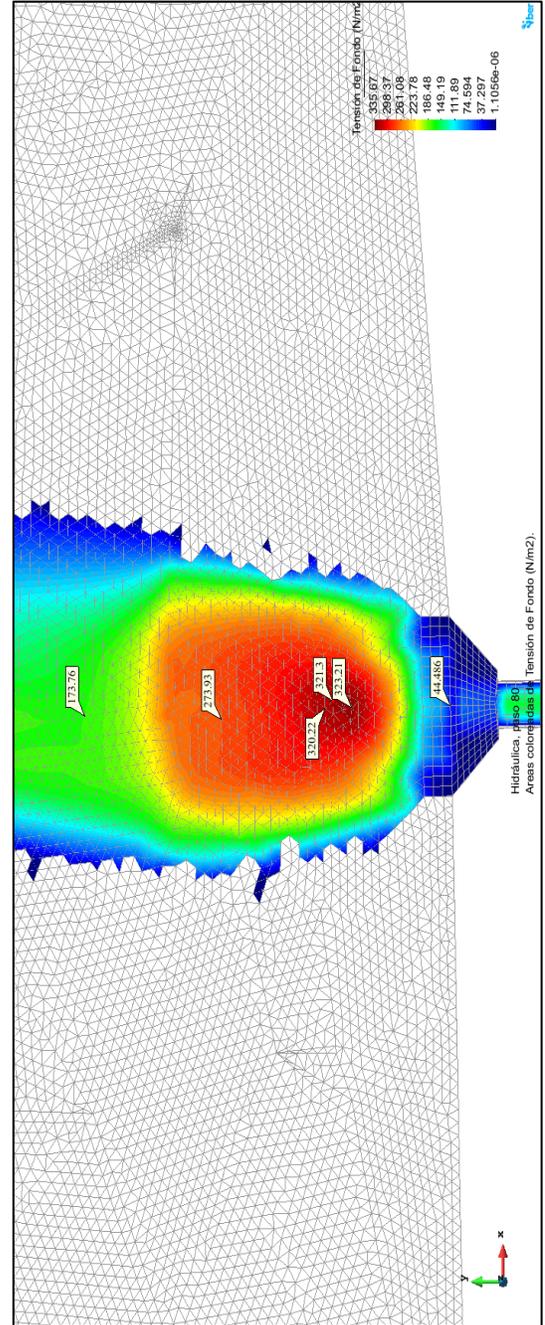
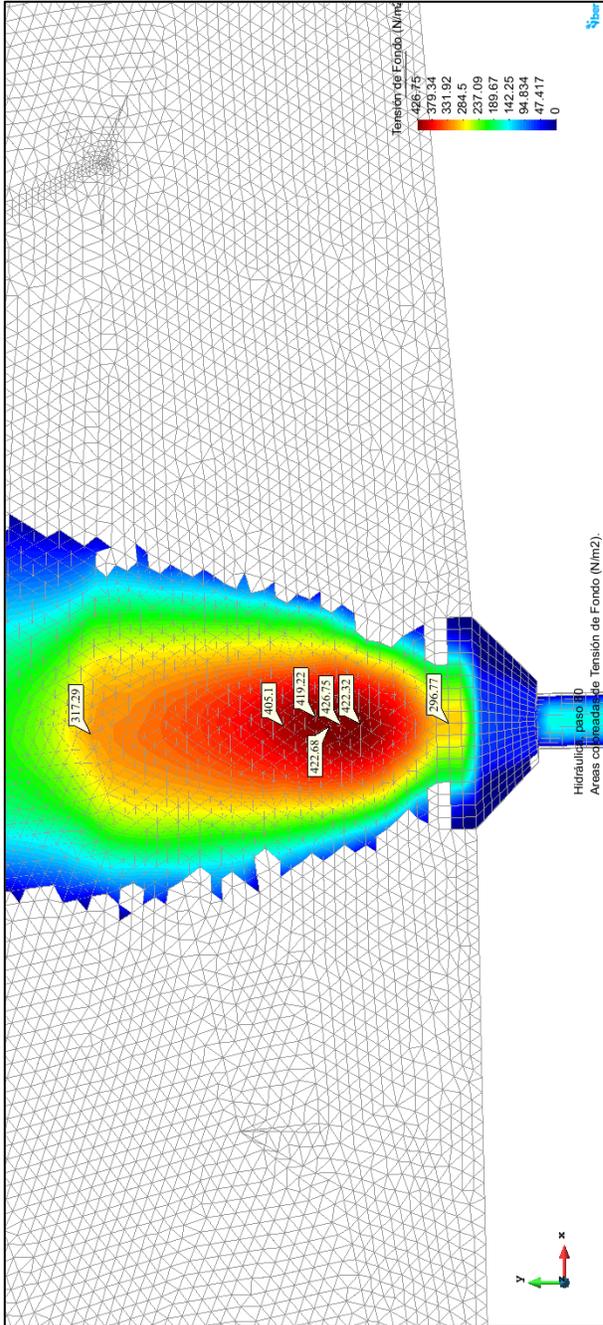


Alcantarilla N°2 - Progresiva 32+130.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

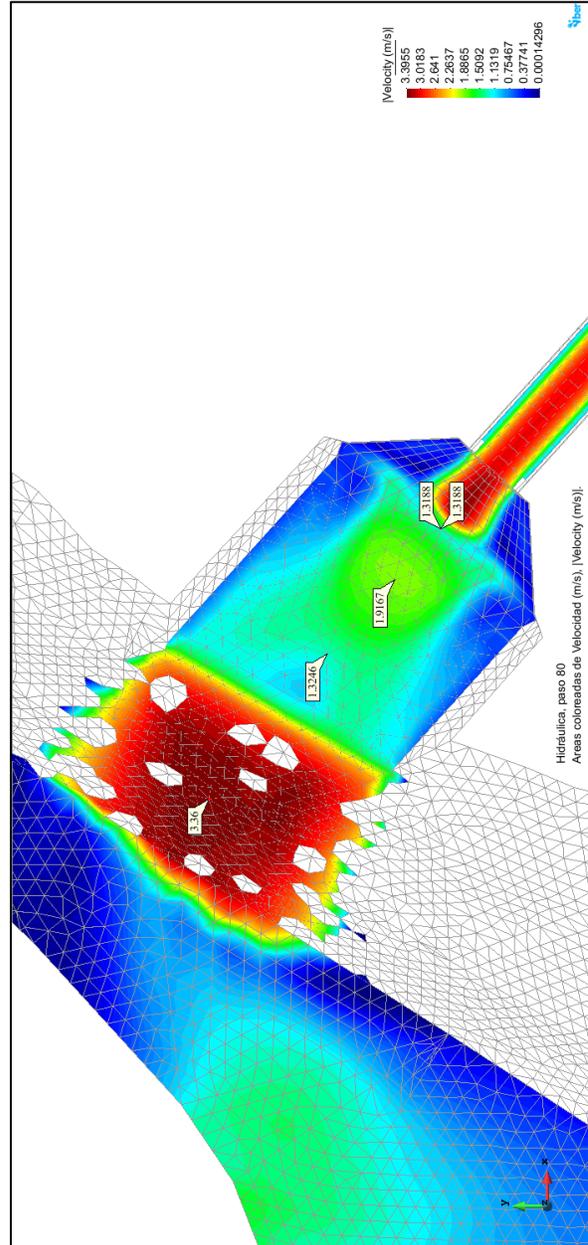
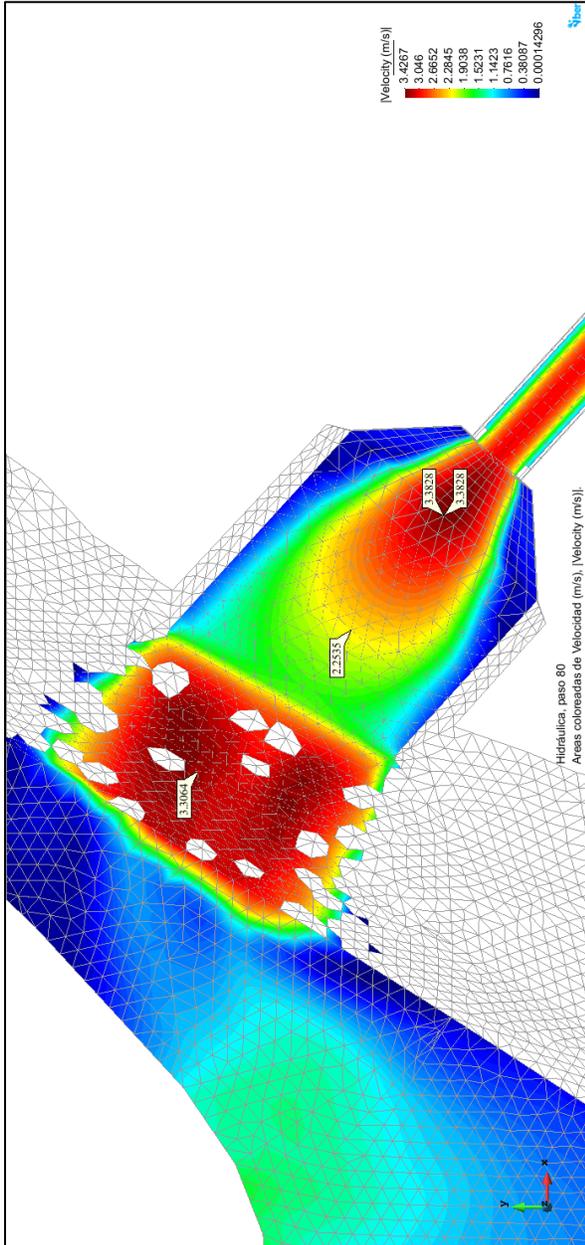


Alcantarilla N°3 - Progresiva 64+810

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

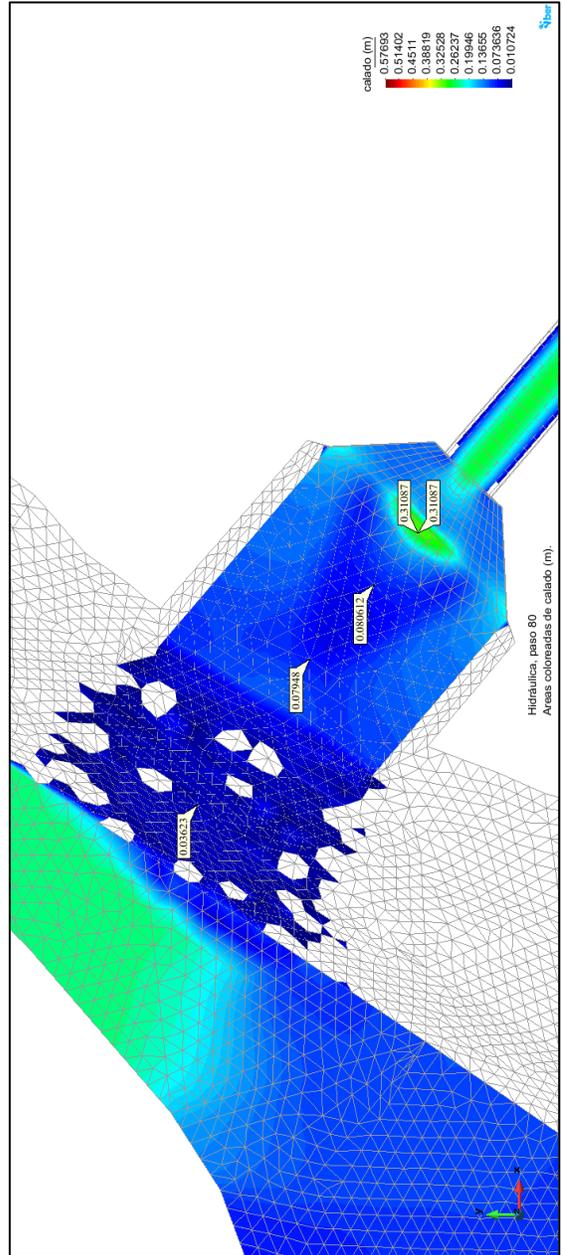
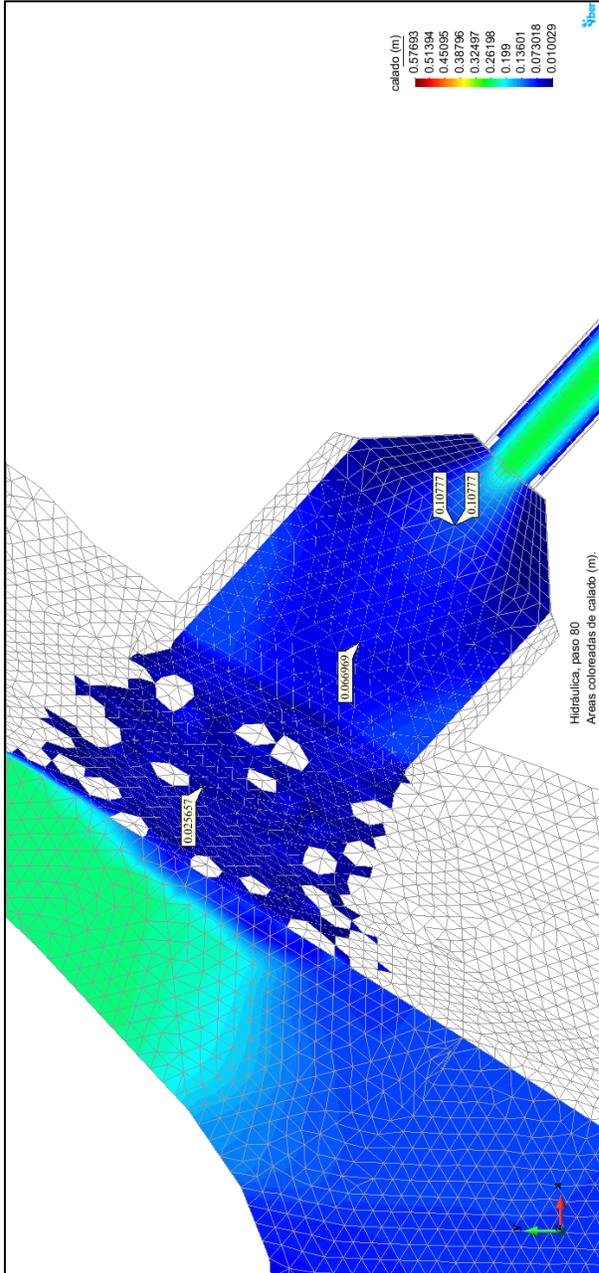


Alcantarilla N°3 - Progresiva 64+810

Mapa de tirantes de modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

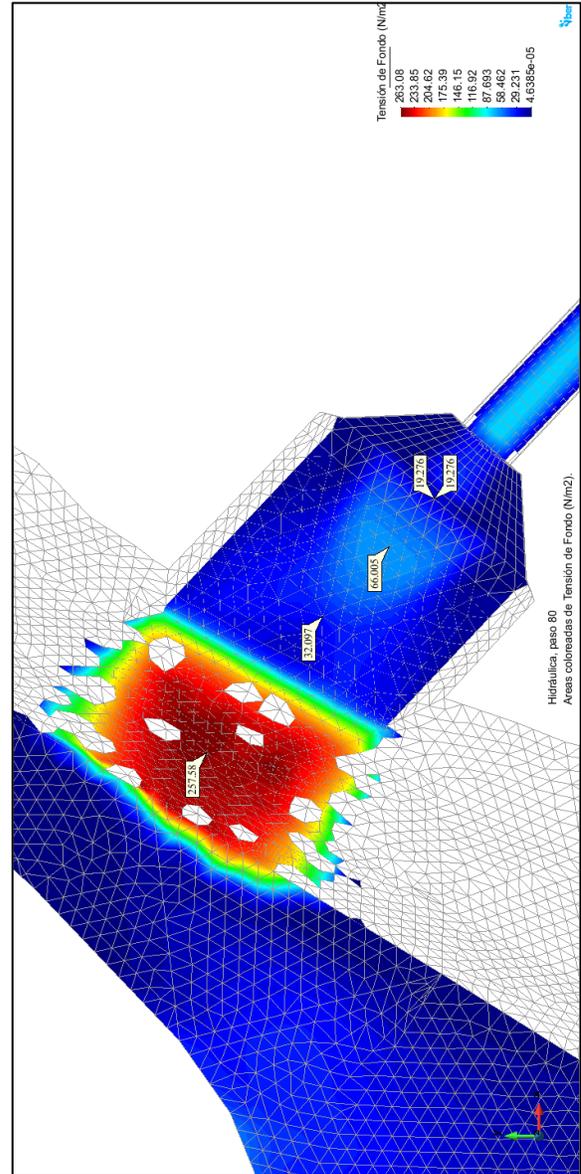
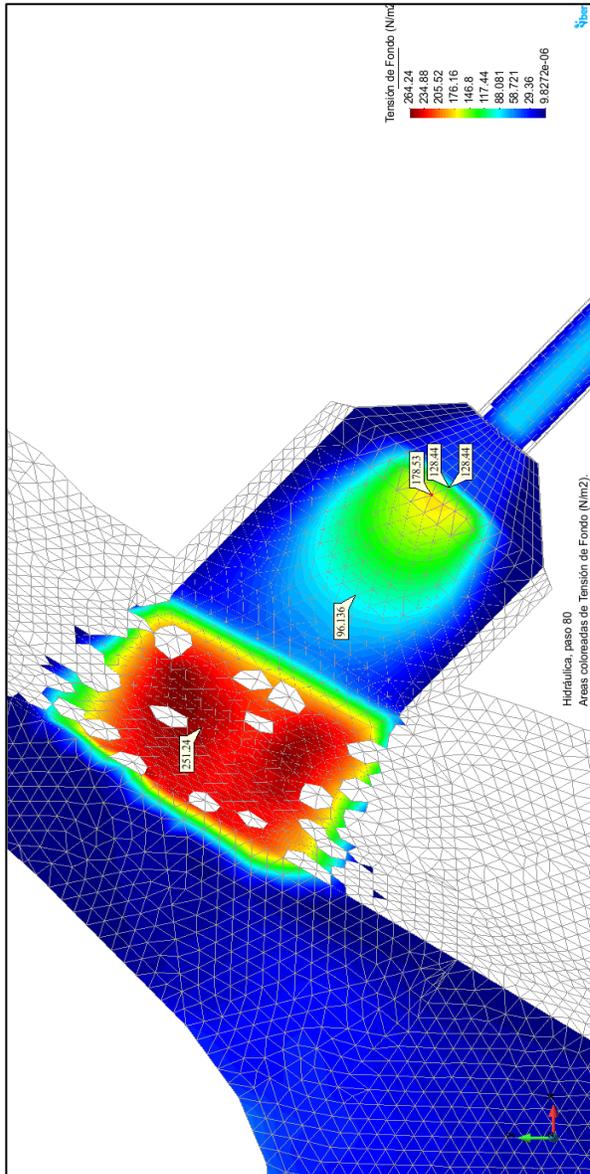


Alcantarilla N°3 - Progresiva 64+810

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

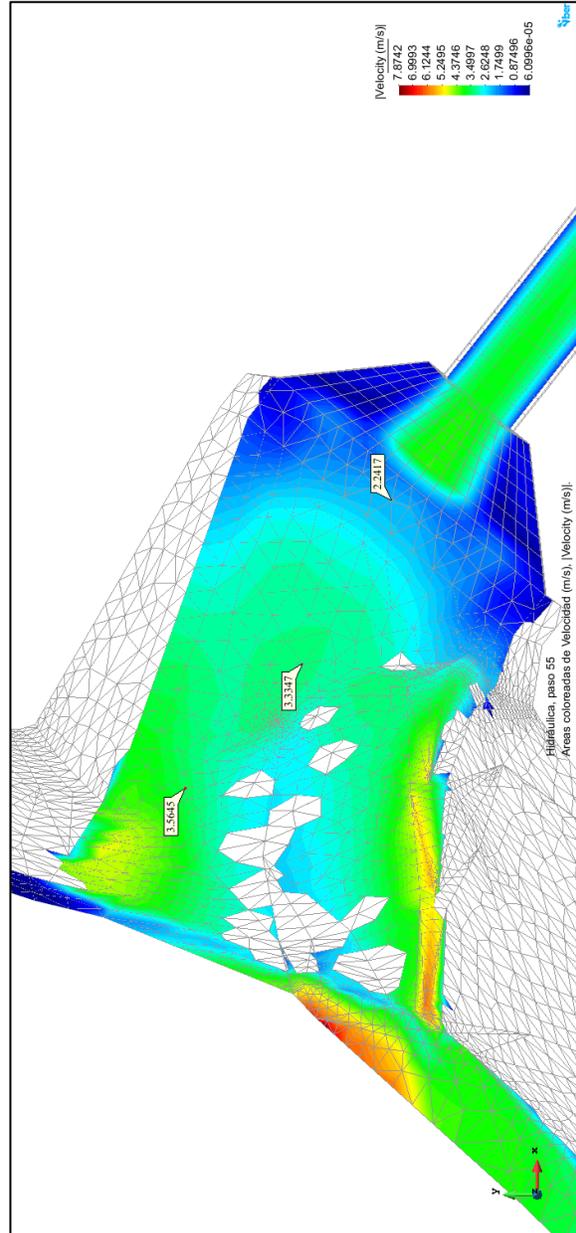
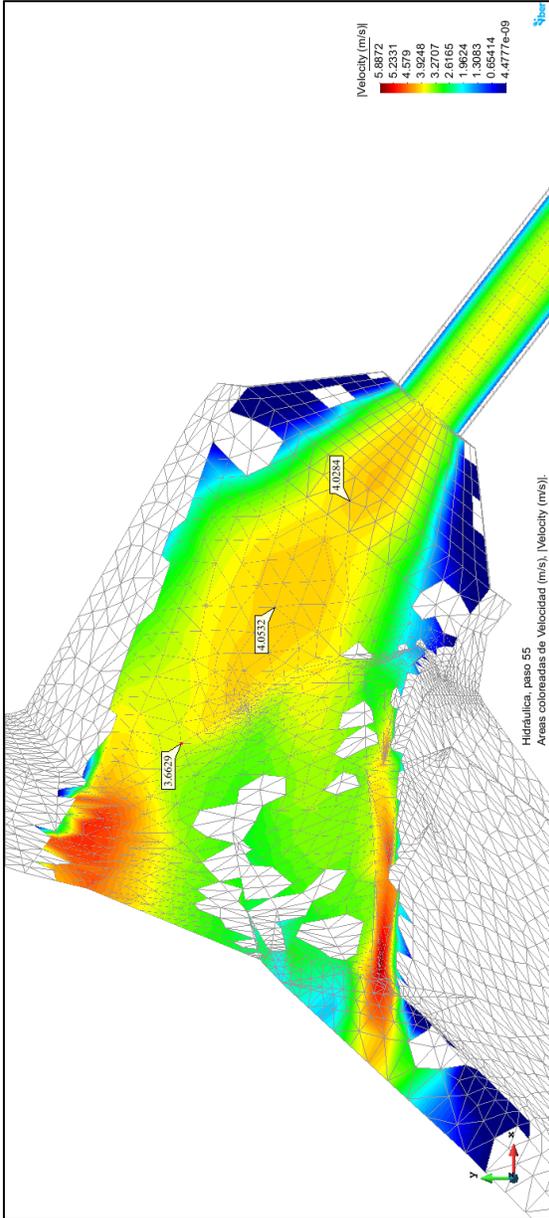


Alcantarilla N°4 - Progresiva 65-909

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

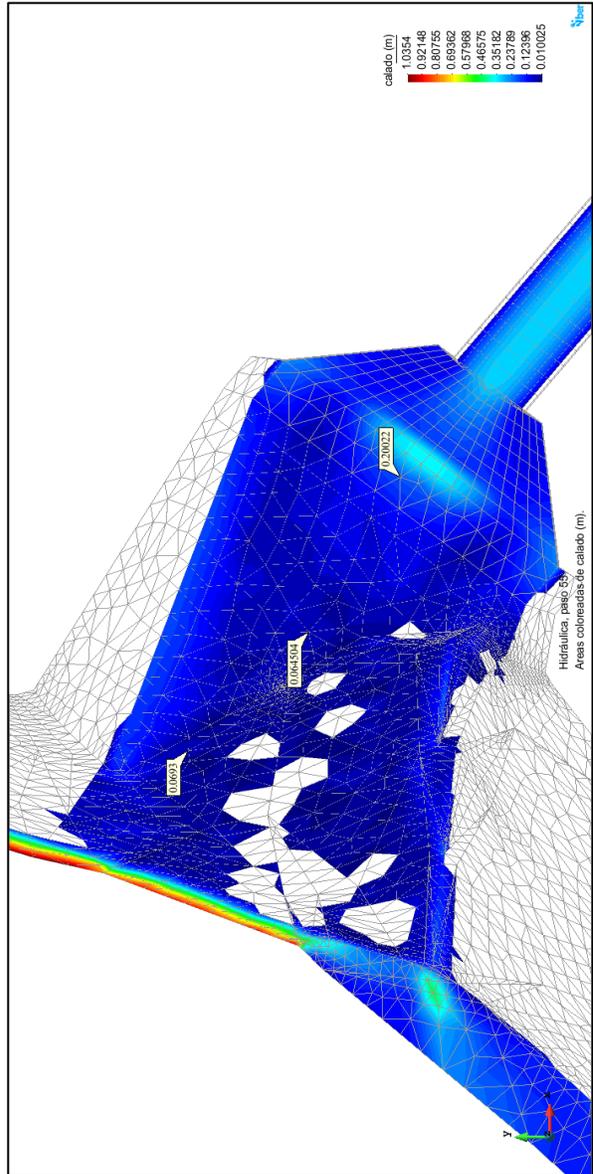
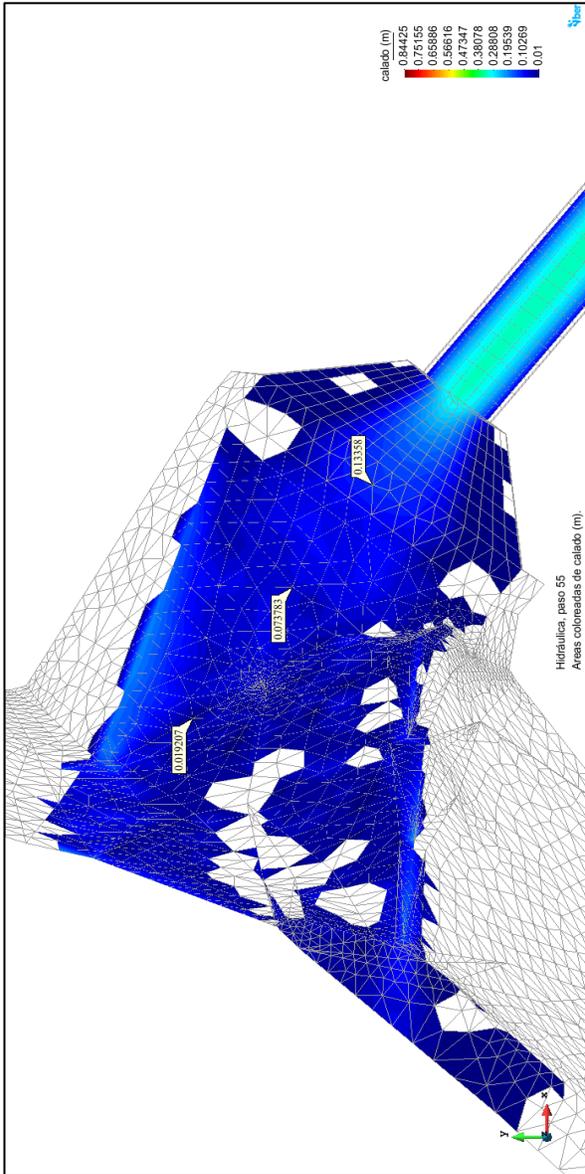


Alcantarilla N°4 - Progresiva 65-909

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

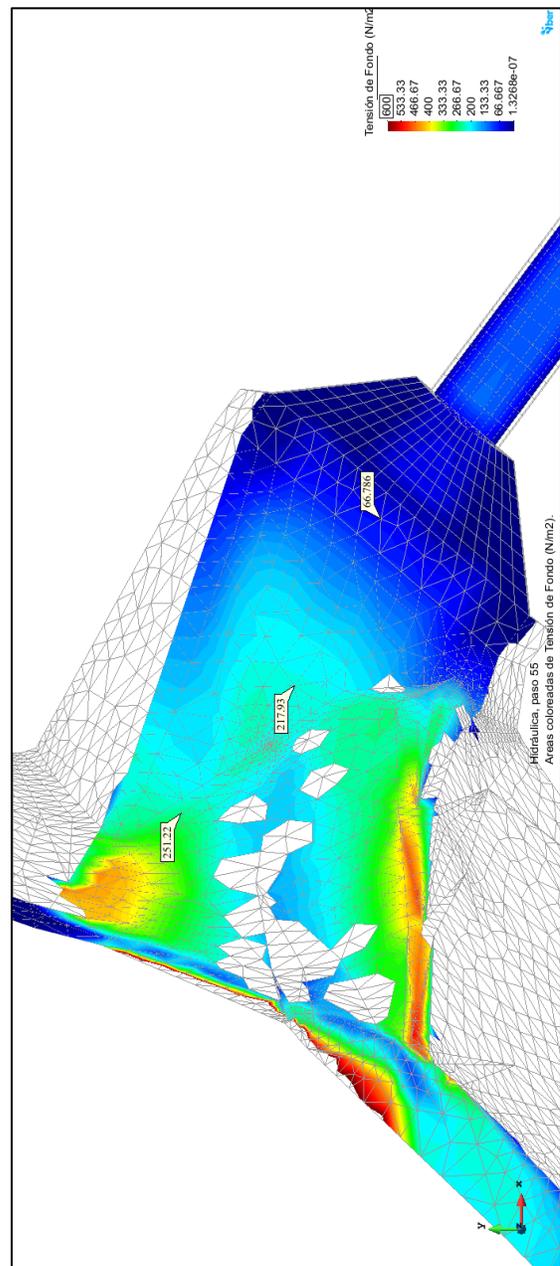
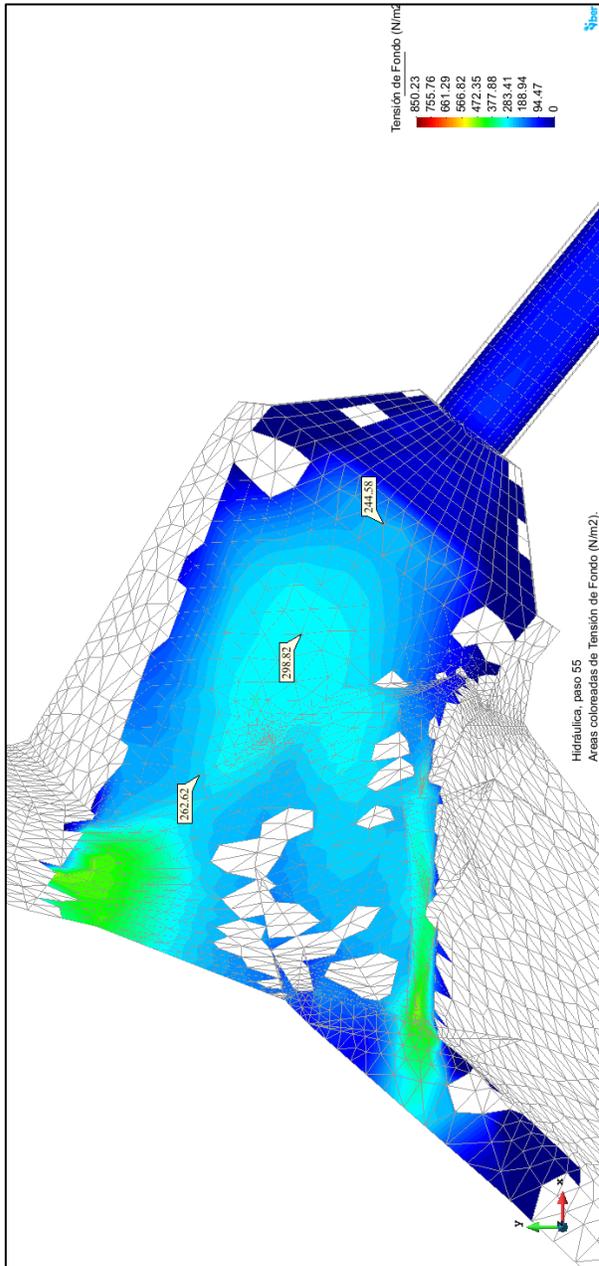


Alcantarilla N°4 - Progresiva 65-909

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

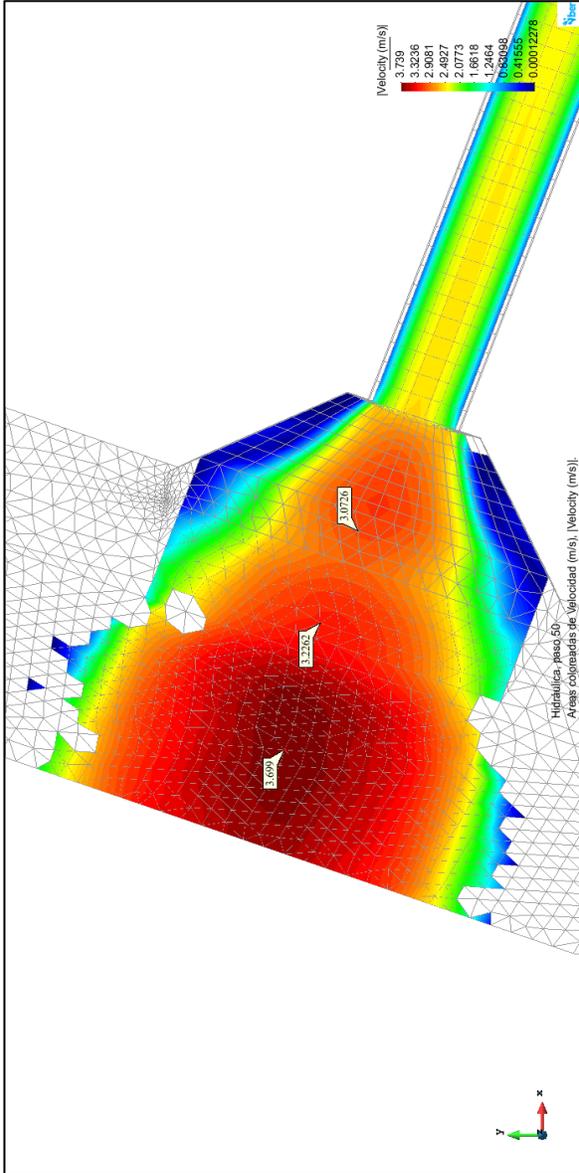
CON



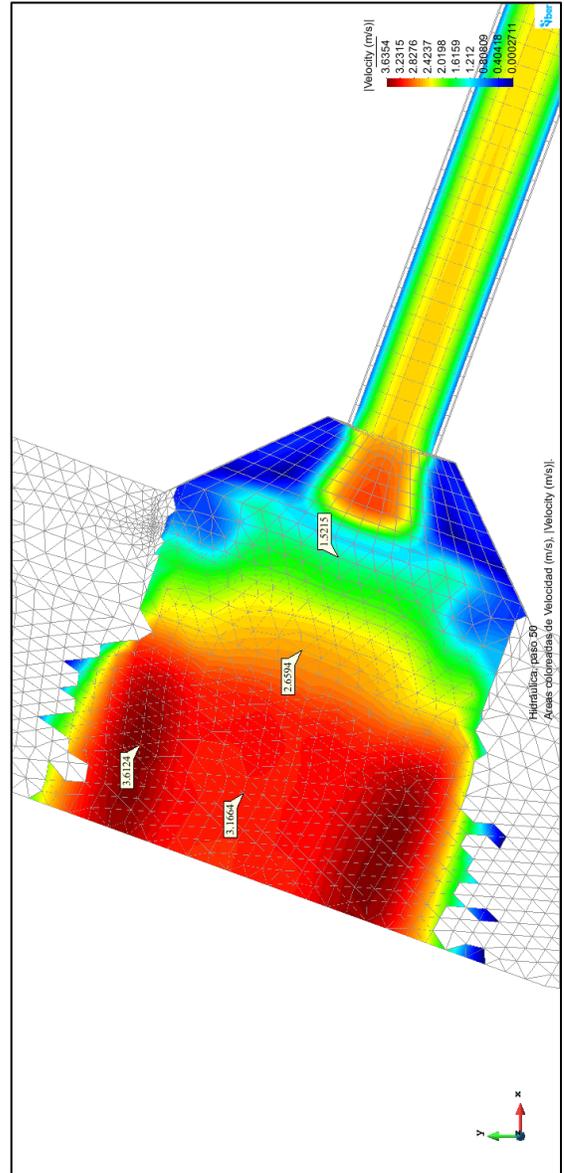
Alcantarilla N°5 - Progresiva 71+820

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN



CON

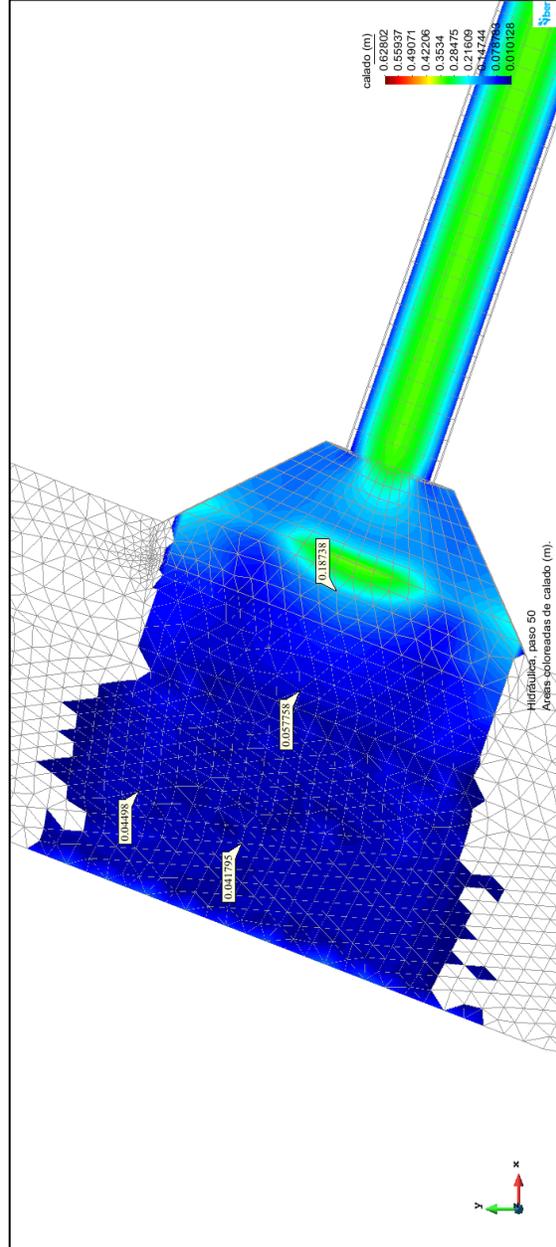
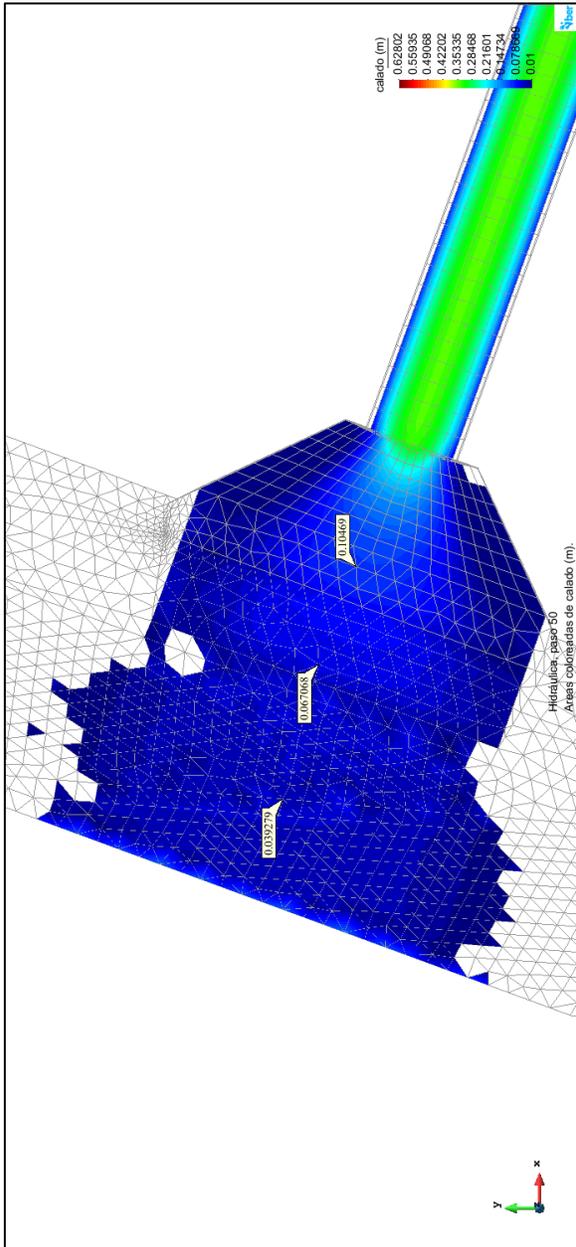


Alcantarilla N°5 - Progresiva 71+820

Mapa de tirantes de modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

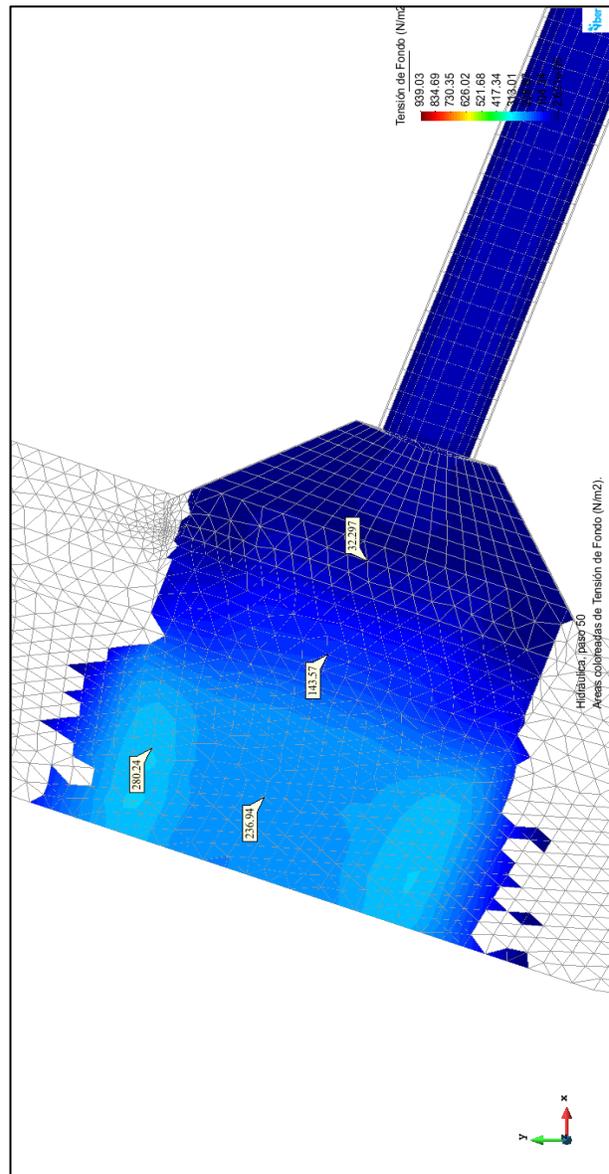
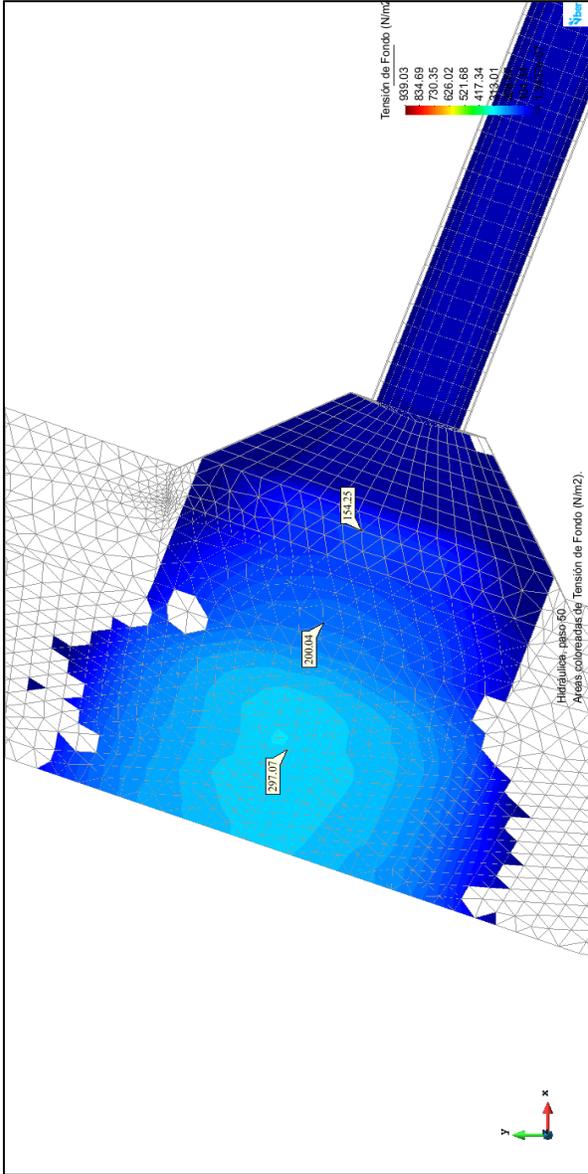


Alcantarilla N°5 - Progresiva 71+820

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

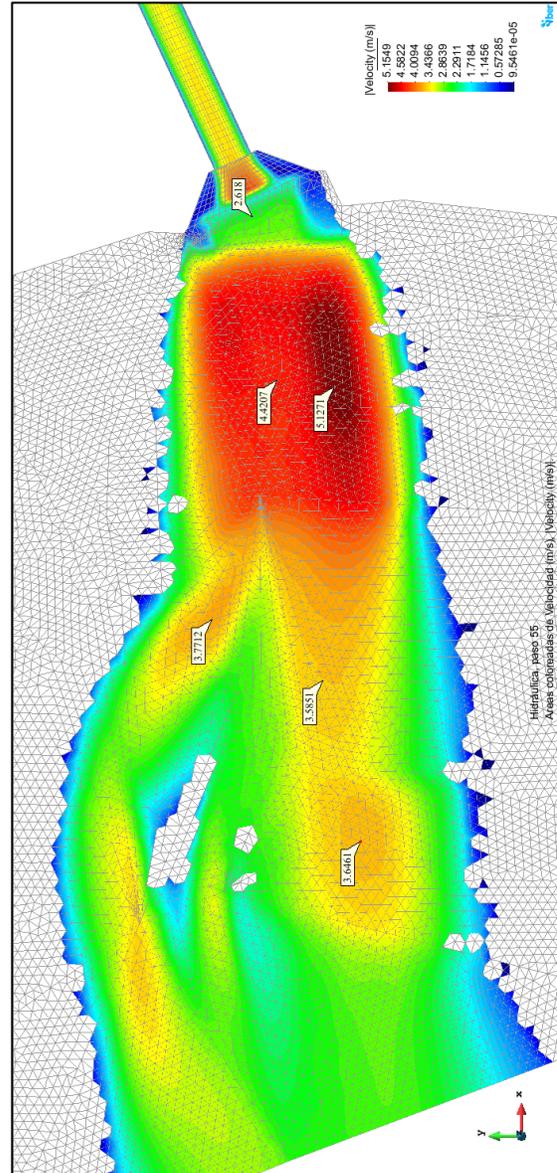
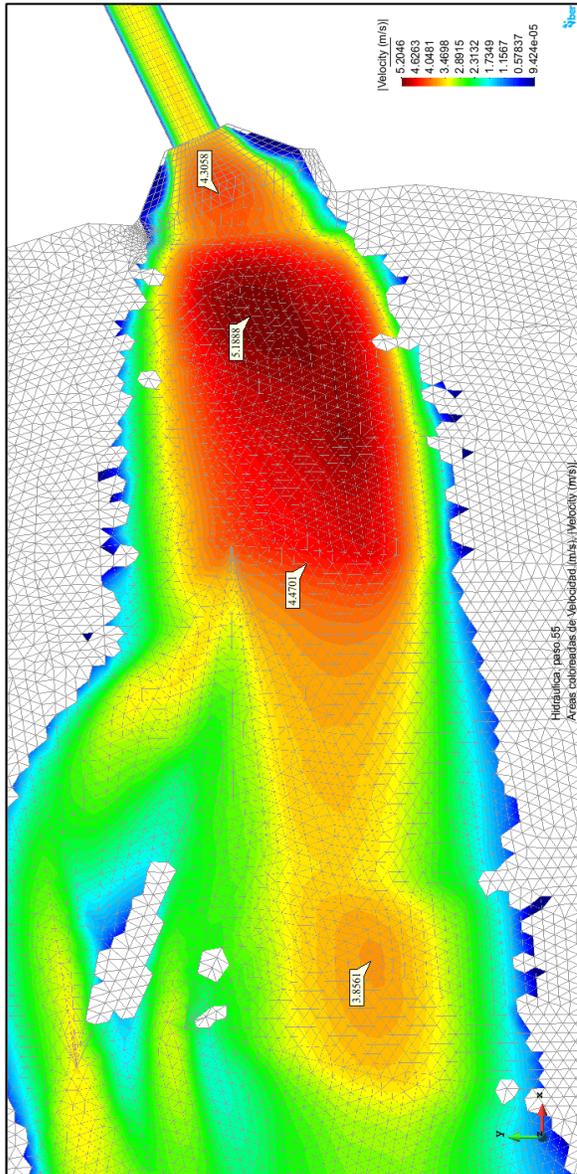


Alcantarilla N°6 - Progresiva 74+140

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

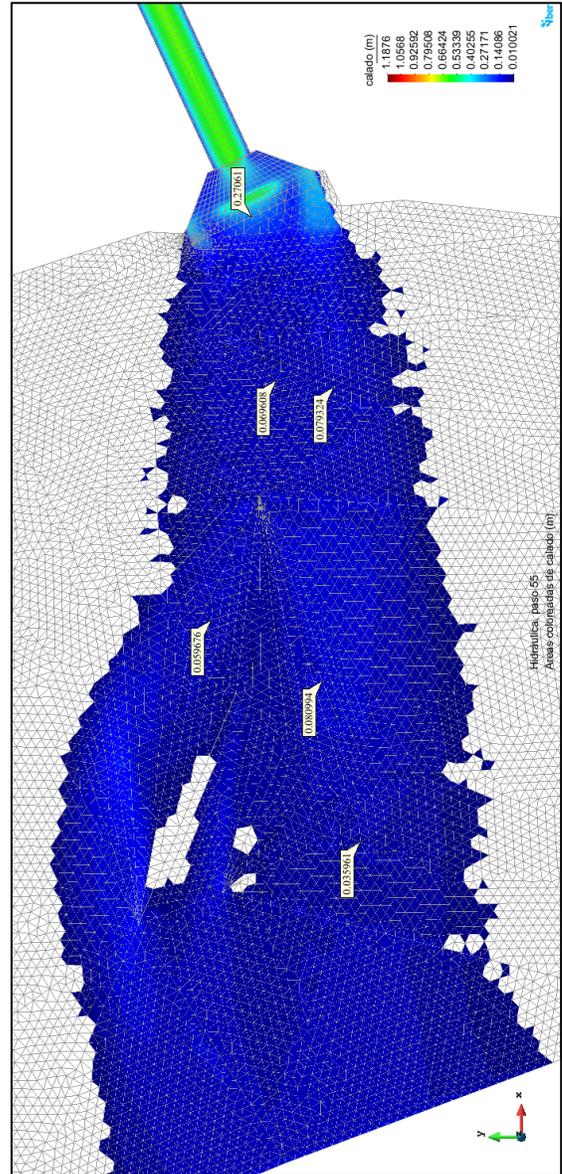
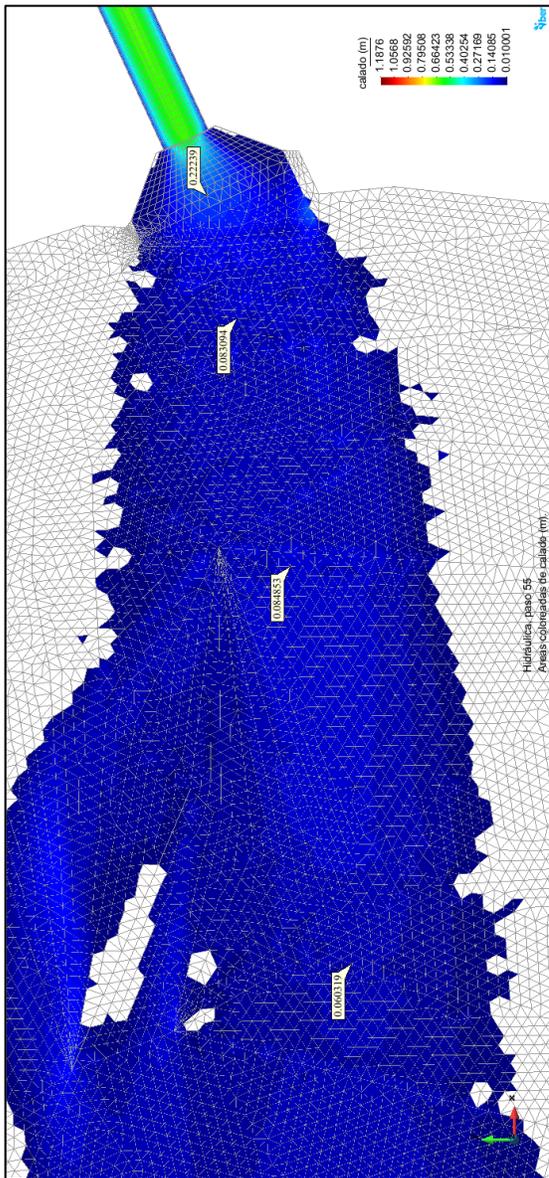


Alcantarilla N°6 - Progresiva 74+140

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

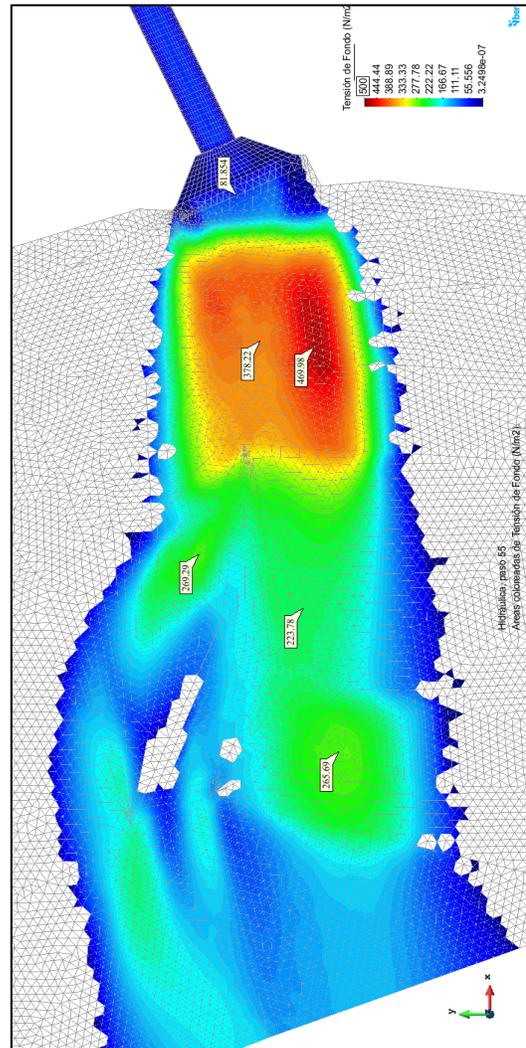
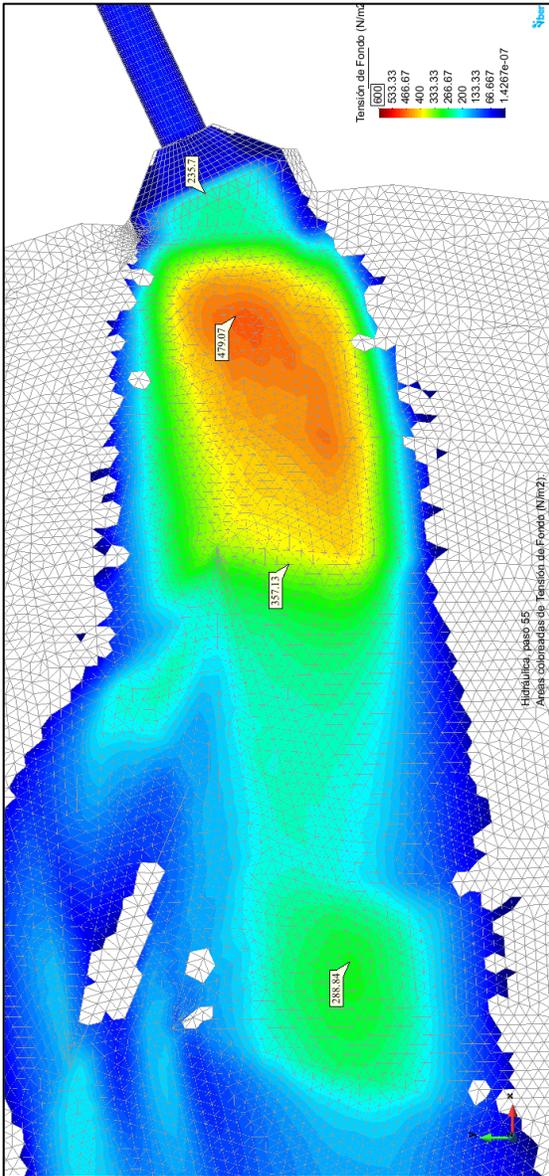


Alcantarilla N°6 - Progresiva 74+140

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

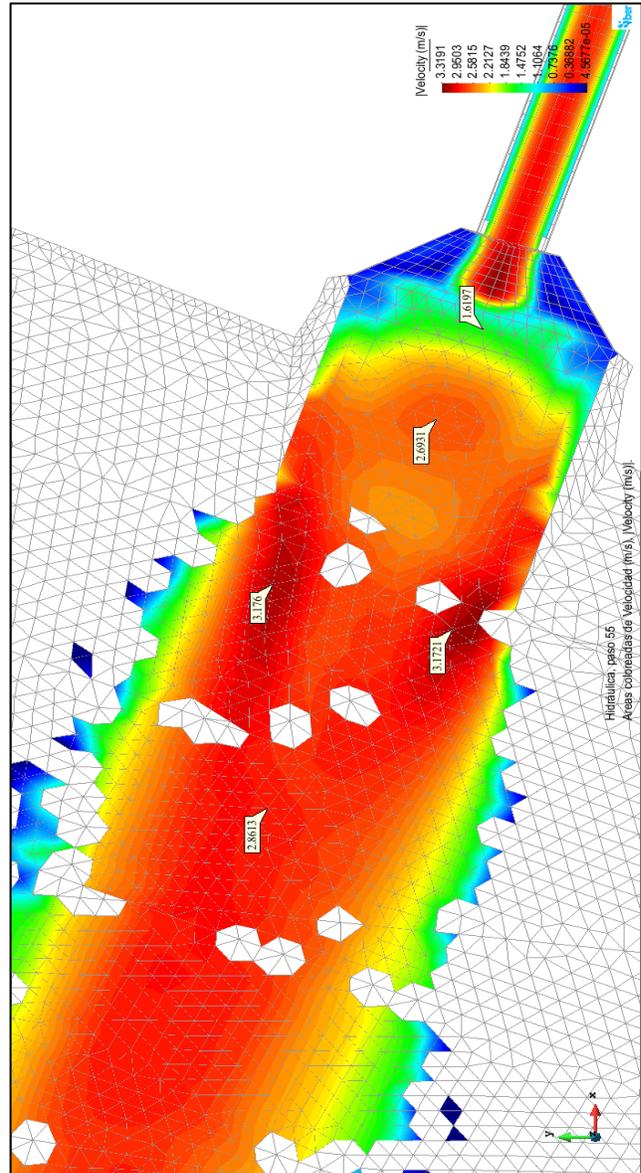
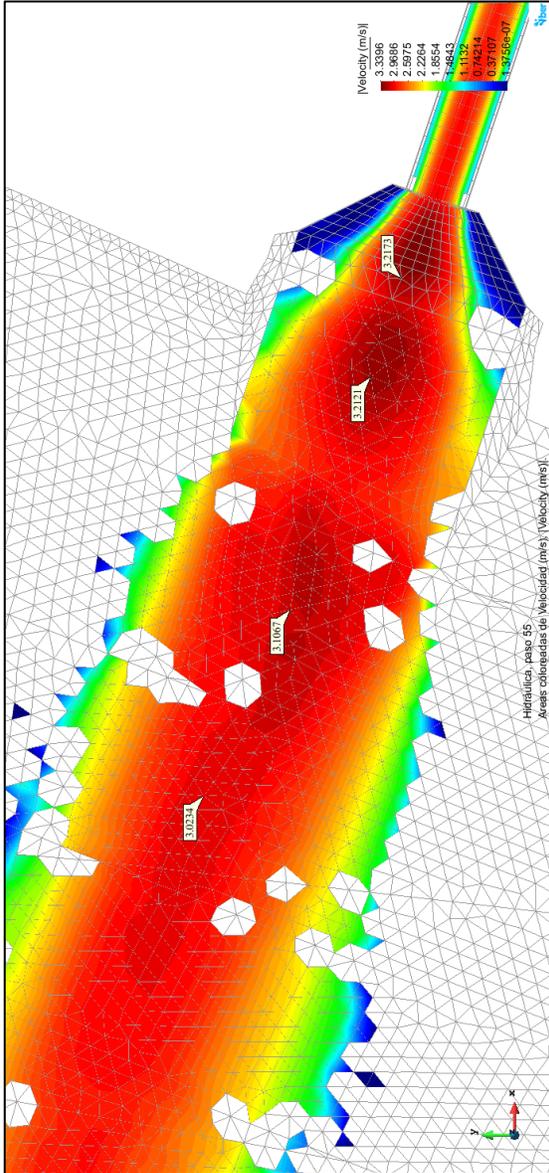


Alcantarilla N°7 - Progresiva 76+700

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

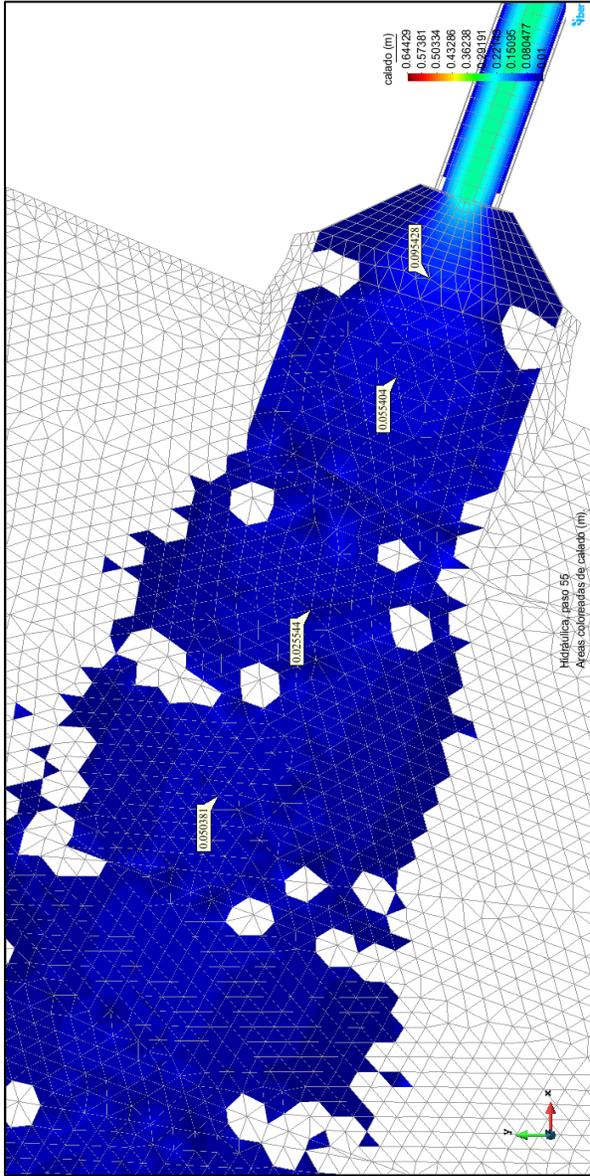


Alcantarilla N°7 - Progresiva 76+700

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

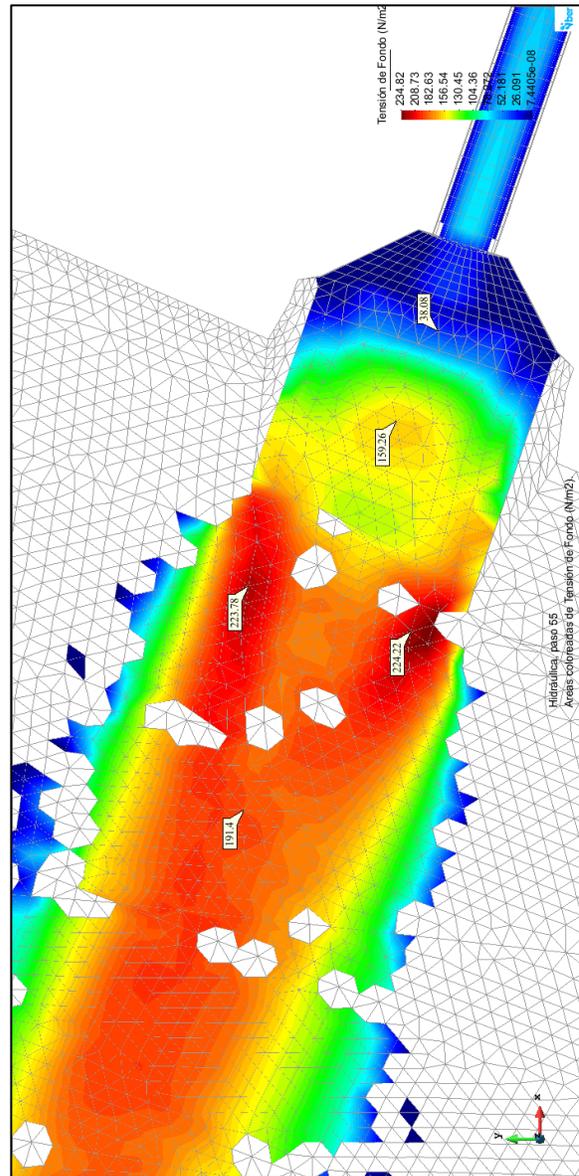
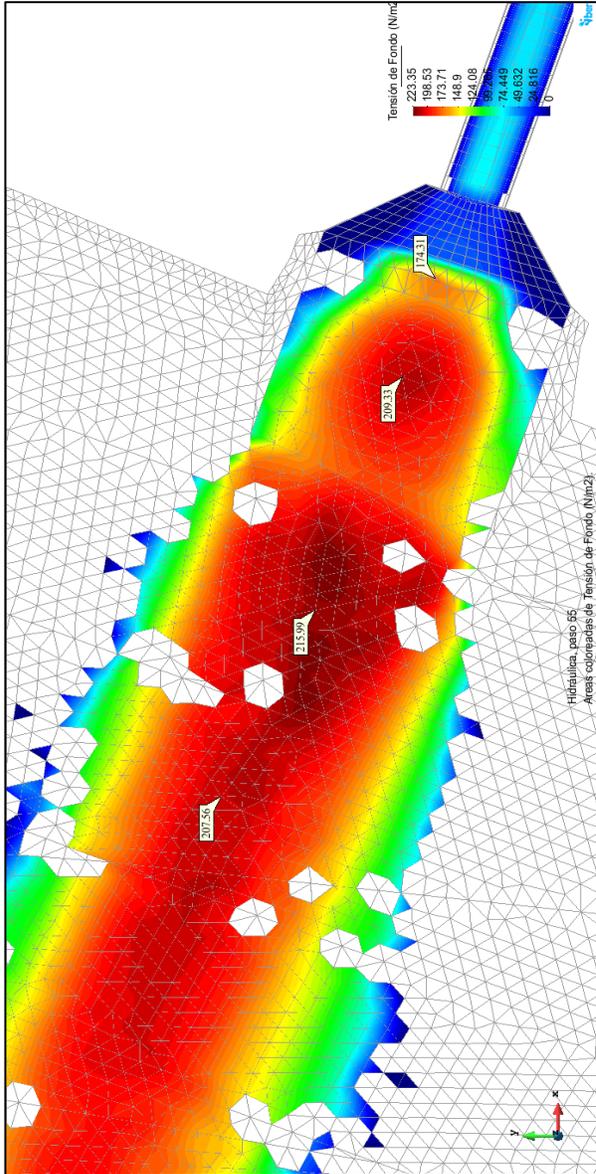


Alcantarilla N°7 - Progresiva 76+700

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

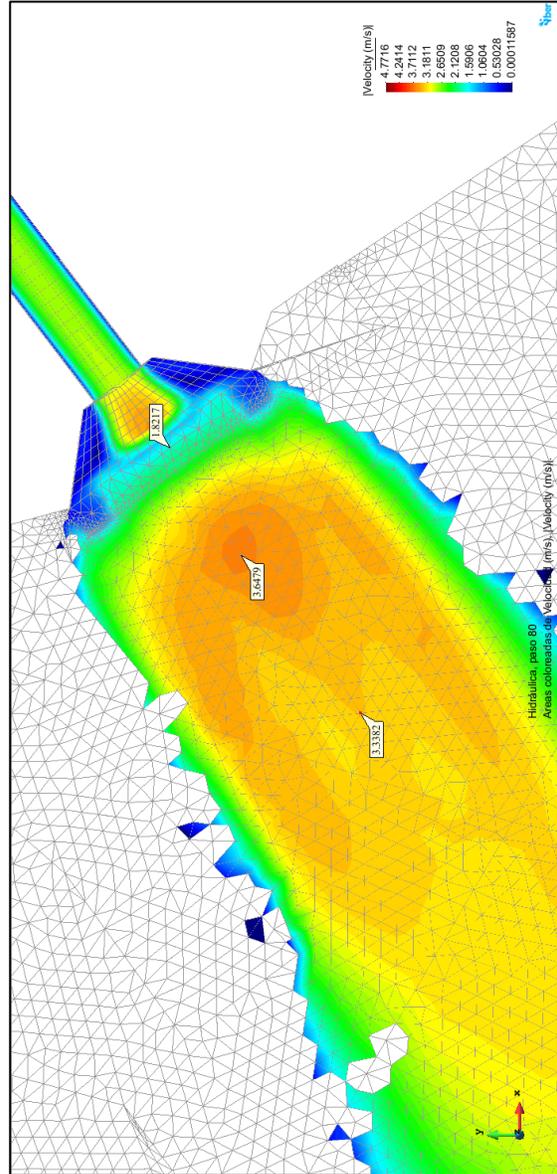
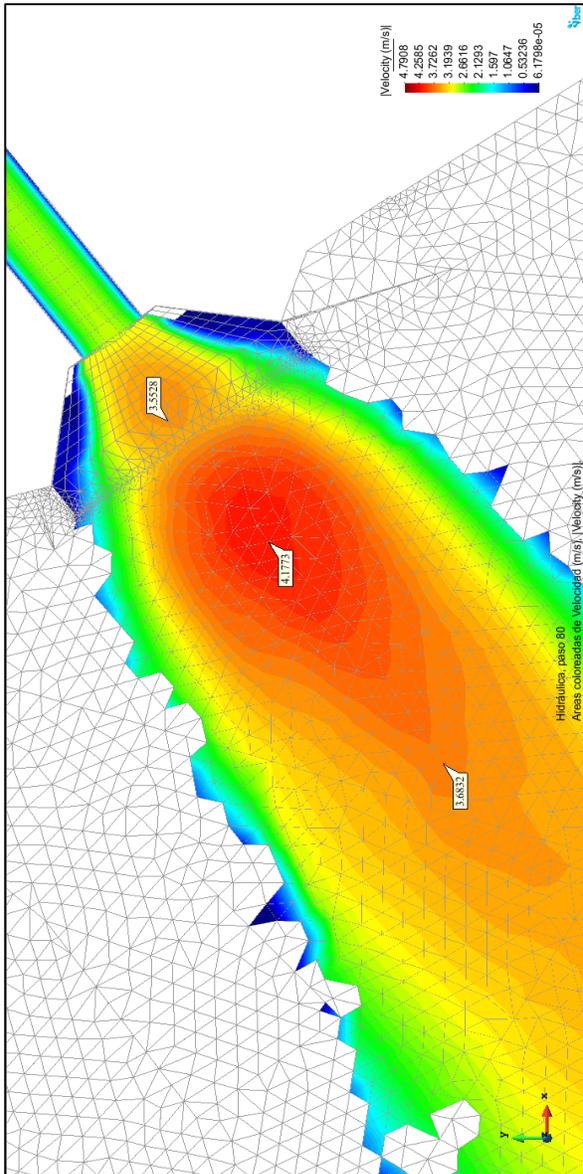


Alcantarilla N°8- Progresiva 76+892

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

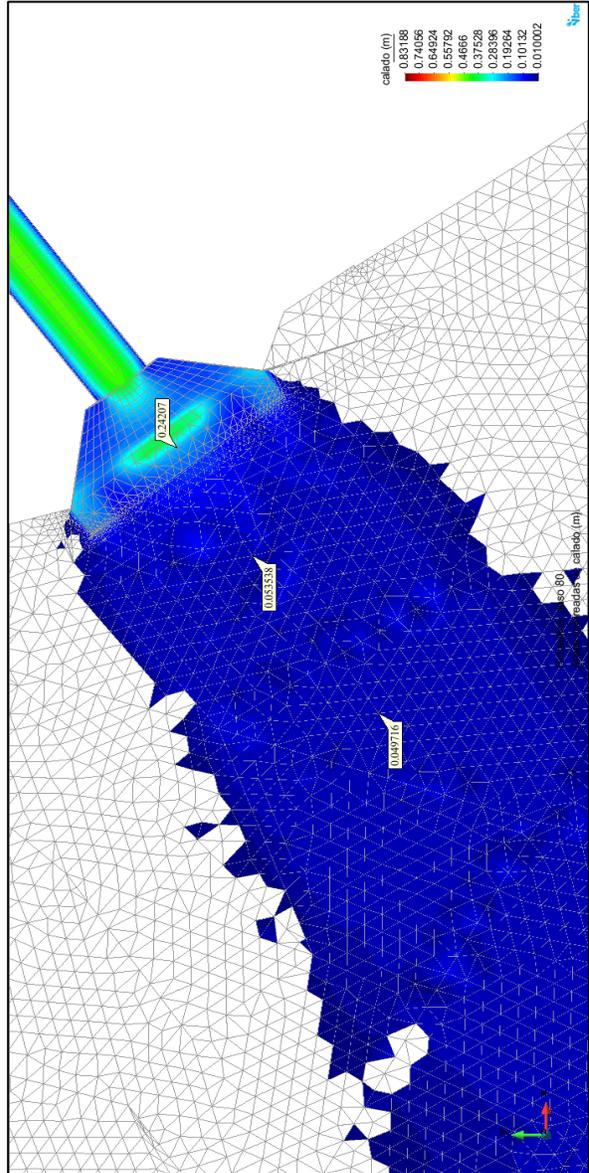
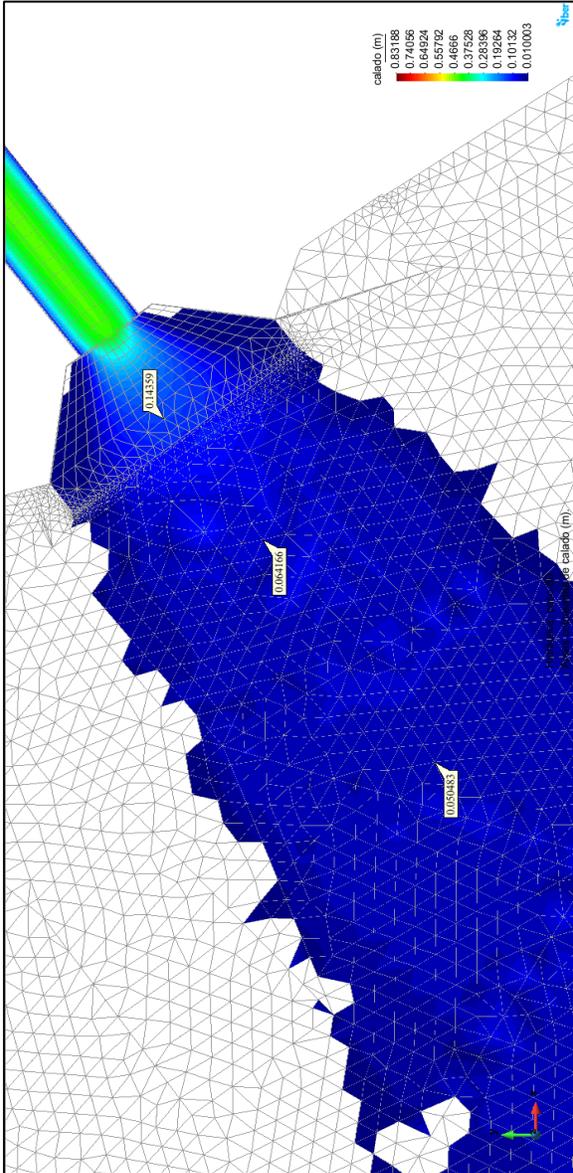


Alcantarilla N°8- Progresiva 76+892

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

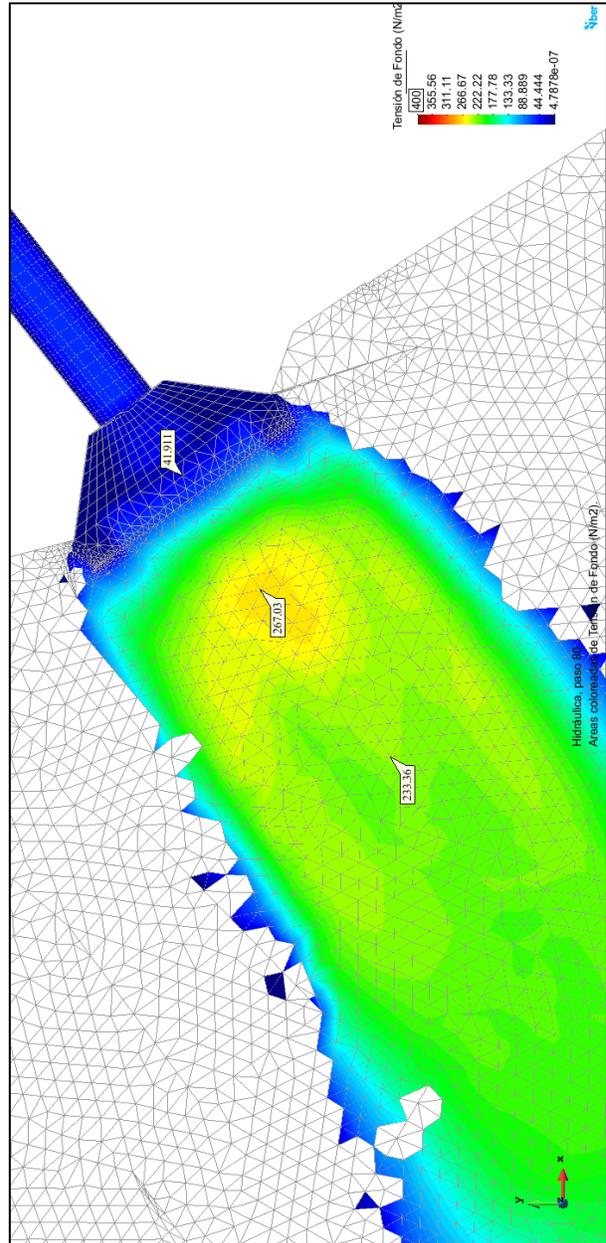
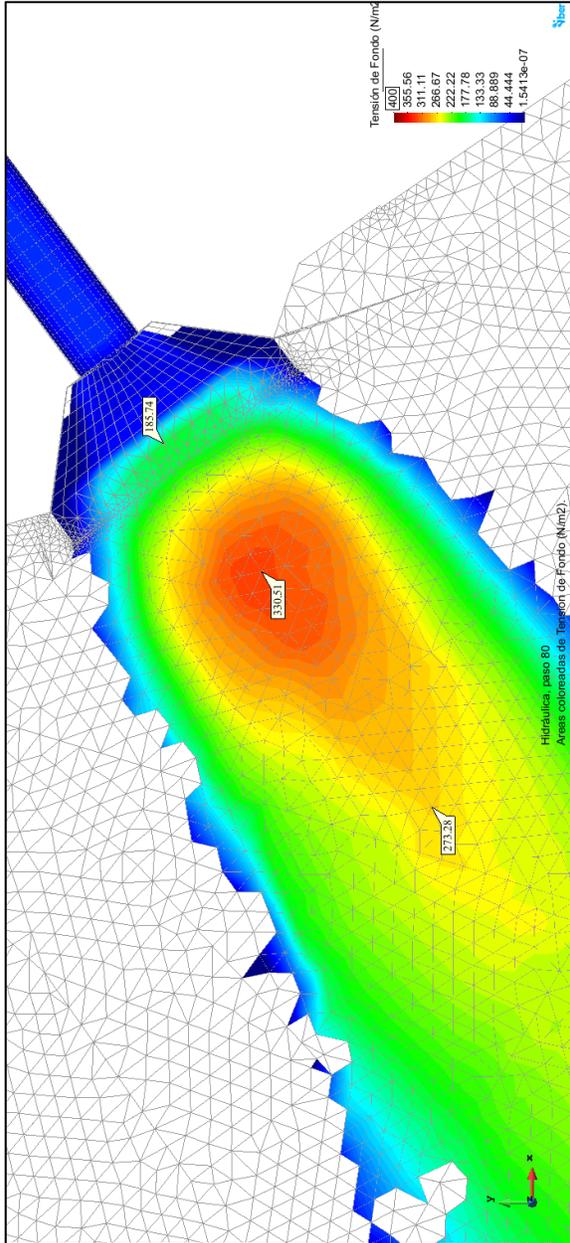


Alcantarilla N°8- Progresiva 76+892

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON



ANEXO 8

(REPORTE IBER– GEOMANTA TM13C)



TIERRA ARMADA

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

GEOMANTO TM13C

El geomanto TM13C es un geomanto tridimensional de control de erosión que proporciona retención de suelos descubiertos y refuerzo superficial de taludes. TM13C es inerte a la degradación biológica y resiste los productos químicos encontrados en forma natural, tanto álcalis y ácidos.

PROPIEDADES	ENSAYO	UNIDAD	VALOR
Velocidad (totalmente revegetado) ¹	Escala	m/s	> 7.4
Esfuerzo al corte (totalmente revegetado) ¹	Escala	Pa	> 809
Coefficiente de Manning ²	Calculado	n	0.033

PROPIEDADES MECÁNICAS	ENSAYO	UNIDAD	MARV	
			MD	CD
Esfuerzo a la tensión último	ASTM D 6818	KN/m	45.2	45.2
			Minimum test value	
Resistencia UV (a 3000 horas)	ASTM D 4355	%	95	
Resistencia UV (a 6000 horas)	ASTM D 4355	%	90	
Resistencia UV (a 10000 horas)	ASTM D 4355	%	83	
			Maximum Roll Value	
			MD	CD
Elongación a la tracción	ASTM D 6818	%	50	50
Penetración de luz	ASTM D 6567	%	40	

PROPIEDADES FÍSICAS	ENSAYO	UNIDAD	MARV
Masa por unidad de área	ASTM D 6566	g/m ²	305
Color	-	-	Verde

(1) El performance del producto excede la capacidad del test fácilmente.

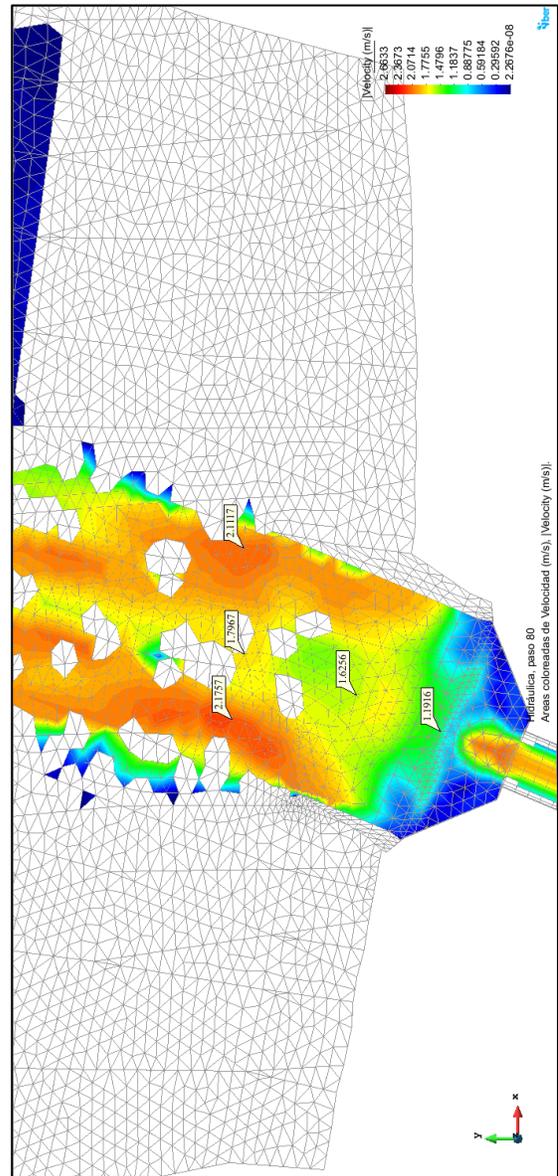
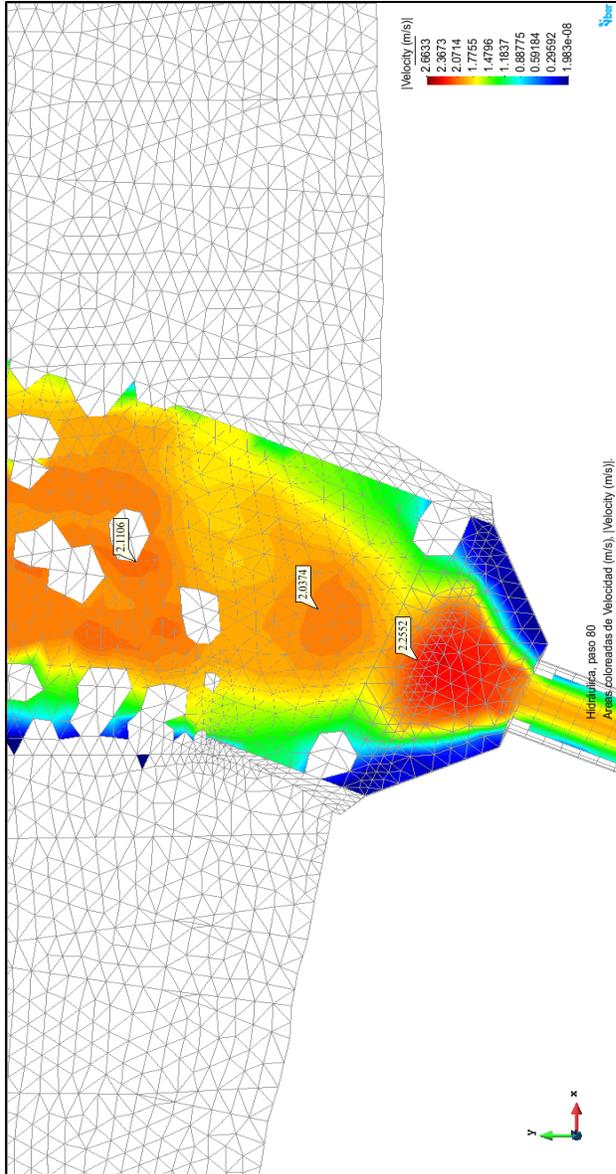
(2) Coeficientes de Manning más elevados podrían resultar con velocidades más bajas.

Alcantarilla N°1 - Progresiva 30+130.

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

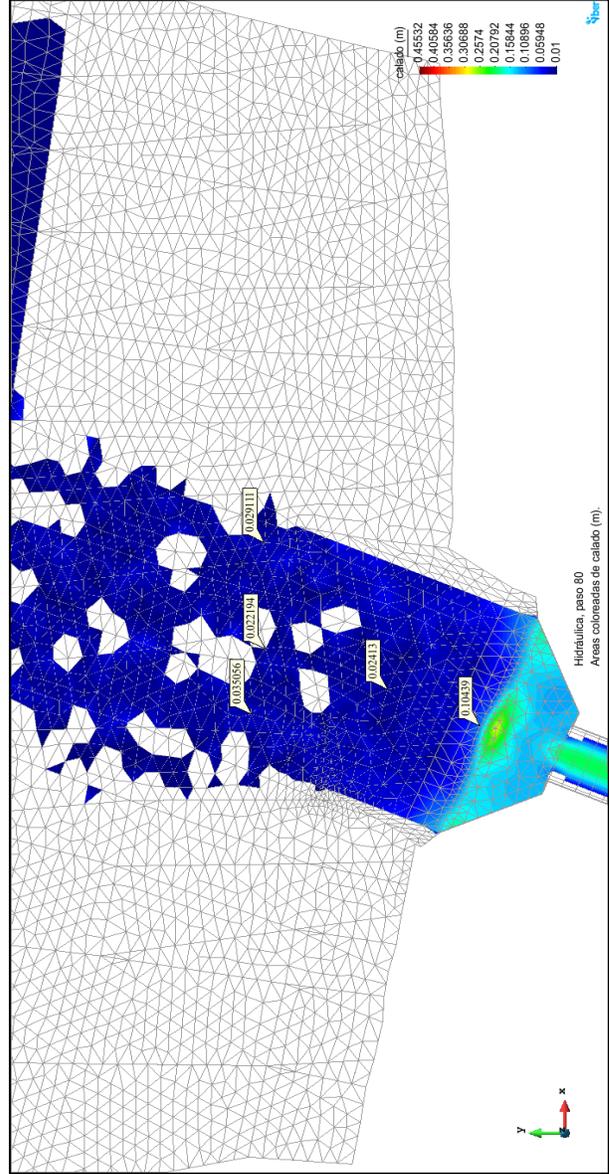
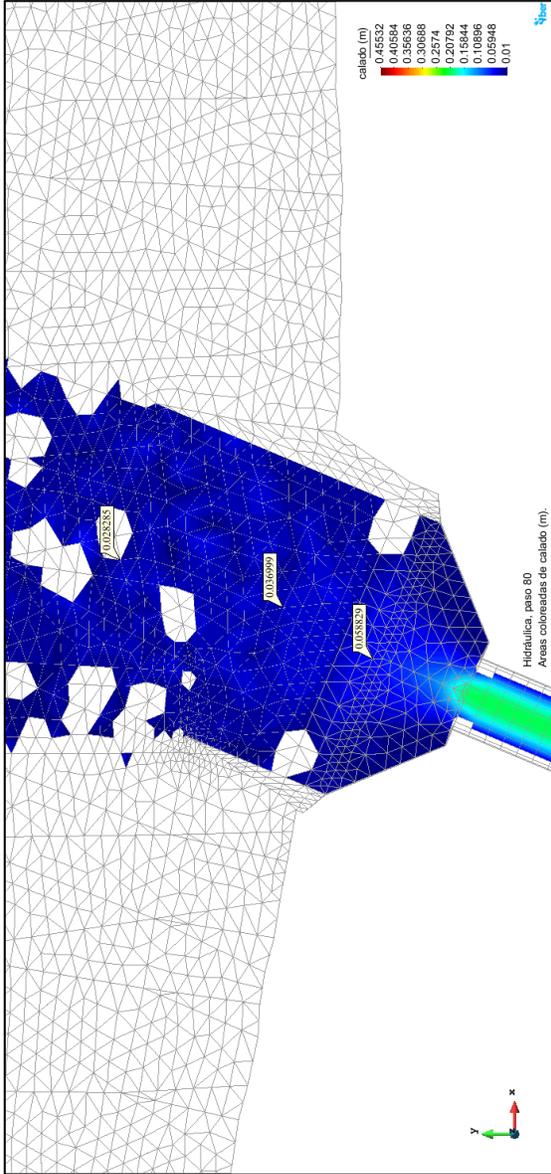


Alcantarilla N°1 - Progresiva 30+130.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

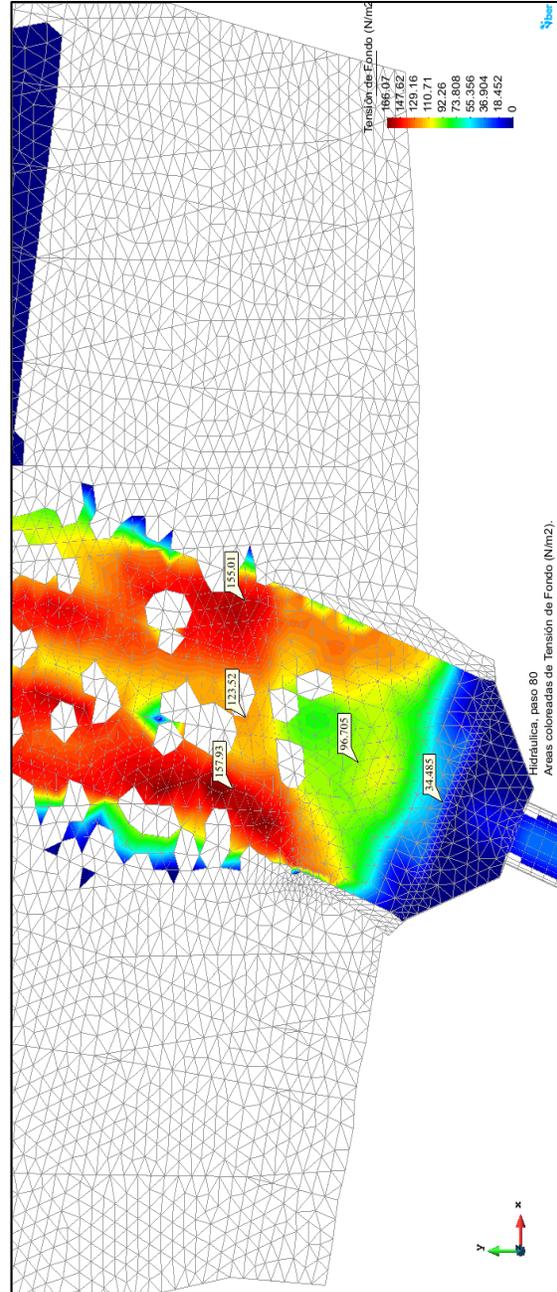
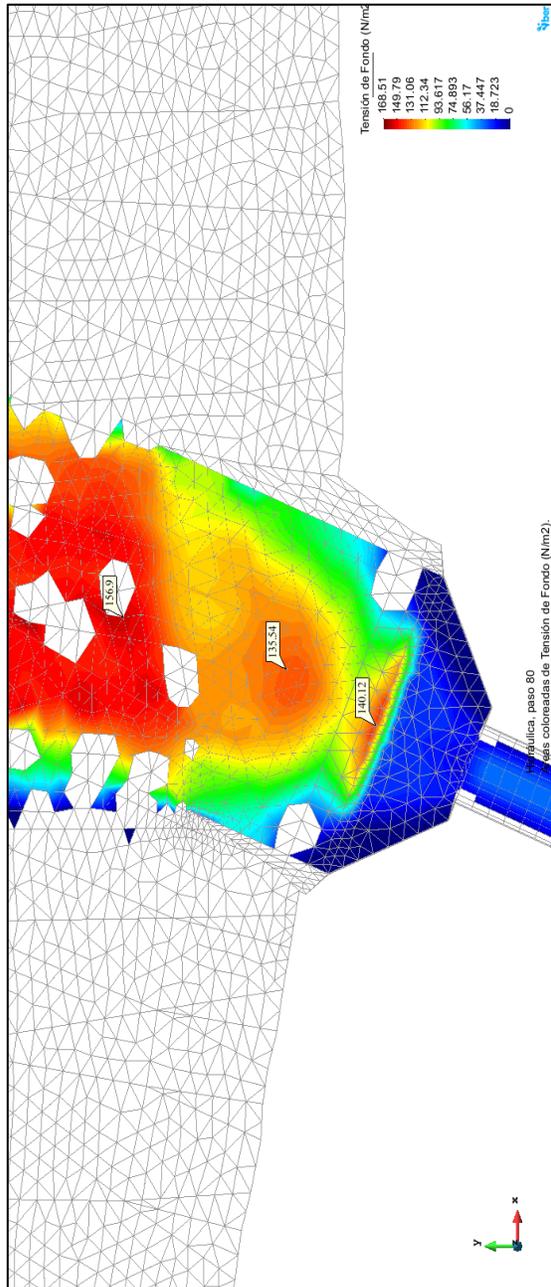


Alcantarilla N°1 - Progresiva 30+130.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

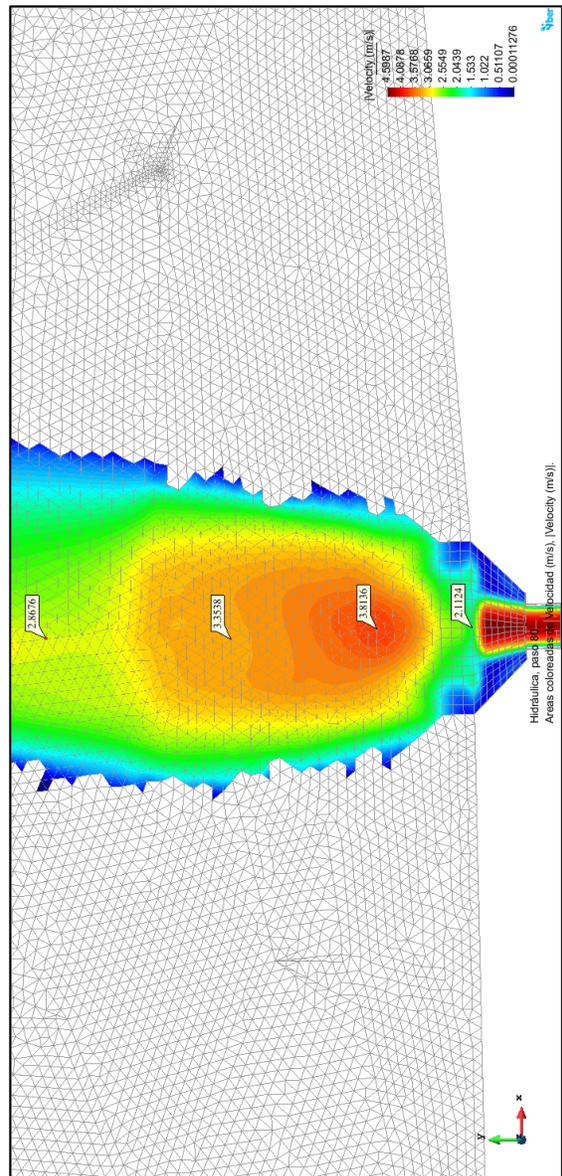
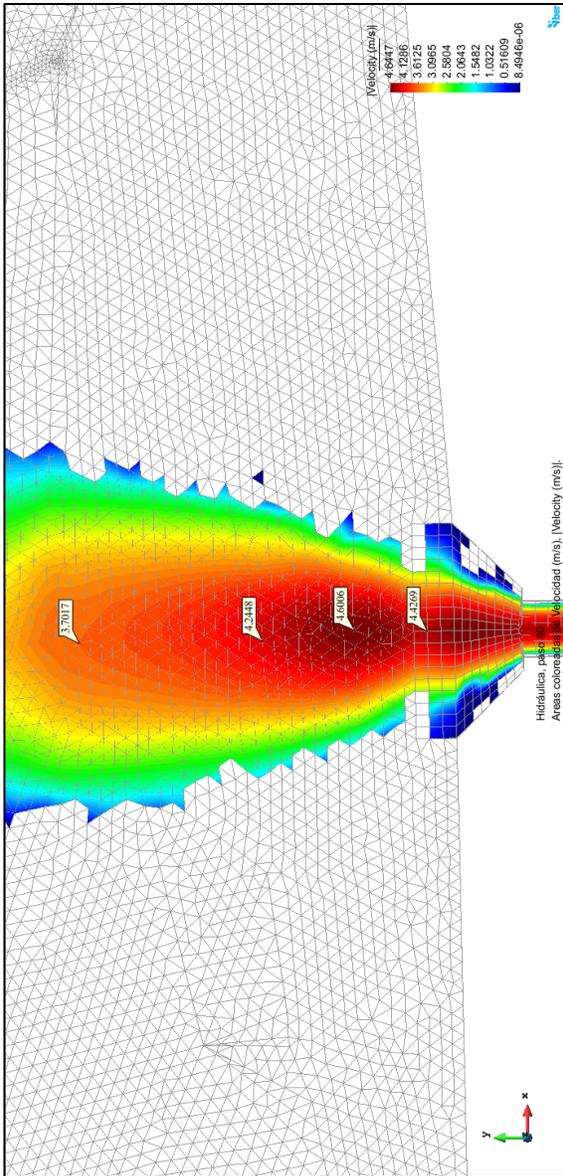


Alcantarilla N°2 - Progresiva 32+130.

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

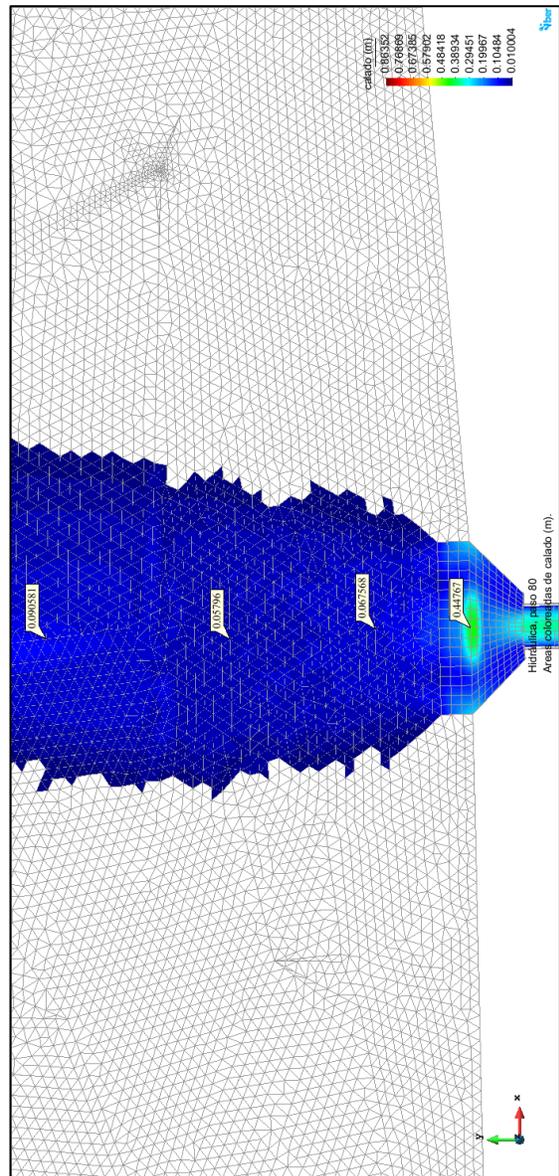
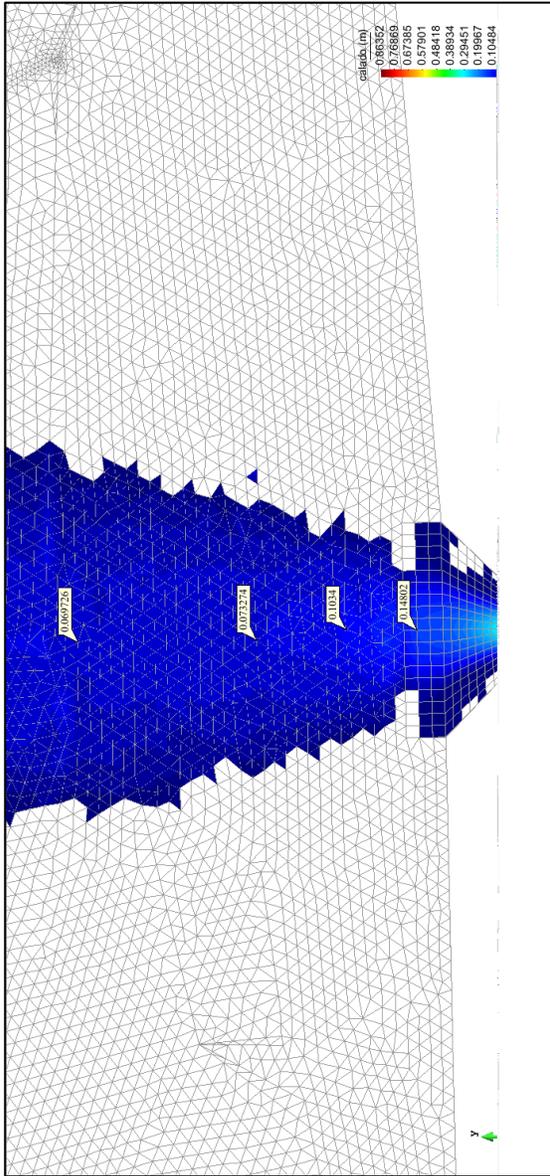


Alcantarilla N°2 - Progresiva 32+130.

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

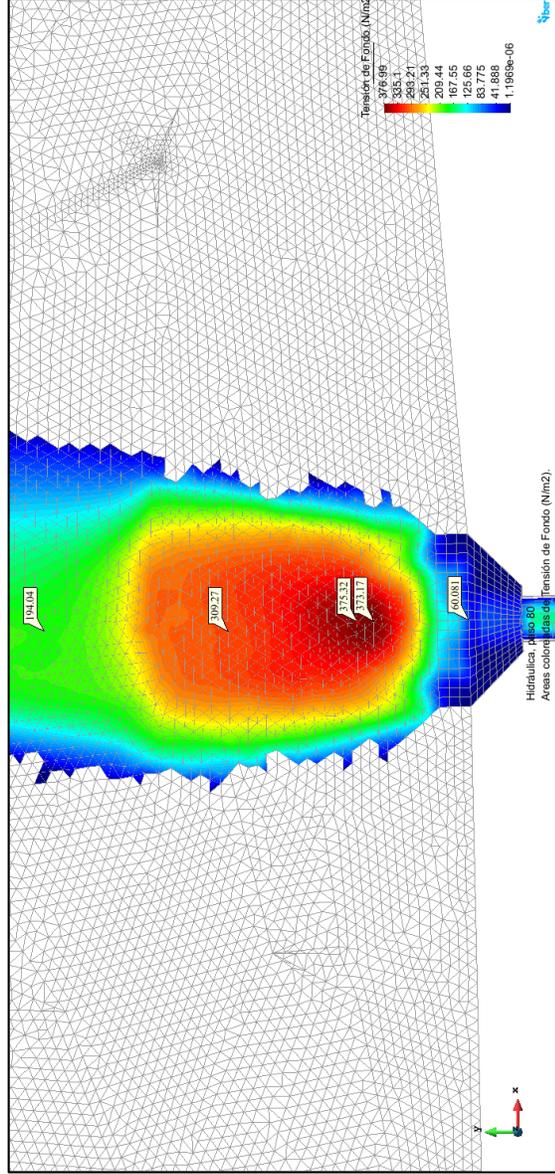
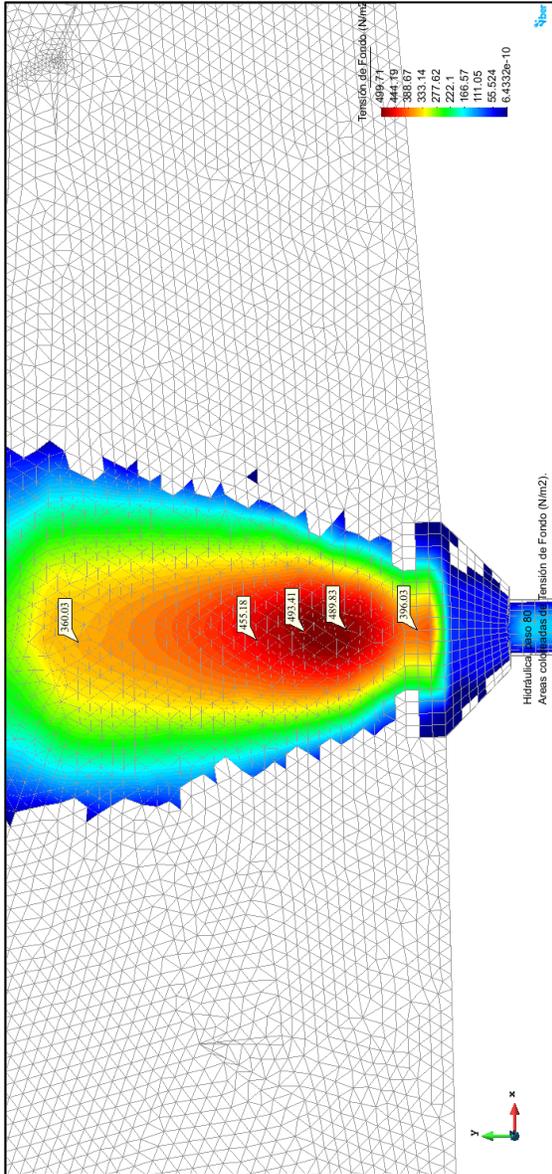


Alcantarilla N°2 - Progresiva 32+130.

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

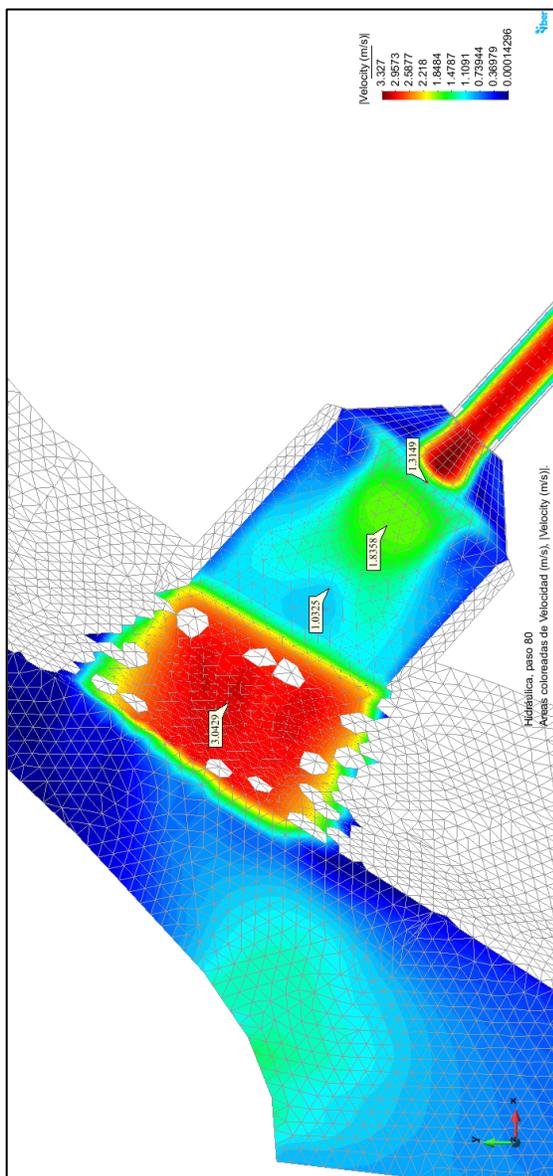
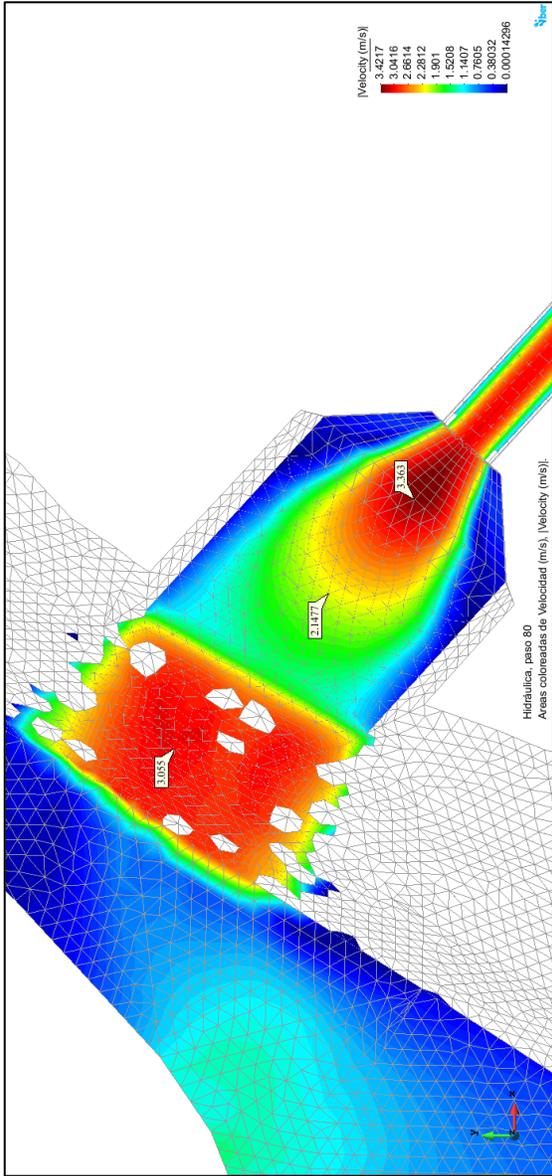


Alcantarilla N°3 - Progresiva 64+810.

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

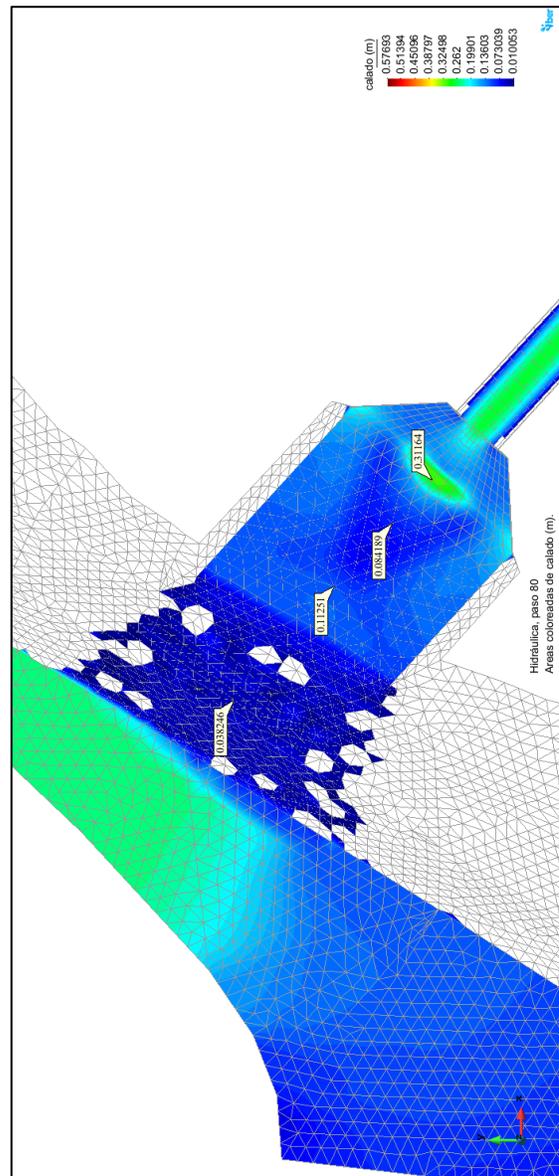
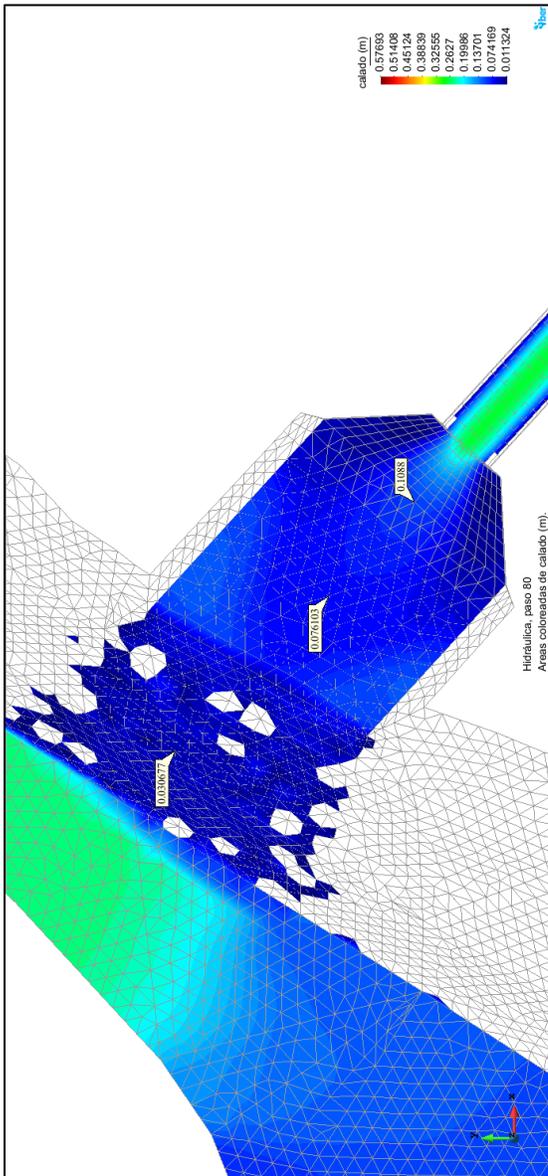


Alcantarilla N°3 - Progresiva 64+810

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

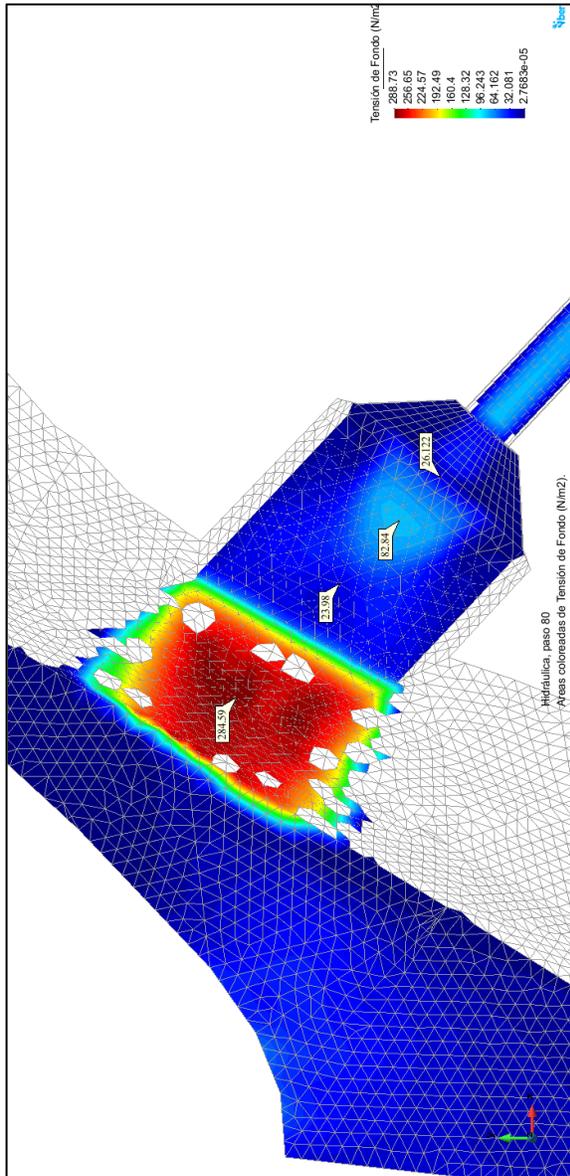
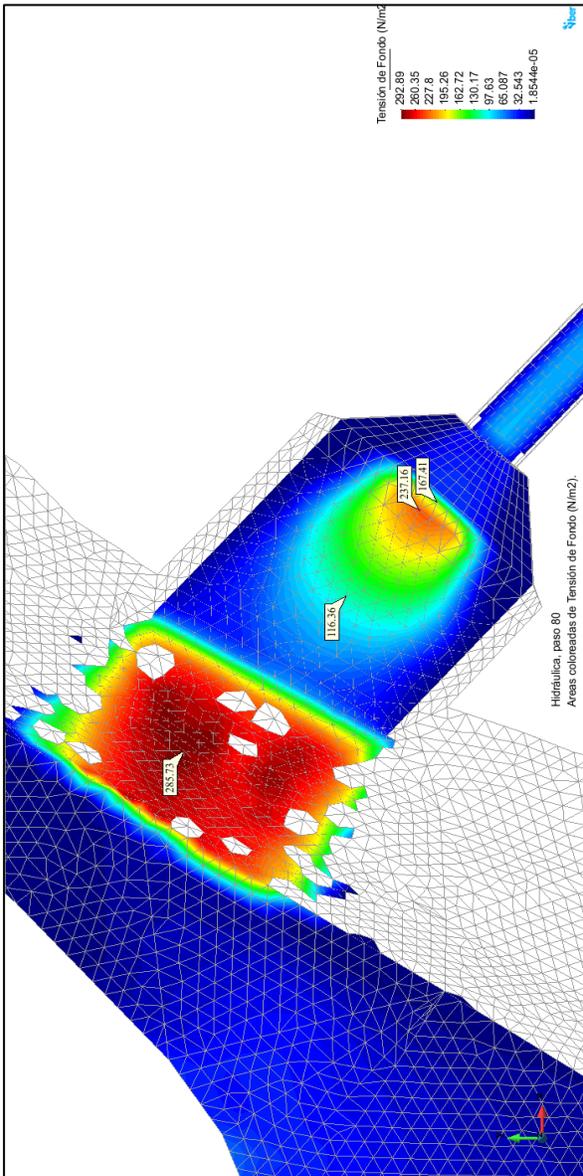


Alcantarilla N°3 - Progresiva 64+810

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

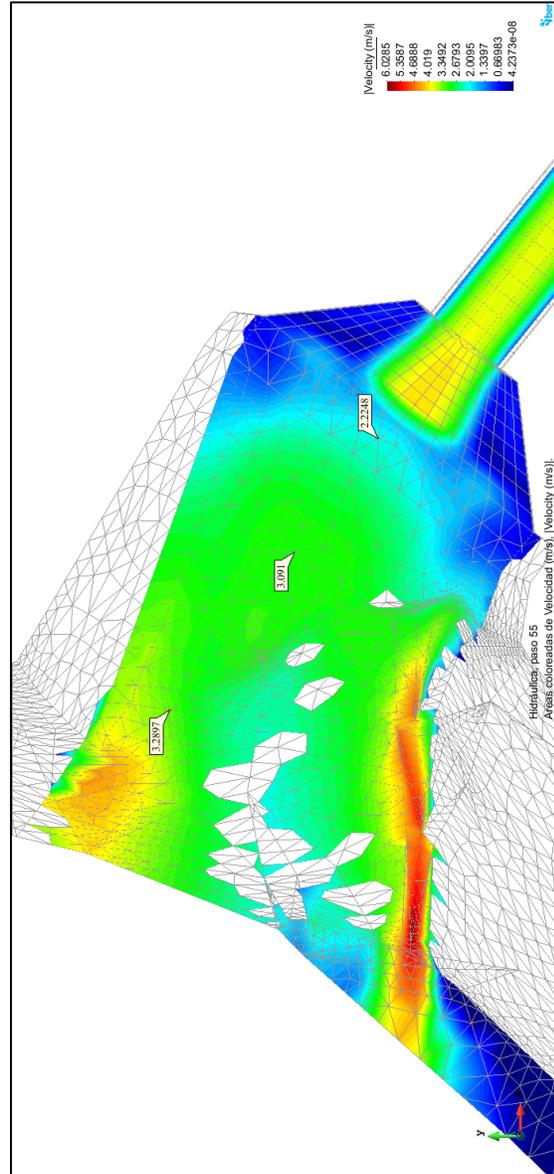
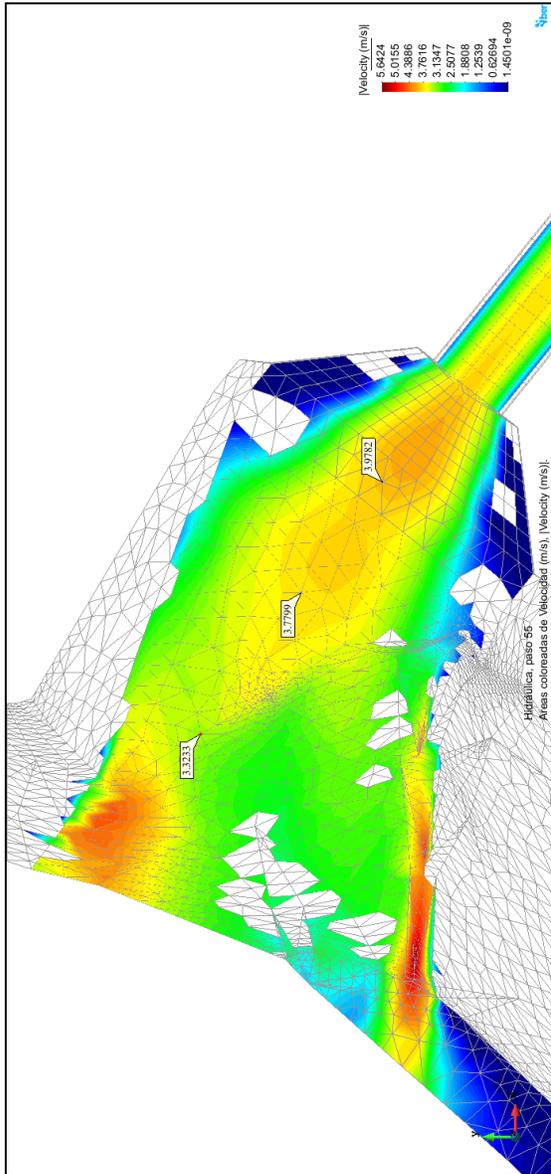


Alcantarilla N°4 - Progresiva 65+909

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

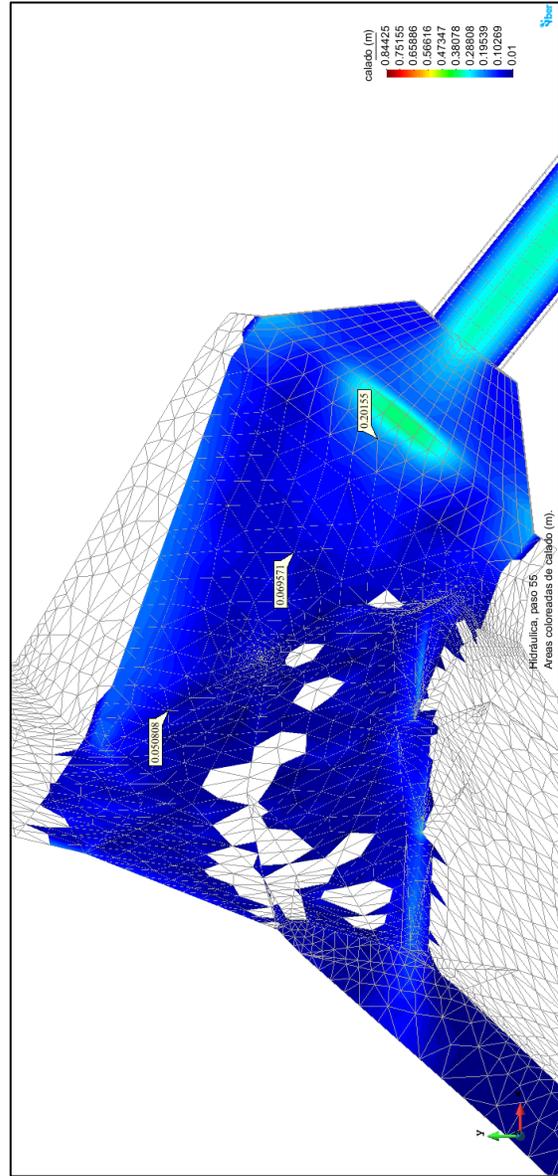
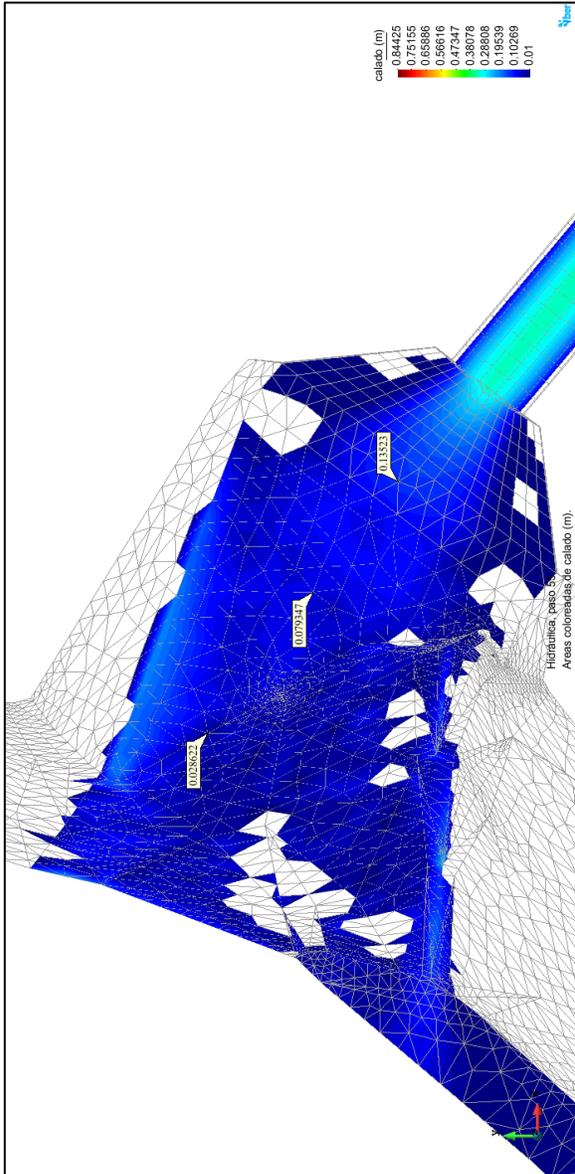


Alcantarilla N°4 - Progresiva 65+909

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

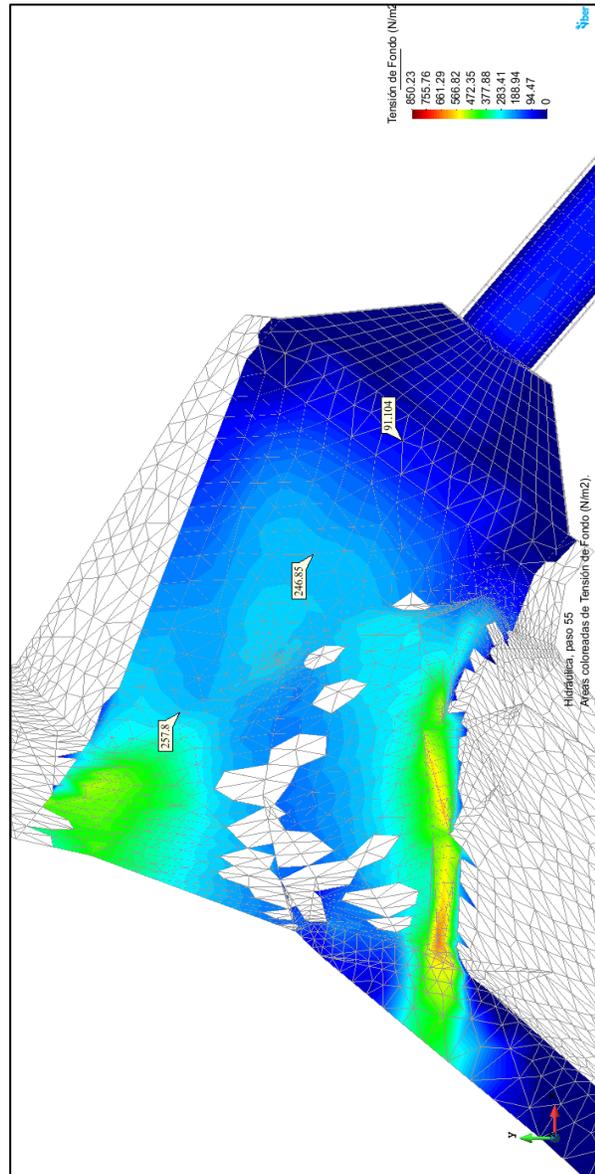
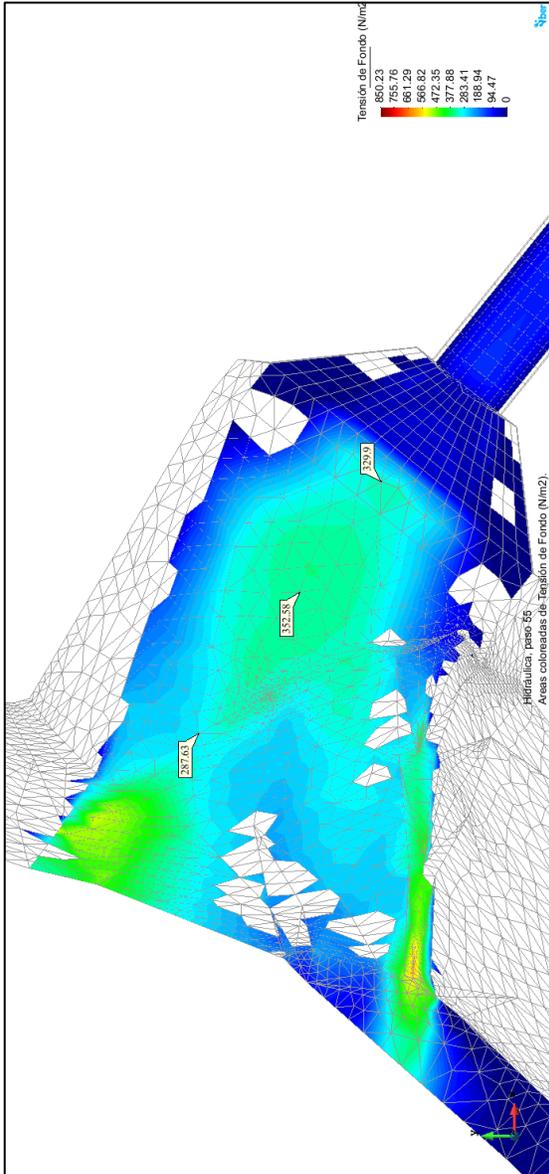


Alcantarilla N°4 - Progresiva 65+909

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

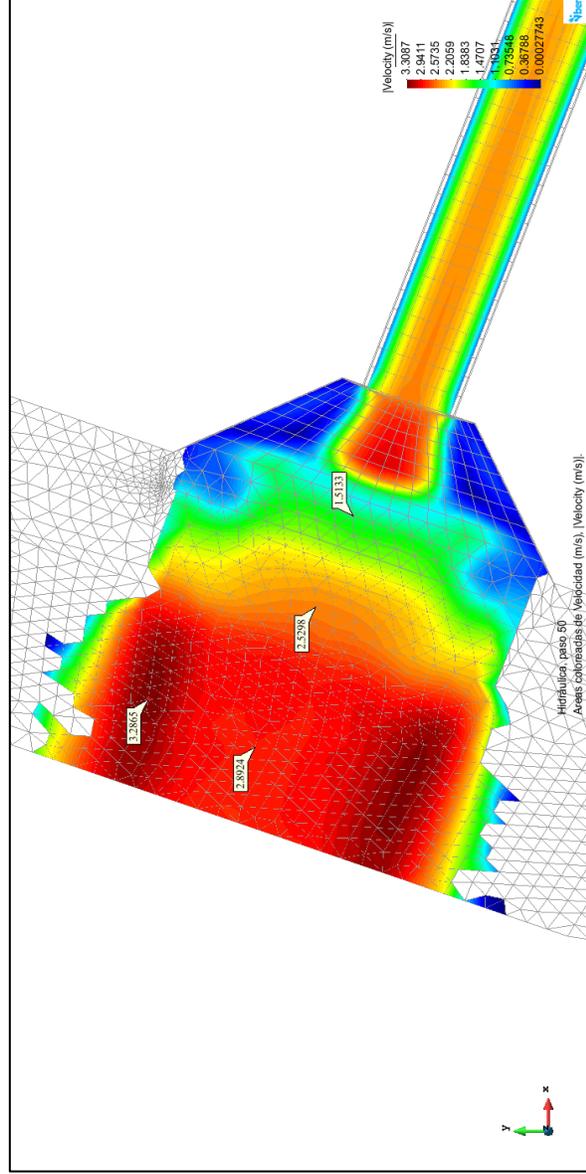
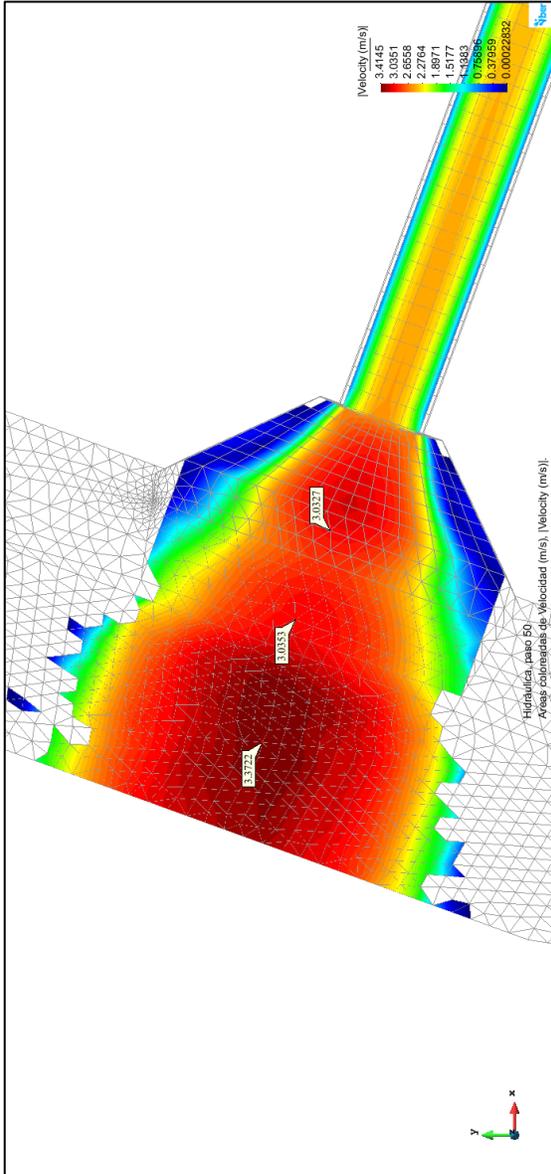


Alcantarilla N°5 - Progresiva 71+820

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

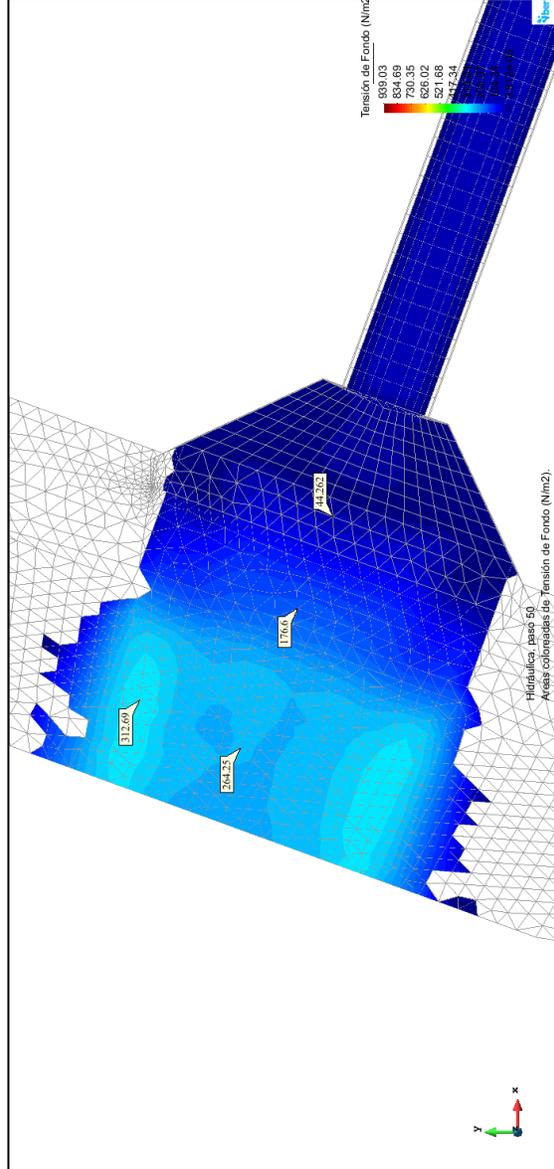
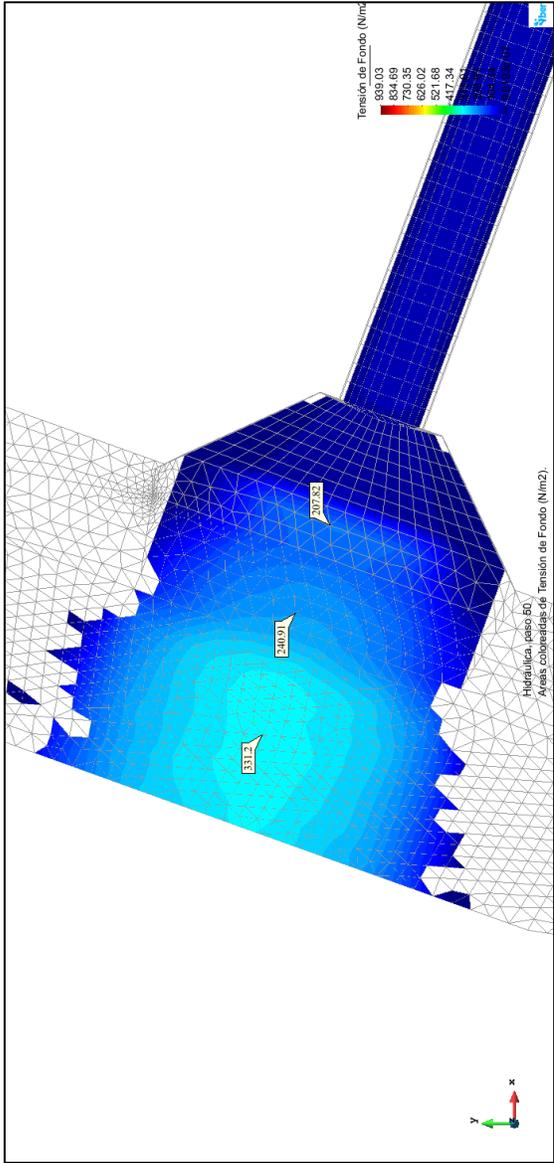


Alcantarilla N°5 - Progresiva 71+820

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

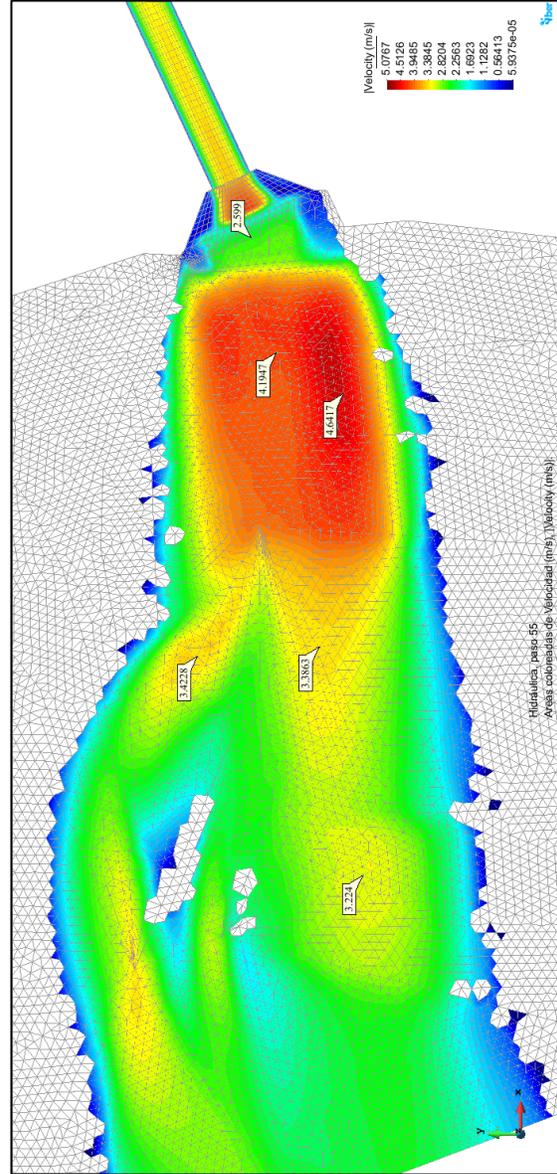
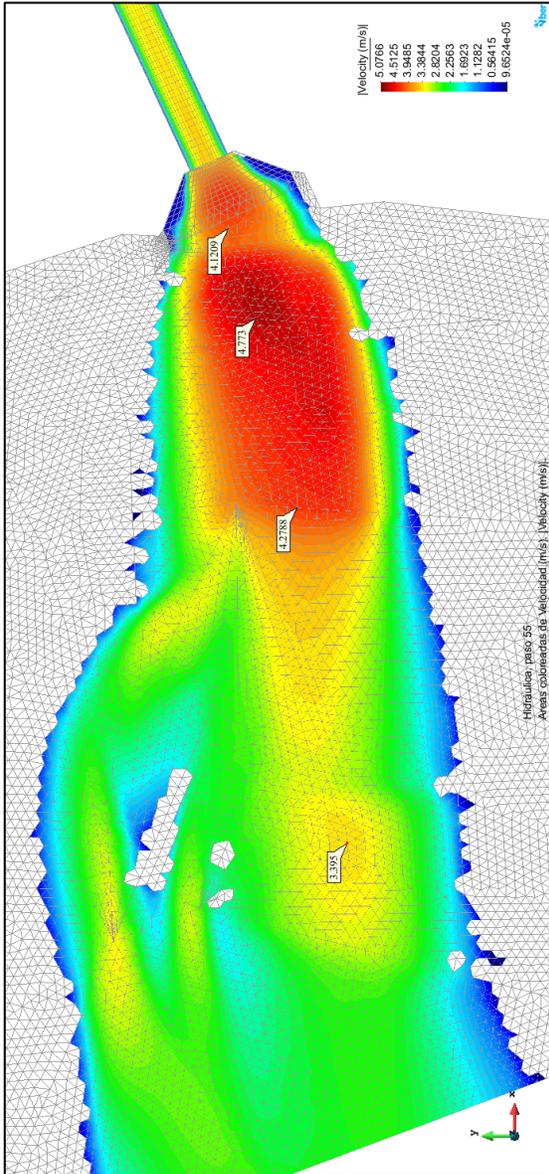


Alcantarilla N°6 - Progresiva 74+140

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

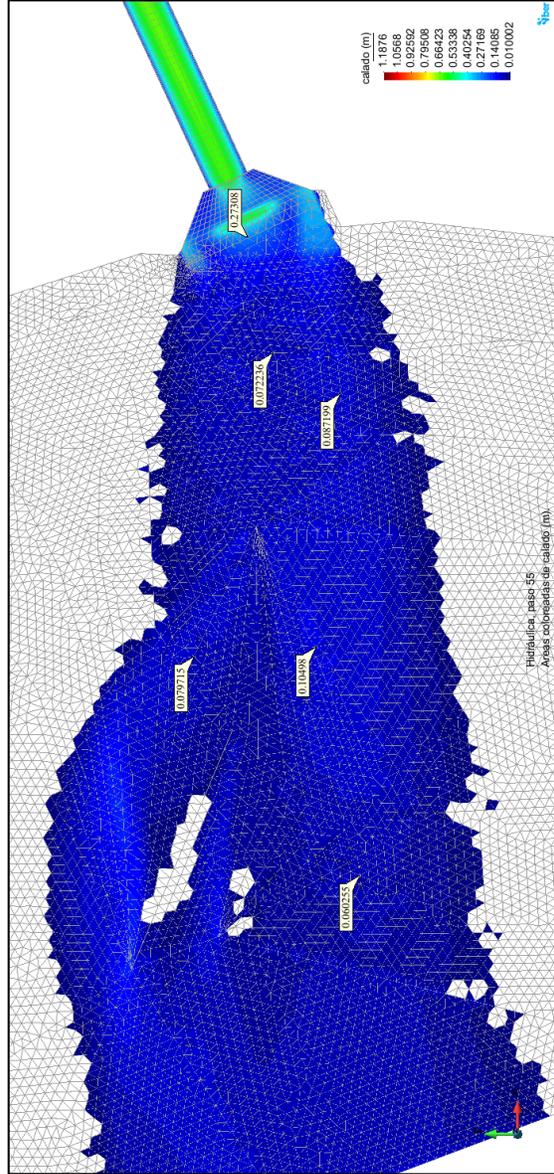
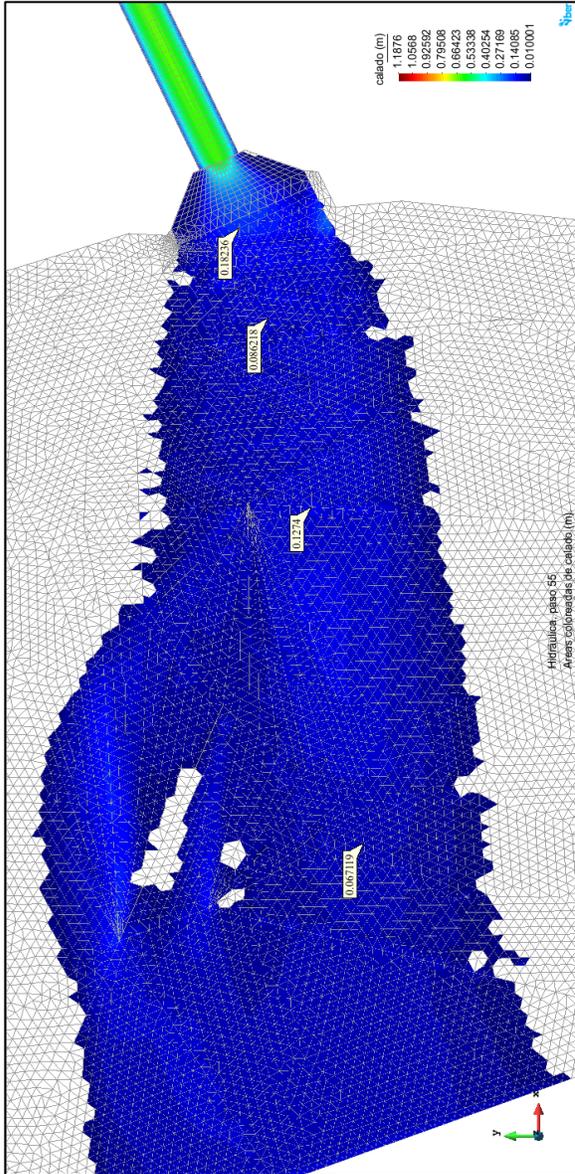


Alcantarilla N°6 - Progresiva 74+140

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

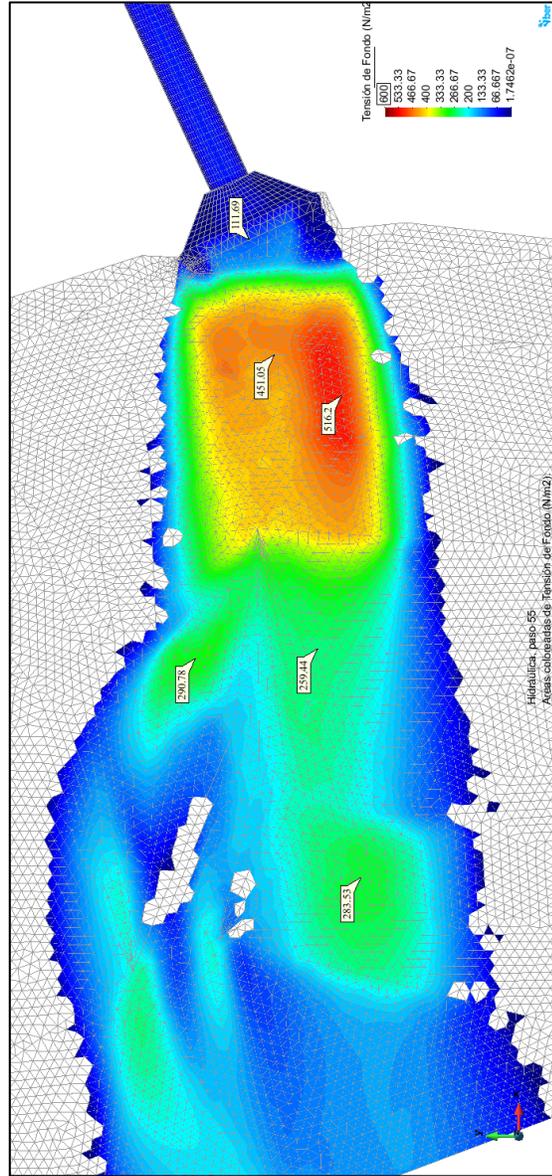
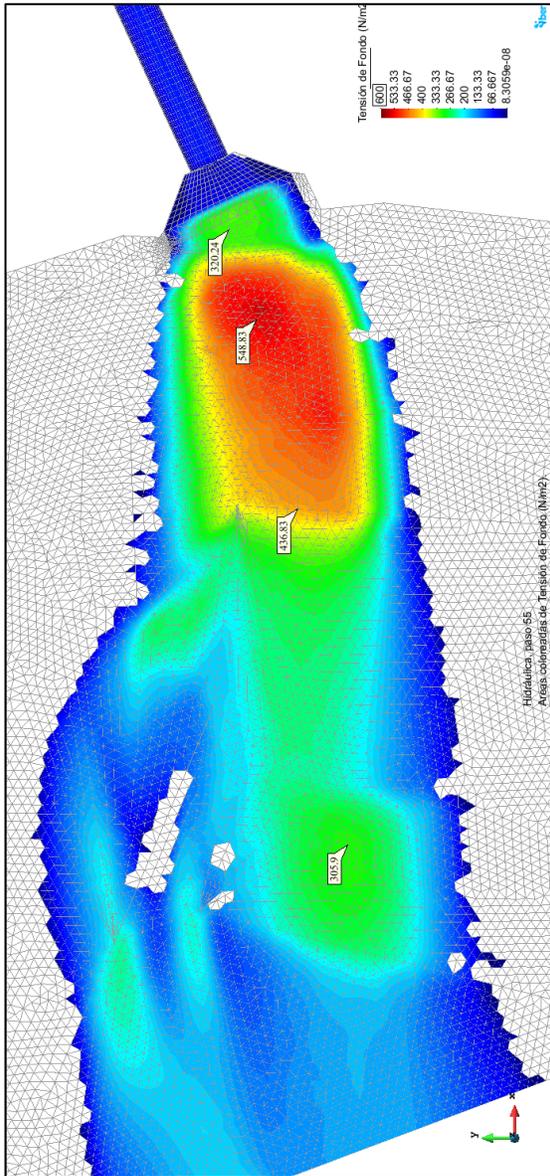


Alcantarilla N°6 - Progresiva 74+140

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

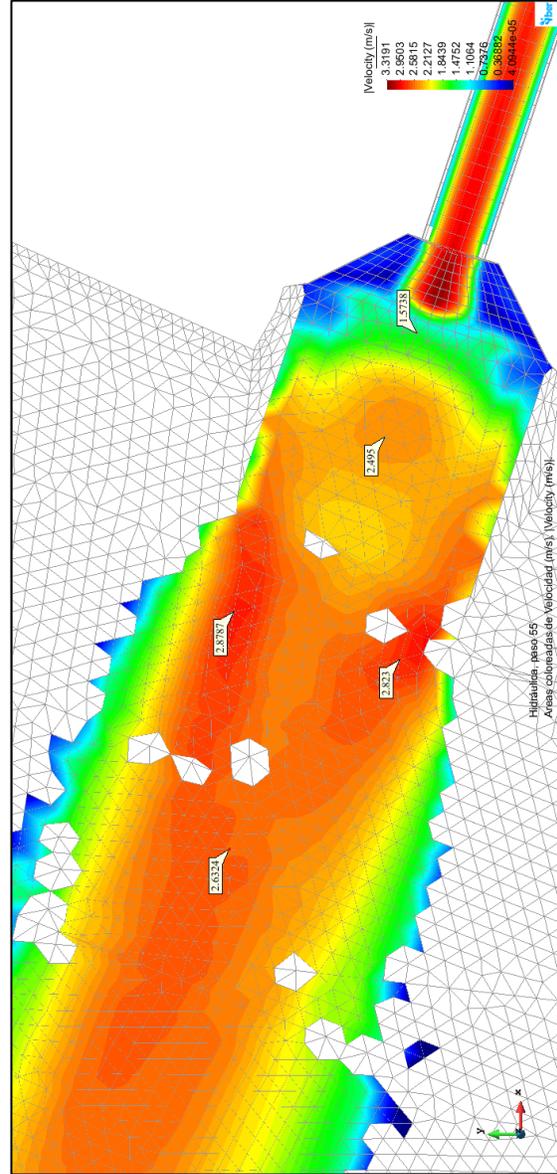
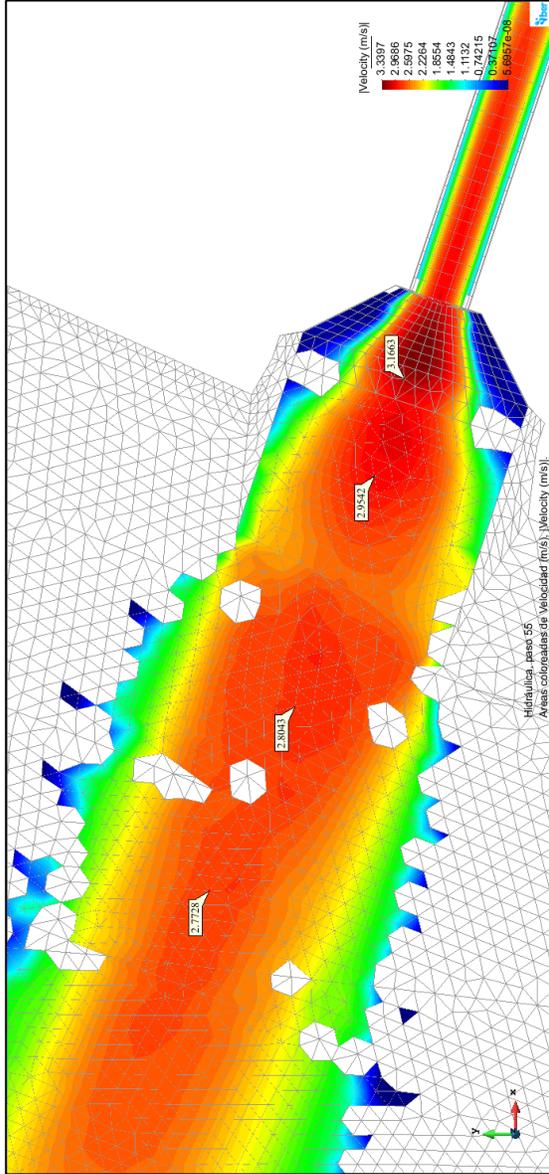


Alcantarilla N°7 - Progresiva 76+700

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

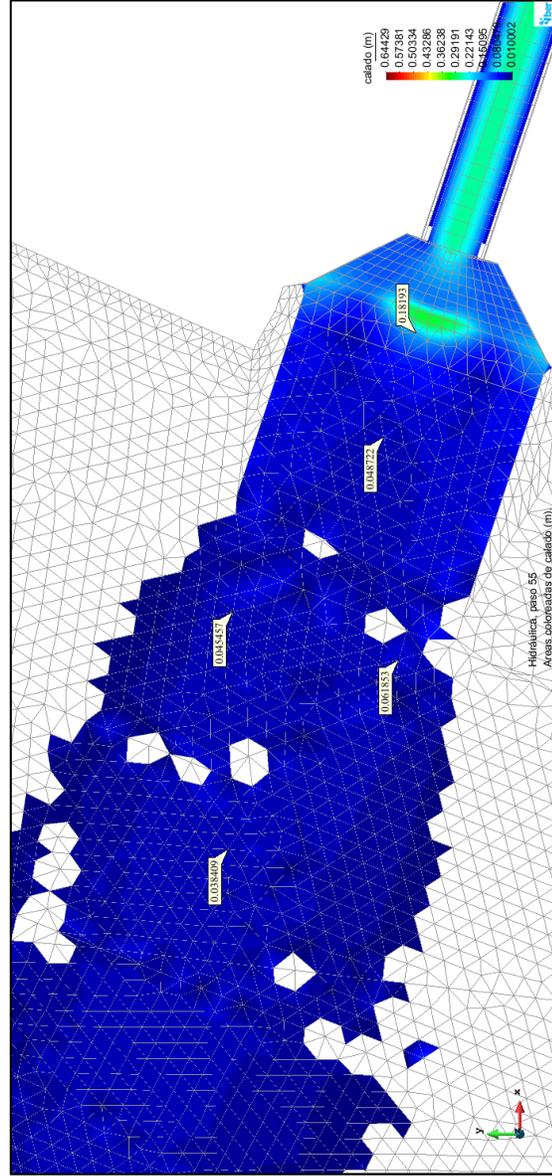
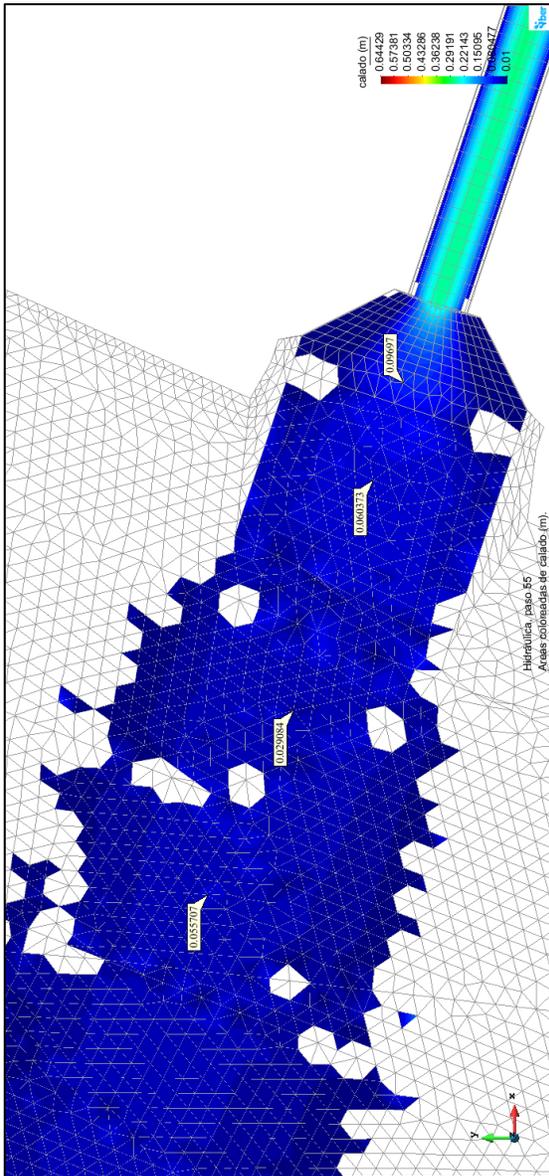


Alcantarilla N°7 - Progresiva 76+700

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

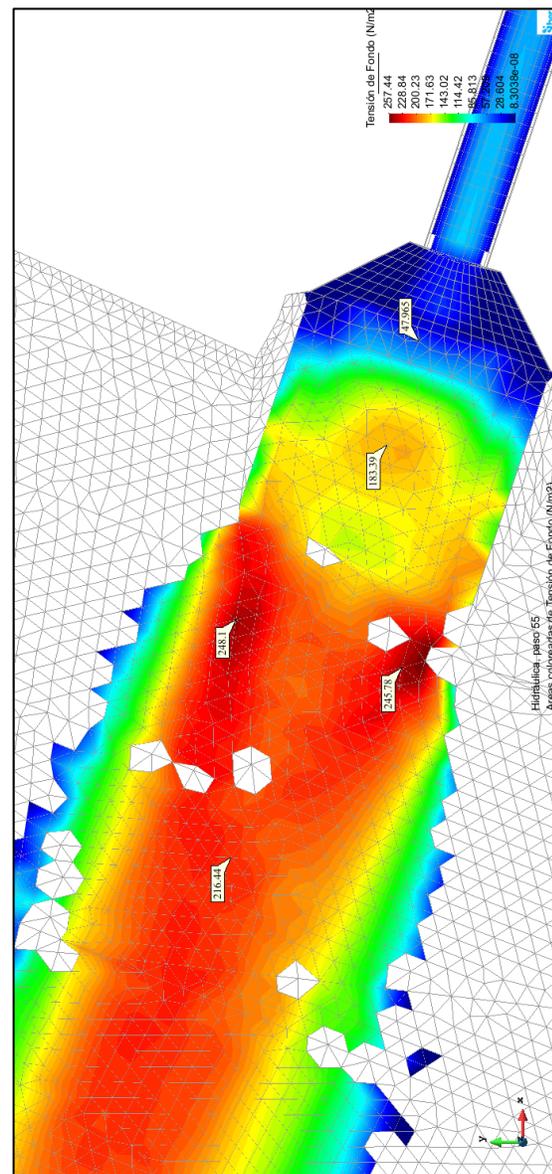
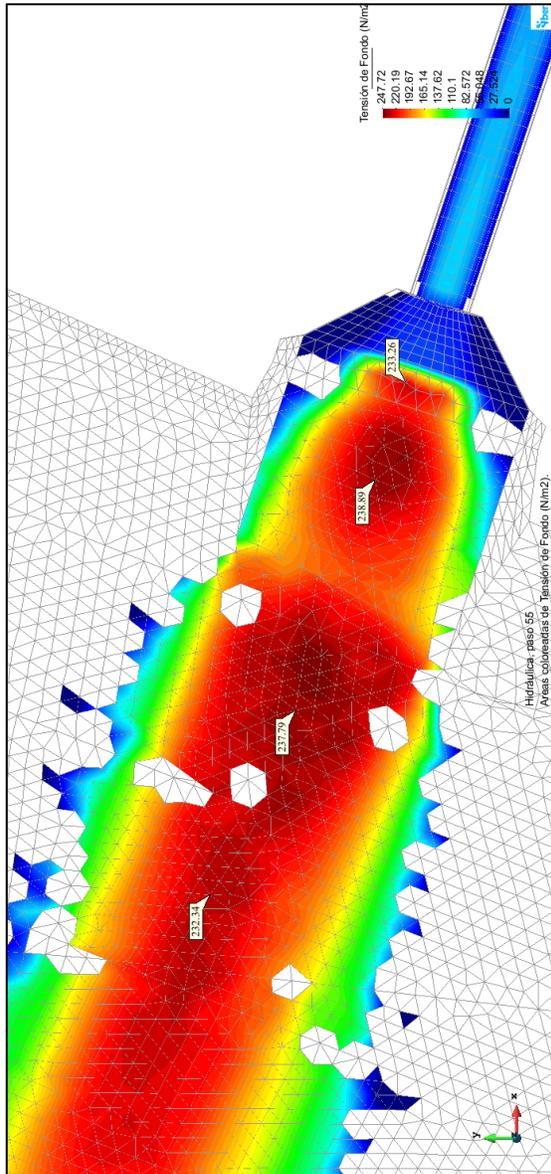


Alcantarilla N°7 - Progresiva 76+700

Mapa de esfuerzo cortante del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

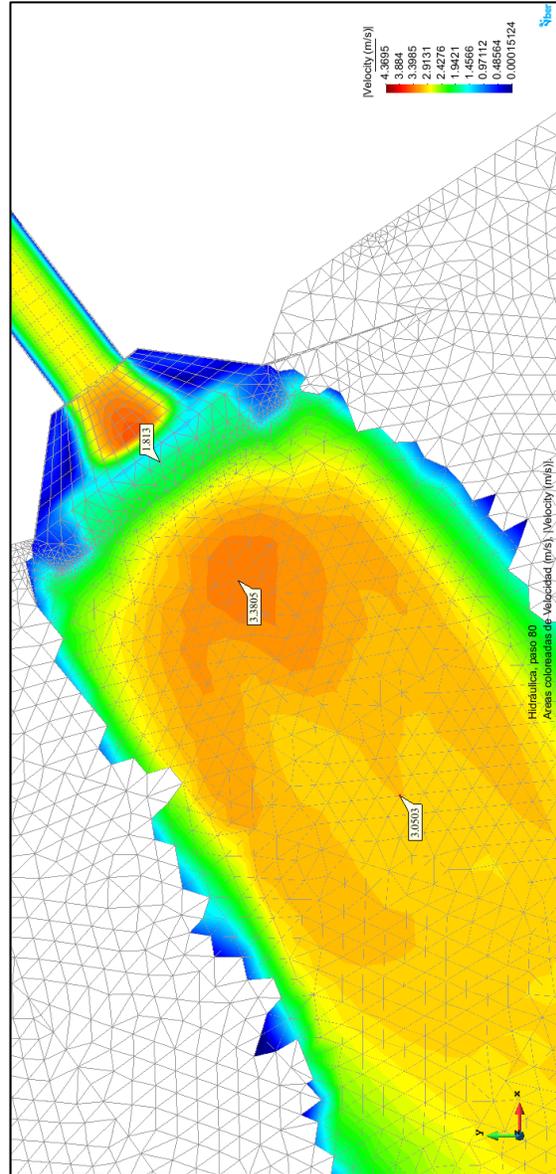
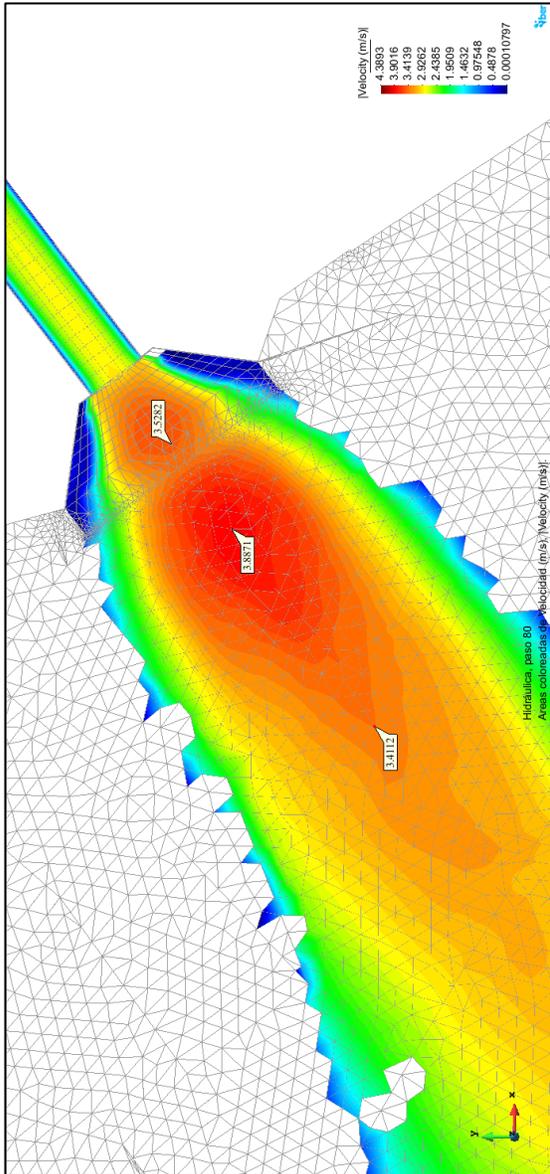


Alcantarilla N°8 - Progresiva 78+892

Mapa de velocidades del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON



Alcantarilla N°8 - Progresiva 78+892

Mapa de tirantes del modelo hidráulico en Iber

SIN

CON

